

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“ELABORACIÓN DE ENSILADO A PARTIR DE TORTA DE PALMISTE  
COMO SUPLEMENTO NUTRICIONAL PARA LA ALIMENTACIÓN  
ANIMAL”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**DANIELA ALEXANDRA GUAMÁN TAPIA**

**Riobamba – Ecuador**

**2013**

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a todos sus profesores y administrativos quienes con su trabajo aportaron un granito de arena para poner a mi disposición su sabiduría y los recursos para mi superación académica.*

*A mis queridos amigos y familiares que de una u otra forma aportaron con su ayuda para obtener esta meta.*

*Y de manera muy especial mi más sincero agradecimiento a los Miembros del Tribunal de Tesis quienes participaron en el desarrollo de esta investigación.*

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo está dedicado a Dios por ser mi guía y por haberme dado la oportunidad de continuar con mi realización profesional y permitir que esta etapa de mi vida culmine con éxito.*

*A mi madre Yolanda Tapia, quien con su ejemplo me ha inculcado valores para desenvolverme en esta sociedad y por su constante apoyo y compañía.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“ELABORACIÓN DE ENSILADO A PARTIR DE TORTA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO NUTRICIONAL PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL”**, de responsabilidad de la señorita egresada: Daniela Alexandra Guamán Tapia ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Silvio Álvarez <b>DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS</b>	_____	_____
Dra. Nancy Veloz <b>DIRECTORA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b>	_____	_____
Dra. Jenny Moreno Mora <b>DIRECTORA DE TESIS</b>	_____	_____
Ing. Paola Chiluiza <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
Dra. Yolanda Díaz <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
Lic. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	_____	_____
<b>NOTA DE TESIS ESCRITA</b>	_____	

Yo DANIELA ALEXANDRA GUAMÁN TAPIA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANCUPA	Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana
ATP	Adenosín trifosfato
BPAL	Bacterias ácido lácticas
$C_3H_6O_3$	Ácido láctico
$CO(NH_2)_2$	Urea
$CO_2$	Dióxido de carbono
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
FEDAPAL	Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados
$H_2$	Hidrógeno molecular
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Kg	Kilogramos
mL	Mililitros
MS	Materia Seca

MS/día	Materia seca por día
NADH <sub>2</sub> ,	Nicotinamida adenina dinucleótido
NaOH	Hidróxido de sodio
°C	Grados Celsius
PEXA	Planta Extractora Agrícola
pH	Potencial hidrógeno
Tm	Tonelada métrica
UFC	Unidades formadoras de colonias
$\alpha$ , $\beta$	Promedio

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIX
RESUMEN .....	XX
SUMMARY.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	22
OBJETIVOS .....	24
OBJETIVO GENERAL: .....	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	24
CAPÍTULO I .....	25
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	25
1.2. BIOTECNOLOGÍA .....	25
1.3. FERMENTACIÓN .....	26

1.4.	ENSILAJE.....	29
1.4.1.	PROCESOS FERMENTATIVOS DEL ENSILADO .....	33
1.4.2.	EL ENSILAJE COMO ALIMENTO .....	35
1.4.3.	PROCESOS QUÍMICOS-BIOLÓGICOS DE ENSILADO.....	36
1.4.4.	ADITIVOS.....	39
1.5.	PALMA AFRICANA .....	43
1.5.1.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	44
1.5.2.	APLICACIONES DEL FRUTO DE LA PALMA ACEITERA. ....	46
1.5.3.	LOS PRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA PALMERA .....	48
1.5.4.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE 50	
1.5.5.	PRODUCCIÓN DE PALMA AFRICANA EN ECUADOR.....	51
	CAPÍTULO II.....	58
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
2.1.	LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN .....	58
2.2.	MATERIALES UTILIZADOS.....	58
2.3.	METODOLOGÍA .....	60
2.4.	MÉTODOS .....	62
2.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	62
2.5.1.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	63
2.5.2.	RESPUESTAS DE INVESTIGACIÓN .....	63

CAPÍTULO III.....	64
3. PARTE EXPERIMENTAL.....	64
3.2. TOMA DE MUESTRAS .....	67
3.4. MÉTODOS ANALÍTICOS .....	68
3.4.1. DETERMINACIÓN DE PH.....	68
3.4.2. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ COMO ÁCIDO LÁCTICO .....	69
3.4.3. DETERMINACIÓN DE MOHOS Y LEVADURAS .....	71
3.4.4. CÁLCULO DEL ENSILADO RECUPERADO .....	73
CAPÍTULO IV .....	74
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO.....	74
4.2. PRE-PRUEBA .....	77
4.3. PROCESO FERMENTATIVO.....	79
4.4. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DEL ENSILAJE.....	86
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	88
4.5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PH .....	88
4.5.2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÁCIDO LÁCTICO .....	91
4.5.3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MOHOS – LEVADURAS.....	94
CAPÍTULO V .....	97
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	97
5.1. CONCLUSIONES: .....	97

5.2. RECOMENDACIONES:.....	98
BIBLIOGRAFÍA .....	99
ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema de la utilización del aceite de palma.....	47
<b>Figura 2:</b> Palmicultores en el Ecuador.....	52
<b>Figura 3:</b> Ubicación geográfica del cantón La Concordia.....	64
<b>Figura 4:</b> Dilución en serie para determinación de mohos y levaduras.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I:</b> Tipos de fermentaciones de varios microorganismos .....	29
<b>Tabla II:</b> Aditivos para ensilaje .....	40
<b>Tabla III:</b> Producción, consumo y excedentes de Aceite de Palma en el Ecuador .....	51
<b>Tabla IV:</b> Componentes nutricionales del yogurt natural por cada 200g .....	59
<b>Tabla V:</b> Métodos de análisis .....	62
<b>Tabla VI:</b> Análisis físico, químico y microbiológico del residuo .....	74
<b>Tabla VII:</b> Requisitos bromatológicos para pollos de engorde .....	76
<b>Tabla VIII:</b> Resultados de la fermentación anaerobia de la pre-prueba.....	77
<b>Tabla IX:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Urea 0.6% .....	80
<b>Tabla X:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Urea 1% .....	80
<b>Tabla XI:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Yogurt 10%.....	81
<b>Tabla XII:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Yogurt 15% .....	82
<b>Tabla XIII:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Melaza 2% .....	83
<b>Tabla XIV:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Melaza 4% .....	83

<b>Tabla XV:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + melaza 2% + urea 0.6% +yogurt 10% .....	84
<b>Tabla XVI:</b> Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + melaza 4% + urea 0.6% .....	85
<b>Tabla XVII:</b> Perfil típico de un ensilaje bien fermentado .....	86
<b>Tabla XVIII:</b> Porcentaje de ensilado recuperado .....	87
<b>Tabla XIX:</b> pH obtenidos en los diferentes tratamientos .....	88
<b>Tabla XX:</b> ANOVA (Análisis de varianza para pH) .....	89
<b>Tabla XXI:</b> Porcentaje de ácido láctico obtenidos en los diferentes tratamientos .....	91
<b>Tabla XXII:</b> ANOVA (Análisis de varianza para ácido láctico) .....	92
<b>Tabla XXIII:</b> Cantidad de mohos y levaduras obtenidos en los diferentes tratamientos .....	94
<b>Tabla XXIV:</b> ANOVA (Análisis de varianza para mohos y levaduras) .....	95

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1:</b> Torta de palmiste previa a la fermentación.....	76
--	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Superficie de Palma Aceitera por Provincias - Año 2009.....	53
<b>Gráfico 2:</b> Exportaciones de Aceite Crudo de Palma por destino – Año 2009 .....	53
<b>Gráfico 3:</b> Superficie de Palma Aceitera por Provincias - Año 2010.....	54
<b>Gráfico 4:</b> Producción de Aceite de Palma por Provincias - Año 2010 .....	54
<b>Gráfico 5:</b> Superficie cosechada de Palma Aceitera – Año 2011 .....	55
<b>Gráfico 6:</b> Producción de Aceite de Palma por Provincias - Año 2010 .....	56
<b>Gráfico 7:</b> Exportaciones de Aceite de Palma (Contenido de Aceite de palma en productos semi/elaborados) – Años 2010-2011.....	56
<b>Gráfico 8:</b> Exportaciones de Palma por destino – Años 2010-2011.....	57
<b>Gráfico 9:</b> Variación de pH durante los 30 días de fermentación.....	90
<b>Gráfico 10:</b> Variación del % de ácido láctico durante los 30 días de fermentación .....	93
<b>Gráfico 11:</b> Variación UFC/g de Mohos y levaduras durante los 30 días de fermentación .....	96
<b>Gráfico 12:</b> Probabilidad normal (pH).....	119
<b>Gráfico 13:</b> Independencia en base a los resultados de pH .....	120

<b>Gráfico 14:</b> Prueba de igualdad de varianzas .....	120
<b>Gráfico 15:</b> Comparación de tratamientos (pH) .....	121
<b>Gráfico 16:</b> Intervalo para comparar tratamientos según la media .....	121
<b>Gráfico 17:</b> Intervalos Boxplot (Días en que se tomaron la muestra) .....	122
<b>Gráfico 18:</b> Intervalos Boxplot según la media (Días en que se tomaron la muestra) .....	122
<b>Gráfico 19:</b> Resumen de la comparación de nivel de pH para los diferentes tratamientos .....	123
<b>Gráfico 20:</b> Intervalos de confianza individuales para las medias basadas en la Desviación estándar agrupada .....	123
<b>Gráfico 21:</b> Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%. Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Bloques .....	124
<b>Gráfico 22:</b> Probabilidad normal (ácido láctico) .....	125
<b>Gráfico 23:</b> Independencia en base a los resultados de ácido láctico .....	125
<b>Gráfico 24:</b> Prueba de igualdad de varianzas para ácido láctico .....	126
<b>Gráfico 25:</b> Comparación de tratamientos (Ácido láctico) .....	126
<b>Gráfico 26:</b> Intervalos para comparar tratamientos según los resultados de ácido láctico .....	127
<b>Gráfico 27:</b> Comparación de los resultados de ácido láctico en los diferentes días ....	127

<b>Gráfico 28:</b> Comparación de los resultados de ácido láctico en los diferentes días según la media.....	128
<b>Gráfico 29:</b> Resumen de la comparación del porcentaje de ácido láctico para los diferentes tratamientos .....	128
<b>Gráfico 30:</b> Intervalos de confianza individuales para las medias basadas en la Desviación estándar agrupada .....	129
<b>Gráfico 31:</b> Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%. Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Bloques .....	129
<b>Gráfico 32:</b> Probabilidad normal (Mohos y levaduras) .....	130
<b>Gráfico 33:</b> Independencia en base a los resultados de mohos y levaduras .....	131
<b>Gráfico 34:</b> Prueba de igualdad de varianzas para mohos y levaduras.....	131
<b>Gráfico 35:</b> Comparación de tratamientos (Mohos y Levaduras) .....	132
<b>Gráfico 36:</b> Comparación de los resultados de mohos y levaduras en los diferentes tratamientos.....	132
<b>Gráfico 37:</b> Intervalos de confianza individuales para las medias basados en la Desviación estándar agrupada .....	133
<b>Gráfico 38:</b> Intervalos de confianza.....	133
<b>Gráfico 39:</b> Intervalos para comparar tratamientos según los resultados de mohos y levaduras .....	134

<b>Gráfico 40:</b> Intervalos de confianza individuales para las medias basados en la Desviación estándar agrupada .....	134
<b>Gráfico 41:</b> Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%. Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Bloques .....	134
<b>Gráfico 42:</b> Resumen de la comparación del resultado de mohos y levaduras para los diferentes tratamientos .....	135

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Adición de agua al residuo hasta alcanzar la humedad apropiada (60% - 70%) .....	103
<b>Anexo 2:</b> Pesado de los aditivos Urea – Yogurt – Melaza.....	103
<b>Anexo 3:</b> Preparación de la muestra para determinar pH.....	104
<b>Anexo 4:</b> Determinación de pH.....	104
<b>Anexo 5:</b> Preparación de la muestra para la determinación de ácido láctico .....	104
<b>Anexo 6:</b> Determinación de acidez como ácido láctico .....	105
<b>Anexo 7:</b> Análisis de mohos y levaduras .....	105
<b>Anexo 8:</b> Diluciones seriadas .....	106
<b>Anexo 9:</b> Resultados de los Análisis de Laboratorio .....	107
<b>Anexo 10:</b> Norma INEN 526 Determinación de pH en Harinas de origen vegetal. ....	117
<b>Anexo 11:</b> Norma INEN 1829 Requerimientos nutricionales para pollos de engorde	118
<b>Anexo 12:</b> Análisis Estadístico.....	119

## RESUMEN

La elaboración de ensilado a partir de torta de palmiste como suplemento nutricional para la alimentación animal, se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias, con residuo recolectado de la Planta Extractora Agrícola “PEXA” ubicado en la Concordia-Santo Domingo, probando diferentes aditivos para obtener una mejor fermentación.

La investigación fue experimental elaborando el ensilaje con tres aditivos a diferentes concentraciones: Urea (0.6%, 1%), Yogurt (10%, 15%) y Melaza (2%, 4%), por triplicado en recipientes plásticos, a una humedad del 70% durante 30 días a temperatura ambiente, controlando el proceso de fermentación cada 10 días analizando pH, Ácido Láctico y Mohos – Levaduras.

Examinando el producto de los 6 tratamientos obtenidos del ensilaje de torta de palmiste se escogió los tratamientos que dieron mejores resultados en el análisis proximal comparado con los requerimientos nutricionales para pollos de engorde según la Norma INEN 1829, observándose que el tratamiento óptimo es la mezcla de Melaza 2%, Yogurt 10% y Urea 0.6%: Proteína 13.88%, Grasa 3.44%, Humedad 50.16%, Fibra 5.13% y Ceniza 2.09%, con una disminución del pH y un incremento de ácido láctico. Estas dos últimas condiciones provocaron una fermentación eficiente. El ensilado elaborado cumple con las características nutricionales de la Norma.

## SUMMARY

Silage production from a palm kernel cake as a nutritional supplement for animal feed was carried out in the Biotechnology Laboratory, Science Faculty, with residue collected from the "PEXA" Agricultural Extraction Plant located in the Concordia-Santo Domingo, testing different additives for better fermentation.

The experimental research was developed with three silage additives at different concentrations: Urea (0.6%, 1%), yogurt (10%, 15%) and molasses (2%, 4%) in triplicate in plastic containers at a moisture 70% for 30 days at room temperature, controlling the fermentation process every 10 days, analyzing pH, lactic acid and molds - yeast.

After examining the products of 6 procedures obtained from the palm kernel cake silage in the proximate analysis compared with the nutrient requirements for broilers as INEN 1829 Standard, the procedures with the best results were chosen, showing that the optimal procedure is the mixture of molasses 2%, yogurt 10% and urea 0.6%: 13.88% protein, 3.44% fat, 50.16% moisture, 5.13% fiber and 2.09% ash, with a decrease in pH and an increase in lactic acid. These last two conditions caused efficient fermentation. The silage produced meets the nutritional characteristics of the Standard.

## INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se emplea al ensilaje como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos o subproductos generados, en el proceso productivo de industrialización de la palma africana transformándolos, conservándolos y utilizándolos como una fuente de nutrientes a menor costo que pueden ser utilizados con éxito en la alimentación animal.

Actualmente, debido a la creciente demanda de aceite de palma, la cosecha de palma africana constituye una de las más altas producciones por hectárea, generando importantes volúmenes de varios tipos de residuos, por lo que surge la necesidad de convertirlos en productos útiles, con el fin de evitar el aumento de problemas ambientales. El palmiste es la almendra contenida dentro del fruto de la palma aceitera, y de su extracción mecánica o con solventes, se obtiene aceite y un subproducto que es la torta de palmiste, este subproducto puede constituir un sustrato base importante para la elaboración de productos con un alto valor agregado, transformando así un problema en una oportunidad.

La investigación considera de forma imperativa la optimización de la alimentación animal, empleando productos no tradicionales elaborados a base de subproductos agrícolas a bajo costo, se plantea el ensilaje de la torta de palmiste como una alternativa para mejorar las características del residuo, con la síntesis de los importantes principios nutritivos, alcanzando una mejor digestibilidad, mediante una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas controladas.

El ensilaje se obtiene de un proceso de fermentación donde el residuo es recolectado, sometido a un acondicionamiento previo; en caso de ser necesario se agrega ciertos aditivos; luego este material se almacena en un ambiente hermético sin aire, lo que favorece el desarrollo de bacterias anaeróbicas facultativas, presentes en el residuo o agregadas como inoculantes que convertirán rápidamente los carbohidratos solubles en ácidos. La calidad del producto ensilado se ve beneficiada por el valor nutritivo de la torta de palmiste, ya que posee un considerable aporte de carbohidratos, fibra, proteína y energía.

Al finalizar el proceso, el pH de un buen ensilaje es tan bajo que impide todo tipo de vida y es así como el alimento podrá ser preservado mientras no se altere el ambiente hermético.

El tratamiento y aprovechamiento de este residuo con la formulación de un nuevo producto es una manera de incidir en el mejoramiento ambiental, basado en técnicas desarrolladas en la Biotecnología Ambiental.

Los sistemas de alimentación en la mayoría de países, dependen en alto grado del suministro de alimentos balanceados, los cuales dentro de su fórmula incluyen materias primas importadas para su elaboración, lo que hace a éste sistema dependiente, poco sostenible y de alto costo.

Las tendencias económicas modernas de libre mercado obliga a los productores a diseñar nuevas estrategias de alimentación y de manejo de la explotación, que les permita enfrentar con éxito la competencia a puertas abiertas, la biotecnología es una alternativa importante para lograr este propósito.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Elaborar ensilado a partir de torta de palmiste como suplemento nutricional para la alimentación animal.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Caracterizar la torta de palmiste (análisis microbiológicos, físico químicos y bromatológicos).
- Realizar el ensilaje del residuo de torta de palmiste.
- Evaluar el producto obtenido del ensilaje de torta de palmiste.
- Determinar el porcentaje de rendimiento de producto en relación con la cantidad de residuo empleado.

## **CAPÍTULO I**

### **1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **1.2. BIOTECNOLOGÍA**

La biotecnología se utiliza cada vez más como la tecnología ecológica más idónea para varios usos, en particular la descontaminación. Tiene también gran potencial para solucionar muchos otros problemas ambientales.

En la actualidad, las técnicas biotecnológicas están haciendo un aporte importante y en algunos casos, esencial a la protección y la descontaminación del ambiente, éstas técnicas utilizan la capacidad de ciertos procesos naturales de degradar moléculas orgánicas. Los microorganismos desempeñan un papel protagónico, dado que digieren los compuestos orgánicos y los descomponen en minerales; últimamente se han obtenido variedades muy eficaces, que pueden descomponer la mayoría de las sustancias orgánicas en materia inorgánica.

Existen varias maneras por las que la biotecnología puede prevenir o reducir el daño ambiental:

- Los procesos de valor añadido, que permiten convertir un flujo de residuos en productos útiles;
- Los procesos de etapa final, que purifican el flujo de residuos tan eficazmente que los productos resultantes pueden liberarse sin perjuicio al ambiente;
- La obtención de nuevos biomateriales, que permite producir materiales menos nocivos para el ambiente;

- Los nuevos procesos biológicos de producción, que generan menos residuos o residuos más fácilmente manejables.

La biotecnología puede ser percibida como resultado de un proceso de cambio estructural en la ciencia, pero también como un factor de cambio en la estructura productiva del país y en la calidad de vida de sus habitantes. (11)

### **1.3. FERMENTACIÓN**

Desde el punto de vista microbiológico, en la actualidad, se entiende por fermentación aquel proceso en el que los microorganismos producen metabolitos o biomasa, a partir de la utilización de sustancias orgánicas, en ausencia o presencia de oxígeno. La descomposición de los sustratos es llevada a cabo por enzimas producidas por los microorganismos del proceso.

Para algunos autores no hay diferencia entre fermentación y respiración, pues en ambos procesos los microorganismos hidrolizan un sustrato orgánico, ya sea en presencia o ausencia de oxígeno.

Un proceso de fermentación, visto como un todo, está compuesto por tres etapas:

- La preparación del inóculo.
- La selección del medio de cultivo.
- La producción de biomasa o de los metabolitos de interés.

La gran cantidad de procesos y productos que involucra el término fermentación hace difícil no sólo la definición del concepto, sino también su clasificación. En general, se establecen divisiones con base en:

- El tipo de producto final por obtener.
- La presencia o ausencia de oxígeno en el proceso (Fermentación aeróbica y Fermentación anaeróbica).

En la fermentación aerobia, el aceptor final de electrones es el oxígeno; es imprescindible su presencia para el desarrollo del microorganismo y la producción del compuesto deseado. En este tipo de proceso, se produce fundamentalmente biomasa, dióxido de carbono y agua.

