



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

Trabajo de Graduación

Fermentación en estado sólido de la caña de azúcar con
adición de cascarilla de maní y suero dulce

Autoras

Br. Kenerette Guadalupe Flores Rocha

Br. Katherine Xiomara Sáenz Cisnero

Asesores

MSc. Josué D. Rocha Espinoza

MSc. Wendell A. Mejía Tinoco

Managua, Nicaragua

Marzo, 2021

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Ciencia Animal como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero en Zootecnia

Miembros del honorable comité evaluador

M.Sc. Rosario Rodríguez Pérez
Presidenta

M.Sc. Marcos Antonio Jiménez Campo
Secretario

Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua 2 de Marzo del 2023

DEDICATORIA

A Dios, el creador, padre celestial misericordioso, quien me acompañó y me dio la fortaleza para cumplir un logro más en mi vida y poder aspirar a un título profesional, ser un pilar muy importante en mis momentos más difíciles durante el paso del tiempo.

A mi madre Amparo de los Ángeles Flores Rocha, que siempre me apoyó financieramente en mis pasajes diarios a la universidad por vestirme y calzarme, gracias a ella por sus sacrificios para que yo pueda ser una profesional.

A mi hermana menor Yaleska Janine Sánchez Flores por brindarme su ayuda cuando lo necesitaba sin importar el momento y por ser mi cómplice en la vida.

A mis asesores Ing. Josué D. Rocha Espinoza e Ing. Wendell Antonio Mejía Tinoco por tenerme mucha paciencia, apoyo y su tiempo para poder realizar la elaboración de nuestro trabajo investigativo y por compartir sus valiosos conocimientos para lograr este documento.

A todos ellos con todo mi cariño y amor muchas gracias

Kenerette Guadalupe Flores Rocha

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, por regalarme el don de la vida, por ser el centro de mi vida por que, mediante su plan en mí, me permitió vivir esta etapa de formación académica y por qué en todo momento estuvo presente en mi Corazón.

A mis padres, los seres más preciados de mi vida, en su amor me inculcaron valores morales que me han permitido sobresalir como persona, a Francisco Guillermo Sáenz Hernández por ser mi pilar fundamental, por ser el padre que me enseñó a luchar por lo que quiero y me enseñó con ejemplo a defender lo que mi corazón quiera sin importar ir contra corriente, por su amor, cariño y Comprensión.

A mi hermosa y adorada mamá Julia Xiomara Cisnero García, por hacerme sentir especial todos los días de mi vida, por guiarme, escucharme y aconsejarme incondicionalmente siendo mi amiga, pero sobre todo amarme desde mi infancia hasta mi madurez.

A mi gran orgullo y ejemplo a seguir, mi Hermano Santiago José Vázquez García por ser de buenos principios, guiarme, aconsejarme, ayudarme y protegerme en todo momento, por acompañarme en mi vida y ser lo más bonito que Dios me regalo

A todos ellos con todo mi Corazón

Katherine Xiomara Sáenz Cisnero

AGRADECIMIENTO

Agradeciendo primero al todo poderoso Dios ya que por el pude culminar la universidad y ser un profesional, guiándome por el buen camino en la vida, quitándome todas las personas que eran un obstáculo en mi vida universitaria y resguardándome de todo mal dándome fortaleza para así poder seguir adelante siempre con todo lo que me proponga.

Gracias a mi mamá Amparo de los Ángeles Flores Rocha que me ayudo tanto económicamente como emocionalmente para poder seguir mi camino cuando yo desistía, por brindarme esa mano cuando más la necesite.

Gracias a mi familia en especial a mí tía Karen Lizet Flores Rocha que me brindo su ayuda emocional y económica al momento que lo requerí y por brindarme un brazo amigo cuando lo necesite, por cuidarme he impulsarme emocionalmente cuando no quería seguir adelante.

A mi hermana menor Yaleska Janine Sánchez Flores, quien me brindó su apoyo emocional y me cuido en momentos de enfermedad y me lograba ayudar en lo poco que podía.

A mis compañeros y amigos de clases que estuvieron acompañándome en todo el recorrido de mi periodo universitario y en la vida que también me brindaron buenos consejos.

Agradecida siempre con el apoyo brindado de mis asesores Ing. Josué D. Rocha Espinoza MSc e Ing. Wendell Antonio Mejía Tinoco MSc hacía mi persona por la paciencia, llamados de atención y dedicación en el trabajo investigativo y por llegar a hacer posible que hoy en día pueda defender mi trabajo.

A todos ellos agradecida eternamente

Kenerette Guadalupe Flores Rocha

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento es a Dios por ser el principio de mi fe, de quien viene mi fuerza, mi sabiduría porque me ha permitido prepararme, porque en todo momento estuvo presente y fue mi guía, mi mayor motivación venía de él y en estos años de preparación ni un solo día me faltó y por qué en los anhelos de mi corazón me preparo en esta carrera y pese a las dificultades me permitió ser fuerte y superarlos para poder culminar mi carrera universitaria y por permitirme tomar las decisiones que llevaron a cumplir mis metas y sueños gracias por ser la luz de mi camino

A nuestra Madre Santísima La Virgen María porque en ella encomendé mis estudios universitarios y gracias a su intercesión conocí el impulso de mi profesión.

Este sueño no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional de mis padres a Francisco Guillermo Sáenz Hernández por su Esfuerzo por brindarme la confianza, creer en mí e incentivar mis sueños y metas junto a mi querida mamá Julia Xiomara Cisnero García por estar conmigo en todo momento por todos los ánimos que me brinda en mi día a día y por llenarlos de alegrías.

Al regalo de vida, mi hermano Santiago José Vásquez Gracia por brindarme su apoyo y amor y por estar en esta nueva y no última experiencia de vida.

Expreso mis agradecimientos a mis Asesores Ing. Josué Daniel Rocha Espinoza MSc e Ing. Wendell Antonio Mejía Tinoco MSc a quienes aprecio y agradezco por transmitirme sus conocimientos a lo largo de mi preparación y por apoyarme en esta etapa culmen de estudios, por su paciencia y dedicación, muchas gracias, Dios les Bendiga.

Agradezco a la Universidad Nacional Agraria por el apoyo brindado a lo largo de los años y ser mi casa de estudios junto a los docentes que contribuyeron en mi formación quienes me motivaron como persona, estudiante y profesional en esta alma Mater.

A mis familiares cercanos por su apoyo incondicional, por tanto, cariño y consejos brindados para verme como una profesional agradezco tenerlos en mi vida.

A todos ellos, con todo el Cariño y Amor Gracias Totales

Katherine Xiomara Sáenz Cisneros

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	Xi
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
III MARCO DE REFERENCIA	3
3.1 Fermentación en estado sólido (FES)	3
3.2 Cascarilla de Maní (<i>Arachis hypogaea</i>)	5
3.3 Lactosuero o Suero Dulce de Leche	6
3.4 Microorganismos (<i>Lactobacillus</i> y <i>Bacillus</i>)	7
IV MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1 Ubicación del área de estudio	9
4.2 Manejo del ensayo	9
4.3 Diseño de la investigación	10
4.3.1 Los tratamientos en estudio	10
4.4 Variables	10
4.5 Análisis de datos	10
4.6 Análisis química	11

4.6.1 Proteína cruda	11
4.6.2 Fibra detergente neutra	11
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
5.1 Temperatura ambiental y temperatura de fermentación	12
5.2 Potencial de iones hidrogeno (pH)	14
5.3 Humedad del sustrato	15
5.4 Análisis Microbiológico	17
5.5 Análisis Químico	19
VI CONCLUSIONES	22
VII LITERATURA CITADA	23
VIII ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Composición nutricional de saccharina rústica	4
2. Tipos de FES	5
3. Composición química de cascarilla de maní	6
4. Resultado de análisis de laboratorio de microbiología de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión	17
5. Análisis bromatológico en base seca de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión	19

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Comportamiento de la temperatura de la fermentación del sustrato y temperatura ambiente de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión	12
2. Comportamiento del pH durante el proceso de fermentación de 36 horas de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión	14
3. Porcentaje de humedad del sustrato a diferentes tiempos de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión	16

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Instrumentos	33
2. Adición de ingredientes	33
3. Elaboración de los tratamientos	33
4. Tratamientos ya distribuidos	34
5. Toma de pH, Temperatura ambiental, Temperatura fermentativa y Humedad del sustrato	34
6. Diseño experimental de los tratamientos del estudio	34
7. Pasos de destilación de las muestras <i>Lactobacillus</i> y <i>Bacillus</i>	35