En la fermentación anaerobia, el proceso de producción del metabolito de interés se desarrolla en ausencia de oxígeno; los productos finales son sustancias orgánicas, por ejemplo, ácido láctico, ácido propiónico, ácido acético, butanol, etanol y acetona. Sin embargo, en la mayoría de las fermentaciones anaeróbicas, se requiere un poco de oxígeno al inicio del proceso para favorecer el crecimiento y la reproducción del microorganismo.

En los procesos anaerobios, los microorganismos producen mucho menos energía que en los aerobios y para suplir sus necesidades de energía, metabolizan una mayor cantidad de azúcares; por consiguiente, elaboran más metabolitos. Entonces, a través de la cantidad de oxígeno, se puede manipular un proceso de fermentación para incrementar la producción de la sustancia de interés. (3)

En el proceso de fermentación anaeróbica intervienen dos sustancias orgánicas, que son metabolitos de un mismo sustrato que durante el proceso de fermentación se escinde en dos sustancias orgánicas diferentes:

- Sustancia reductora: Es la que dona los hidrogeniones y por lo tanto se oxida.

- Sustancia oxidante: Es la que acepta los hidrogeniones y por lo tanto se reduce.

En los seres vivos, la fermentación es un proceso anaeróbico y en él no interviene la cadena respiratoria. Son propias de los microorganismos, como las bacterias y levaduras, también se produce la fermentación en el tejido muscular de los animales, cuando el aporte de oxígeno a las células musculares no es suficiente para el metabolismo y la contracción muscular.

Desde el punto de vista energético, las fermentaciones son muy poco rentables si se comparan con la respiración, ya que a partir de una molécula de glucosa, sólo se obtienen 2 moléculas de ATP, mientras que en la respiración se producen 38 moléculas de ATP a partir de una molécula de glucosa. Esto se debe a la oxidación del  $\text{NADH}_2$ , que en lugar de penetrar en la cadena respiratoria, cede sus hidrogeniones a compuestos orgánicos con poco poder oxidante.

En la industria la fermentación puede ser oxidativa, es decir, en presencia de oxígeno, pero es una oxidación aeróbica incompleta, como la producción de ácido acético a partir de etanol.

Tipos de fermentaciones:

- Fermentación láctica
- Fermentación alcohólica
- Fermentación butírica
- Fermentación de la glicerina
- Fermentación acética

Además existen otros tipos de fermentación que se detallan en la siguiente tabla (8):

**Tabla I:** Tipos de fermentaciones de varios microorganismos

<b>TIPO DE FERMENTACIÓN</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>ORGANISMOS</b>
<b>Alcohólica</b>	Etanol + CO <sub>2</sub>	Levadura ( <i>saccharomyces</i> )
<b>Ácido láctico</b>	Ácido láctico	Bacterias del ácido láctico ( <i>Streptococcus, Lactobacillus, etc.</i> )
<b>Ácido mixto</b>	Ácido láctico, ácido acético, etanol, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>	Bacterias entéricas ( <i>Escherichia, Salmonella</i> )
<b>Butanodiol</b>	Butanodiol, ácido láctico, ácido acético, etanol, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>	Bacterias entéricas ( <i>Aerobacter, Serratia</i> )
<b>Ácido butírico</b>	Acetona butírico, ácido acético, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>	Algunos clostridios ( <i>Clostridium butyricum</i> )
<b>Acetona – Butanol</b>	Acetona, butanol, etanol	Algunos clostridios ( <i>Clostridium acetobutylicum</i> )
<b>Ácido propiónico</b>	Ácido propiónico	<i>Propionibacterium</i>

**Fuente:** Veloz N. 2004

#### 1.4. ENSILAJE

El ensilaje es el proceso o método de conservación de un residuo cuya finalidad principal es la preservación del material con mínima pérdida de nutrientes. Por lo tanto el ensilado es el alimento para animales resultante de la preservación anaerobia de forrajes o residuos por acidificación.

Los objetivos de la preparación de ensilaje son: Conseguir dentro de la masa ensilada una suficiente concentración de ácido láctico producido como resultado de la presencia

de microorganismos dentro del residuo; para inhibir otras formas de actividad bacteriana y conservar así el material durante todo el tiempo necesario.

Los elementos nutritivos encerrados en las células vegetales, y liberados parcialmente en el momento de su muerte, son empleados por las bacterias lácticas y transformadas por algunas de ellas en ácido láctico; esto produce un descenso del pH e impide el desarrollo de otras especies perjudiciales, ya que las bacterias lácticas poseen propiedades antimicrobianas que inhiben el desarrollo de los clostridios, bacilos, estreptococos y estafilococos, lo que contribuye a su mejor conservación del ensilado.

Cuando los carbohidratos experimentan los efectos de la respiración anaerobia dan origen, entre otras sustancias, a ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos comúnmente encontrados en el ensilaje son el acético, propiónico, butírico y láctico. Los tres primeros son volátiles y en conjunto se denominan ácidos grasos volátiles; el ácido láctico no se volatiliza fácilmente.

El ácido acético es el responsable del olor y sabor a vinagre, y el ácido propiónico tiene propiedades similares. El ácido butírico posee un olor desagradable y es causante en gran medida del olor desagradable de los ensilajes mal preservados. El ácido láctico posee sabor ácido marcado, pero agradable. Al hacer el ensilaje es conveniente que se produzca una cantidad considerable de ácido, pero también es deseable que predomine el láctico, o cuando menos que el butírico esté ausente.

La fermentación del ensilaje se puede dividir en 4 etapas:

#### **A. FASE ANAEROBIA:**

El oxígeno atmosférico presente entre las partículas del residuo es reducido, debido a la respiración de los microorganismos aeróbicos facultativos como levaduras y enterobacterias. Además las enzimas de la planta como las proteasas y carbohidrasas

están activas en ésta fase, a condición que el pH esté aún en el rango normal (pH 6.5 – 6). Se convierte el azúcar en dióxido de carbono, agua y calor, por lo tanto ésta fase resulta una pérdida de materia seca y energía disponible. Sumado a ello el calor liberado por respiración, aumenta la temperatura del residuo.

### **B. FASE DE FERMENTACIÓN:**

Ésta fase empieza cuando el aire ha sido eliminado del ensilaje y las bacterias anaerobias fermentan los azúcares de la planta y producen ácido acético, láctico y otros. Esto continúa de varios días a varias semanas, dependiendo de las propiedades del forraje ensilado y las condiciones de ensilaje. Si la fermentación es exitosa se desarrollan bacterias ácido - lácticas, y se vuelve la población predominante en ésta fase. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH decrece. (1)

Un ensilado puede conservar su calidad cuando su pH es inferior a 4.2; sin embargo, valores hasta 5 son aceptables, siempre y cuando exista una proporción elevada de materia seca. Si no se logra una acidez adecuada se desarrollan fermentos que además de acentuar la proteólisis atacan y transforman el ácido láctico, producen ácido butírico y presentan putrefacción. (4)

### **C. FASE ESTABLE:**

A medida que se evita la entrada de aire en el silo, relativamente poco ocurre. La mayoría de los microorganismos de la fase de fermentación decrecen lentamente. Algunos microorganismos tolerantes al ácido, sobreviven a este período en un estado casi inactivo.

Únicamente algunas proteasas, carbohidrasas y algunos microorganismos especializados tolerantes al ácido, como *Lactobacillus buchneri*, continúan en actividad en un nivel bajo. (1)

Cuando la humedad y el pH son altos, se desarrollan bacterias indeseables del género *Clostridium*, las cuales producen ácido butírico, amoníaco y aminas como cadaverina, histamina y putrescina, características de materia orgánica en descomposición, ofreciendo un ensilaje de mala calidad. El desarrollo de estas bacterias se evita bajando la humedad a menos del 70% o aumentando la acidez.

Si el silo se encuentra mal tapado y mal compactado continúa entrando oxígeno y la respiración no se detiene, lo cual trae como consecuencia una pérdida de materia seca en el ensilaje y un aumento en la temperatura que puede llegar hasta 62°C, con pérdida de materiales y disminución en la digestibilidad por sobrecalentamiento de la proteína. En el ensilaje, la temperatura no debe pasar de 40°C, cuando se inicia el proceso. La temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias que producen ácido se encuentra entre 26°C y 39°C y su crecimiento cesa a los 50°C. (4)

#### **D. FASE DE PUTREFACCIÓN:**

Ésta fase empieza en cuanto el ensilado queda expuesto al aire, durante el destape del silo para la alimentación esto es inevitable, pero puede empezar antes debido a daños en la cobertura del silo. El proceso de putrefacción se puede dividir en dos estados: El inicio del deterioro se debe a la degradación de los ácidos orgánicos preservadores por levaduras y ocasionalmente por bacterias acéticas, estos ocasionarán una elevación del pH; y entonces el segundo estado de putrefacción comienza, al cual se asocia un aumento en la temperatura y actividad de organismos como los *Bacilli*. El último estado

también incluye la actividad de muchos otros microorganismos aeróbicos (facultativos) como hongos y enterobacterias.

La putrefacción aeróbica ocurre en casi todos los ensilajes que son abiertos y son expuestos al aire. Sin embargo, el nivel de putrefacción es altamente dependiente del número y actividad de los organismos putrefactores en el ensilaje. Pérdidas por putrefacción de 1.5% – 4.5% de MS / día se puede observar en las áreas afectadas. (1)

#### **1.4.1. PROCESOS FERMENTATIVOS DEL ENSILADO**

Adherida al material del residuo se encuentra la microflora responsable de las fermentaciones. Algunos de estos microorganismos acidifican la masa de forraje en condiciones de anaerobiosis. Otros, son perjudiciales creciendo y multiplicándose en presencia de aire y poca acidez.

Los principales procesos fermentativos que acontecen durante el proceso del ensilado, se describen a continuación:

- **Fermentación acética:** Muertas las células vegetales, se desarrollan bacterias coliformes pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*, que producen ácido acético a partir del láctico. Su actividad requiere una temperatura óptima de 18°C -25°C y desaparece al alcanzarse un pH de 4,2.

Las bacterias coliformes solamente presentan actividad en la fase inicial del ensilado, siendo reemplazadas progresivamente por cocos lácticos (*Streptococcus*, *Pediococcus* y *Leuconostoc*).

- **Fermentación láctica:** Corre a cargo de bacterias lácticas que degradan los azúcares y otros carbohidratos solubles presentes en el forraje hasta ácido

láctico. En este proceso, diversos cocos lácticos son sustituidos por *Lactobacillus*, a excepción de los *Pediococcus*, que son más tolerantes a las condiciones de acidez que los otros grupos.

Las bacterias que llevan a cabo esta fermentación necesitan un pH comprendido entre 3 - 4 y condiciones de anaerobiosis. Finalmente, su acción es inhibida por escasez de azúcares solubles y acumulación de ácido láctico. Cuando esto ocurre, el residuo queda estabilizado y se ha convertido en ensilado.

Algunas especies de bacterias lácticas fermentan los azúcares a ácido láctico (homofermentativas). Otras, además de láctico dan lugar a otros productos, principalmente CO<sub>2</sub> junto con etanol, manitol y ácido acético (heterofermentativas), siendo preferible las primeras.

- **Fermentaciones secundarias:** Se trata de procesos bacterianos no deseables y que es preciso minimizar. La más peligrosa es la fermentación butírica a cargo de bacterias del género *Clostridium*. Se desarrollan entre 20°C - 40°C, en competencia con las bacterias lácticas, pero necesitan un pH superior a 4. Algunas especies (proteolíticas) degradan el nitrógeno protéico del residuo hasta ácido butírico y amoníaco. Otras (sacarolíticas), degradan los azúcares y el ácido láctico hasta ácido butírico, además de acético, propiónico, etanol, butanol y otros metabolitos en menor cantidad.

El amoníaco producido, tiende a elevar el pH en el silo. Esto favorece la proliferación de especies del género *Bacillus*, que generan aún más amoníaco.

Cuando el pH en el silo alcanza valores superiores a 5, se acelera el desarrollo de éstos y otros microorganismos también nocivos que realizan la putrefacción del

residuo almacenado. Estos gérmenes butíricos se encuentran en la tierra y en el estiércol.

También puede tener lugar una fermentación alcohólica, a cargo de levaduras, con producción de etanol y otros alcoholes. Hay que procurar reducirla todo lo posible favoreciendo la anaerobiosis, pues aunque afecta poco al proceso de ensilado, puede alterar su conservación con peligro de toxicidad.

Generalizando, las condiciones básicas a potenciar para obtener un buen ensilado son las siguientes:

- Ausencia de aire en el interior del silo
- Suficiente contenido en azúcares
- Descenso rápido del pH del forraje (2)

#### **1.4.2. EL ENSILAJE COMO ALIMENTO**

La importancia del ensilaje como complemento nutricional, depende de su composición química, digestibilidad y cantidad consumida por el animal. El contenido de elementos nutritivos está dado por la naturaleza del residuo ensilado como es el contenido de proteínas, grasas, fibra, carbohidratos fácilmente solubles, sales minerales y vitaminas.

La digestibilidad de la materia seca puede ser un poco menor que la del material o residuo usado, mientras que la proteína puede disminuir especialmente cuando ocurre sobrecalentamiento en el silo. Por lo demás los ácidos producidos por las bacterias a expensas de los carbohidratos no producen cambios notables en el contenido total de los elementos nutritivos. (4)

### **1.4.3. PROCESOS QUÍMICOS - BIOLÓGICOS DEL ENSILADO**

El residuo que se ensila experimenta una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de las enzimas de la planta y de los microorganismos presentes en la superficie o que puedan incorporarse voluntariamente (aditivos) o accidentalmente (contaminación con suelo o similar). Las enzimas actúan sobre procesos respiratorios y sobre la descomposición de glúcidos y proteínas.

- **Respiración Celular**

Al principio el residuo en el silo continúa respirando, absorbiendo oxígeno y liberando anhídrido carbónico, con desprendimiento de calor. Esta respiración ocasiona una pérdida de materia seca muy digestible y sobre todo reduce el contenido de azúcares de la planta, perjudicando la actuación posterior de la flora láctica que no podría encontrar suficiente cantidad de hidratos de carbono para garantizar una suficiente acumulación de ácido láctico. Por ello, es conveniente llenar y cerrar lo más rápidamente el silo. El aire aprisionado en el interior de un silo es desprovisto de oxígeno en menos de 12 horas, produciéndose un ligero aumento de la temperatura de la masa ensilada de 3°C a 5°C.

- **Hidrólisis de las Proteínas**

Las proteínas se degradan a formas más simples del tipo aminoácidos y aminas, entre otros. Las proteasas hidrolizan las proteínas vegetales en péptidos y aminoácidos. Esta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4. (5)

Durante el ensilaje se degradan alrededor del 60% de las proteínas, aun cuando el material esté bien conservado. Si el grado de humedad es adecuado y la fermentación láctica se desarrolla con rapidez, los productos finales de la degradación de las proteínas son principalmente aminoácidos. Esta ruptura hasta aminoácidos no representa una desventaja en cuanto al valor nutritivo, pero cuando el material está mal conservado los aminoácidos se continúan degradando hasta el estado de aminas. Muchos de estos compuestos nitrogenados son tóxicos para los animales si pasan a la sangre.

El producto de la degradación de las proteínas es el amoníaco, que no es tóxico en las concentraciones normales del ensilado. El amoníaco es utilizado por las bacterias para construir proteína y sólo representa una pérdida potencial en cuanto a la calidad de la proteína dado que es volátil y puede perderse desde el silo en forma de gas. (1)

- **Acción de los Microorganismos**

Hay gran diversidad de microorganismos que se desarrollan más o menos intensamente en función de las circunstancias predominantes en el ensilaje. Algunos de estos microorganismos son beneficiosos, al acidificar la masa del residuo (disminuye el pH) y desarrollarse en ausencia de aire (anaerobiosis), impidiendo el desarrollo de otras especies perjudiciales, ya que las bacterias lácticas poseen propiedades antimicrobianas que inhiben el desarrollo de los clostridios, bacilos, estreptococos y estafilococos.

Otros son perjudiciales, creciendo y multiplicándose en presencia de aire con lo que compiten con la microbiología láctica por los azúcares; y otros más propios de condiciones anaerobias, pueden destruir parte de la proteína, incluso ácidos formados previamente, originando olor desagradable.

En una primera fase se registra el desarrollo de bacterias aerobias (*Klebsiella* y *Acetobacter*) que son por tanto, más activas cuanto mayor sea la cantidad de aire aprisionado en el residuo. Estas bacterias emplean como sustrato o alimento los hidratos de carbono que pueden transformar en anhídrido carbónico o ácido acético, ácido cuya eficacia conservadora no es muy notable debido a su escasa capacidad acidificante. Tras un período de tiempo que varía entre las 24 y 48 horas aparecen bacterias (*Leuconostoc* y *Streptococcus*) que transforman los azúcares en ácido láctico que ayuda a bajar el pH más rápidamente. A medida que las concentraciones de este ácido son más abundantes, estas bacterias van disminuyendo al tiempo que aparecen otras (*Lactobacilus* y *Pediococcus*) que forman ácido láctico en grandes cantidades; esto sucede entre el 3<sup>ro</sup> y 5<sup>to</sup> día. Desde aquí hasta el día 17 al 21 de la conservación el ácido se va acumulando en cantidades crecientes al tiempo que el residuo se hace cada vez más inhabitable para otras bacterias. De modo que si durante este período se ha producido suficiente cantidad de ácidos como para llevar el pH a valores de 4,2 o inferiores, existe la garantía de que el residuo se conservará perfectamente por un período indefinido de tiempo, con un valor nutritivo semejante al que poseía al ser puesto en el silo.

Por el contrario, si el residuo era pobre en azúcares (leguminosas, plantas jóvenes) o por el contrario se ha empobrecido antes de ensilarlo (respiración celular, fertilización nitrogenada, etc.) o simplemente las bacterias aerobias de la primera fase los han agotado, entonces las bacterias lácticas, formadoras del ácido láctico conservador, no tendrán suficiente cantidad de azúcares a su disposición como para conseguir bajar el pH a 4,2 y ello permitirá el desarrollo de otros microorganismos que van a destruir el residuo poco a poco. En este caso, en primer lugar actúan bacterias (*Clostridium saccharolíticos*) que atacan a los hidratos de carbono formando un ácido (butírico) de olor

desagradable y escaso poder acidificante, dificultando así la actividad de las bacterias lácticas y por si fuera poco, también destruyen el ácido láctico ya formado, con lo que la acidez de la masa disminuye y permite la proliferación de otros grupos bacterianos (*Clostridium proteolíticos*) que van a continuar el proceso de putrefacción que afecta ahora a la proteínas, originando amoníaco como producto final, el cual termina por neutralizar la acidez residual. La masa, ya de por sí sin mucho valor alimenticio y posiblemente con sustancias de carácter tóxico, queda reducida a un producto podrido que ha perdido su aspecto original, con un desagradable y característico olor. A todo ello debe sumarse el efecto destructor de los hongos que se reproducen intensamente, en especial donde por defecto de compresión han quedado bolsas de aire, completando la destrucción del producto que queda prácticamente inservible.

Al tiempo, que actúan las enzimas de la planta, se produce un desarrollo de los microorganismos presentes en la superficie del residuo en el momento de recolección.

Finalmente es necesario considerar las fermentaciones debidas a mohos y levaduras, que tienen lugar por la presencia de oxígeno en el interior del ensilado bien sea por la falta de estanqueidad del silo, o por que hayan quedado bolsas de aire a causa de una deficiente compactación o por la apertura descuidada del mismo. (5)

#### **1.4.4. ADITIVOS**

El empleo de aditivos en el proceso de ensilado, tiene como fin contribuir a la creación de condiciones óptimas que permitan mejorar la conservación y valor nutritivo del alimento resultante. Idealmente, un aditivo debería cumplir las siguientes características: que sea fácil y seguro de manejar, que reduzca las pérdidas de materia seca, que no aumente la producción de efluente, que mejore la calidad higiénica del

ensilado inhibiendo el desarrollo de microorganismos indeseables, que limite las fermentaciones secundarias, que potencie la estabilidad una vez abierto el silo y que incremente el valor nutritivo con una mejora en la eficiencia de utilización para rentabilizar el desembolso adicional que supone el empleo de aditivos.

Los aditivos pueden ser químicos o biológicos o se pueden clasificar de forma simplificada como: conservantes, inoculantes, enzimas y sustratos o nutrientes. Aunque todos los aditivos persiguen la misma finalidad, actúan de modo diferente.

**Tabla II:** Aditivos para ensilaje

CONSERVANTES	INOCULANTES	ENZIMAS	OTROS	
			SUSTRATOS	NUTRIENTES
<b>Ácidos:</b>	Bacterias de ácido	Amilasas	Melazas	Amonio
<b>Ác. Sulfúrico</b>	láctico:	Celulosas	Glucosa	Urea
<b>Ác. Fosfórico</b>	<i>Lactobacillus</i>	Hemicelulosas	Sacarosa	Carbonato
<b>Ác. Fórmico</b>	<i>Pediococcus</i>	Pectinasas	Lactosuero	cálcico
<b>Ác. Acético</b>	<i>Streptococcus</i>		Granos	Sal común
<b>Ác. Láctico</b>	Otras		cereales	Otros minerales
<b>Ác. Propiónico</b>			Pelpas	
<b>Ác. Benzoico</b>				
<b>Ác. Caproico</b>				
<b>Sales de Ácido</b>				

**Fuente:** De la Roza B. (2005); Adaptado de Woolford (1984).

## A. CONSERVANTES

Inhiben las fermentaciones indeseables, unos comunican al material una acidez inicial que favorece la actividad de las bacterias lácticas. Otros tienen acción bacteriostática,

limitando la multiplicación de bacterias no deseables. También tienen efecto sobre la flora láctica, el forraje se acidifica muy poco y conserva casi todos sus azúcares, pero se estabiliza precisamente gracias a esa mínima vida bacteriana. También hay conservantes con efecto bacteriostático y acidificante a la vez.

## **B. INOCULANTES**

Tienen como papel primordial elevar rápidamente el nivel de acidez del material a ensilar para prevenir la ruptura de la proteína, aportando microflora láctica que puede no estar presentes en cantidad suficiente, lo que dejaría campo libre a otros microorganismos cuya acción puede no ser deseable. (2)

Los inoculantes microbiales para ensilaje son seleccionadas bacterias ácido lácticas (BPAL), se dividen en dos grupos dependiendo de cómo fermentan los azúcares:

- BPAL homofermentativas y
- BPAL heterofermentativas.

Las bacterias homofermentativas como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus spp*, y *Enterococcus spp.*, producen principalmente ácido láctico. Las bacterias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri*, producen ácido láctico, ácido acético, etanol y bióxido de carbono. Generalmente ácido láctico es preferido en el silo porque es un ácido más fuerte que ácido acético. El ácido láctico baja el pH más rápido, en consecuencia disminuye la respiración de la planta y actividad enzimática, inhibiendo otras bacterias. Sin embargo, el ácido acético es un mayor inhibidor de levaduras y mantiene una mayor estabilidad aeróbica que el ácido láctico.

Las bacterias homofermentativas logran bajar el pH, reduciendo las pérdidas de materia seca a un nivel mínimo, disminuyendo proteólisis (el rompimiento de proteínas) y formación de amonio, aumentando ácido láctico y digestibilidad de la materia seca. Una reducción rápida en el pH también puede inhibir bacterias de clostridia que producen ácido butírico. Además, bacterias homofermentativas tienen el potencial de mejorar el desempeño animal. Una revisión de estudios de investigación reportó que esos inoculantes mejoran la ganancia de peso en ganado de carne y la producción de leche de las vacas en lactación.

El principal propósito de los inoculantes heterofermentativos es mejorar la estabilidad aeróbica (la presencia de oxígeno) a través de reducir el nivel de levaduras en el ensilaje (un alto nivel de levaduras puede causar calentamiento).

Existe una ventaja potencial de combinar ambos tipos de BPAL obteniendo una rápida reducción inicial en el pH controlada por las bacterias homofermentativas y más tarde una buena estabilidad aeróbica que es controlada por bacterias heterofermentativas produciendo más ácido acético. (16)

### **C. ENZIMAS**

Como aditivos para el ensilado han ganado interés en los últimos años. Los más comunes son los que degradan las paredes celulares de las plantas como celulasas, pectinasas y hemicelulasas ó mezclas de los mismos. Mediante la ruptura de las paredes celulares, aumenta el contenido de azúcares solubles, los cuales son fermentados por bacterias lácticas, favoreciendo así la acidificación.

## **D. NUTRIENTES**

Los productos amoniacales incrementan el contenido de proteína del ensilado pero es necesario ajustar muy bien la dosis, aplicarla de forma muy homogénea y extremar las precauciones en el tapado, pisado y cierre del silo. (2)

La urea agregada a residuos con alto contenido de materia seca (MS) y bajo poder tampón, aumentan el contenido de proteína bruta y pueden mejorar la estabilidad aeróbica del ensilado al momento de la apertura del silo. (10)

## **E. SUSTRATOS**

Los productos azucarados son rápidamente utilizados por las bacterias lácticas que los hidrolizan y transforma en ácido láctico. Generalmente se utilizan la melaza, residuo de azucarería con un 50% de sacarosa; lacto suero en polvo, subproducto de la fabricación de quesos que contiene entre un 50% - 75% de azúcares. Otro producto empleado con frecuencia es la pulpa seca de remolacha, que refuerza su acción como aditivo con su fuerte poder de retención de agua, lo que permite reducir de forma notable las pérdidas en los jugos por incremento del contenido en materia seca. (2)

### **1.5. PALMA AFRICANA**

El origen de la palma de aceite se ubica en las costas del Golfo de Guinea en el África occidental. Se introdujo a América Tropical por los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, en los viajes transatlánticos del siglo XVI. Se estableció en San Salvador Brasil.

En el año 1848, la palma de aceite entra a Asia por Java, y se dio comienzo a la más grande expansión por el mundo.

En el país el cultivo de palma es uno de los productos que genera fuentes de trabajo, para en si poder subsistir en el pueblo que cultive este producto.

La palma africana de aceite es una monocotiledónea perenne perteneciente a la familia Arecaceae. Botánicamente se la conoce con el nombre de *Elaeisguineensis*, nombre dado por Jacquin en 1763, con base en la palabra griega *elaoin*, que significa aceite y *guineensis*, hace honor a la región de Guinea de donde se considera originaria. (13)

La palma africana ha representado en las últimas décadas la alternativa viable para solventar las demandas crecientes de materia prima oleaginosa en los países ubicados en la franja tropical, siendo ésta la especie oleaginosa vegetal que produce mayor cantidad de aceite por unidad de hectárea. El aceite crudo y sus subproductos se usan en la industria de alimentos, detergentes, cosméticos, química y pecuaria; así mismo, se utiliza como materia prima para la producción de biodiesel.

Esta especie de origen africano y dispersa en la franja tropical hasta 15° a ambos lados del ecuador, es posible que haya sido introducido a América en el siglo XV junto con los esclavos. Actualmente existen, en este continente, grandes plantaciones de alta tecnificación en Colombia, Ecuador, Brasil, Honduras, Costa Rica, Panamá, México y Venezuela. (17)

### **1.5.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

La palma africana o palma de aceite (*Elaeisguineensis*) es una planta monoica (las flores femeninas y masculinas, se producen independientes en una misma planta), que

posee un tallo o llamado también estípote robusto no ramificado que puede alcanzar de 20 a 30m de altura, con un diámetro de 50cm, marcado anularmente por las cicatrizaciones de las bases de las hojas desprendidas y, en condiciones naturales, puede llegar a tener una longevidad de hasta 200 años.

Las flores son unisexuales; la inflorescencia masculina de la palma de aceite está constituida por un eje central sobre el que se distribuye en forma de espiral un centenar de espigas, las que son portadoras (cada una) de un millar de flores de tamaño más pequeño que las femeninas y formadas por 6 estambres.

La inflorescencia femenina presenta un aspecto más compacto que la masculina. Va a estar formada por un eje central sobre el que se distribuye en forma de espiral en centenas de espigas más cortas que la masculina, diferentes unas de las otras y con un número variable que va desde 6 a 12 flores; las espigas terminan en una espiga muy gruesa.

La polinización es llevada a cabo por el viento aunque hoy día se aplica la polinización asistida, que ha llegado a alcanzar proporciones importantes por su gran efectividad, también, se efectúa por medio de insectos (abejas especialmente) que en gran número son atraídas por las flores masculinas, cosa que no se repite con las femeninas.

Las inflorescencias femeninas después de unos cinco meses, se convierten en racimos maduros. El racimo en conjunto presenta una forma ovoide, de fuertes espinas que hacen difícil su manejo.

Los frutos presentan algunas veces formas alargadas aunque la más corriente es la ovoide de unos 3 a 5cm de largo. Un corte longitudinal del fruto presenta de afuera hacia adentro las siguientes partes:

- Una epidermis (exocarpio), brillante, cutinizada y lisa.
- Un mesocarpio (pulpa), amarillo o anaranjado, muy aceitoso, atravesando por estrechas hileras.
- Un endocarpio (cáscara), duro, de color negro, con un grosor de 0.5 a 5mm.
- Un conjunto de cáscara más endospermo que constituye la semillas

Los tipos de palma africana más relevantes se establecen de acuerdo al grosor del cuesco o endocarpio del fruto, característica íntimamente relacionada con la producción de aceite.

- **Pisíferas:** Son palmas cuyos frutos prácticamente no tienen cuesco, sino un cartílago blando. Palma gigante, Carece de interés comercial.
- **Dura:** Su cultivo hasta la década de los 60, se caracteriza por tener un gran cuesco de 2 a 8 milímetros de espesor. Son poco rentables y competitivas.
- **Tenera:** Por ser un híbrido proveniente del cruzamiento de Dura por Pisífera, el cuesco del fruto es delgado y la proporción de la fruta bastante mayor. Por ende el contenido de aceite es más abundante. Se observa un anillo de fibras oscuras adyacente al cuesco que son su principal característica. (7) (13)

### **1.5.2. APLICACIONES DEL FRUTO DE LA PALMA ACEITERA.**

De la palma se utilizan los frutos tanto la pulpa como la almendra. Generando una gran variedad de productos y subproductos que son utilizados en la industria agroalimentaria

(más de 50%), la industria química, cosmética, alimentación animal y más reciente para agrocombustibles.

**Figura 1:** Esquema de la utilización del aceite de palma



**Fuente:** tierra.org (2006)

Esta oleaginosa, genera dos tipos diferentes de aceite con igual importancia económica, pues constituyen materia prima básica para la industria de alimentos:

- **Aceite rojo (mesocarpio)**

El aceite de palma rojo o “aceite de palma” propiamente dicho, representa entre el 18% - 26% del peso fresco de un racimo. Antes de ser refinado o tratado, este aceite está considerado como el alimento natural más rico en vitamina A. Es por lo tanto, un alimento muy valioso en los casos en que existen carencias en la dieta, sin embargo, durante el proceso de refinado pierde características como su valor nutritivo o calidad de sus ácidos grasos.

Es usualmente empleado en la elaboración de aceites vegetales comestibles, margarinas obtenidas por procesos de hidrogenación del aceite, y para la producción de jabones, velas y ceras.

- **Aceite blanco o aceite de palmiste (nuez)**

El aceite blanco o aceite de palmiste representa entre un 3% - 6% del peso del racimo. Su composición química es completamente diferente a la del aceite de palma rojo. El aceite de palmiste es semisólido a temperatura ambiente. Tras su transformación es más utilizado por la industria cosmética (jabones y cremas) producen excelente espuma debido a su alto contenido en ácido laúrico, la industria química (barniz, pintura, resina), la fabricación de detergentes y también la industria agroalimentaria. (9)

### **1.5.3. LOS PRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA PALMERA**

- Aceite de palma crudo (Se extrae de la pulpa de los frutos)
- Aceite de palmiste (Se extrae de las almendras)
- Torta de palmiste (queda del proceso de extracción del aceite de las almendras)

#### **Aceite de palma crudo**

Representa entre el 40% y el 50% del peso de cada fruto individual. En explotaciones comerciales una hectárea de cultivo adulto sembrado con excelente material genético, manejado con un alto nivel tecnológico, y sin limitaciones de suelo y clima, se pueden obtener potencialmente 7 toneladas anuales de aceite.

### **Aceite de palmiste crudo**

En cuanto al aceite sustraído del palmiste o almendra, representa alrededor del 4.4% del peso de cada fruto y entre el 2.5% y el 3.5% respecto del peso del racimo.

### **Torta de palmiste**

Del procesamiento de la almendra o palmiste, entre el 50% y el 56% del producto obtenido es torta, contiene entre el 17% y el 19% de proteína. Se usa en dietas de rumiantes, debido a las altas proporciones de fibra rica en arginina y ácido glutámico.

(13)

- **Harina de palmiste de palma africana extraído por solventes:** Está compuesta por el coquito integral de palma africana, al cual se le extrae el aceite que contiene mediante solventes, generalmente hexano. Este subproducto es bajo en grasa y su composición es afectada por la cantidad de cascarilla residual que contenga el coquito integral.
- **Harina de palmiste de palma africana extraído por prensa:** Está compuesta por el coquito integral de palma africana al cual se le extrae el aceite que contiene mediante prensa (expeller). Este subproducto es alto en grasa y su composición también es afectada por la cantidad de cascarilla residual que contenga el coquito integral y de grasa remanente del proceso de extracción que es muy variable. (12)



### 1.5.5. PRODUCCIÓN DE PALMA AFRICANA EN ECUADOR

La palma aceitera fue introducida en nuestro país en 1953, en la provincia de Esmeraldas, cantón La Concordia, por Roscoe Scott; en esa época las plantaciones eran relativamente pequeñas. No es sino hasta el año de 1967 cuando comienza a entrar en auge con más de 1.000 hectáreas sembradas. (18)

Las favorables condiciones climáticas ubican al Ecuador en un lugar de privilegio para el cultivo de la palma aceitera, actividad que reúne todos los requisitos para convertirse en uno de los ejes de desarrollo social y de gran aporte para la economía.

La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA) y su brazo comercializador la Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional (FEDAPAL), se caracterizan por la organización, capacitación, transferencia tecnológica, investigación y promoción del cultivo a lo largo de la cadena de productos de la palma aceitera. (19)

**Tabla III:** Producción, consumo y excedentes de Aceite de Palma en el Ecuador

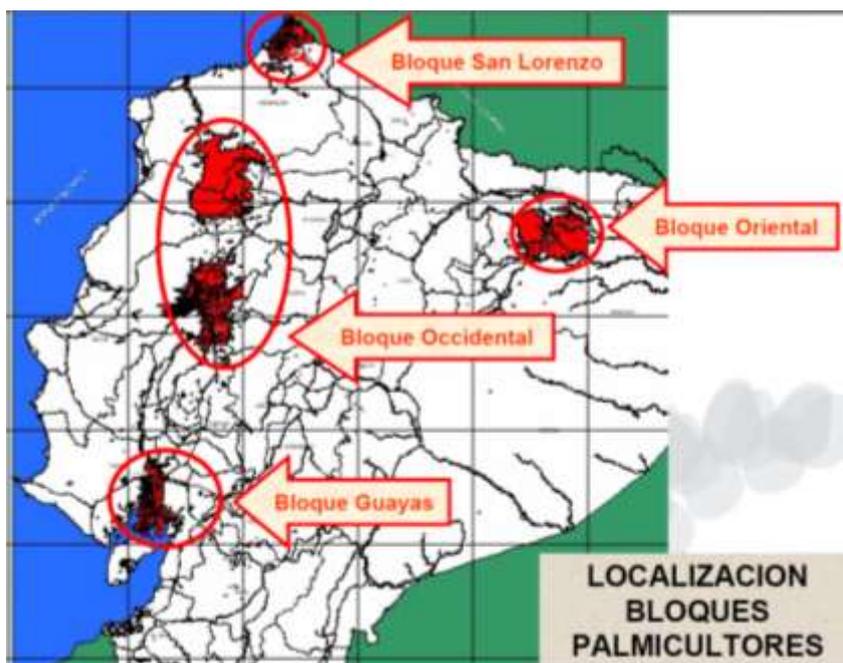
AÑO	PRODUCCION Tm	CONSUMO Tm	EXCEDENTE Tm
1993	152.537	152.537	-
1994	174.413	168.011	6.402
1995	185.206	167.972	17.234
1996	180.337	156.354	23.983
1997	203.308	185.584	17.724
1998	198.495	179.799	18.696
1999	267.246	198.088	69.158
2000	222.195	197.540	24.655
2001	224.195	198.815	25.380
2002	238.798	199.508	39.290
2003	261.932	200.203	61.729
2004	282.152	200.798	81.354
2005	339.952	201.258	138.694
2006	352.120	204.039	148.081
2007	396.301	211.277	185.024
2008	418.380	209.675	208.705
2009	428.594	210.485	218.109
2010	380.301	209.840	170.461
2011	472.988	211.949	261.039
2012*	480.000	210.000	270.000

\*E stimado

**Fuente:** FEDAPAL (2009)

En la actualidad, el cultivo de Palma africana es uno de los principales cultivos en el país debido a los múltiples usos de esta planta y así también a su uso como biocombustible. Se cultiva principalmente en la provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Pichincha, Santo Domingo y la provincias Orientales de Sucumbíos y Orellana.

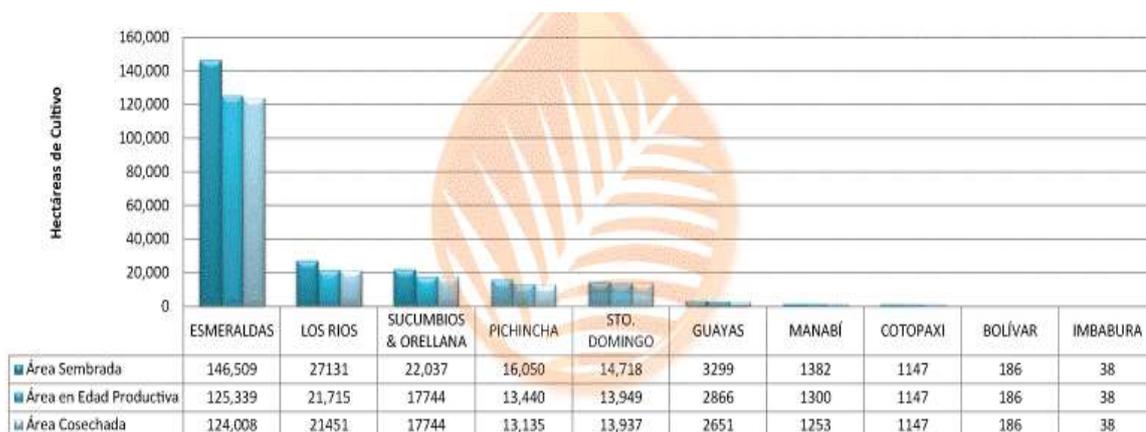
**Figura 2:** Palmicultores en el Ecuador



**Fuente:** ANCUPA (2009)

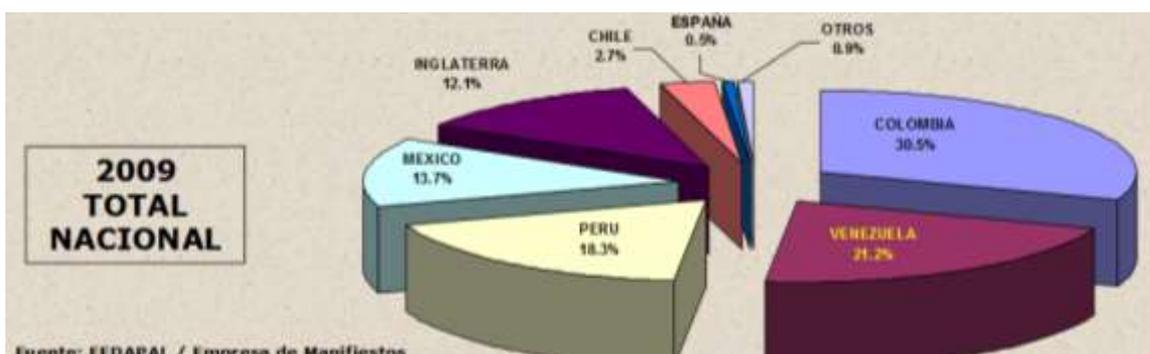
Según datos estadísticos de ANCUPA en el 2009, se han sembrado cerca de 23 000 ha de palma africana, con una producción alrededor de 447 667.00 Tm, con un consumo nacional de 210 000 Tm, dejando aproximadamente 235 667 Tm de excedentes que son exportados a otros países. (18)

**Gráfico 1:** Superficie de Palma Aceitera por Provincias - Año 2009



**Fuente:** ESPAC-INEC (Estadísticas Agropecuarias del Ecuador)

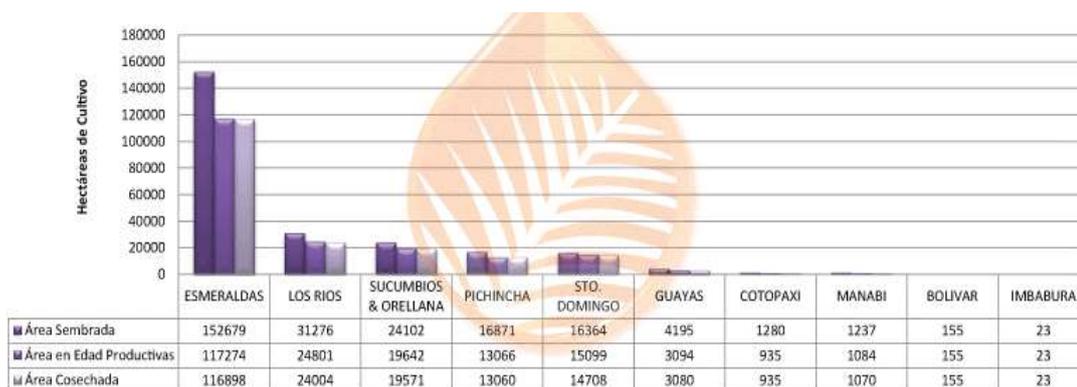
**Gráfico 2:** Exportaciones de Aceite Crudo de Palma por destino – Año 2009



**Fuente:** FEDAPAL (2009)

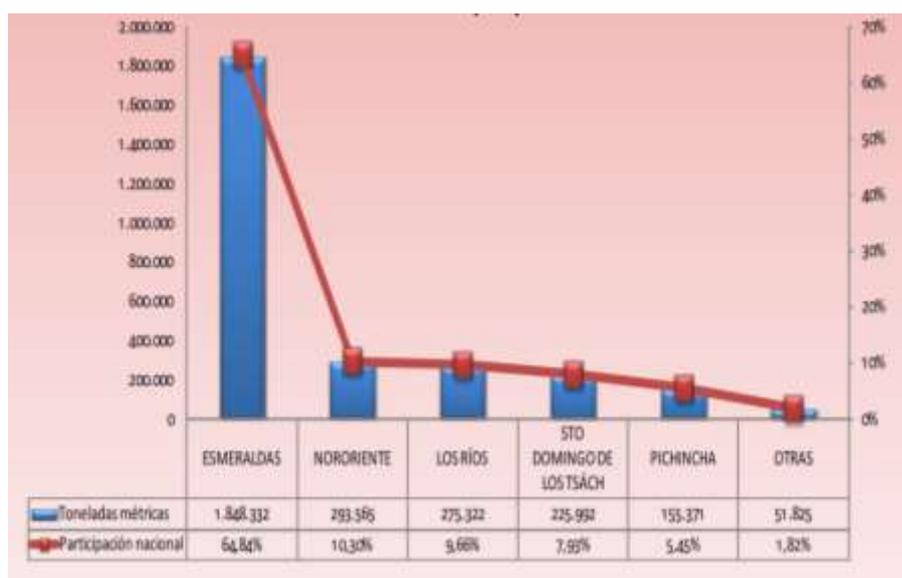
Durante el 2010 se observa un decrecimiento de 1%, es decir, de aproximadamente 2.048 ha con un rendimiento de 14,7 toneladas por año, un incremento del 29,3% respecto al 2009. En las provincias de Esmeraldas, Los Ríos y las provincias orientales del Norte sumaron el 82,9% de la Superficie Total Cosechada de este producto.