RESUMEN

Se estudió el comportamiento de la fermentación en estado sólido de cascarilla de maní (*Arachis hypogaea*) para el desarrollo de microorganismos con lactosuero dulce de vaca, utilizando el método procedimiento de comparación de medias a través de Tukey, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los niveles de inclusión de cascarilla de maní fueron de un T1 0%, T2 20%, T3 30% y T4 40%, se estudiaron las variables de Ta (temperatura ambiental), Tf (temperatura fermentativa), pH (potencial de hidrogeno), Hs (humedad del sustrato), así como los análisis de bromatología en PC (proteína cruda) y FDN (fibra neutro detergente y los análisis de microbiología en *Bacillus* y *Lactobacillus*. Se encontró ligeramente más presencia de *Lactobacillus* y menor de *Bacillus*, el T4 conto con mayor presencia de *Lactobacillus* y el T2 el mayor crecimiento de *Bacillus*, los valores de PC presentaron una diferencia del 5.94% entre los valores inicial y final, el valor de PC del T1 aumento 2.62%, en comparación a los otros tratamientos aumentaron 3.31%, los valores de FDN tuvieron una diferencia de 19.84% entre los valores iniciales y finales, los tratamientos con contenido menor de cascarilla de maní disminuyeron sus niveles, en comparación al T4 que aumento con la menor variación de 0.3%, el T2 disminuyo 5.75%, el T1 con una diferencia del 7.73%. La Ta promedio fue de 29.27 °C, mientras que la Tf para los tratamientos en estudio fueron T1 31.23 °C, T2 31.26 °C, T3 30.59 °C y T4 29.89 °C, los niveles del pH durante el proceso de la FES-Cascarilla de maní en promedio de todos los tratamientos de 6.14%, el T1 6.55% sin cascarilla de maní y T2 6.60%, T3 6.09% y T4 5.32% con inclusión de cascarilla de maní con lactosuero, las variaciones de la humedad del sustrato durante el proceso de la FES-Cascarilla de maní teniendo un promedio de todos los tratamientos de 62.06%, el T1 62.4% sin cascarilla de maní y T2 62.33%, T3 62.05% y T4 61.45% con inclusión de cascarilla de maní con lactosuero.

Palabras claves: *Saccharum officinarum*, Suero dulce, Microorganismos, Bromatología, Cascarilla de maní.

ABSTRACT

The solid-state fermentation of peanut (*Arachis hypogaea*) hull for the development of microorganisms with sweet cow's milk whey was studied using Tukey's method of comparison of means, with four treatments and four replicates. The inclusion levels of peanut hull were T1 0%, T2 20%, T3 30% and T4 40%. The variables Et (environmental temperature), Ft (fermentative temperature), pH (hydrogen potential), Sh (substrate humidity), as well as the proximal analyses in CP (crude protein) and NDF (detergent neutral fiber) besides a microbiological analysis in *Bacillus* and *Lactobacillus* was made. It was found a little more presence of *Lactobacillus* and less of *Bacillus*, T4 had a higher presence of *Lactobacillus* and T2 the highest growth of *Bacillus*, CP values showed a difference of 5.94% between initial and final values, the CP value of T1 increased 2.62%, compared to the other treatments increased 3.31%, NDF values had a difference of 19.84% between initial and final values, the treatments with lower peanut hull content decreased their levels, compared to T4 which increased with the lowest variation of 0.3%, T2 decreased 5.75%, T1 with a difference of 7.73%. The average Ta was 29.27 °C, while Tf for the treatments under study were T1 31.23 °C, T2 31.26 °C, T3 30.59 °C and T4 29.89 °C, pH levels during the FES-peanut hull process were on average 6.14% for all treatments, T1 6.55% without peanut hull and T2 6.60%, T3 6.09% and T4 5.32% with inclusion of peanut hull with whey, substrate moisture variations during the FES-peanut hull process having an average of all treatments of 62.06%, T1 62.4% without peanut hull and T2 62.33%, T3 62.05% and T4 61.45% with inclusion of peanut hull with whey.

Key words: *Saccharum officinarum*, sweet whey, Microorganisms, Bromatology, Peanut hull.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación pretende elaborar un suplemento proteico que incremente microorganismos en la fermentación en estado sólido ya que se realizara un suplemento proteico a bajo costo que permita mejorar los valores nutricionales de la alimentación animal y de esta manera se puedan mejorar la producción de la finca o empresa debido a que normalmente estos productos tienen un alto costo que generan pérdidas en las fincas

La alimentación animal representa el 80% de costos totales de las producciones y ganaderas, por ende, se buscan alternativas económicas, de calidad nutricional, accesible y de constante producción Carvajal y Vivas (2004). Los concentrados son fundamentales para ajustarse a los parámetros nutricionales del ganado para la mejora de lo etológico, zootécnico y rentable Carvajal y Vivas (2004).

La FES, es un proceso de biotecnología para la preservación o desarrollo de alimentos nuevos a base de los microorganismos debido a las levaduras unos microorganismos unicelulares de crecimiento vegetativo del cual depende la especie Moyano, (2014).

Las proteínas que se obtienen del lactosuero, después de precipitarse la caseína contiene propiedades emulsificantes e hidratantes las cuales resultan útil al momento de poder obtener las proteínas del suero, el resultado de la coagulación de enzimas se conoce como suero dulce, los que se obtienen del suero ácido no son de alta calidad (Contexto ganadero, 2021)

Esto llega a crear motivación en los productores de búsqueda a diversas tecnologías, que les permitan aprovechar el subproducto que posee tanto interés en la alimentación animal. La diferencia de fermentaciones, la fermentación en estado sólido (FES) es realizada en presencia del agua limitada en cierta cantidad, de diferentes casos, el producto a fermentar se propone sustituir el agua por lactosuero, se conoce que el suero es propenso al crecimiento de microorganismos y cuando es desechado al ambiente este se convierte en un nocivo.

II. OBJETIVOS

2.1- Objetivo General

Evaluar el comportamiento fermentativo de la FES-Cascarilla de maní con lactosuero dulce de leche de vaca para el desarrollo de microorganismos.

2.2- Objetivos Específicos

Determinar el efecto del uso del lactosuero en la fermentación estado sólido sobre las variables en estudio (Temperatura ambiental, Temperatura fermentativa, pH y Humedad del sustrato)

Conocer el efecto de los diferentes porcentajes de 20%, 30% y 40% de cascarilla de maní (*Arachis hypogaea*) con lactosuero en la formación de microorganismos durante la fermentación en estado sólido de cascarilla de maní.

Identificar el efecto del uso del lactosuero dulce en la fermentación estado sólido sobre la Fibra Neutro Detergente y Proteína Cruda

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1- Fermentación en estado sólido (FES)

Existen 3 tipos de FES de acuerdo con el proceso en el uso de la fermentación y secado de la materia prima; La FES Industrial se da en un proceso tecnificado y secan el producto en fermentadores encargados de controlar el ambiente del secado; La Semiindustrial se fermenta en condiciones similares en fermentadores, pero con la diferencia que este se pone a secar al sol; La Rústica se da el proceso de forma artesanal en patios de cemento (Carvajal y Vivas, 2004).

En el proceso de la FES se pueden producir grandes cantidades de ácido láctico y acético debido a bacterias las cuales pueden ayudar al beneficio en circunstancias diferentes a la retención del Nitrógeno de esta forma facilita el uso del sistema, crecimiento de las levaduras y de las bacterias (Lescano y Elías, 1992).

La FES produce subproductos pertenecientes a los agroindustriales que llegan a contener azúcares y celulósicos procedente de la energía que aportan la urea (fuente de nitrógeno) y Carbohidratos que son utilizados en el desarrollo de microflora epifítica estos factores regulan el crecimiento de las bacterias y levaduras en fase de secado, la velocidad se duplica en un 5.2 la biomasa, así se logran dar cambios en el alimento, todo esto sin la necesidad de que el sistema necesite un inóculo Valiño *et al.* (1992).

Existen diversos e importantes estudios investigativos que han logrado desarrollar utilizando FES para alimento animal del cual se menciona la hipótesis de reducir la cantidad suministrada de cereales en la preparación de los concentrados por saccharina (Vivas y Carvajal, 2004).

Torres (2003), para la elaboración de FES de caña de azúcar se utilizan tallos maduros, debido a su mayor cantidad de carbohidratos solubles disponibles, aunque Sánchez (1995), citado por Torres (2003), indica que puede lograr elaborarse con caña de azúcar quemada o también se le conoce como parada, la cual por diferentes razones no llegan a ser procesadas en los diferentes ingenios.

La Saccharina rustica supera en cuanto a proteína en el plano nutricional a los pastos utilizados para alimento animal, logran índices productivos aceptables y hacen más rentables las explotaciones al lograr disminución del concentrado comercial, de esta manera se ofrece a los

animales dietas balanceadas sin elevación de costos, siendo una buena alternativa para el uso de nitrógeno no proteico en dietas alimenticias (Carvajal y Vivas 2004).

Se adiciona vitaminas y complejo B en el crecimiento de las levaduras y demás microorganismos debido a que funcionan como factores del crecimiento externo, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos son los ácidos grasos volátiles (AGV) o ácido acético sin elementos traza en medio de la urea por lo cual son necesitados para el beneficio de la fermentación (Pinto *et al.*, 1989).

Cuadro 1. Composición nutricional de la saccharina rústica

Parámetro	% Base Seca	% Base Humedad
Humedad	-	14.43
Materia Seca	100	85.57
Ceniza	4.40	3.77
Proteínas	13.05	11.17
Grasas	0.54	0.46
Fibras	34.58	29.59
Carbohidratos Totales	82.01	70.18
Energía Digestible	-	2.54 Mcal

Fuente: (Carvajal, 2004 p 46)

La Saccharina Rústica es un material que se obtiene de la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar sin cogollos y hojas para la alimentación animal, esto contribuye a potenciar el valor nutricional de la caña de azúcar con respecto a la proteína de la misma (Monroy J. *et al.*, 2006).

Los microorganismos aerobios necesitan oxígeno para vivir y en el caso de los anaerobios cuando lo necesita (facultativas bacterias entéricas, *Saccharomyce cerevisae*; o aerotolerantes bacterias lácticas) también cuando perecen ante la presencia del oxígeno como estricto clostridio (Madigan, 2015).

Cuadro 2. Tipos de FES

Tipo de FES	Ingrediente principal	Característica principal FES
Rústica o artesanal	Bagazo u orujo de uva	Compuestos antioxidantes, contiene fibra, obtención de taninos, ácidos o proteínas, sustrato de proteína unicelular y compostaje para biogás
	Bagazo caña de azúcar	Baja densidad, alto contenido de humedad, fuente de energética y rica en carbohidratos
	Cascarilla de arroz	Obtención de etanol por vía fermentativa
	Bagazo de yuca	Mayor facilidad de absorción y fuente de energía
	Harina de trigo	Posee un alto contenido de energía digestible

Fuente: Salinas Des Chanalet N. J. (2013), Lagos-Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019), Vargas, Y. A. & Pérez, L. I. (2018), Rosales, J. & Urbietta H. (1993), González, R. et al. (2014).

3.2- Cascarilla de Maní (*Arachis hypogaea*)

La cascarilla de maní tiene como microorganismo presente como la *luteolina*, conocida como un flavonoide que cuenta con propiedades antioxidantes, anti mutagénico y antiinflamatorio (San A. *et al.*, 2017).

Pineda R. (2012) la cascarilla de maní debido a su estructura de vacío cumple un doble propósito gracias a su material orgánico que durante la degradación brinda un aporte y soporte a los microorganismos brindándoles una condición de vida favorables para facilitar el contacto con un sustrato.

Normalmente la cascarilla de maní es utilizada para la mezcla con alimentos destinado para especies menores y bovinos, se adiciona para crear un balance en los materiales que es adicionado, sirve como un sustrato en fermentaciones y para el cultivo de hongos debido a su estructura cóncava, que propicia el crecimiento de microorganismos. (Pineda R. 2012)

Cuadro 3. Composición química de cascarilla de maní

Contenido	Cantidad%
Humedad	8-10
Proteína Cruda	6-7
Grasa	1-2
Fibra Cruda	60-67
Celulosa	35-45
Lignina	27-33
Cenizas	2-4

Fuente: (Woodroof, 1983).

3.3- Lactosuero o suero dulce de leche

Las características de la leche pueden cambiar la composición nutricional del suero, la elaboración, tipo de producción y la maquinaria utilizada en el proceso de la fabricación de los quesos así se logra diferenciar los tipos diferentes de sueros conocidos en la historia de la industria quesera (Elpidia, 2013, p 3).

Esto da origen a los tipos de suero que existen, se dividen en suero dulce que se obtiene mediante la utilización de cuajo o enzimas proteolíticas, estas actúan sobre la caseína de la leche y las fragmentan desestabilizándolas y precipitándolas, esto surge bajo temperaturas de 15-50 °C con pH levemente ácido (Jovanovic *et al.*, 2005).

El suero ácido es el segundo tipo que se obtiene de la precipitación ácida de la caseína, esto sucede al disminuir el pH de la leche a un valor de 4.5-4.6, el cual alcanza un punto isoeléctrico de las caseínas presentes; los egipcios tenían un tercer tipo de suero con sal que lo obtenían de la elaboración del Domiati que es un tipo de queso fresco (Abd-El-Salam, El-Shibiny y Salem, 2009).

3.4 Microorganismos (*Lactobacillus* y *Bacillus*)

Los *Lactobacillus* pertenecen a las bacterias ácido lácticas (BAL), sustancia compuesta de azúcar en la leche, Gran positivos, formadores de esporas, se encuentran en plantas o frutos, alimentos fermentados y en el organismo animal.

Los *Bacillus* son gran positivas, no móviles anaerobios, no esporulados, no cambian el nitrato a nitrito, poseen citocromos, como su principal función en una fermentación producen ácido láctico y son ácidos tolerantes a valores de pH de 3.2 a 9.6.

Frecuentemente, un microorganismo necesita de un dicho ambiente oxidante que se formula el desarrollo del metabolismo oxidativo o respirativo en tanto existen otros microorganismos que requieren otro tipo de ambiente simplificado o menos oxidante que son los que ejecutan el metabolismo fermentativo (Madigan, 2015).

Existen dos factores químicos y físicos que influyen en el crecimiento de los microorganismos:

1-Temperatura: los tipos de microorganismo cuentan con una temperatura adecuada de crecimiento. Con el estudio de la velocidad del crecimiento en función de la temperatura del cultivo se observa temperaturas mínimas muy debajo de las que representan crecimiento, es decir que a mayor temperatura se da un aumento en el crecimiento lineal de la temperatura del cultivo esto hasta alcanzar la T^0 óptima a máxima velocidad, pero si la T^0 decae bruscamente se da un cese de las funciones vitales de las células (Madigan, 2015).

La velocidad de las reacciones bioquímicas asciende a 1.5-2.5 veces con el aumento de la T^0 a 10°C ; las altas temperaturas dan muerte a la transformación de proteínas y da variaciones obtenidas de las membranas lipídicas. (Madigan, 2015).

Se debe considerar que las temperaturas bajas desaceleran el metabolismo y el crecimiento de las células, pero estas no mueren si la temperatura es mayor a la estimada, se llega a producir un cese de las funciones celulares y no recuperan la capacidad de división a baja temperatura. Esto da paso a la esterilización por el calor y no por el común utilizado del frío (Madigan, 2015).

En las bajas temperaturas el metabolismo celular desacelera las células las cuales detienen su crecimiento, sin tener que morir. No obstante, cuando se eleva la temperatura la muerte de estas es rápida y aunque baje no consiguen recuperar su capacidad de división; esto permite la esterilización por calor y no por frío (Madigan, 2015).

2-El pH (potencial de iones de hidrogeno): parámetro crítico que afecta el desarrollo de los microorganismos debido a cada uno de ellos se desarrollan en un riguroso rango del pH que fuera de él perecen de manera rápida; en lo general el pH de microorganismos se encuentran en 6.0 a 7.0, pero se ha probado que existe un tipo de microorganismos que pertenecen a los acidófilos que existen en $\text{pH} = 1.0$ y los alcalófilos aguantan un $\text{pH} = 10.0$ (Madigan, 2015).

El pH disminuye debido a diversos factores cabe mencionar la liberación de las cadenas cortas de ácidos orgánicos (Láctico, Fórmico y Acético) causado por determinadas bacterias; se toma de consideración que dicha acción bactericida presenta ser más eficaz que la producida por el descenso únicamente producido por el pH (Madigan, 2015).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

El ensayo se realizó en la Finca Santa Rosa propiedad de la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua, localizada al norte de la comunidad Sabana Grande.

Ubicada en las coordenadas geográficas 18°08'15" latitud norte y 86°09'36" longitud oeste. Las condiciones climáticas corresponden a una zona ecológica de bosque tropical seco. Además, presenta una temperatura media anual de 28°C, precipitación pluvial promedio anual de 1132 a 1200 mm, humedad relativa media anual de 72 % y se encuentra a una elevación de 56 msnm (INETER, 2019).

4.2 Manejo del ensayo

El proceso de elaboración de la FES de los tratamientos de estudio con diferentes porcentajes de inclusión de cascarilla de maní con lactosuero se realizó en la Facultad de Ciencia Animal.

La materia prima utilizada para los 4 tratamientos fueron los tallos sin hojas de caña de azúcar que se cosecho con ayuda de machetes, los cuales fueron trasladados a una picadora estacionaria, logrando la obtención del material picado de 2 a 3 cm del tamaño de las partículas, la edad de corte de la caña de azúcar fue de 12 meses.

El suero de nuestro experimento se obtuvo a través de la compra de la leche fresca de vaca, todo el proceso se hizo en un recipiente a parte para mantener la temperatura del suero y de no contaminarlo de agentes ajenos al experimento y así evitar alteraciones en los datos.

La cascarilla de maní fue obtenida de forma comercial; Se pesaron todos los ingredientes para cada tratamiento menos al tratamiento 1.

Cada tratamiento consistió en un lote de 15 kg, dividido en 4 repeticiones de 3.75 kg cada una, las que se extendieron en un piso liso de cemento bajo techo, con un espesor por capa de 10 cm garantizando las condiciones aeróbicas necesarias para la fermentación en estado sólido (FES).

Los ingredientes se mezclaron hasta obtener una mezcla sólida, se dejaron fermentar por un período de 36 horas y luego se procedió a secar al sol.

4.3 Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) para los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones, para evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de cascarilla de maní (*Arachis hypogaea*) con suero dulce de leche de vaca sobre los indicadores de FES de caña de azúcar.

4.3.1 Los tratamientos en estudio fueron:

T 1: Caña de azúcar 97.5% + 1% urea (U) + 1.5% de sal minero-vitamínicas (SMV).

T 2: Caña de azúcar 77.5% + 1% urea (U) + 1.5% de sal minero-vitamínicas (SMV) + 20% de cascarilla de maní con suero dulce.

T 3: Caña de azúcar 67.5% + 1% urea (U) + 1.5% de sal minero-vitamínicas (SMV) + 30% de cascarilla de maní con suero dulce.