**Gráfico 3:** Superficie de Palma Aceitera por Provincias - Año 2010



**Fuente:** ESPAC-INEC (Estadísticas Agropecuarias del Ecuador)

**Gráfico 4:** Producción de Aceite de Palma por Provincias - Año 2010



**Fuente:** Informe ejecutivo ESPAC 2010 - INEC

En el 2011 se observó un total de 240000 ha de superficie sembrada en todo el país, la producción presenta una tasa promedio de crecimiento de 11,0% entre 2002 y 2011, pero se produjo una reducción de 26,42% respecto al año anterior. En el 2011 hubo una producción de 470000 Tm de las cuales las provincias de: Esmeraldas concentraron

61,41% de la producción, Los Ríos 14,44% y las provincias orientales del Norte sumaron el 7,34% del total producido. (14)

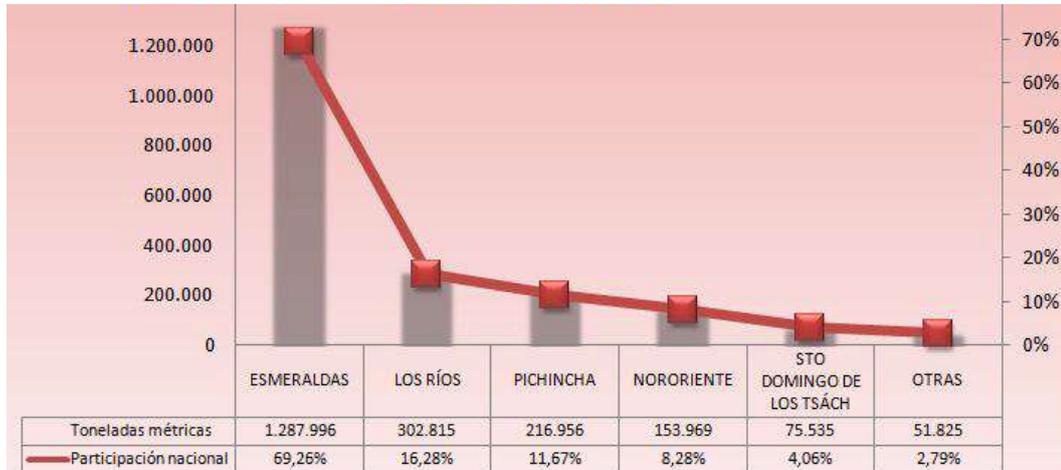
Las exportaciones de aceite de palma africana pertenecen a la categoría de productos no tradicionales que se exportan, y pierde el sentido de exportación agropecuaria porque no se exporta la fruta, se exporta el proceso de extracción que origina el aceite. El año 2011 es el que tiene mayores ingresos por exportaciones y en el año 2010 muestra una menor cifra, en este punto notamos que en la productividad en el año 2010 era baja en comparación con los años anteriores, al igual que en las exportaciones en el mismo año, puede ser por varios motivos: menores exportaciones por la crisis financiera mundial, o plagas en los sembríos, o el factor ambiental en las tierras.

**Gráfico 5:** Superficie cosechada de Palma Aceitera – Año 2011



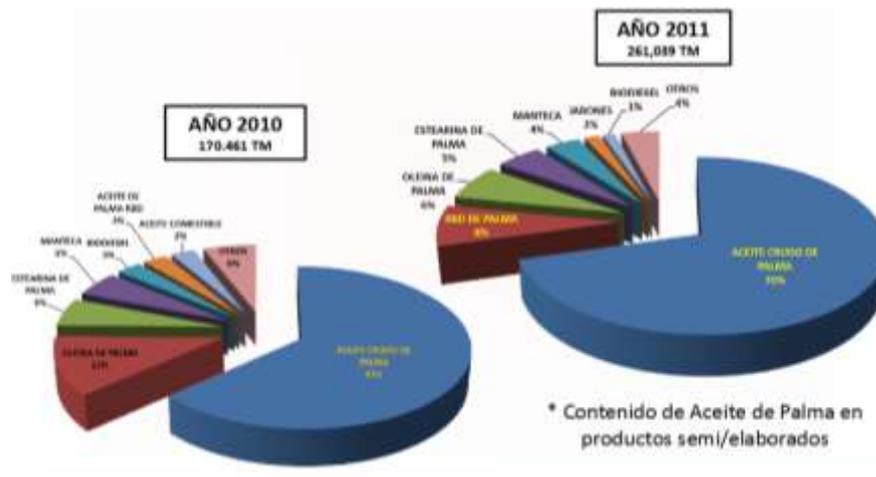
**Fuente:** Informe ejecutivo ESPAC 2011 - INEC

**Gráfico 6:** Producción de Aceite de Palma por Provincias - Año 2010



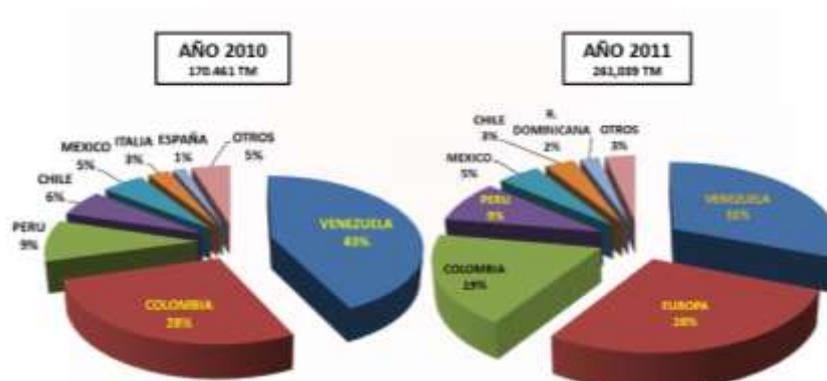
**Fuente:** Informe ejecutivo ESPAC 2010 - INEC

**Gráfico 7:** Exportaciones de Aceite de Palma (Contenido de Aceite de palma en productos semi/elaborados) – Años 2010-2011



**Fuente:** FEDAPAL (2011)

**Gráfico 8:** Exportaciones de Palma por destino – Años 2010-2011



**Fuente:** FEDAPAL (2011)

Ecuador se encuentra entre los 10 mejores en la producción de aceite de palma en el mundo. Sin dejar de mencionar lo que compete a las exportaciones, sus principales países demandantes son China, la Unión Europea, y Sudamérica. Este sector productivo y exportador contribuye positivamente a nuestro país.

Pero el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de grandes volúmenes de residuos, convirtiéndose en un gran problema no sólo ambiental sino económico, es común ver cómo son desaprovechados estos residuos sin obtener algún beneficio, desechándolos y considerándolos como basura inmediatamente después de su utilización primaria. El tratamiento y aprovechamiento de estos residuos para la formulación de nuevos productos es una manera de incidir en el mejoramiento ambiental. (20)

## CAPÍTULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias, donde se trabajó con el residuo de torta de palmiste proporcionado por la Planta extractora Agrícola “PEXA” situado en la Concordia – Santo Domingo.

#### 2.2. MATERIALES UTILIZADOS

##### **Torta de palmiste**

La torta de palmiste es un residuo granular fino de color marrón, obtenido de la extracción física del aceite de palmiste, resultado de las almendras del fruto de palma de aceite (*Elaeisguineensis*).

##### **Inóculo microbiano**

El yogurt producto de la fermentación láctica de la leche, contiene bacterias ácido lácticas (BAL): cultivo *Lactobacillus delbrueckii* subespecies *bulgaricus* – *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus GG*, que contribuye para aumentar la concentración de ácido láctico y así mejorar la estabilidad del silo.

**Tabla IV:** Componentes nutricionales del yogurt natural por cada 200g

COMPONENTES NUTRICIONALES	VALOR	PORCENTAJE
<b>Grasa total</b>	8g	12%
<b>Ácidos grasos saturados</b>	5g	25%
<b>Colesterol</b>	21mg	7%
<b>Carbohidratos totales</b>	13g	4%
<b>Proteína</b>	7g	-
<b>Fibra alimentaria</b>	0g	0%
<b>Sodio</b>	110mg	5%

**Fuente:** Contenido nutricional de un yogurt de venta libre

### **Melaza**

La melaza es un líquido denso y negruzco, subproducto de la industria azucarera del cual se ha substraído el máximo de azúcar, provee azúcares fermentescibles a las bacterias para que las utilicen en su metabolismo y den como resultado la fermentación, disminuyendo considerablemente el pH.

### **Urea**

Es un aditivo de nitrógeno no proteico de mayor concentración (46%), compuesto químico cristalino e incoloro; de fórmula  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , origina incrementos en la concentración de solutos, mejora: la estabilidad aerobia de los ensilajes, el contenido de nitrógeno del producto para mejor digestibilidad de la materia seca y de la energía.

### **2.3. METODOLOGÍA**

La metodología a seguir para la **ELABORACIÓN DE ENSILADO A PARTIR DE TORTA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO NUTRICIONAL PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL** se fundamenta en lo siguiente:

El residuo fue recolectado de la Planta Extractora Agrícola “PEXA” ubicado en la Concordia vía Quinindé – Santo Domingo, el cual produce aproximadamente 4500 toneladas de torta de palmiste al año. Para la toma de muestra se basó en un muestreo probabilístico (muestreo aleatorio simple).

La caracterización de la torta de palmiste determina la composición química nutricional en la cual se evaluaron los siguientes parámetros:

- pH
- Humedad
- Ceniza
- Fibra Cruda
- Proteína Cruda
- Grasa Total
- Mohos y levaduras

Se realizó una pre-prueba, en la cual se tomó una cantidad determinada de residuo que fue colocado en un recipiente plástico con una humedad del 70%, a los 30 días se

procedió a evaluar el ensilado, determinando los aditivos favorables para una mejor fermentación.

Las condiciones para el proceso de fermentación anaerobia son las siguientes:

**Tratamiento 1:** Torta de palmiste (99.4%) + Urea (0.6%)

**Tratamiento 2:** Torta de palmiste (99%) + Urea (1%)

**Tratamiento 3:** Torta de palmiste (90%) + Yogurt (10%)

**Tratamiento 4:** Torta de palmiste (85%) + Yogurt (15%)

**Tratamiento 5:** Torta de palmiste (98%) + Melaza (2%)

**Tratamiento 6:** Torta de palmiste (96%) + Melaza (4%)

Bajo las cuales se desarrolló el diseño experimental de bloques completamente aleatorizado de ensilaje del residuo, en recipientes plásticos de 1Kg por triplicado. Donde se tomaron muestras para controlar el proceso a 70% de humedad y temperatura ambiente, cada 10 días, analizando pH, acidez como ácido láctico y mohos - levaduras.

## 2.4. MÉTODOS

**Tabla V:** Métodos de análisis

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
pH	Potenciómetro	Norma NTE INEN 0526:81
Humedad	Gravimetría	Norma NTE INEN 0540:81/AOAC 925.10
Cenizas	Incineración en Mufla	Norma NTE INEN 0544:81/AOAC 923.03
Fibra	Weende	Norma NTE INEN 0542:81
Proteína	Kjeldahl	Norma NTE INEN 0543:81/AOAC 984.13
Grasa	Gravimétrico	Norma NTE INEN 0541:81 / AOAC 920.39
Acidez (Ácido láctico)	Volumétrico	Norma NTE INEN 303:80
Mohos y levaduras	Recuento en placa (Petrifilm)	AOAC 997.02

**Fuente:** Autor Guamán D. (2013)

## 2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados, cuyo objetivo es tener comparaciones precisas entre los tratamientos bajo estudio. Utilizar bloques es una forma de reducir y controlar la varianza del error experimental para tener mayor precisión.

### **2.5.1. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Las variables de investigación utilizadas fueron las siguientes:

- Urea (0.6% y 1%)
- Inóculo microbiano - Yogurt (10% y 15%)
- Melaza (2% y 4%)

### **2.5.2. RESPUESTAS DE INVESTIGACIÓN**

Las respuestas de investigación fueron las siguientes:

- pH
- Acidez como ácido láctico
- Mohos y levaduras

## CAPÍTULO III

### 3. PARTE EXPERIMENTAL

La muestra del residuo para la presente investigación se tomó de la planta extractora agrícola “PEXA”, que se encuentra ubicada en el Km 47 Vía Quinindé – Santo Domingo, perteneciente a La Concordia, cantón de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la cual posee una destacada actividad agroindustrial dedicada a la producción de aceites crudos obtenidos de la palma africana, que limita al norte con Quinindé, al sur con Santo Domingo de los Tsáchilas, al este con Pichincha y al oeste con Manabí, con un área de 560 kilómetros cuadrados.

**Figura 3:** Ubicación geográfica del cantón La Concordia / Latitud: +00° 03; Longitud: -079° 36; Altura; +0379.



**Fuente:** Google Maps (2012)

La fase de experimentación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### **3.1. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE ENSILADO**

#### **MATERIALES:**

- Envases plásticos de 1Kg
- Guantes de látex
- Parafilm
- Cinta adhesiva

#### **EQUIPOS:**

- Balanza

#### **PROCEDIMIENTO:**

La humedad para ensilar es uno de los factores que debe tomarse en cuenta al momento del proceso fermentativo, considerando adecuado el 70% de humedad como el punto óptimo para ensilar. El método empírico que permite estimar el porcentaje de humedad en el forraje, es el método “GRAB – TEST”, que consiste en comprimir con la mano un puñado de residuo durante 20 – 30 segundos:

- Cuando chorrea mucho jugo de la mano la humedad es superior al 75%

- Cuando chorrea poco, pero la bola mantiene su forma al abrir la mano la humedad es de 70% a 75%.
- Cuando no chorrea jugo y la bola se expande lentamente al abrir la mano la humedad es óptimo entre 60% a 70%
- Cuando la bola se expande rápidamente al abrir la mano la humedad es inferior al 60%. (15)

Una vez listo el residuo a 70% de humedad y la cantidad de aditivos (urea, yogurt y melaza) en los porcentajes escogidos, se procede a mezclar y homogenizar el residuo para colocarlo en los envases de plástico. Para mantener la buena calidad del ensilaje es preciso no dejar burbujas de aire en el silo, apisonándolo fuertemente hasta obtener el llenado total.

La velocidad de llenado del silo determina la calidad del producto obtenido; cuando los llenados se hacen rápido disminuye el tiempo de exposición del residuo al aire, con esto se disminuye las pérdidas por respiración y se acorta la fase aeróbica del proceso.

Para garantizar que el proceso de ensilado del residuo esté protegido, es necesario que la masa a ensilar sea aislada de aire y de cualquier otro factor externo, para ello se utilizó cinta adhesiva y parafilm en los bordes de los envases plásticos para sellarlos.

### **3.2. TOMA DE MUESTRAS**

#### **MATERIALES:**

- Espátula
- Fundas de sellado hermético (fundas ziploc)

#### **EQUIPOS:**

- Cámara de flujo Laminar
- Autoclave

#### **PROCEDIMIENTO:**

Las muestras se tomaron en condiciones asépticas y sin interrupciones, con rapidez pero cuidadosamente, de tal modo que la muestra sea representativa evitando la posibilidad de contaminación para lo cual se trabajó dentro de la cámara de flujo laminar.

La capa superficial de cada silo no hace parte de la muestra ya que está en contacto con la superficie y puede presentar pérdidas de humedad, es por ello que fue retirada del área de muestreo, 2cm de espesor aproximadamente.

Es importante mencionar que antes del muestreo, es necesario realizar una limpieza con desinfectantes para mantener limpia el área de trabajo como: mesones, pisos, paredes, utensilios, así evitando una contaminación cruzada.

### **3.3. PREPARACIÓN DE LA PRE-PRUEBA**

#### **MATERIALES:**

- Aspersor
- Cinta adhesiva
- Recipientes plásticos de 1 Kg

#### **EQUIPOS:**

- Vaporizador

#### **PROCEDIMIENTO:**

Se preparó ensilados en condiciones anaerobias en envases plásticos de 1 Kg, donde sólo se colocó el residuo de torta de palmiste a un 70% de humedad, esto se lo logró mediante la adición de agua estéril con un aspersor, manteniendo la humedad en el ambiente con un vaporizador.

### **3.4. MÉTODOS ANALÍTICOS**

#### **3.4.1. DETERMINACIÓN DE PH**

#### **MATERIALES:**

- Vasos de precipitación

- Probeta
- Tubos de ensayo
- Agitador

#### **EQUIPOS:**

- pHmetro

#### **PROCEDIMIENTO:**

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis de la calidad del ensilaje para su conservación. El valor de pH está en función de la materia seca del ensilaje y de la proporción que exista entre las proteínas y los carbohidratos solubles. Para el procedimiento de este análisis se basó en la norma INEN 0526 (Ver anexo 10)

#### **3.4.2. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ COMO ÁCIDO LÁCTICO**

#### **MATERIALES:**

- Bureta de 25mL
- Soporte
- Pinza universal
- Vasos de precipitación
- Balones de 100mL

- Papel filtro

#### **EQUIPOS:**

- pHmetro

#### **PROCEDIMIENTO:**

El Ácido Láctico ( $C_3H_6O_3$ ) es una molécula monocarboxílica orgánica que se produce en el curso del metabolismo anaeróbico láctico (glucólisis anaeróbica).

La fermentación láctica a cargo de las bacterias lácticas son las encargadas de degradar los azúcares y otros carbohidratos solubles presentes en el residuo es por ello que es importante medir la producción de ácido láctico el cual baja rápidamente el pH del residuo, favoreciendo la estabilidad del silo, la cual se basó en la norma INEN 303:80.

Se determina mediante una valoración, volumétrica o titulación con un reactivo básico (NaOH) y el agente (torta de palmiste), el resultado se expresa en % de ácido láctico. El procedimiento se realiza con un equipo de titulación con la muestra previamente tratada.

Se pesa de 1-5g de la muestra homogenizada añadiendo 100mL de agua destilada y filtrar; para tomar una alícuota de 10mL y se titula con NaOH 0.1N (normalizado), como la muestra presenta un color café – marrón no se puede utilizar un indicador, es por ello que se mide el pH para notar su cambio en 8.3 - 8.4 y se realiza los cálculos correspondientes.

$$\% \text{ Ácido Láctico} = \frac{V * N * 9}{gM}$$

**Donde:**

V= Volumen en mL de NaOH

N= Normalidad del NaOH

gM= Gramos de la muestra

### **3.4.3. DETERMINACIÓN DE MOHOS Y LEVADURAS**

**MATERIALES:**

- Cajas Petri
- Pipetas de 1mL
- Erlenmeyer
- Tubos de ensayo con tapa rosca
- Gradilla
- Mechero

**EQUIPOS:**

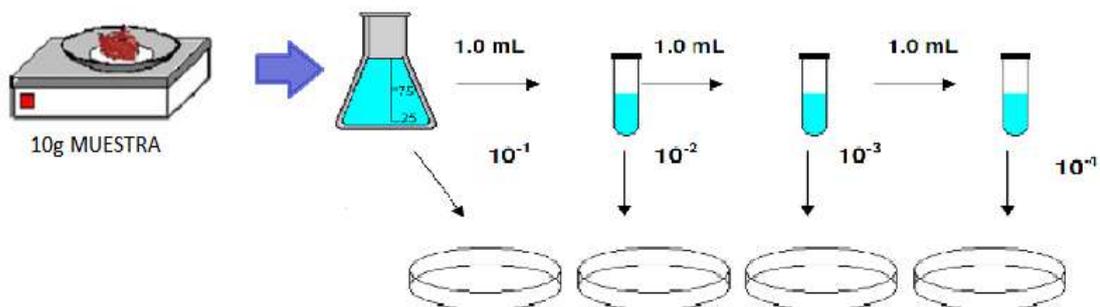
- Autoclave
- Balanza Analítica

- Estufa

### PROCEDIMIENTO:

Se realiza diluciones sucesivas hasta llegar a la dilución  $10^{-6}$  en caso de ser necesario, el objeto de esta operación es reducir progresivamente, paso a paso, de la concentración de la muestra. Se toma 10g de la muestra y se coloca en 90mL de agua de peptona al 0.1% previamente esterilizado, homogenizar bien, este equivaldrá la dilución  $10^{-1}$ , Tomar con una pipeta estéril 1mL de esta primera dilución a un tubo con 9mL de agua de peptona 0.1% para obtener la dilución  $10^{-2}$ , de ser necesario más diluciones se repite este último procedimiento. Por último se toma 1mL de las diluciones deseadas y se siembra en caja con agar específico para hongos con un inhibidor para bacterias. Incubar a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  durante 3 - 5 días.

**Figura 4:** Dilución en serie para determinación de mohos y levaduras



**Fuente:** Autor Guamán D. (2013)

### 3.4.4. CÁLCULO DEL ENSILADO RECUPERADO

La siguiente ecuación se utilizó para determinar el porcentaje de ensilado de buena calidad una vez terminado el proceso de fermentación:

$$\% \text{ de ensilado recuperado} = \frac{A(\%MSa)}{B(\%MSb)} * 100$$

**Donde:**

**A**= Gramos de ensilado de buena calidad

**B**= Gramos del residuo

**%MSa**= Porcentaje de materia seca de **A**

**%MSb**= Porcentaje de materia seca de **B**

La materia seca o extracto seco es la parte que se resta del material tras extraer toda el agua posible, es decir que se refiere a la cantidad de alimento menos el agua contenido en otras palabras, si una muestra de alimento "X" se somete a un calor moderado (típicamente 65°C por 48 horas) de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de ese alimento, el cual podemos calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Materia Seca} = 100 - \% \text{ de Humedad}$$

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO

La caracterización del residuo se realizó previo al comienzo del proceso fermentativo, para ello se hizo un muestreo al azar de la torta de palmiste, en la siguiente tabla se detalla los resultados de la caracterización físico, químico y microbiológico.

**Tabla VI:** Análisis físico, químico y microbiológico del residuo

COMPONENTES	TORTA DE PALMISTE	
FÍSICO	Color	Marrón – café
	Olor	Dulce
	Consistencia	Sólida
QUÍMICO	pH	6.01
	Humedad	5.64%
	Ceniza	3.2%
	Fibra	17.07%
	Proteína	16.32%
	Grasa	7.98%
MICROBIOLÓGICO	Mohos y levaduras	$3 \cdot 10^3$ UFC/g

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

La torta de palmiste es un ingrediente adecuado para dietas de rumiantes lecheros donde se puede utilizar directamente sólo hasta un 10%; en ganado porcino su utilización se ve restringida por su baja palatabilidad y alto contenido de fibra, aunque a veces se emplea a niveles moderados en la etapa final de cebo. (6)

Con la elaboración de ensilado se pretende dar una alternativa de alimento animal mejorando su palatabilidad, manteniendo el porcentaje de proteína y mejorando su digestibilidad, haciendo que la torta de palmiste no sea sólo un ingrediente en el balanceado de animales, si no que se pueda suministrar todo el fermentado directamente.

De la Tabla VI podemos considerar a la torta de palmiste como una fuente protéica de regular calidad (16.32%) y con una limitación nutricional por su alto contenido de fibra (17.07%), las que utilizadas adecuadamente ofrece la posibilidad de lograr buenos resultados en la dieta para aves de corral, la cantidad de mohos y levaduras no es un limitante para la investigación ( $3 \cdot 10^3$  UFC/g), ya que se encuentra dentro del rango permitido  $< 1 \cdot 10^4$  según la Norma INEN 1829 Alimentos zootécnicos, compuestos para pollos de engorde (Ver anexo 11), los que tiene los siguientes requerimientos nutricionales:

**Tabla VII:** Requisitos bromatológicos para pollos de engorde

REQUISITOS	UNIDAD	ALIMENTO			
		INICIADOR		FINALIZADOR	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.
<b>Humedad</b>	%	-	13	-	13
<b>Proteína Cruda</b>	%	20	-	18	-
<b>Fibra Cruda</b>	%	Menor que	5	Menor que	5
<b>Grasa Cruda</b>	%	3	-	4	-
<b>Ceniza</b>	%	-	8	-	8

**Fuente:** Norma INEN 1829

A pesar del valor nutricional de la torta de palmiste las aves no lo pueden aprovechar completamente, con el ensilaje facilita la absorción de nutrientes compensando la incapacidad que tienen las aves para degradar la fibra.

**Fotografía 1:** Torta de palmiste previa a la fermentación



**Fuente:** Autor Guamán D.

#### 4.2. PRE-PRUEBA

Se hizo un ensayo previo a la fase de experimentación de la investigación, para determinar las condiciones más adecuadas de la fermentación del residuo de torta de palmiste a 70% de humedad, en la cual se obtuvo los siguientes datos:

**Tabla VIII:** Resultados de la fermentación anaerobia de la pre-prueba

COMPONENTES		PRE-PRUEBA
FÍSICO	Color	Café – Rojizo
	Olor	Dulce – Ácido
	Consistencia	Sólida
QUÍMICO	pH	5.75
	Humedad	57.34%
	Ceniza	1.64%
	Fibra	6.63%
	Proteína	7.96%
	Grasa	2.47%
MICROBIOLÓGICO	Mohos y levaduras	$1 \cdot 10^4$ UFC/g

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

Comparando los resultados de la pre-prueba con los análisis de caracterización de la torta de palmiste se observa una notable disminución de: proteína (7.96%) debido a la acción de los microorganismos aerobios los que utilizan el oxígeno restante en el silo para metabolizar la proteína, mediante un proceso de hidrólisis degradándola a péptidos y a aminoácidos; fibra (6.63%); grasa (2.47%) y Cenizas (1.64%).

El aumento de mohos y levaduras es considerable la cual traer problemas asociados como la reducción del contenido nutritivo, un incremento de la humedad superficial amenazando con una contaminación extensa, además de los problemas de salud que puede causar a los animales, aunque la cantidad de mohos y levaduras ( $1 \cdot 10^4$  UFC/g) está dentro de la Norma INEN 1829. (Ver anexo 12)

El tipo de fermentación que se desarrolla en el silo puede ser modificado si el residuo recibe en el momento del ensilaje un tratamiento con sustancias capaces de inhibir o acelerar la acción de las bacterias fermentativas. Es por ello que se determinó utilizar aditivos durante la preparación del ensilaje para mejorar el valor nutritivo:

- Urea
- Melaza
- El yogurt natural como inoculante bacteriano

Para evitar la propagación de hongos se utilizó ácido propiónico en los bordes de los silos, el cual se disocia al atravesar la membrana de la célula para formar aniones y cationes los cuales tienen un efecto inhibitor tanto en la replicación microbiana, como en el crecimiento, además de reducir la proteólisis y el calentamiento de la masa y la formación de otros productos.

Al abrir los microsilos plásticos se encontraron diferencias perceptibles en olor y textura, ya que el color de los ensilados fue predominantemente marrón – pardo la cual no denotaba diferencias según los diferentes niveles de urea, inoculante y melaza usados. La mayor parte de los ensilados presentó un olor agradable y ligeramente ácido con una textura más suave.

### **4.3. PROCESO FERMENTATIVO**

Con las concentraciones dadas en el diseño experimental, se prepararon los seis tratamientos por triplicado.

Según el Dr. Michel Wattiaux (2000) el pH del silaje debe estar por debajo de 5 para asegurar un medio ácido, donde las enzimas proteolíticas pierden un 65 a 85% de su actividad reduciendo la ruptura de proteínas en el silo, las bacterias coliformes o acéticas se inhiben, y son reemplazados por las bacterias lácticas, que son poco abundantes al inicio pero aumentan progresivamente en la medida que existan carbohidratos ó azúcares.

Se utilizó indicadores físicos químicos para medir la calidad del alimento ensilado. Dentro de estos indicadores se encuentra el pH, la cantidad de ácido láctico y la presencia de mohos y levaduras.

Si el pH del medio no alcanza rápidamente el nivel necesario, las fermentaciones indeseables llevadas a cabo por las bacterias productoras de ácido butírico predominan a partir de los lactatos producidos y los azúcares residuales. Como ese proceso comprende la carboxilación del ácido láctico, la concentración hidrogeniónica disminuye, creando condiciones más favorables para las bacterias que llegan a desdoblar aminoácidos para producir ácido butírico, aminas, amoniaco y otros gases.

Consecuentemente, el contenido de carbohidratos solubles disminuye significativamente y el contenido de ácidos grasos volátiles y no volátiles aumenta. El ácido láctico aparece en concentraciones que varían según la cantidad de materia seca

del ensilado. Los niveles bajos de pH están directamente relacionados con la alta concentración de ácido láctico.

Demasiada fermentación ácida puede ser perjudicial sobre todo cuando hay producción de ácido butírico, lo cual ocurre debido a la gran cantidad de azúcares presentes en el residuo y cuando se han agregado demasiada melaza y la compactación es defectuosa.

**Tabla IX:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Urea 0.6%

COMPONENTES		RESULTADOS
QUÍMICO	Humedad	50.14%
	Ceniza	1.62%
	Fibra	5.385%
	Proteína	11.27%
	Grasa	3.61%

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

**Tabla X:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Urea 1%

COMPONENTES		RESULTADOS
QUÍMICO	Humedad	51.46%
	Ceniza	1.66%
	Fibra	5.784%
	Proteína	13.10%
	Grasa	3.93%

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

Se usó urea como aditivo con la finalidad de mantener el contenido de nitrógeno en el residuo ya que éste presenta bajo porcentaje de proteínas, actuando siempre con un poder tampón dentro del proceso de fermentación, en el ensilado la urea se combina con los ácidos orgánicos producidos en la fermentación, formándose lactato de amonio. La urea tiende a aumentar el pH, lo que requiere la producción de cantidades extras de ácido láctico para lograr bajar este valor, además presentó un olor desagradable y una baja temperatura.

Comparando las tablas IX y X de resultados del ensilaje con Urea se nota que los parámetros del tratamiento que tiene una concentración en peso de urea al 0.6% disminuyen a comparación del que tiene una concentración del 1%, esto se debe a que en éste tratamiento hay un mayor poder tampón el cual no permite que el pH descienda y los microorganismos no actúen ya que no hay un medio ácido requerido para su conservación, corriendo el riesgo de que una vez abierto el silo el ensilado comience la fase de putrefacción.

**Tabla XI:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Yogurt 10%

COMPONENTES		RESULTADOS
QUÍMICO	Humedad	58.97%
	Ceniza	2.07%
	Fibra	5.8%
	Proteína	13.11%
	Grasa	3.07%

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

**Tabla XII:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Yogurt 15%

COMPONENTES		RESULTADOS
QUÍMICO	Humedad	54.11%
	Ceniza	2.19%
	Fibra	5%
	Proteína	8.01%
	Grasa	2.81%

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

El inóculo bacteriano promueve una eficiente fermentación del material ensilado lo cual incrementa la calidad del producto ensilado. La microflora de los ensilajes juega un papel clave en el resultado exitoso del proceso de conservación, siendo estas bacterias las principales responsables de la producción de ácido y la pérdida de azúcares.

La proteólisis se inicia por la acción de las enzimas de la planta y la continuación de la actividad microbial. La actividad enzimática o respiratoria libera inicialmente dióxido de carbono, pero las levaduras son responsables de la producción de este compuesto, afirmando esto por la presencia de pequeñas gotas de agua en la tapa del silo producto del desprendimiento de energía.

Por acción de los microorganismos que se encuentran en mayor concentración en el tratamiento de yogurt al 15%, se obtuvo porcentajes más bajos de Proteína (8.01%), Fibra (5%), Grasa (5%), que se evidenciaron por la presencia de una mayor cantidad Mohos y Levaduras, la cual requieren de azúcares fermentescibles para su metabolismo,

hidrolizando las proteínas en mayor medida en comparación con el tratamiento de Yogurt al 10%.

**Tabla XIII:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Melaza 2%

COMPONENTES		RESULTADOS
QUÍMICO	Humedad	50.29%
	Ceniza	1.60%
	Fibra	5.756%
	Proteína	12.63%
	Grasa	3.47%

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

**Tabla XIV:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + Melaza 4%

COMPONENTES		RESULTADOS
QUÍMICO	Humedad	49.09%
	Ceniza	1.73%
	Fibra	5.226%
	Proteína	11.86%
	Grasa	3.11%

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

La operación de la melaza con el residuo es difícil debido a la alta viscosidad, para lograr una buena homogenización se diluyó en agua, en la investigación se utilizó 2% y 4% para promover el desarrollo de niveles adecuados de ácido láctico, para compensar

el contenido de azúcares en el residuo, y anulando las pérdidas de carbohidratos por respiración y fermentación aeróbica.

En el tratamiento con Melaza al 4% se observó una pérdida de Humedad (49.09%), evidenciándose por la presencia de lixiviados al tener una mayor cantidad de azúcares fermentescibles con una mayor concentración de melaza, así disminuyendo la Fibra (5.226%), Proteína (11.86%), Grasa (3.11%), al producirse una fermentación alcohólica en la fase aerobia.

Una vez obtenidos los resultados de los 6 tratamientos de investigación se escogió los tratamientos que dieron mejores resultados en el análisis proximal, y se los comparó con los requerimientos nutricionales para aves de corral.

**Tabla XV:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + melaza 2% + urea 0.6% +yogurt 10%

COMPONENTES		RESULTADOS
FÍSICO	pH	3.82
	Ácido láctico	6.47%
QUÍMICO	Humedad	50.16%
	Ceniza	2.09%
	Fibra	5.13%
	Proteína	13.88%
	Grasa	3.44%
MICROBIOLÓGICO	Mohos - Levaduras	10 UFC/g

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

Se escogió melaza al 2% para mejorar las características del residuo como el olor y sabor, mejorando la digestibilidad y el valor nutritivo, además con la ayuda del yogurt al 10% se presumía un incremento de Bacterias Ácido Lácticas (BAL) en el residuo ayudando que ocurra una rápida y eficiente fermentación dentro del silo; y se utilizó urea 0.6% para mantener el contenido de proteína y estabilidad aeróbica al momento de la apertura del silo, con un buen control de crecimiento de mohos y levaduras.

**Tabla XVI:** Resultados de la fermentación de la Torta de Palmiste + melaza 4% + urea 0.6%

COMPONENTES		RESULTADOS
FÍSICO	pH	3.91
	Ácido láctico	6.38%
QUÍMICO	Humedad	50.01%
	Ceniza	1.97%
	Fibra	5.23%
	Proteína	12.95%
	Grasa	3.15%
MICROBIOLÓGICO	Mohos - Levaduras	100 UFC/g

**Fuente:** Informe de resultados de análisis proximal – Autor Guamán D.

Para esta prueba se escogió urea al 0.6% ya que se obtuvo un porcentaje menor para fibra considerando este un parámetro importante para la digestión de aves y melaza al 4% para darle un aporte extra de carbohidratos para el crecimiento de bacterias lácticas con el fin de bajar rápidamente el pH y aumentar el ácido láctico para una mejor conservación del ensilado.

Comparando las tablas XV y XVI se puede observar que los dos experimentos no tienen una diferencia significativa, pero lo que hay que destacar es un incremento en el porcentaje de ácido láctico el cual beneficia a los animales para su digestión y control de enfermedades gastrointestinales, además de una mejor conservación del ensilado obtenido con nivel de pH menor.

Según Bragachini (1997) para un ensilado la cantidad de mohos y levaduras permitidos debe estar dentro de un rango el cual se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla XVII:** Perfil típico de un ensilaje bien fermentado

<b>POBLACIONES MICROBIANAS</b>	
<b>Levaduras</b>	< 100.000 UFC/g
<b>Hongos</b>	< 100.000 UFC/g

**Fuente:** Fernandes A. (1999)

En los 6 tratamientos existió la presencia de mohos y levaduras pero todos están dentro de las cantidades permitidas para un ensilaje de buena calidad, además de estar dentro del rango de la Norma INEN 1829 para alimentos para pollos de engorde.

#### **4.4. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DEL ENSILAJE**

Se hizo evaluaciones en los microsilos con el propósito de valorar cuantitativamente las pérdidas de nutrientes ocurridas durante el proceso del ensilaje. Uno de los factores físicos que influyen sobre las pérdidas en los ensilajes, el drenado de líquidos o efluentes, son considerados como uno de los más importantes, siendo su magnitud

dependiente del grado de compresión y del contenido de humedad en el residuo. Al momento de la apertura de los silos se determinó la calidad de material recuperado, considerando el peso del material en el momento de ensilarlo.

**Tabla XVIII:** Porcentaje de ensilado recuperado

TRATAMIENTOS						
REPETICIONES	ENSILADO 1	ENSILADO 2	ENSILADO 3	ENSILADO 4	ENSILADO 5	ENSILAO 6
1	52,8	51,3	43,5	47,8	52,5	53,5
2	52,7	51,1	40,6	47,7	52,4	53,6
3	52,7	51,4	40,5	47,1	51,9	53,7

**Fuente:** Autor Guamán D.

El contenido de materia seca del ensilaje influencia fuertemente el tipo de fermentación que tiene lugar el silo. Demasiada materia seca hace difícil el empaque y la expulsión de oxígeno fuera de la masa de ensilaje, donde se produce un aumento de la presión osmótica inhibiendo el crecimiento bacteriano. Por lo tanto la fermentación se enfrenta a un ensilaje seco debido a la combinación de alta acidez y alta presión osmótica, es por ello que nuestro porcentaje de ensilaje recuperado está alrededor del 50% ya que se añadió agua para que se produzca dicha fermentación.

## 4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 4.5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL pH

La siguiente es la matriz de datos que se obtuvo del valor de pH en los distintos tratamientos y en los distintos días ya mencionados. Estos datos son útiles para el ANOVA posterior.

**Tabla XIX:** pH obtenidos en los diferentes tratamientos

	1° Día	10° Día	20° Día	30° Día
<b>Urea 0,6%</b>	6,75	6,34	5,47	4,63
<b>Urea 1%</b>	6,74	6,06	5,88	4,76
<b>Yogurt 10%</b>	6,68	6,02	5,88	4,23
<b>Yogurt 15%</b>	6,67	5,50	5,43	4,47
<b>Melaza 2%</b>	6,58	5,62	4,80	4,45
<b>Melaza 4%</b>	6,61	5,84	5,56	4,32

**Fuente:** Autor Guamán D.

### ANOVA PARA EL pH

Las hipótesis que comprobaremos con este ANOVA son:

- **Para los tratamientos (Ensilados)**

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6$$

$H_1$ : *No todos los tratamientos probados influyen de la misma manera sobre el*

*valor de pH*

- **Para los días**

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$$

$H_1$ : Las muestras tomadas en los diferentes días no influyen de igual manera con respecto al valor de pH.