T 4: Caña de azúcar 57.5% + 1% urea (U) + 1.5% de sal minero-vitamínicas (SMV) + 40 % de cascarilla de maní con suero dulce.

4.4 Variables

Se tomó lectura cada 4 horas a las variables en estudio (Temperatura ambiental, Temperatura fermentativa, pH y Humedad del sustrato) a cada repetición por tratamiento, las lecturas se realizaron con ayuda de un pH metro y termómetro digital marca **Temperature meter**, hasta cumplir las 36 horas de fermentación.

Al inicio y al final del proceso fermentativo se recolectaron muestras compuesta por tratamiento con un peso de 200 gr para determinar el contenido de fibra detergente neutra y de proteína bruta.

4.5 Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza a cada variable evaluada para determinar el efecto de inclusión de cascarilla de maní (*Arachis hypogaea*) con suero dulce, utilizando el programa estadístico Minitab Statistical Software Versión 17.0 y se realizó el procedimiento de comparación de medias a través de Tukey cuando se encontró diferencias en las medias.

Se utilizó el modelo aditivo lineal (MAL):

Dónde:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = cualquiera de las variables en estudio en la i -ésimo repetición del j -ésimo nivel de inclusión de cascarilla de maní (*Arachis hypogaea*) y suero dulce.

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento

T_i = Efecto fijo del i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento (T2, T3 y T4).

ϵ_{ij} = Error aleatorio de variación de i -ésimo tratamiento y el j -ésimo repetición.

4.6 Análisis químico

4.6.1 Proteína Cruda

La palabra cruda da referencia a que no todo el nitrógeno presente es proteína, esta también es conocida como proteína bruta (INIA, *s,f*).

La concentración de nitrógeno total se determinó realizando el método de Kjeldahl (AOAC, 1990).

$$PB = \% \text{ de nitrógeno total} * 6.25$$

4.6.2 Fibra Detergente Neutra

El contenido de FDN se analizó según lo descrito por Van Soest *et al*, (1990).

V- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Temperatura ambiental y de fermentación

En la figura 1 se observa que el comportamiento de la temperatura ambiente promedio fue de 29.27 °C, mientras que la temperatura de fermentación para los tratamientos en estudio fueron T1 31.23 °C, T2 31.26 °C, T3 30.59 °C y T4 29.89 °C respectivamente.

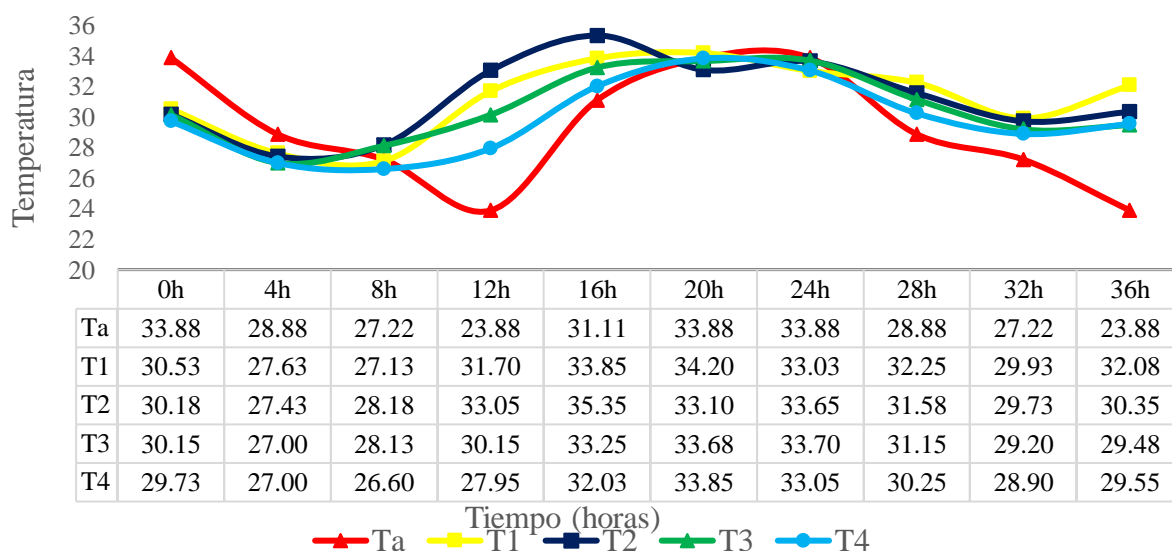


Figura 1. Comportamiento de la temperatura fermentación del sustrato y temperatura ambiente de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión

Se observó efecto estadístico significativo ($p < 0.05$) en la temperatura fermentativa, pero no de los diferentes tratamientos sobre la temperatura ambiente promedio ($p > 0.05$).

La temperatura interna de cada tratamiento durante la fermentación mantuvo una estabilidad relativa con relación a la temperatura ambiente, esto nos muestra que durante el proceso de fermentación en estado sólido hubo tendencia natural que nos indica que la temperatura interna del sustrato a pesar de los cambios que tuvo la temperatura ambiente se muestra de una forma constante propiciando el desarrollo de los microorganismos.

A las 16-24 horas la temperatura de los tratamientos 1, 3 y 4 del sustrato fue constante con relación a la temperatura ambiental, en cambio el tratamiento 2 a las 16 horas tuvo un aumento con relación a la temperatura ambiente esto se debe al calor que se acumula en el sustrato fermentado creando un aumento en la temperatura fermentativa debido a la actividad metabólica creada por los microorganismos que se desarrollaron durante la fermentación, esto puede ser explicado de manera más precisa por Berradre *et al.* (2009).

Un aumento a la temperatura del cultivo en la fermentación llega a favorecer 3 puntos negativos: 1- La actividad microbiana se detiene o se desacelera, 2- Se deshidrata el medio sólido, 3- El metabolismo se desvía como un mecanismo de defensa ante el calor o la deshidratación (Correa, 2005 citando a Gutiérrez, 1995).

Becerra, (2006) afirma que el rango óptimo para el crecimiento de levaduras es de 30 °C, a un que en la fermentación de caña de azúcar se reportan como temperaturas adecuadas de fermentación para el crecimiento de levaduras las que se ubican entre 30 a 33 °C (Lezcano y Elías, 1992).

Por otro lado, Castillo, (2013) la temperatura de fermentación óptima para los microorganismos que se desea desarrollar en el proceso fermentativo y generalmente su rango oscila entre los 20 °C a 40 °C y puede llegar a marcar un máximo de 50 °C, pero si se realiza con este rango de temperatura se corre el riesgo de que los microorganismos se vuelvan lentos y por tanto ineficientes, por eso se debe mantener la temperatura de fermentación cercana a 32 °C.

La temperatura o el aumento térmico llega a afectar directamente la fase de crecimiento, composición química, enzimática y los nutrientes, esto se llega a controlar mediante un buen almacenamiento considerando que todos los microorganismos existentes se proliferan a una velocidad distinta que va acorde con su temperatura óptima, para evitar tales cambios se debe mantener una temperatura acorde con el cultivo que se desea (Moyano, 2014).

Correa (2005), nos dice que para que exista actividad microbiana debe de haber reacciones químicas, en la cual la temperatura ambiental debe constar de una debida aeración del material que resulte benéfico para el crecimiento de microorganismos benéficos durante el proceso de la fermentación.

Correa (2005) es la que permite el desarrollo de los microorganismos, ejerciendo una acción determinante que permite diferentes efectos importantes que inhibe un metabolito o muerte celular y la desnaturalización de las proteínas.

El control de la temperatura de fermentación es el factor crítico que permite un mejor desarrollo de microorganismos, debido a la concentración del sustrato que llega a favorecer a la acumulación de calor creando así un aumento de la temperatura Pastrana (1996).

5.2 Potencial de iones hidrogeno (pH)

El pH es una variable que afecta el desarrollo de la FES es difícil controlar la variable durante el desarrollo fermentativo, el pH disminuye por razones diferentes como la secreción de ácidos acéticos, ácido láctico y ácido orgánico, sumando a esto la fuente de nitrógeno utilizada que cambia la tendencia que sigue la variable del pH (Correa 2005, citando a Domenech, 2000).

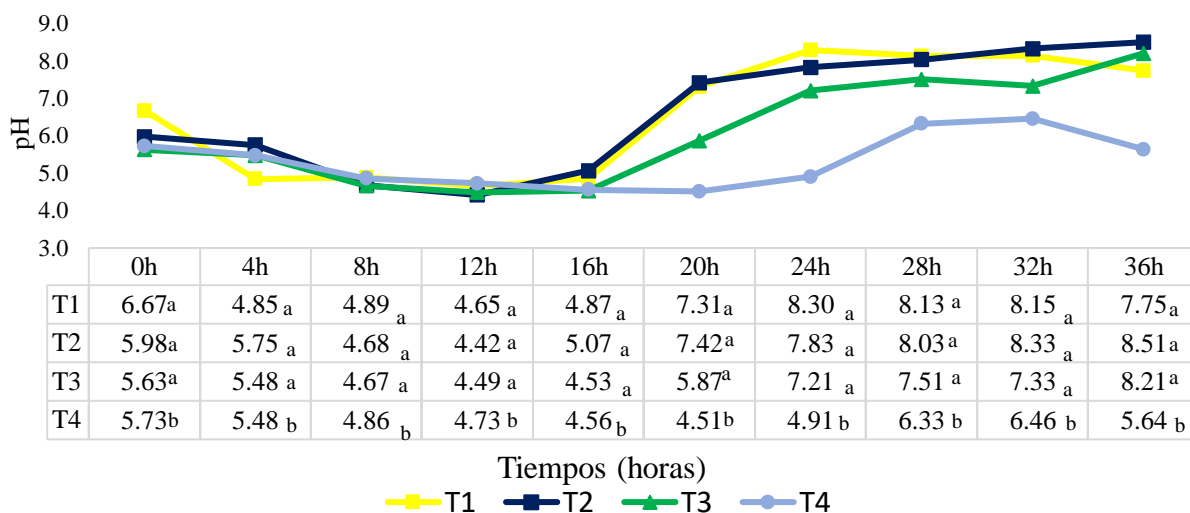


Figura 2. Comportamiento del pH durante el proceso de fermentación de 36 horas de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión

Se pudo observar que el pH en los tratamientos T1, T2, T3 tuvieron una similitud estadística en cambio el tratamiento 4 hubo un efecto significativo demostrando que el pH tuvo un comportamiento más independiente con respecto a las diferentes horas en comparación de los otros tratamientos.

El pH es un factor importante al momento de la realización de una fermentación debido a que cada organismo posee un rango establecido de pH esto permitirá el crecimiento y la actividad; en el caso de las levaduras tienen un rango de 4.5-7 y las bacterias un rango más elevado, pero no es tomado como una regla (Becerra, 2006; citando a Carabeo, 2008).

Este llega a afectar el desarrollo de los microorganismos en una fermentación debido a la tendencia de variación causado por la secreción de ácido láctico y ácido acético, por ende, se le suministra una fuente de nitrógeno que crea una tendencia del pH que da a conocer el nivel de alcalinidad debido a que si el pH alcanza niveles alcalinos o ácidos este no permitiría el desarrollo de los microorganismos debido a la baja presencia de hidrogeno (Correa, 2005).

Krishna (2005), afirma que el pH cambia por diversas razones y disminuye por la secreción de ácidos orgánicos como los acéticos y lácticos durante el proceso de fermentación, pero también el nitrógeno utilizado influye en la tendencia que sigue el pH.

En la figura 2 se observan los niveles del pH durante el proceso de la FES-Cascarilla de maní teniendo un promedio de todos los tratamientos de 6.14%, el T1 6.55% sin cascarilla de maní y T2 6.60%, T3 6.09% y T4 5.32% con inclusión de cascarilla de maní con lactosuero.

El pH tuvo un comportamiento inicial constante hasta las 16h a partir de las 20h mostro un aumento en T1, T2 y T3 Caraveo (2008), este aumento se debe a la liberación de amonio dada por la desaminación de la urea que incrementan los niveles de pH, pero en comparación a los otros tratamientos el T4 presento un aumento hasta las 28h de 6.33%, al final sufrió una disminución, debido a la descomposición microbiana u orgánica Berradre, (2009) citando a Salgado *et al.*, (2012).

5.3 Humedad del sustrato

Es considerado el factor decisivo en la fermentación en estado sólido, sus resultados dependen de la calidad del sustrato utilizado para lograr el crecimiento de los microorganismos deseados, pero si se tiene un alto nivel de humedad del sustrato esto provoca descensos en la porosidad del sustrato y una difusión de oxígeno causando una contaminación microbiana que es un resultado no deseado ya que se conoce generalmente que el contenido de humedad del sustrato inicial oscila entre 30-75% (Pastrana, 1996).

La calidad de los microorganismos que se forman durante la fermentación depende del valor óptimo del sustrato utilizado para crear una humedad que de vida a las características deseadas en estudio (Pastrana, 1996).

Para el desarrollo microbiano, la humedad óptima que tiene el sustrato influye directamente ya que este debe de permitir la aireación adecuada sobre el sustrato, si los niveles de humedad son elevados impide la circulación del aire y en caso de que el contenido de humedad sea bajo los nutrientes no se esparcen adecuadamente, el crecimiento microbiano se verá obstaculizado (Pastrana, 1996).

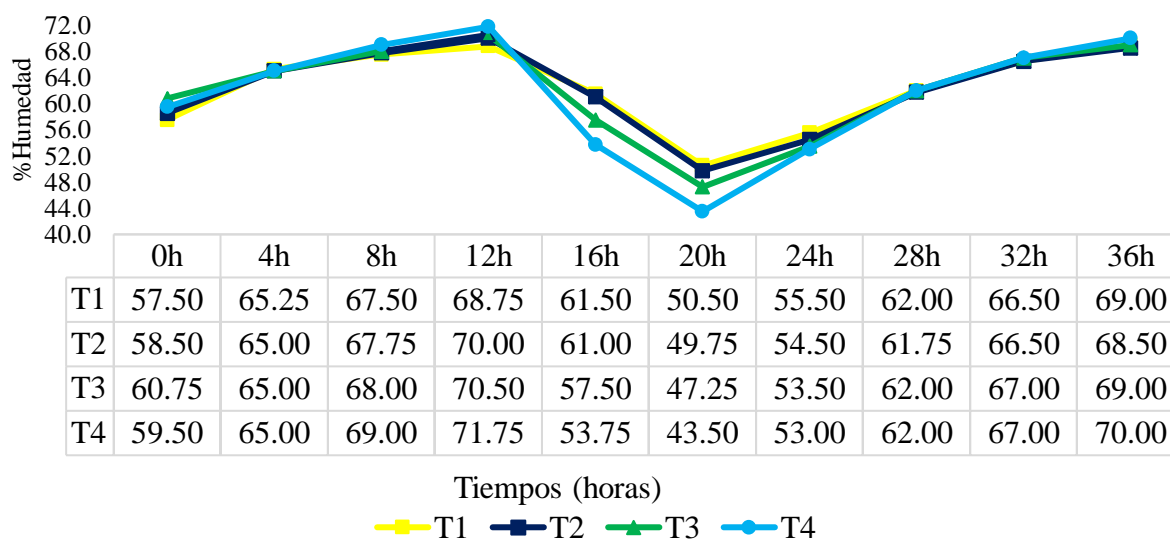


Figura 3. Porcentaje de humedad del sustrato a diferentes tiempos de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión

Los sustratos empleados en las fermentaciones en estado sólido son materiales que su origen generalmente pertenece a la agroindustria, son de estructura nutricional compleja (Sánchez, 1999).

La humedad del sustrato al inicio de la fermentación oscila de 30-75%, durante el proceso de la fermentación se dan variaciones de los valores de la humedad del sustrato debido a la pérdida por evaporación y la actividad metabólica de los microorganismos (Moyano, 2014).

No se observó diferencia significativa ($p > 0.05$) de la humedad del sustrato en comparación de los tratamientos con diferentes niveles de inclusión de cascarilla de maní y lactosuero.

Durante todo el proceso fermentativo se considera que un sustrato es benéfico cuando promueve todos los nutrientes que un microorganismo necesita para su metabolismo celular y de fermentación, cuando el sustrato carece de los nutrientes necesarios se le suplementa con una fuente externa que lo beneficie (Parzanese, *s. f*)

El mantenimiento y el control de la humedad es utilizado como un recurso para el control externo y evitar los altos contenidos de humedad que son los causantes de la disminución de la porosidad y la disfunción del Oxígeno incrementa el riesgo de contaminación bacteriana, aumenta el crecimiento de los micelios aéreos, este es un efecto que se puede llegar a prevenir con un buen manejo de la fermentación (Moyano, 2014).

En la figura 3 se observa las variaciones de la humedad del sustrato durante el proceso de la FES-Cascarilla de maní teniendo un promedio de todos los tratamientos de 62.06%, el T1 62.4% sin cascarilla de maní y T2 62.33%, T3 62.05% y T4 61.45% con inclusión de cascarilla de maní con lactosuero.

Todos los tratamientos al inicio tuvieron un contenido de humedad oscilante de 50 a 65%, a las 12h hubo un aumento de la humedad siendo el T4 con 71.75% el más alto, a las 20h el T4 en comparación a los otros tratamientos tuvo el menor valor de 43.50% con una disminución de valores entre los demás de 50-40% debido a la actividad metabólica de los microorganismos Pastrana (1996), la humedad de la fermentación tuvo una variación de 9.45% al inicio y de 11.06% al final, teniendo a T1, T2, T3 y T4 valores similares entre 68-70%.

Estas variaciones indican que la humedad proyecta valores constantes en los 4 tratamientos entre las 0-12h, con un valor de la humedad del sustrato y debido a la actividad metabólica de los microorganismos y a la pérdida por evaporación a como lo planteo Moyano (2014), debido a la evaporación surgió el descenso logrando incrementar de forma similar entre los 4 tratamientos en las horas 24 a 36 horas con un valor de 58.81% esto pudo deberse a la temperatura interna del sustrato.

5.4 Análisis Microbiológico

Los sustratos en la fermentación son descompuestos por microorganismos a metabolitos secundarios (enzimas) Garcés *et al.*, (2002).