**Tabla XX:** ANOVA (Análisis de varianza para pH)

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor P
Tratamientos	5	0,6885	0,1377	2,62	0,067
Días	3	15,0021	5,0007	95,3	5,41529E-10
Error	15	0,7871	0,05247		
Total	23	16,4777			

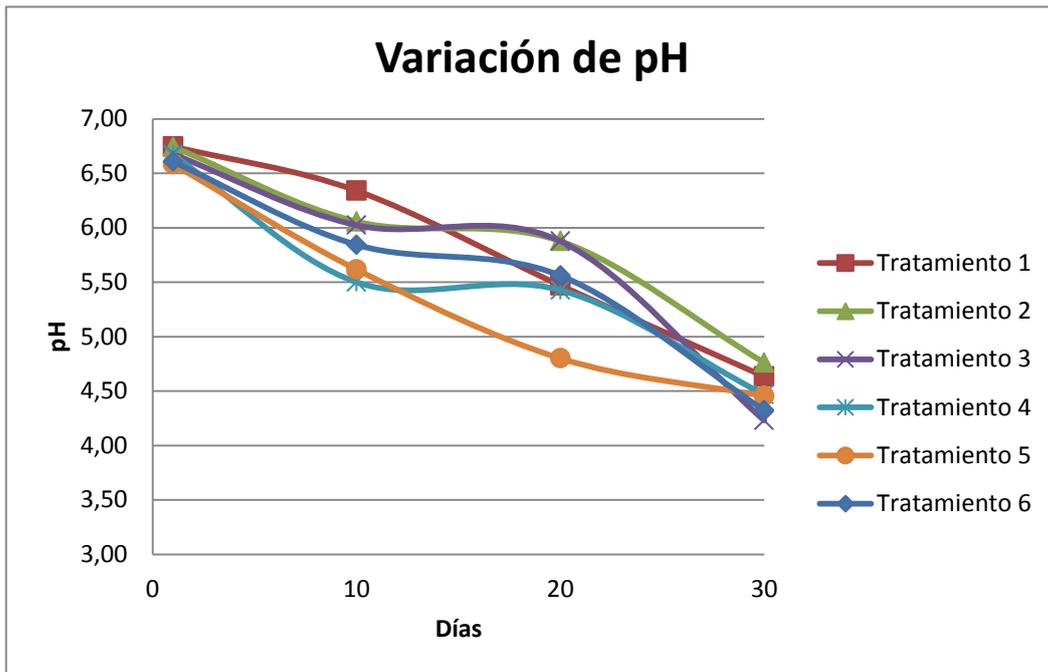
**Fuente:** Autor Guamán D.

**Análisis.-** Para realizar el análisis nos basaremos únicamente en el valor P del ANOVA, a un nivel de significancia de 0.05. Entonces:

- **Para los tratamientos:** Como  $P = 0.067$  es mayor que el nivel de significancia de 0.05 entonces no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que todos los tratamientos influyen de la misma manera con respecto al pH.
- **Para los días en que se tomó la muestra:** El valor de P es de  $5.415 \times 10^{-10}$ , menor que nivel de significancia de 0.05, nos da evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, concluyendo que el valor de pH en los diferentes días varía.

En el primer día en que se tomó la muestra el nivel de pH esta alrededor de 6, y es en el trigésimo día donde se observa que el nivel de pH se reduce significativamente (Ver anexo 12)

**Gráfico 9:** Variación de pH durante los 30 días de fermentación



**Fuente:** Autor Guamán D.

Se confirma una vez más en el gráfico 9 que no existe una diferencia significativa entre los distintos tratamientos, sin embargo es con la urea que sube más el nivel de pH, y es con la melaza al 2% que disminuye más.

En cuanto a los días se nota claramente que el décimo y vigésimo día son significativamente iguales, es decir no existe diferencia significativa de pH en estos días, pero es en el trigésimo día donde el nivel de pH sube significativamente y alcanza un valor promedio de 4.3 a 4.7.

#### 4.5.2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÁCIDO LÁCTICO

**Tabla XXI:** Porcentaje de ácido láctico obtenidos en los diferentes tratamientos

	1° Día	10° Día	20° Día	30° Día
<b>Urea 0,6%</b>	0,17	0,60	1,33	1,62
<b>Urea 1%</b>	0,13	0,44	0,75	0,95
<b>Yogurt 10%</b>	0,27	0,48	1,19	2,47
<b>Yogurt 15%</b>	0,23	0,73	1,33	2,25
<b>Melaza 2%</b>	0,20	0,57	1,05	1,46
<b>Melaza 4%</b>	0,17	0,63	1,41	1,70

**Fuente:** Autor Guamán D.

#### ANOVA PARA EL ÁCIDO LÁCTICO

Las hipótesis que comprobaremos con este ANOVA son:

- **Para los tratamientos (Ensilados)**

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6$$

*H<sub>1</sub>: No todos los tratamientos probados influyen de la misma manera sobre*

*el porcentaje de Ácido Láctico*

- **Para los días**

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$$

*H<sub>1</sub>: Las muestras tomadas en los diferentes días no influyen de la misma manera*

*sobre el porcentaje de Ácido Láctico medido*

**Tabla XXII:** ANOVA (Análisis de varianza para ácido láctico)

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor P
Tratamientos	5	0,8724	0,17448	2,58	0,071
Días	3	8,3046	2,76822	41	0
Error	15	1,0129	0,06753		
Total	23	10,1899			

**Fuente:** Autor Guamán D.

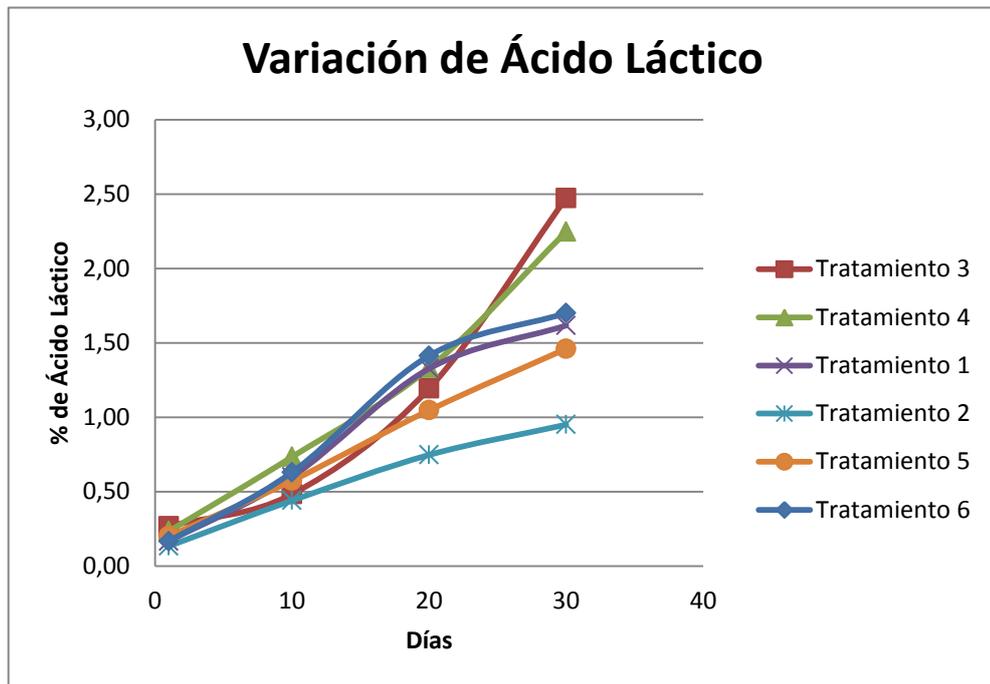
**Análisis.-** El análisis se basa únicamente en el valor P del ANOVA, a un nivel de significancia de 0.05. Entonces:

- **Para los tratamientos:** Como  $P = 0.071$  es mayor que el nivel de significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula concluyendo que todos los tratamientos (ensilados) influyen de la misma manera sobre la cantidad de ácido láctico.

No hay diferencia significativa entre los diferentes tratamientos elaborados con los diferentes aditivos a diferentes concentraciones, en la producción de ácido láctico. (Ver anexo 12)

- **Para los días en que fue tomada la muestra:** Como  $P = 0$ , es menor que el nivel de significancia de 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa, concluyendo que las muestras tomadas en los distintos días la cantidad de ácido láctico varía significativamente.

**Gráfico 10:** Variación del % de ácido láctico durante los 30 días de fermentación



**Fuente:** Autor Guamán D.

Como se observa en el gráfico 10 el ácido láctico en el primer día es muy bajo, mientras que en el vigésimo y aún más en el trigésimo día es donde la cantidad de ácido láctico sube considerablemente.

Los distintos tratamientos no tienen una diferencia significativa entre sí, a pesar de esto se nota que con el inóculo bacteriano (yogurt), sube en algo la cantidad de ácido láctico, pero no podemos decir lo mismo de los distintos días en que fue tomada la muestra, ya que se observa que en el día décimo y primero el nivel de ácido láctico es significativamente igual pero es muy bajo, se observa que el día en que el ácido láctico sube de manera significativa es el trigésimo día, de hecho el valor promedio de ácido láctico en este día es de 1.5% a 1.9%.

### 4.5.3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MOHOS Y LEVADURAS

**Tabla XXIII:** Cantidad de mohos y levaduras obtenidos en los diferentes tratamientos

	1° Día	10° Día	20° Día	30° Día
<b>Urea 0,6%</b>	3667	33	20	1
<b>Urea 1%</b>	4667	17	7	1
<b>Yogurt 10%</b>	5000	4500	230	4
<b>Yogurt 15%</b>	9000	4000	883	800
<b>Melaza 2%</b>	4000	2600	590	240
<b>Melaza 4%</b>	3500	2300	833	400

**Fuente:** Autor Guamán D.

### ANOVA PARA LA CANTIDAD DE MOHOS Y LEVADURAS

Las hipótesis que comprobaremos con este ANOVA son:

- **Para los tratamientos (Ensilados)**

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6$$

$H_1$ : *No todos los tratamientos probados influyen de la misma manera sobre la*

*cantidad de mohos y levadura*

- **Para los días**

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$$

$H_1$ : *Las muestras tomadas en los diferentes días no influyen de la misma manera*

*sobre la cantidad de mohos y levadura*

**Tabla XXIV:** ANOVA (Análisis de varianza para mohos y levaduras)

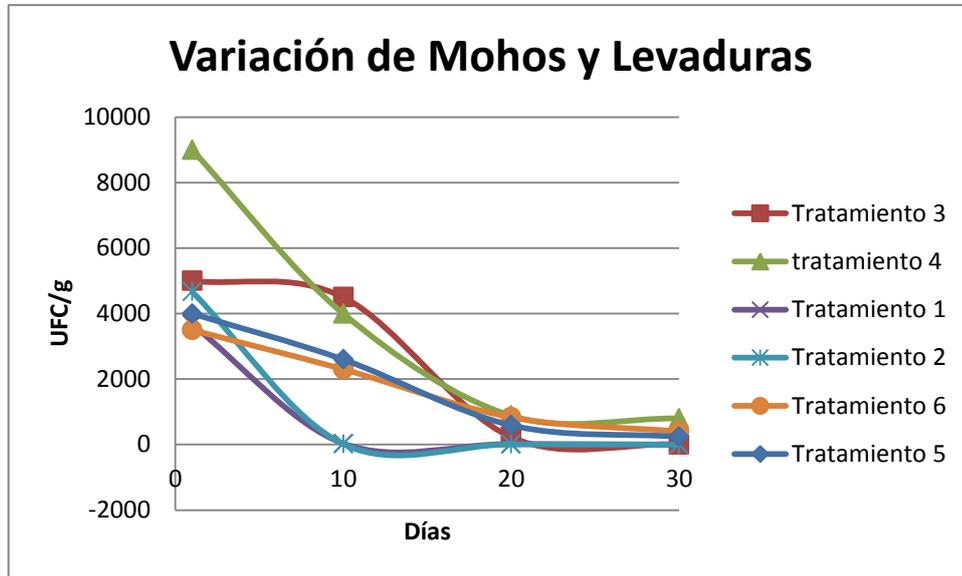
Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor P
Tratamientos	5	19526181	3905236	2,78	0,057
Bloques	3	86738408	28912803	20,6	0
Error	15	21048675	1403245		
Total	23	127313264			

**Fuente:** Autor Guamán D.

**Análisis.-** Para realizar el análisis nos basaremos únicamente en el valor P del ANOVA, a un nivel de significancia de 0.05. Entonces:

- **Para los tratamientos:** El valor  $P = 0.057$  es muy similar al nivel de significancia de 0.05 por lo que no se puede tomar una decisión acerca de la influencia de los diferentes tratamientos sobre la cantidad de mohos y levaduras. Para solucionar este problema se realiza un análisis gráfico para comparar similitudes ver anexo 12, los tratamientos tienen la misma influencia sobre la cantidad de mohos y levaduras.
- **Para los días en que fue tomado la muestra:** Como  $P = 0$ , es menor que el nivel de significancia de 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa, concluyendo que la cantidad de mohos y levaduras varía en los diferentes días que han sido tomadas las muestras.

**Gráfico 11:** Variación UFC/g de Mohos y levaduras durante los 30 días de fermentación



**Fuente:** Autor Guamán D.

Se observa en el Gráfico 11 que el décimo, vigésimo y trigésimo día no son significativamente diferentes, sin embargo se nota que en el vigésimo y trigésimo día es donde baja la cantidad de mohos y levaduras de una manera más evidente, y que en ambos días estos niveles bajan de igual forma.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES:**

- Se elaboró ensilado de torta de palmiste como suplemento nutricional para la alimentación animal utilizando aditivos como: Urea, Yogurt y Melaza a diferentes concentraciones.
- Los resultados obtenidos de la caracterización de la torta de palmiste demuestran que el residuo es apto para ser sometido al proceso de ensilaje.
- Se realizó el ensilaje del residuo de torta de palmiste experimentando con 6 tratamientos con tres repeticiones, durante 30 días a temperatura ambiente.
- Se evaluó cada 10 días el pH, Ácido láctico y Mohos / Levaduras, seleccionando la formulación de: Melaza 2%- Yogurt 10% - Urea 0.6%; y Urea 0.6% - Melaza 4%, obteniéndose un notable incremento del ácido láctico, dándole una mejor estabilidad del ensilado una vez abierto.
- Consecuentemente la primera mezcla brinda mejores resultados para la alimentación animal por la conservación de proteína y su bajo contenido de fibra.
- El producto obtenido es apropiado como alimento zootécnico para pollos de engorde de acuerdo con los resultados obtenidos en comparación con la Norma INEN 1829.

- Se determinó el porcentaje de rendimiento del producto con relación a la cantidad de residuo empleado obteniendo mejores resultados con el tratamiento 6 que corresponde a la torta de palmiste con melaza 4% obteniendo una media de 53.6%.

## **5.2. RECOMENDACIONES:**

- Con el fin de comprender mejor aún los efectos de la melaza, el yogurt y la urea sobre el ensilaje de torta de palmiste, se recomienda continuar este trabajo con pruebas de consumo voluntario, digestibilidad y su valor para producir un mejor rendimiento en los animales.
- Emplear el ensilado de la torta de palmiste en la alimentación de pollos de engorde.
- Para su comercialización del ensilado de torta de palmiste se recomienda deshidratar y transformar en pellets para una mejor presentación.
- Se recomienda utilizar el proceso de liofilización para conservar las características del ensilado, ya que es una alternativa que tiene la virtud de mantener al máximo las propiedades nutritivas, se lo realiza al vacío a bajas temperaturas (-40°C), posteriormente se produce una sublimación del hielo evitando el paso por la fase líquida, siendo el agua lo único que se pierde.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **CÁRDENAS, J.**, Ensilaje de forrajes alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico., 1ra ed., Yucatán – México., Universidad Autónoma de Yucatán., 2004., pp. 11-22.
2. **DE LA ROZA, B.**, El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad., IV Jornadas de Alimentación Animal - Laboratorio de Mouriscade., Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias., España 5 - 10 - 2005., 20 p., (Documento).
3. **HERNÁNDEZ, A.**, Microbiología Industrial., 1ra ed., San José - Costa Rica., Universidad Estatal a Distancia., 2003., pp. 37-39.
4. **JIMÉNEZ, F., MORENO, J.**, El ensilaje una alternativa para la conservación de forrajes., 1ra ed., Bucaramanga., Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria., 2002., pp. 7-10.
5. **MIER, M.**, Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero., **TESIS** Maestría en Zootecnia y Gestión sostenible., Córdoba., Universidad de Córdoba Departamento de Producción Animal., 2009., 66 p.
6. **MOYANO, A.**, Utilización de diferentes niveles de palmiste más la adición de enzimas exogenasas en cria y acabado en pollos de ceba., **TESIS** Ingeniero Zootecnista., Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias Pecuarias., 2010., pp. 28-31.

7. **ROJAS, F.**, El cultivo de la Palma de Aceite., 2da ed., San José – Costa Rica., Universidad Estatal a Distancia., 1989., pp. 11-19.
8. **VELOZ, N.**, Enriquecimiento proteico de residuos de pescado mediante fermentación sólida., **TESIS** Magister en Ciencias., Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Escuela de Postgrado., 2004., pp. 3-6.

#### **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET:**

#### **9. ACEITES DE PALMA: USOS, ORIGENES E IMPACTOS**

[http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/Aceite\\_de\\_Palma.pdf](http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/Aceite_de_Palma.pdf)

23 de Enero del 2013

#### **10. ADITIVOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO**

<http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/96/1/ADITIVOSPARAELMEJORAMIENTODELENSILAJEDEMAIZFORRAJERO.pdf>

12 de Noviembre del 2012

#### **11. BIOTECNOLOGÍA**

<http://www.regency.org/suspdf/sp/ch12.pdf>

4 de Febrero del 2013

**12. COMPOSICIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PALMA AFRICANA UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN COSTA RICA**

[http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v27n01\\_007.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v27n01_007.pdf)

28 de Enero del 2013

**13. CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE**

<http://borrerosesar.wikispaces.com/file/view/PALMA+DE+ACEITE+%28RESUMEN%29.pdf>

18 de Septiembre del 2012

**14. ENCUESTA DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINUA ESPAC**

<http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>

28 de Febrero del 2013

**15. HUMEDAD PARA LA ELABORACIÓN DE ENSILAJE**

<http://ensilajecasero.galeon.com/aficiones1101239.html>

26 de Abril del 2013

**16. INOCULANTES**

[http://aces.nmsu.edu/pubs/\\_circulars/cr642\\_spanish.pdf](http://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/cr642_spanish.pdf)

15 de Enero del 2013

**17. LA PALMA ACEITERA AFRICANA (*elaeisguineensis J.*)**

<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/segencuentr/rsalas.htm>

20 de Noviembre del 2012

## **18. PALMA AFRICANA EN EL ECUADOR**

[http://agrytec.com/agricola/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3468:palma-africana-en-el-ecuador&catid=49:articulos-tecnicos&Itemid=43](http://agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&view=article&id=3468:palma-africana-en-el-ecuador&catid=49:articulos-tecnicos&Itemid=43)

28 de Febrero del 2013

## **19. PRESENTE Y FUTURO DE LAS OLEAGINOSAS EN EL ECUADOR**

<http://publicaciones.pucesi.edu.ec/documentos/libros/cultivos/59-74.pdf>

5 de Noviembre del 2012

## **20. PRODUCCIÓN DE LA PALMA AFRICANA EN NUESTRO PAÍS**

<http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/05/produccion-de-la-palma-africana-en.html>

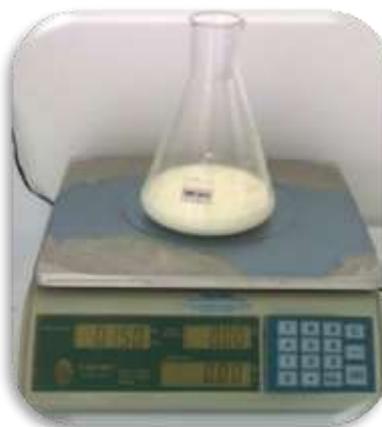
28 de Febrero del 2013

## ANEXOS

**Anexo 1:** Adición de agua al residuo hasta alcanzar la humedad apropiada (60% - 70%)



**Anexo 2:** Pesado de los aditivos Urea – Yogurt – Melaza



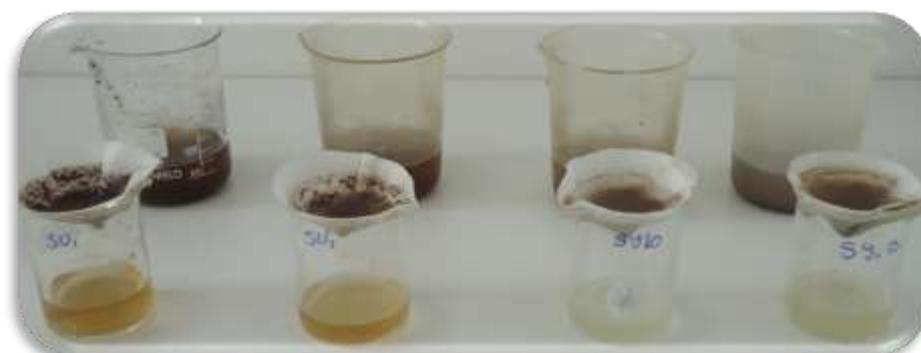
**Anexo 3:** Preparación de la muestra para determinar pH



**Anexo 4:** Determinación de pH



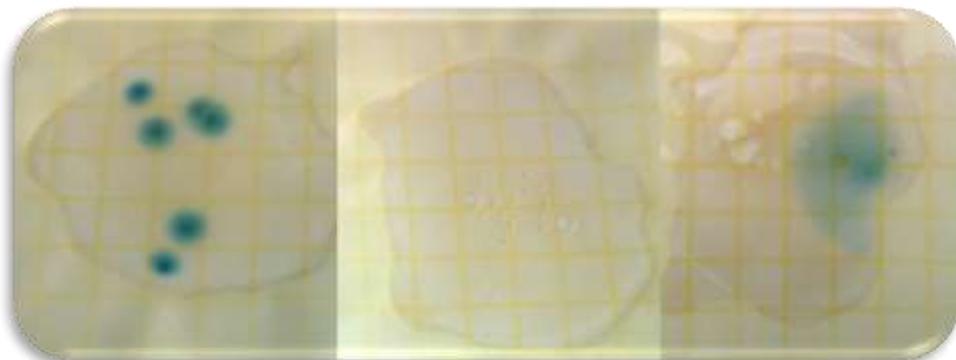
**Anexo 5:** Preparación de la muestra para la determinación de ácido láctico



**Anexo 6:** Determinación de acidez como ácido láctico



**Anexo 7:** Análisis de mohos y levaduras



**Anexo 8:** Diluciones seriadas



## Anexo 9: Resultados de los Análisis de Laboratorio

- Caracterización de la Torta de Palmiste

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Telef.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 127  
**ST:** 13-01 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Dra. Daniela Guaman  
**Dirección:** 12, Octubrillo, Guayaquil  
**FECHA:** 08 Febrero 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO:** 2013 / 01 / 31 - 11:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2013 / 01 / 29 - 10:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013 / 01 / 31 - 2013 / 02 / 08  
**TIPO DE MUESTRA:** Harina Vegetal  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-Alm 021-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** La Concordia  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Sra. Daniela Guaman  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LABCESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	16,32	--
Grasa	PEE /LABCESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	7,98	--
Humedad	PEE/LABCESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	5,64	--
Fibra	PEE /LABCESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	17,07	--
Cenizas	PEE /LABCESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	3,2	--

### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.