En el cuadro 4 se encuentran los resultados del análisis de los diferentes tratamientos con las unidades formadoras de colonias mayoritariamente presente del género *Bacillus spp.*, y *Lactobacillus spp*

Cuadro 4. Resultados de Análisis de laboratorio de Microbiología de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión

Muestra	<i>Bacillus</i> (UFC/g Producto)	<i>Lactobacillus</i> (UFC/g Producto)
Tratamiento 1	11 x 10 ⁴	9 x 10 ⁴
Tratamiento 2	37 x 10 ⁵	40 x 10 ⁴
Tratamiento 3	31 x 10 ⁴	39 x 10 ⁴
Tratamiento 4	9 x 10 ⁵	53 x 10 ⁴

Se utilizó una muestra compuesta por tratamiento para los análisis.

Se encontró más presencia de *Lactobacillus* en el tratamiento 4 que se le adiciono un 40% de cascarilla de maní con lactosuero y se encontró menor cantidad de *Bacillus* en el tratamiento 2 el cual conto con un 20% de inclusión, estos resultados se deben a que los *Bacillus* se desarrollan a temperaturas de 25⁰C y los *Lactobacillus* a 30⁰C, a las 16-20 horas el tratamiento 4 alcanzo dicha temperatura con un pH bajo propiciando así un mayor crecimiento de *Lactobacillus* a esto se le atribuye la estructura de la pared celular gruesa que beneficia el control de desarrollo de microorganismos patógenos.

Los microorganismos presentes en los productos utilizados en la fermentación en estado sólido, presente en el suero dulce, *Lactobacillus spp*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. reuteri* y *Bifidobacteria spp*. (Montero, *et al.*, 2009). Presente en la caña de azúcar, *Sacharomyces cereviciae* y *Candida pentolopesii* (Reyes *et al.*, 2018). Presente en la cascarilla de maní, Luteolina (San A. *et al.*, 2017).

Estos microorganismos en cantidades adecuadas pueden ayudar a nutrición de diferentes especies animales, como los porcino y bovinos; según estudios realizados por Macías (2012) en ganado bovino han mejorado la digestibilidad, Jurado (2004) en ganado porcino afirma que favorece al sistema inmune, el crecimiento y la mucosa intestinal, Velásquez *et al*, (2015) mejora la ganancia de peso, y Ronka *et al.*, (2003) que es utilizada como probióticos, lo que otorga múltiples beneficios de dichos microorganismos.

La familia *Lactobacillaceae* considerada benéfica en las fermentaciones la componen dos subgrupos *Streptococaceae*, formada por los géneros: *Streptococos* y *Leuconostoc*; *Lactobacillaceae*, formada por el género *Lactobacillus* se agrupan en cadenas que son Gran+, no esporógenas y produce el ácido láctico fermentando la lactosa, se encuentran en la leche, ubres y utensilios, no son proteolíticas, no patógenos y termófilos con T⁰ óptima de 40⁰ a 45⁰C (García, 1986).

Las bacterias del lactosuero llegan a efectuar reacciones bioquímicas muy complejas, con ayuda de las enzimas crece y se multiplica en un tiempo más rápido, estos cambios son generados por los grupos de bacterias según el sustrato utilizado, con T⁰ óptima de 30⁰C a 40⁰C crecen bacterias del grupo como *Lactobacillus lactis*, *halveticus*, *bulgaricus*, *termophylus*, *fermenti*, *brevis*, *colibacilos* y los *enterococos* productores de ácido láctico por otro lado las bacteria láctica *Bacillus spp.*, son productoras de ácido láctico y resisten variaciones altas de

pH, contrario los *Bacillus cereus* son bacterias indeseables ya que no producen de forma eficaz el ácido acético, láctico (Navas, J. y Morales, D., 2016).

El tipo de suero utilizado (suero dulce de vaca) ayuda a promover el crecimiento de microorganismos, utilizan los recursos para la promoción de estos que dicha interacción ayuda a dar resultados positivos para beneficiar a los animales que consumirán el producto final (Guel G. *et al* 2018).

5.5 Análisis Químico

En el cuadro 5 se encuentran los resultados del análisis bromatológico en base seca realizado a los 4 tratamientos al inicio y al final.

Cuadro 5. Análisis bromatológico en base seca de FES-Cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión

Tratamientos	FDN	PC	FDN	PC
	Inicial		Final	
1	61.48	6.91	53.75	9.53
2	76.34	6.92	70.59	7.73
3	79.10	7.78	72.44	7.90
4	73.87	8.02	74.17	10.41

Se utilizó una muestra compuesta por tratamiento para los análisis.

El contenido de proteína cruda en la FES aumento debido a la adición de nitrógeno no proteico (urea) al sustrato utilizado (caña de azúcar), los microorganismos presentes en el sustrato lo utilizan como fuente de energía mediante reacciones metabólicas convirtiendo el NNP en NP, suministrando nitrógeno orgánico mediante la adición de lactosuero y cascarilla de maní con diferentes niveles de inclusión esto permitió a los microorganismos presentes asimilar el nitrógeno como consiguiente disminuyo el contenido de FDN sabiendo que a menor contenido mejora la digestibilidad (Laguna M., 2018).

Caraveo, (2008) según la diferencia encontrada entre los resultados de los tratamientos es debido a que no se utilizó un producto comercial como vitafer o sulfato de amonio como fuente

de nitrógeno inorgánico, al agregar este tipo de productos comerciales se aumenta el porcentaje de proteína cruda y el desarrollo de los microorganismos.

Los valores de fibra detergente neutra de la FES-Cascarilla de maní presentaron una diferencia de 19.84% entre el total inicial con respecto al total final, el T1 presento una diferencia de 7.73%, el T2 5.75%, T3 6.66% y el T4 0.3% entre los valores iniciales y finales de cada uno.

Como se puede apreciar los tratamientos con contenido menor de cascarilla de maní disminuyeron sus niveles en comparación al T4 que contiene un 40% de cascarilla de maní así tuvo un aumento con la menor variación de 0.3%, siendo el T2 con una disminución de 5.75% y el T3 6.66% del valor de FDN con el T1 sin cascarilla de maní con una diferencia del 7.73%.

La FDN representa los componentes de la pared celular de las plantas, FAO (2022) se da por la degradación de la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, esto da a una fracción insoluble en detergente neutro y es utilizada para determinar la cantidad del pienso que llega a ingerir el animal, también la calidad energética del alimento, a niveles altos de FDN hay menor ingesta de alimentos, pero esto no quiere decir que un valor alto de FDN implica en ser un alimento del tipo fibroso que va en dependencia de su grado de lignificación y de las partículas (Carpenter, 2021).

Hsu, *et al.*, (2013), reportan que al inocular los preparados microbianos en una fermentación en estado sólido para el enriquecimiento nos muestran mejoras en una calidad nutricional y de la digestibilidad de los alimentos que son elaborados mediante un proceso fermentativo por consiguiente el uso del lactosuero dulce actúa como un preparado ya que este produce *Lactobacillus*, actuando así en la disminución de la fibra detergente neutra, al aplicar los microorganismos lácticos ayudan a que el producto final de la fermentación sea más digestible.

Torrejón (2020) la proteína microbiana se obtiene de la biomasa de los organismos como hongos, levaduras, microalgas, bacterias entre otros microorganismos unicelulares.

Es importante conocer que las bacterias poseen una ventaja en los sustratos de origen orgánico y de gas que es el crecimiento rápido gracias a esto las bacterias utilizan el hidrogeno, gas metano o gas de síntesis como fuente energética lo cual disminuye los piensos en la alimentación animal, la cual una fuente de proteína alternativa usada a la de origen animal son obtenidas por un medio de cultivo de microorganismos a lo que llamamos proteína microbiana el cultivo de estas presenta un mejor brindando una producción de calidad sobre la base del sustrato utilizado (Torrejón, 2020).

Las ventajas que presenta la producción de proteína microbiana nos brindan diferentes beneficios como permitir la disminución de contaminación a la tierra, no utilizar materiales de origen químicos, una productividad alta, un constante suministro, cubre los requerimientos nutricionales, aporta vitaminas o ácidos grasos (Torrejón, 2020).

VI- CONCLUSIONES

El comportamiento de la fermentación de cascarilla de maní con lactosuero dulce de vaca logro el desarrollo de los microorganismos deseados *Lactobacillus* y *Bacillus*.

La temperatura ambiente y la temperatura fermentativa no se vieron afectadas por la inclusión del lactosuero dulce de vaca, el pH mantuvo valores estables, la humedad del sustrato no se vio afectada dando resultados similares entre los tratamientos.

El tratamiento 4 con un nivel de inclusión del 40% de cascarilla de maní y lactosuero dio un mayor desarrollo de microorganismos durante la fermentación de FES-Cascarilla de maní.

Los valores de FDN no se vieron afectados por los diferentes niveles de inclusión de la FES mientras que PC tuvo incrementos de hasta un 25% en promedio.