### RESPONSABLES DEL INFORME:

  
**BQF. Ximena Carrión**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Dra. Nancy Veloz M**  
**JEFE DE LABORATORIO**

- Resultados de la Pre-prueba

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Telef.: (03)2998232 <b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>RIOBAMBA - ECUADOR</b>
---	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 36  
**ST:** 13 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Srta. Daniela Guamán  
**Dirección:** de O. y Uruguay  
**FECHA:** de Marzo del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN L:** 2013 / 03 / 19 – 11:39  
**FECHA DE MUESTREO:** 2012 / 03 / 19 – 11:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013 / 03 / 19 – 2013 / 03 / 27  
**TIPO DE MUESTRA:** Ensilado de pasta de palmiste  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-Alm 065-13  
**CÓDIGO DE LA EM:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** NA  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TRAJÓ LA MUESTRA:** Srta. Daniela Guamán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	7,96	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	2,47	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	57,34	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	6,63	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	1,64	--

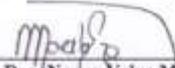
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**BQF. Ximena Carrión**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
**LAB - CESTTA**  
**ESPOCH**

  
**Dra. Nancy Veloz M**  
**JEFE DE LABORATORIO**

- Torta de Palmiste + Urea 0.6%

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 956  
**ST:** 13 - 049 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn:** Srta. Daniela Guamán  
**Dirección:** 12 de Octubre y U...  
**FECHA:** 12 de Junio del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 06/07/2013 - 14:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 06/07/2013 - 13:10  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 20/07/2013 - 2013 /06/ 15  
**TIPO DE MUESTRA:** Ensamblado de pasta de palmiste  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** AB-Alm 116-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** SU\_ 0,6  
**PUNTO DE MUESTREO:** NA  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Daniela Guamán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	11,27	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,61	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	50,14	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5,385	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	1,62	--
Ácido láctico	PEE/LABCESTTA/121 INEN 13	%	1,71	--
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	4,37	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**BQF. Ximena Carrión**  
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

  
**Ing. Marcela Erazo**  
 JEFE DE LABORATORIO

- Torta de Palmiste + Urea 1%

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 956  
**ST:** 13 - 049 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn:** Srta. Daniela Guzmán  
**Dirección:** 12 de octubre y Guayaquil  
**FECHA:** 15 de junio del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 20  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 20/06/07 13:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 20/06/07 13:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 13/06/07 - 2013/06/15  
**TIPO DE MUESTRA:** Laminado de pasta de palmiste  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAM 115-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** SU-1  
**PUNTO DE MUESTREO:** NA  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Daniela Guzmán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	13,10	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,93	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	51,46	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5,784	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	1,66	--
Ácido láctico	PEE/LABCESTTA/121 INEN 13	%	1,02	--
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	4,4	--

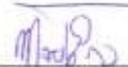
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**BQF Ximena Carrión**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**

- Torta de Palmiste + Yogurt 10%

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Telef.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 747  
**ST:** 13 - 039 A ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Srta. Daniela Guzmán  
**Dirección:** 12 de Octubre y Esmeraldas  
**FECHA:** de 13 de Mayo del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 13 / 05 / 2013 - 12:50  
**FECHA DE MUESTREO:** 12 / 05 / 09 - 11:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 13 / 05 / 09 - 2013 / 05 / 17  
**TIPO DE MUESTRA:** Muestra  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-Alm 101-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** SY 10  
**PUNTO DE MUESTREO:** NA  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Daniela Guzmán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	13,11	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,07	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	58,97	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5,8	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	2,07	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**BQF. Ximena Carrión**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Dra. Nancy Veloz M**  
**JEFE DE LABORATORIO**

- Torta de palmiste + Yogurt 15%

 <p><b>LABCESTTA</b> Tecnología &amp; Soluciones SGC</p>	<p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>
---	---

INFORME DE ENSAYO No: 747  
 ST: 13 - ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario: NA  
 Atn: Srta. Daniela Guamán  
 Dirección: 2 de Octubre y Uruguay  
 FECHA: de Marzo del 2013

NUMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN: 2013 / 05 / 09 - 12:50  
 FECHA DE MUESTREO: 2013 / 05 / 09 - 11:00  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 05 / 09 - 2013 / 05 / 17

TIPO DE MUESTRA: Alimento  
 CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-Alm 102-13  
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: SY 15  
 PUNTO DE MUESTREO: NA  
 ANÁLISIS SOLICITADO: Químico  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Srta. Daniela Guamán  
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	8,01	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	2,81	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	54,11	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	2,19	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
 BQF. Ximena Carrión  
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCION  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
 Dra. Nancy Veloz M  
 JEFE DE LABORATORIO

- Torta de palmiste + Melaza 2%

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Telef.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 956  
**ST:** 13 – 049 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atm:** Sr. Daniela Guzmán  
**Dirección:** S. Octubre Uruguay  
**FECHA:** 15 Junio de 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:**  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 13 / 06 / 2013 – 14:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 12 / 06 / 2013 – 13:20  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013 / 06 / 07 – 2013 / 06 / 15  
**TIPO DE MUESTRA:** Muestra de pasta de palmiste  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-Alm 117-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** SM\_2  
**PUNTO DE MUESTREO:** NA  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Daniela Guzmán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	12,63	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,47	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	50,29	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5,756	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	1,60	--
Ácido láctico	PEE/LABCESTTA/121 INEN 13	%	1,57	--
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	4,3	--

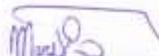
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**BQF. Ximena Carrión**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB. 0000000  
 ESPOCH

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**

- Torta de palmiste + Melaza 4%

 <p><b>LABCESTTA</b> Tecnología &amp; Soluciones SGC</p>	<p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>
---	---

INFORME DE ENSAYO No: 956  
ST: 13-049 A... UMENTOS

Nombre Peticionario:  
Atn. Srta. Daniela Guarnán  
Dirección: de Cuzco, 5 de Guayaquil  
FECHA: de Junio, 2013

NUMERO DE MUESTRAS:  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 06 / 07 - 14:40  
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 06 / 07 - 13:30  
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 06 / 07 - 2013 / 06 / 15

TIPO DE MUESTRA: Ensilado de pasta de palmiste  
CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-Aim 118-13  
CÓDIGO DE LA EMPRESA: SM\_4  
PUNTO DE MUESTREO: NA  
ANÁLISIS SOLICITADO: Químico  
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Srta. Daniela Guarnán  
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	11,86	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,11	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	49,09	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5,226	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	1,73	--
Ácido láctico	PEE/LABCESTTA/121 INEN 13	%	1,83	--
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	4,25	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
BQF. Ximena Carrión  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
ESPOCH  
FACULTAD DE CIENCIAS  
RIOBAMBA

  
Ing. Margela Erazo  
JEFE DE LABORATORIO

- Torta de palmiste + Yogurt 10% + Melaza 2% + Urea 0.6%

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 <b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>RIOBAMBA - ECUADOR</b>
---	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 1315  
**ST:** 13 - 052 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn:** Srta. Daniela Guzmán  
**Dirección:** 12 de Octubre, Uro y  
**FECHA:** 12 de Julio de 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 2  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2013/07/04 - 14:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 2013/07/03 - 13:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013/07/04 - 2013/07/12  
**TIPO DE MUESTRA:** Molido de pasta de palmiste  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** B-Alm 121-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** NA  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Daniela Guzmán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	13,88	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,44	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	50,16	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5,13	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	2,09	--
Ácido láctico	PEE/LABCESTTA/121 INEN 13	%	6,47	--
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	3,82	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**BQF. Ximena Carrión**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCION  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**

- Torta de palmiste + Urea 0.6% + Melaza 4%

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Telef.: (03)2998232 <b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>RIOBAMBA - ECUADOR</b>
---	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 1315  
**ST:** 13 – 052 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Srta. Daniela Guzmán  
**Dirección:** 12 de octubre y Guayaquil  
**FECHA:** 17 de Julio del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 2  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2013 / 07 / 04 - 13:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 2013 / 07 / 03 - 13:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013 / 07 / 04 – 2013 / 07 / 12  
**TIPO DE MUESTRA:** Envase de pasta de palmiste  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB Alm 122-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 12  
**PUNTO DE MUESTREO:** NA  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Daniela Guzmán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	12,95	--
Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	3,15	--
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	50,01	--
Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	5,23	--
Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	1,97	--
Ácido láctico	PEE/LABCESTTA/121 INEN 13	%	6,38	--
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	3,91	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**BQF. Ximena Carrión**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
**LAB - CESTTA**  
**ESPOCH**

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**

## **Anexo 10: Norma INEN 526 Determinación de pH en Harinas de origen vegetal.**

### **6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

- 6.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio, plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.
- 6.2 La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.
- 6.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que lo contiene.

### **7. PROCEDIMIENTO**

- 7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- 7.2 Comprobar el correcto funcionamiento del potenciómetro.
- 7.3 Pesar, con aproximación al 0,1 mg, 10 g de muestra preparada y colocar en el vaso de precipitación, añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada, recientemente hervida y enfiada, y agitar suavemente hasta que las partículas queden uniformemente suspendidas.
- 7.4 Continuar la agitación durante 30 minutos a 25°C, de modo que las partículas de almidón se mantengan en suspensión, y dejar en reposo para que el líquido se decante.
- 7.5 Determinar el pH por lectura directa, introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que éstos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas.

### **8. ERRORES DE MÉTODO**

- 8.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,1 unidades de pH; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

### **9. INFORME DE RESULTADOS**

- 9.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los dos resultados obtenidos de la determinación.
- 9.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.
- 9.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

**Anexo 11:** Norma INEN 1829 Requerimientos nutricionales para pollos de engorde

**TABLA 1.** Requisitos bromatológicos (a)

REQUISITOS	UNIDAD	ALIMENTO				METODO DE ENSAYO
		INICIADOR		FINALIZADOR		
		Min.	Más.	Mín.	Más	
Humedad	%	-	13	-	13	INEN 540
Proteína cruda	%	20	-	18	-	INEN 543
Fibra cruda	%	menor que	5	menor que	5	INEN 542
Grasa cruda	%	3	-	4	-	INEN 541
Cenizas	%	-	8	-	8	INEN 544
Calcio	%	0,9 a	1,0	0,8 a	1,0	INEN 546
Fósforo total	%	0,68	-	0,60	-	INEN 547

(a) Los valores especificados se expresados en el alimento tal como ofrecido.

**TABLA 2.** Requisitos microbiológicos

REQUISITOS	METODO DE ENSAYO
Recuento total en placa (REP), máx.....	$1,2 \times 10^5$
Salmonella y Shigella, no detectable en 25 g	
Coliformes, máx.....	$1 \times 10^4$
Hongos, máx .....	$1 \times 10^4$
Aflatoxina, B <sub>1</sub> µg/kg, máx.	20
	INEN 1 529
	INEN 1 563

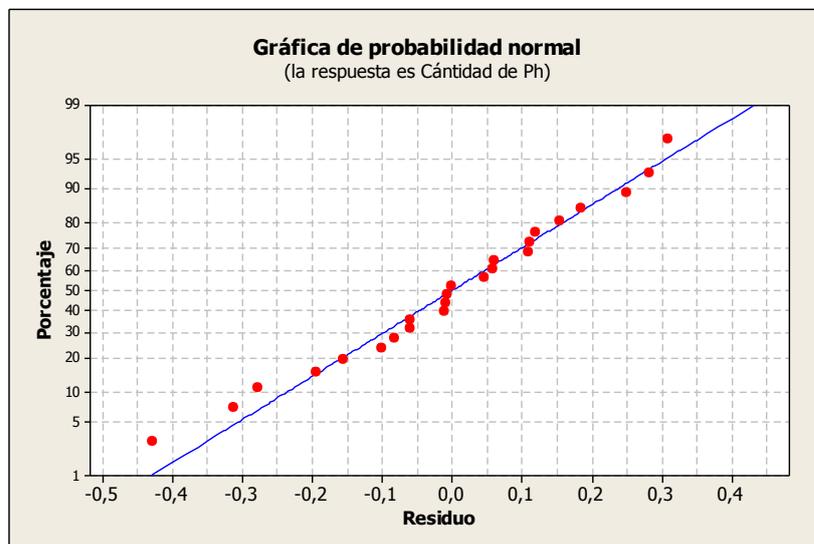
## Anexo 12: Análisis Estadístico

- **Análisis estadístico de la varianza para el pH**

Supuestos para el estudio del ANOVA:

### 1. Normalidad:

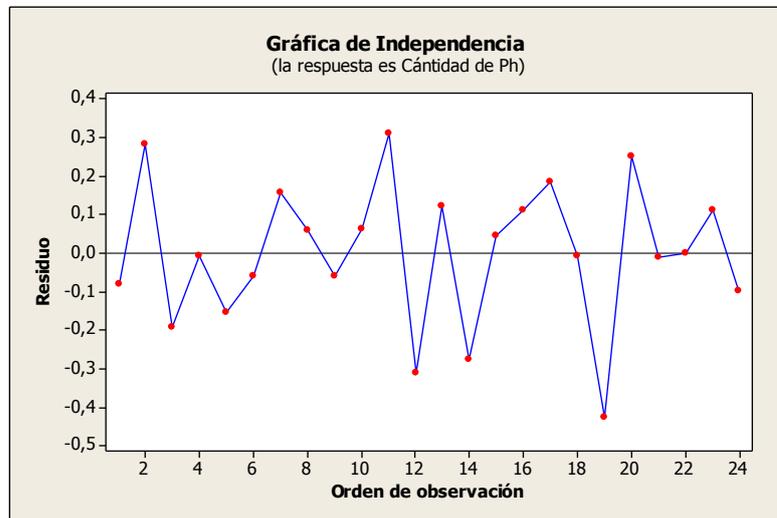
**Gráfico 12:** Probabilidad normal (pH)



Si observamos la gráfica 12 nos podemos dar cuenta que los puntos residuales (puntos rojos), están bastante pegados a la línea de normalidad (línea azul), por lo que podemos decir que no existe evidencia suficiente para indicar que los datos no provienen de una población normal.

## 2. Independencia:

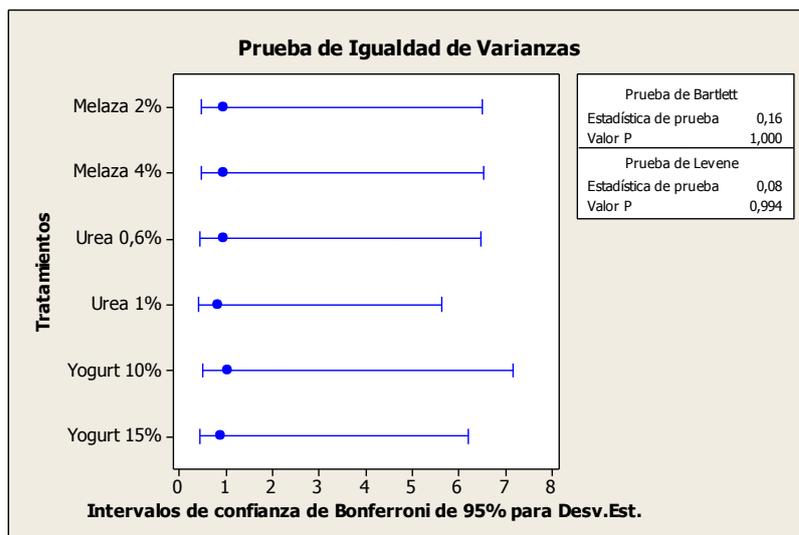
**Gráfico 13:** Independencia en base a los resultados de pH



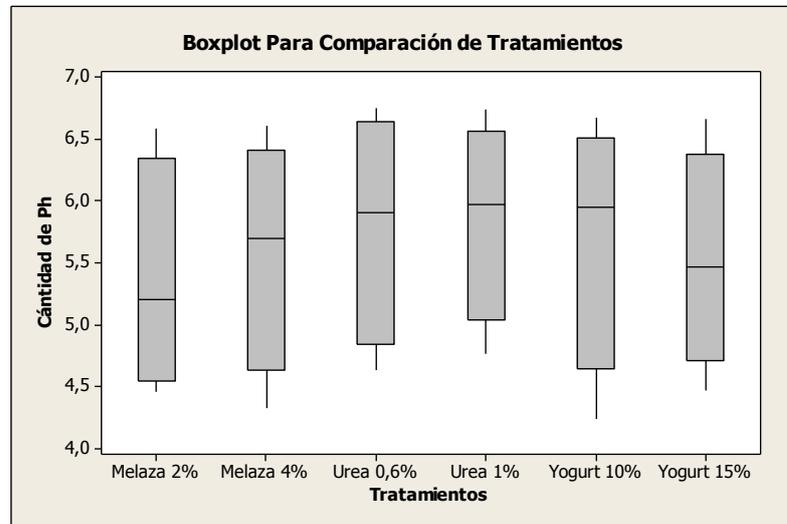
Como podemos observar los residuos graficados según su orden son aleatorios

## 3. Varianzas Iguales

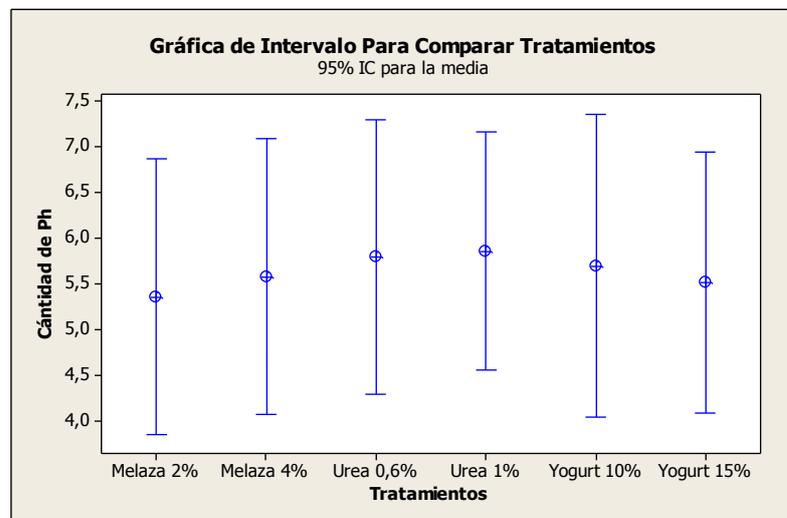
**Gráfico 14:** Prueba de igualdad de varianzas