VII- LITERATURA CITADA

- Abd El-Salam, M. H., El-Shibiny, S. y Salem, A. (2009). Factors affecting the functional properties of whey protein products, a review. *Food Reviews International*, 25 (3), 251-270.
- Abelardo Prada, Carol E. Cortés. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Universidad de los llanos Villavicencio. Meta. Colombia.V14s1a13.pdf
- Agrovit. (s. f). Composición y análisis de alimentos. <http://www.agrovit.com>>Ganaderia.
- Analytics Beyond Measure. (2018). El análisis de la fibra en el pienso animal Fibra cruda, fibra detergente neutra FDN] y fibra detergente ácida [FDA]-los estándares y las opciones de automatización. FOSS. [Archivo PDF]. <https://www.eBook-Fibre-analysis-of-animal-feed-ES.pdf>.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of AOAC international. 20th Edition. http://www.aoac.org/aoac_prod_imis/aoac/publications/official_methods_of_analysis/aoac_member/pubs/oma/aoac_official_methods_of_analysis.aspx?hkey=5142c478ab50-4856-8939-a7a491756f48
- Aproval.cl. (s. f). Nutrición uso de trigo en alimentación animal. Consultado el 23 de febrero del 2021 [uso-trigo-en-alimentacion-animal-inia-remehue.pdf](http://www.aproval.cl/uso-trigo-en-alimentacion-animal-inia-remehue.pdf)
- Becerra, BA. 2006. Aprovechamiento de Subproductos de Manzana Mediante la Producción de Proteína Microbiana con Fermentación en Estado Sólido para la Alimentación Animal. Disertación Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, MX.
- Berradre, M. Mejía, M. Ferrer, J. Chandler, C. Páez, G. Mármol, Z. y Fernández, V. (2009). Fermentación en estado sólido del desecho generado en la industria vinícola. *Revista de la Facultad Agronómica*. Vol. 26 (3). http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037878182009000300006

- Borrás Sandoval, L. M. y Torres Vidales, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido-FES. Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.
- Carpenter M. E. (2021). Diferencias entre una fibra detergente ácida y una fibra detergente neutra. Ehowenespañol. https://www.ehowenespañol.com/diferencias-fibra-detergente-ácida-fibra-detergente-neutra-info_279593
- Carvajal, T. Vivas J, I. (2004). Evaluación de remplazo parcial del forraje *axonopus spp* por Saccharina rustica en la alimentación del cuy *cavia porcellus*. Popayán (Cauca). [Tesis Agro zootecnista, Universidad del Cauca].
- Contexto ganadero. (2018). Como ayuda la harina de maíz para la producción de carne y leche. Bogotá, Colombia.
- Contexto ganadero. (2021). En qué se diferencia el suero de la leche dulce al suero de leche ácido. Bogotá, Colombia.
- Correa Rivero, H. (2005). Aspectos fundamentales de las fermentaciones en estado sólido FES. Centro de Sanidad Agropecuaria (CENSA). La Habana, Cuba. DOI: 10.13140/RG.2.2.33345.43208
- Cruz Orellana, T. S. (2012). Evaluación de la utilización de epicarpio de maní (*Arachis hypogaea*, C. Linneo) con un ligante polimérico, en la aplicación de especímenes de prueba-paneles menores-. [Tesis de graduación, Universidad de San Calos de Guatemala]. http://08_1226_Q.pdf
- Dulce L., (2016), Bacterias Lácticas Importancia en los alimentos y sus efectos en la salud. Recuperado de: [http://www. Prezi.com/-hyauvaudoq6/bacterias-lácticas/](http://www.Prezi.com/-hyauvaudoq6/bacterias-lácticas/)
- EcuRed. (s. f). Bagazo de caña de azúcar. Consultado el 23 de febrero del 2021. Recuperado de: https://www.ecured.cu>Bagazo_de_caña_de_azucar.
- Elpidia Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de altas biodisponibilidad. Revista chilena de nutrición. Santiago, Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/so71775182013000400011>.
- FAO (organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2002). Uso de ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños

- campesinos: proceso de fermentación del ensilaje y su manipulación (en línea). Consulta 25 de noviembre de 2021. <http://www.fao.org/docrep/oos/x8486504htm>
- FAO (organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2022). Determinación de fibra por Detergente Acido. <https://www.fao.org>
- García, A. R. L. 1986, Microbiología Pecuaria, Ed: ISCAH, TOMO I Y II, Habana Cuba Tomo I, Tomo II.
- Garcés Molina, A.M. Berrio Roa, L. Ruiz Alzate, S. Serra León, J.G. Builes Arango, A.F. (2002). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Lasallista de investigación. <http://www.lasallista.edu.co/Fxcul/media/Revista/Vollnl/066-71%20Ensilaje%20como%20fuebte%20de%20alimentación%3%B3n%20para%20el%20ganado>.
- Gibert. P. M. (2010). Bagazo de la mandioca o typraty. En línea: https://Bagazo_de_la_mandioca_o_typraty>abc.com.py.
- González Salas, R. Romero Cruz, O. Valdivié Navarro, M. Ponce-Palafox, J. T. (2014). Los Productos y Subproductos Vegetales, Animales y Agroindustriales: Una Alternativa para la Alimentación de la Tilapia. Revista Bio Ciencias 2 (4): 240-251. <http://dx.doi.org/1015741/revbio.02.04.02>.
- Guel García G. P., Hernández Mendoza J. L. y Rodríguez G. (2018). Uso de bacterias obtenidas a partir de suero de leche y su uso potencial como probióticos en la industria alimentaria. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. <https://www.redalyc.org>html>.
- Hernández, Rojas M. y Vélez, Ruíz J. F. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y ambiental, Universidad de las Américas Puebla. San Andrés Cholula, Puebla, México.
- Hoffman P. C., Lundberg K. M., Bauman L.M., Randy D. S., y Contreras-Govea F.E. (2007). El efecto de la madurez en la digestibilidad del FDN (fibra detergente neutra). University of Wisconsin Board of Regents. Focus on Forage-vol 5: No. 15 pág 1. [Document pdf] MaturityNDFesp.FOF.pdf

- Hsu P. K., Liu, C. P., Liul, Y., Chang, CH., Yang, S. S. (2013). Protein enrichment and digestion improvement of napier grass and pangela grass with solid-state fermentation. *J microbial Immunol Infect*: 46 (3): 171-179.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). (2019). Datos Climatológicos de las estaciones meteorológicas. Managua, Nicaragua.
- INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL (ICA) Saccharina rústica. (Caña enriquecida). Alimento para consumo animal. (1990). En: Folleto XXV Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana Cuba.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA). (s. f). Algunos conceptos sobre calidad de forrajes. [Ficha técnica n^o33]. <https://www.ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf>
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA). (s. f). Durante una sequía o luego de esta puede faltar fibra en la dieta. <http://www.inia.uy>>Lecheria
- Jaramillo, J. D. (2019). Caracterización Química Y Valoración Nutricional De La Cáscara De Maní (*Arachis Hypogaea*) En La Provincia De Loja. [Tesis de Grado, Universidad Nacional De Loja].
- Joaquín Cancino, S. (2018). Moringa oleífera Lam. Una Alternativa Forrajera En La Producción Pecuaria En México. *Agro Productividad*, 11 (2). <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/134>.
- JOHNSON, B. (2004). Los concentrados de proteína de suero y sus aplicaciones en productos bajos en grasa. *Alfa Editores Técnicos México*, 19: 1-3.
- Jovanovic, S., Barac, M. y Macej, O. (2005). Whey proteins pro-perties and possibility of application. *Mljarstvo*, 55 (3), 215-233.
- Jurado Gámez, H., Ramírez C., Aguirre D. (2013). Cinética de fermentación de *Lactobacillus plantarum* en un medio de cultivo enriquecido como potencial probiótico. Universidad de Nariño y Universidad del Valle. Colombia. <http://vip.ucaldas.edu.co>

- Lagos Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019). Sugar cane and by-products of the sugar agro-industry in ruminant feeding: A review. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (3), 917-934. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>.
- Laguna, M. C. y Martínez, Y. K. (2018). Fermentación en estado sólido de caña de azúcar y forraje fresco de *Moringa oleífera* con diferentes niveles de inclusión de *Sacharomyces cerevisiae*. [Tesis de graduación, Universidad Nacional Agraria].
- Lezcano, E. Orquídea Lezcano, P. Cordero, J. y Quintana, L. (1990). Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido Saccharina. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. Tomo 24. La Habana, Cuba. p. 3-12.
- Lezcano, O. & Elías, A. (1992). Efecto de la temperatura y la urea en la fermentación de la caña de azúcar para producir Saccharina. *Rev. Cubana. Ciencia Agrícola*. CU. 291 p.
- Macintosh H; Royle, J. Leu L. Regester O. Johnson A. Grinsted L. Kenward S. y Smithers W. (1998). Whey proteins as functional food ingredients. *Journal Dairy International* 8: 425434.
- Macias Rodrigues, E. G. (2012). Evaluación del efecto de enzimas exógenas (celulasas) sobre la composición química y digestibilidad in vitro de la cascara de maní, para el uso en rumiantes en la Provincia de Manabí. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i8.598.
- Madureira, Ana & Pereira, Claudia & Gomes, Ana & Pintado, Manuela & Malcata, Francisco (2007). Bovine Whey proteins – Overview on their main biological properties. *Food Research International*. 40. 1197-1211. [10.1016/j.foodress.2007.07.005](https://doi.org/10.1016/j.foodress.2007.07.005).
- Marshall, K. R y Harper, W. J. (1988). Whey protein concentrates. *Bulletin of the international Dairy Federation*, 233, 22-32.
- Madigan Michael, T. (2015). Cap. 1 Microbiología General de la 14ª edición de Brock. *Biología de los microorganismos*. [Archivo PDF]. (En línea) recuperado de: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/aura/Crecimiento_microorganismos.

- Monroy J. M., Aranda E. Mendoza G., Ramos J. A., Herrera J., Cobos M. Y., y Izquierdo F. (2006). Elaboración y conservación de Saccharina a partir de caña de azúcar integral, con la adición de maleza y pulidura de arroz. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 40, No. 2, pp 167. La Habana, Cuba.
- Montero Lagunes, M., Juárez Lagunes F. I., García Galindo, H. S. (2009). Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico. [Revista]. *Texcoco*, México. *Agrociencia* vol. 43 no. 6 Texcoco. Scielo.org.mx.
- Moyano Bautista, M. A. (2014). Fermentación estado sólido (FES) de la papa (*solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, universidad nacional abierta y a distancia (UNAD) escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente especialización en nutrición animal sostenible. <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2545/1/2014-06.pdf>
- Navas Saballo, J. A., y Morales Cerda, D. A. (2016). Libro de Texto de Microbiología Pecuaria. Universidad Nacional Agraria. [Archivo pdf]. Nicaragua. Tnl70n322.pdf.
- Ochoa Fernández, J. (2018). Efecto de los tiempos de cosecha de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) sobre la degradabilidad de la fibra detergente neutra y ácida en rumen de toretes. [Tesis de graduación]. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
- Orozco Olivares, F. G. (2011). Producción de ácido láctico por medio de fermentación anaerobia y su polimerización a partir de reacciones de apertura de anillo. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida Yucatán. [Tesis de Posgrado]. PMP_M_Tesis_2011_Fatima_Orozco_Olivarez.pdf
- Parzanese, M. (s. f). Fermentación en sustrato sólido: aprovechamiento de subproductos de la agroindustria. Alimentos Argentinos-Una Elección Natural. [Archivo PDF]. http://www.Ficha_27_Fermentación_en_sustrato_solido_para_el_aprovechamiento_de_subproductos_de_la_agroindustria.pdf
- Pastrana, L. (1996). Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria. *Ciencia y Tecnología*. CYTA-Journal of Food, 1:3, 4-12. DOI:10.1080/11358129609487556.<https://doi.org/10.1080/11358129609487556>

- Pederson Jr. y Harold T. (1980). Treatment of whey. Patent Technology, Inc. San Francisco, CA. US4202909A.
- Pineda R., (2012). Desarrollan biofiltro con bacterias y hongos que viven en la cáscara del cacahuate. Boletín UNAM-DGCS-574 FES Acatlán. Recuperado de: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012_574.html.
- Pinto, J., Cardoso, H., Leao, C., Van Uden, N. (1989). High enthalpy and low enthalpy death in *Saccharomyces cerevisiae* induced by acetic acid. Biotechnol. Bioeng 33:1350
- Puerta Quintero, G. I. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Avances técnicos Cenicafé 402. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Colombia.
- Reyes N., Mendieta B., Rodríguez R., & Caldera. N., (2018). Fermentación en estado sólido de caña de azúcar y harina de hojas de *Moringa oleífera* para alimentación animal. La Calera. 18. (30). pp 1-6. 10.5377/calera.v18i30.7732.
- Valencia, N. y Zambrano Franco, D. A. (2010). Los Productos del café: fuente de energía renovable. Cenicafé centro nacional de investigaciones de café "Pedro Uribe Mejía". Chinchiná, caldas, Colombia. [Archivo Pdf]. Avt0393.pdf <https://doi.org/1038141/10779/0393>
- Rocío H. H. (2014). Características Nutritivas de la Saccharina Rustica con diferentes niveles de Urea [tesis de grado previa la obtención del título magister en producción animal, mención rumiante, Universidad Nacional De Loja, Ecuador].
- Ronka E., Malinen E., Saarela M., Rinta-Koski M., Aarnikunnas J. y Palva A. (2003). Probióticos y propiedades tecnológicas de la leche de *Lactobacillus brevis*. Revista Internacional de Microbiología Alimentaria, 83 (1), 63-74. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00315.X](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00315.X)
- Rosales, J. & Urbietta H. (1993). Comparativo De Niveles De Afrecho De Yuca En Raciones Para Cerdos En Crecimiento Y Engorde, En La Zona De Pucallpa. Folia amazónica vol. 5 (1-2).

- Salinas Des Chanalet, N. J. (2013). Estudio de los parámetros de la elaboración de harina de Bagazo de Uva para la obtención de un producto con propiedades funcionales. Universidad de Chile. [Tesis de Grado]. Santiago, Chile.
- San Martín, A., Chui, G., Romero, A., Acebey R., Blanco, E., Flores, Y., y Almanza, G. (2017). Luteolina en cascara de maní (*Arachis Hypogaea*) en cultivares de Bolivia. *Revista Boliviana de Química* vol. 34, no. 3. La Paz, Bolivia.
- Sánchez, Virginia E. (1999). Producción de proteasas fúngicas por fermentación en estado sólido para su aplicación en la industria de alimentos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3218_Sanchez.pdf
- Santa Cruz Orellana, T. S. (2012). Evaluación de la utilización de epicarpio de maní (*Arachis hypogaea*, C. Linneo) con un ligante polimérico, en la aplicación de especímenes de prueba-paneles menores. [Tesis de graduación para el título de ingeniera química]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Talavera Torrez J. C. y León Campos F. A. (2012). Composición química de la biomasa verde del pasto Guinea (*Panicum máximum*, Jack), CV Colonial, con diferentes niveles de inclusión de urea, Finca Santa Rosa, Sabana Grande, Managua. Universidad Nacional Agraria. [Tesis de grado]. [Documento pdf]. [tnq54t137.pdf](http://www.tnq54t137.pdf)
- Tecnal. (s. f). Determinación de fibra en la alimentación de rumiantes. <http://www.tecnal.com.br>
- Teniza García, O. (2008). Estudio del suero de queso de leche de vaca y propuesta para el reusó del mismo. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Tlaxcala, México].
- Torres S.N. 2003 Comportamiento productivo de vacas de doble propósito alimentadas con saccharina elaborada con caña de azúcar quemada. Colegio de Postgraduados Especialidad de Ganadería Texcoco Estado de México p 1-78
- Torrejón, A. (2020). Single Cell Protein: alternativa a las proteínas de origen animal para el desarrollo de nuevos ingredientes. AINIA. En línea: <https://www.ainia.es/ainia-news/single-cell-protein-alternativa-proteinas-origen-animal-desarrollo-nuevos->

ingredientes/#:~:twxt=La%20prote%C3%ADna%20microbiana%20o%20Single
,filamentosos%20o%20algas%20filamentosas.

- Valiño E., Elías A., Álvarez E., Regalado Cordero J. 1992. Dinámica de crecimiento de la microbiota de la caña de azúcar durante la obtención de saccharina. Rev. Cubana de Cienc. Agric. CU. 297 p.
- Vargas, Y. A. & Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del Ambiente. Revista Facultad de Ciencias Básicas. Vol. 14 (1), 59-72. <http://doi.org/10.18359/rfcb.3108>.
- Vivas. F. R. y Carvajal, J. (Marzo 2004). Saccharina rustica una aplicación biotecnológica para la alimentación animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad del Cauca. Vol. 2, No.1.
- Vivas, N. J. y Carbajal, J. (2004). Saccharina rustica una aplicación biotecnológica para la alimentación animal. Facultad de ciencias agropecuarias, universidad de cauca. Vol. 2, No. 1. Cauca, CO. 6p. en línea. Disponible [Archivo PDF] [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/saccharina_rustica_una_aplicaci%c3%93n_biotecnol%c3%93_gica_para_la_alimentacion_anim_\(ica\)](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/saccharina_rustica_una_aplicaci%c3%93n_biotecnol%c3%93_gica_para_la_alimentacion_anim_(ica))
- Woodroof, J. (1983). Cacahuates: Producción, Procesamiento, Productos. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company, 198-229p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1226_Q.pdf

VIII- ANEXOS

ANEXO 1. Instrumentos



1-Termómetro/higrómetro
"Chaney"
(AQUARITE®)



2-pH metro/termómetro, PC 60 Premium Multi-
Parameter Tester (pH/EC/TDS/Salinity/Temp.) de
APERA INSTRUMENTS, LLC



3-Balanza Técnica

ANEXO 2. Adición de ingredientes



1-Adición de Urea



2-Adición de Sal Minero-
vitamínica



3-Adición de *Arachis
hypogaea*



4-Adición de Lactosuero

ANEXO 3. Elaboración de los Tratamientos



ANEXO 4. Tratamientos ya distribuidos



3-Tratamientos al inicio del experimento con las muestras de 200g por cada tratamiento



2- Tratamientos al final del experimento y las muestras finales de 200g por cada tratamiento



1-Tratamiento a la mitad del experimento

ANEXO 5. Toma de pH, Temperatura ambiental, Temperatura fermentativa y Humedad del sustrato



5-Toma de datos por tratamiento con el pH/metro y el Higrometro



4-Toma de datos por tratamiento al final del experimento

ANEXO 6. Diseño experimental de los tratamientos del estudio



1-Tratamiento T1



2-Tratamiento 2 con 20% inclusión de *Arachis hypogaea*



3-Tratamiento 3 con 30% inclusión de *Arachis hypogaea*



4-Tratamiento 4 con 40% inclusión de *Arachis hypogaea*

ANEXO 7. Pasos de destilación de las muestras *Lactobacillus* y *Bacillus*