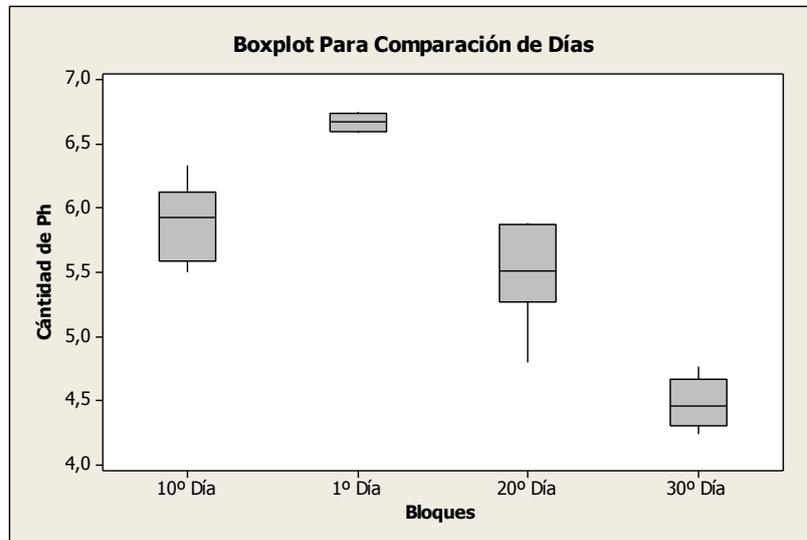
**Gráfico 15:** Comparación de tratamientos (pH)



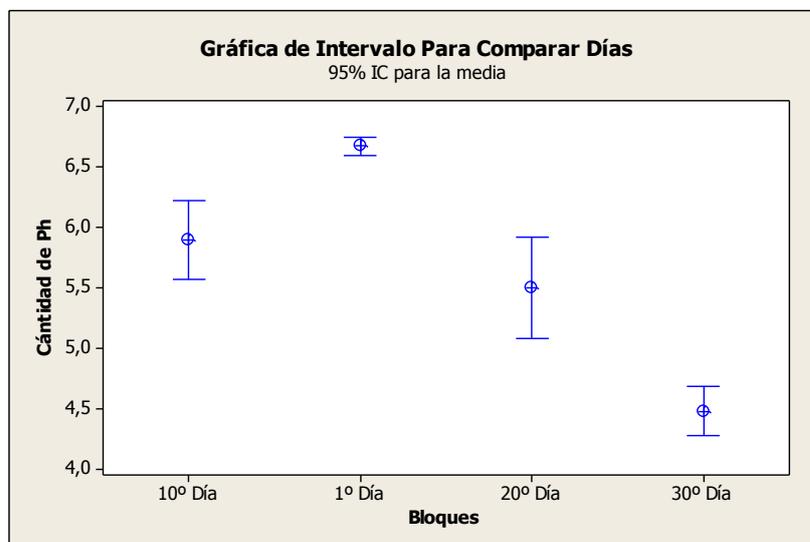
**Gráfico 16:** Intervalo para comparar tratamientos según la media



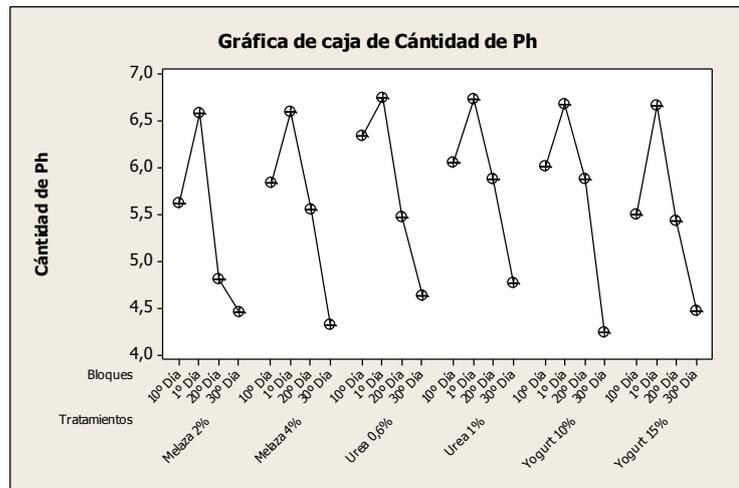
**Gráfico 17:** Intervalos Boxplot (Días en que se tomaron la muestra)



**Gráfico 18:** Intervalos Boxplot según la media (Días en que se tomaron la muestra)

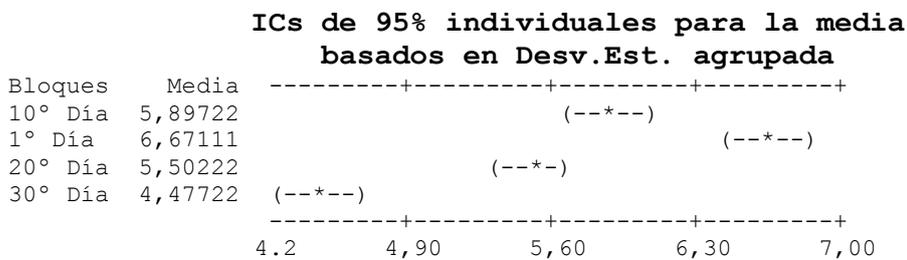
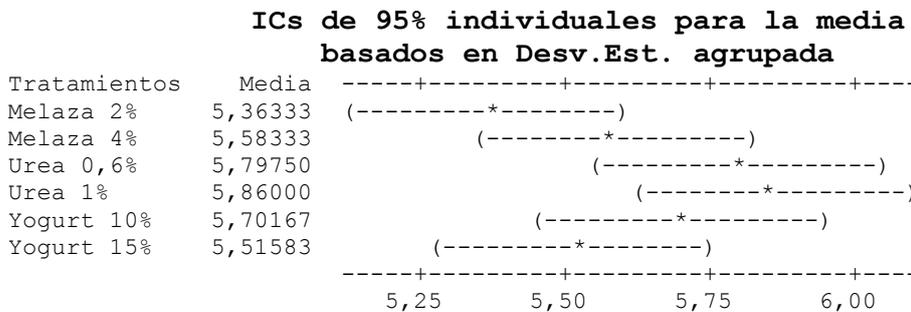


**Gráfico 19:** Resumen de la comparación de nivel de pH para los diferentes tratamientos



**ANÁLISIS COMPARATIVO MÁS EXHAUSTIVO PARA DETERMINAR DIFERENCIAS ENTRE TRATAMIENTOS Y BLOQUES**

**Gráfico 20:** Intervalos de confianza individuales para las medias basadas en la Desviación estándar agrupada



## PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARAR IGUALDAD DE PH POR DÍAS

**Gráfico 21:** Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%. Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Bloques

Nivel de confianza individual = 98,89%

Bloques = 10° Día restado de:

Bloques	Inferior	Centro	Superior	
1° Día	0,3348	0,7739	1,2130	(--*--)
20° Día	-0,8341	-0,3950	0,0441	(--*--)
30° Día	-1,8591	-1,4200	-0,9809	(--*--)

-----+-----+-----+-----+-----+  
 -1,5                      0,0                      1,5                      3,0

Se observa que el décimo día solamente es significativamente igual al vigésimo día (es decir ambos días el nivel de pH es significativamente igual), porque el intervalo de confianza para la diferencia de medias contiene el cero.

Bloques	Inferior	Centro	Superior	
20° Día	-1,6080	-1,1689	-0,7298	(--*--)
30° Día	-2,6330	-2,1939	-1,7548	(--*--)

-----+-----+-----+-----+-----+  
 -1,5                      0,0                      1,5                      3,0

Se observa que el 1° día es distinto a todos los demás.

Bloques = 20° Día restado de:

Bloques	Inferior	Centro	Superior	
30° Día	-1,4641	-1,0250	-0,5859	(--*--)

-----+-----+-----+-----+-----+  
 -1,5                      0,0                      1,5                      3,0

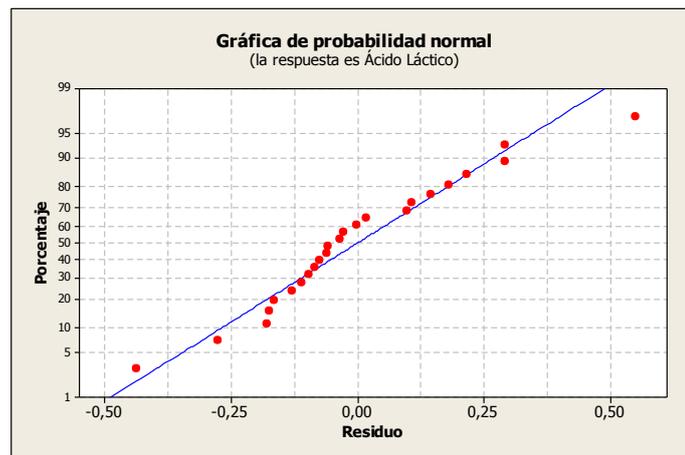
Se observa que el vigésimo día es distinto a todos los demás, a excepción del décimo que ya lo analizamos.

- **Análisis estadístico de la varianza para el ácido láctico**

Supuestos para el estudio del ANOVA:

### 1. Normalidad

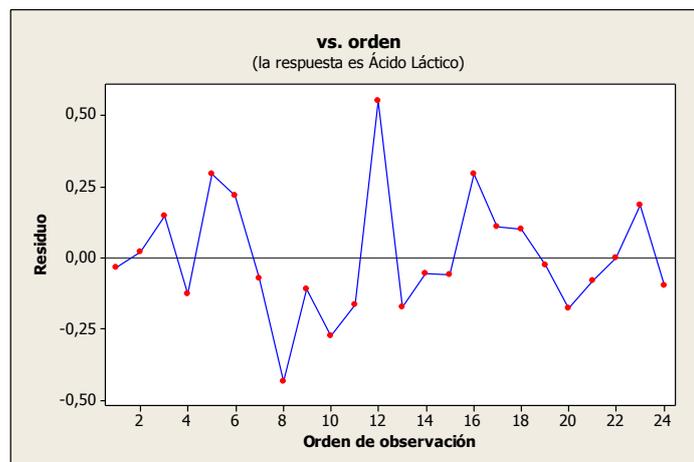
**Gráfico 22:** Probabilidad normal (ácido láctico)



Concluimos con la gráfica que los datos si provienen de una población normal

### 2. Independencia

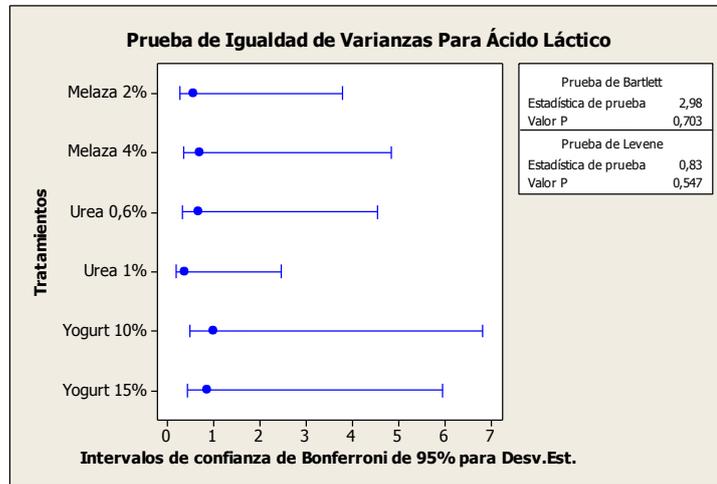
**Gráfico 23:** Independencia en base a los resultados de ácido láctico



Ya que los residuos son aleatorios podemos afirmar que los datos tienen independencia

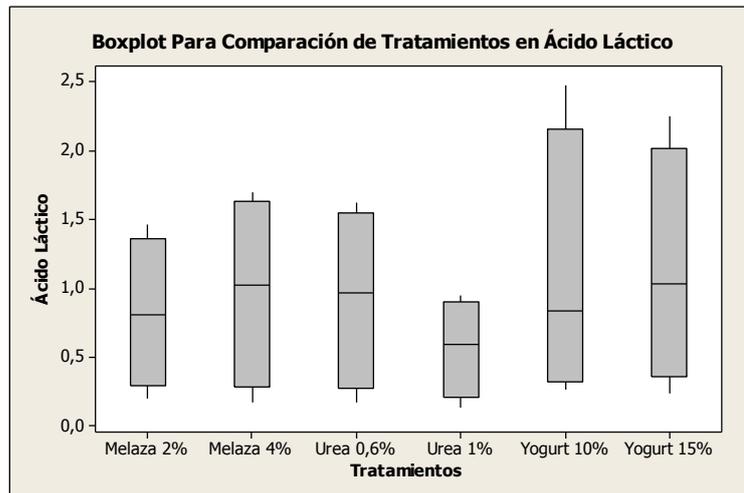
### 3. Homogeneidad de Varianzas

**Gráfico 24:** Prueba de igualdad de varianzas para ácido láctico

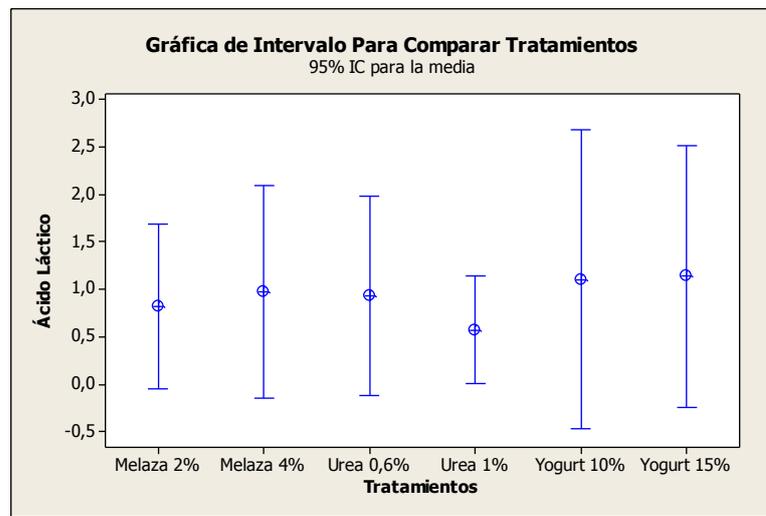


Los siguientes gráficos de caja, y de intervalos de confianza para la media se puede visualizar de manera más clara esta semejanza de los distintos tratamientos aplicados:

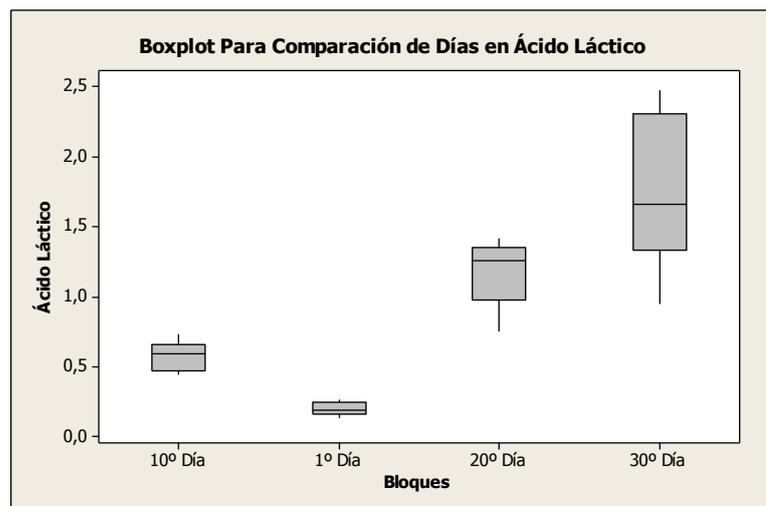
**Gráfico 25:** Comparación de tratamientos (Ácido láctico)



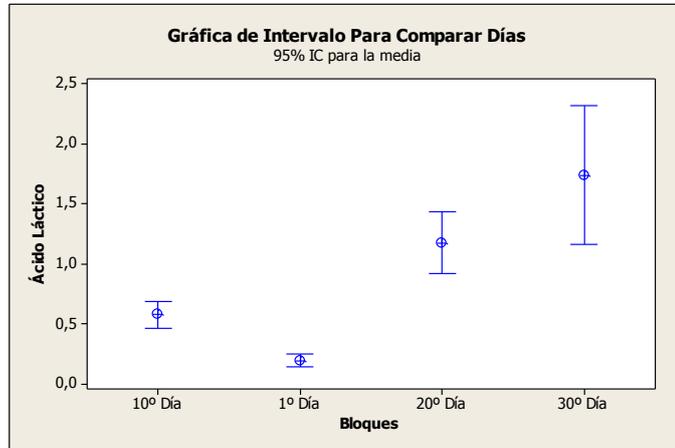
**Gráfico 26:** Intervalos para comparar tratamientos según los resultados de ácido láctico



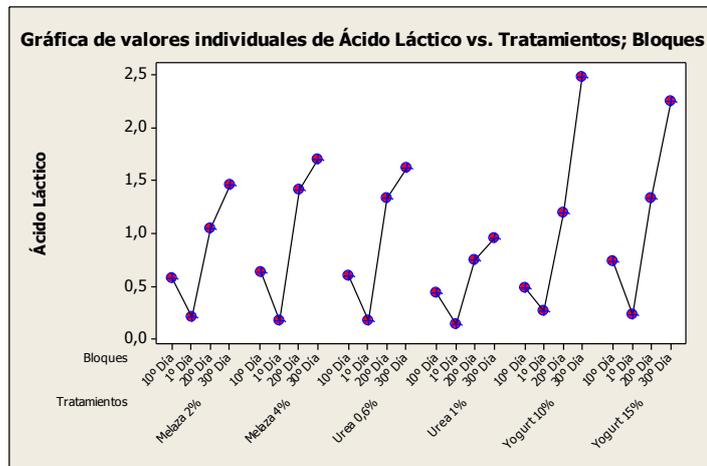
**Gráfico 27:** Comparación de los resultados de ácido láctico en los diferentes días



**Gráfico 28:** Comparación de los resultados de ácido láctico en los diferentes días según la media



**Gráfico 29:** Resumen de la comparación del porcentaje de ácido láctico para los diferentes tratamientos

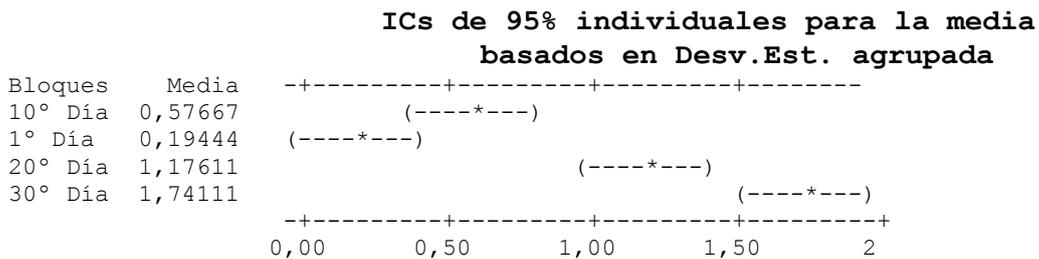
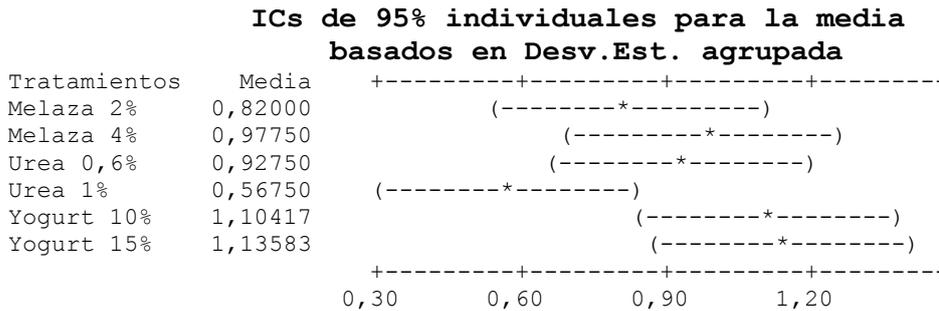


**INTERVALOS DE CONFIANZA INDIVIDUALES PARA LAS MEDIAS BASADOS EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR AGRUPADA**

Convenría también en este caso construir intervalos de confianza de la media pero con la desviación estándar agrupada, es decir tomando en cuenta las dos fuentes de

variabilidad en conjunto, para determinar similitudes de ácido láctico en los tratamientos y en los distintos días que se toma la muestra:

**Gráfico 30:** Intervalos de confianza individuales para las medias basadas en la Desviación estándar agrupada

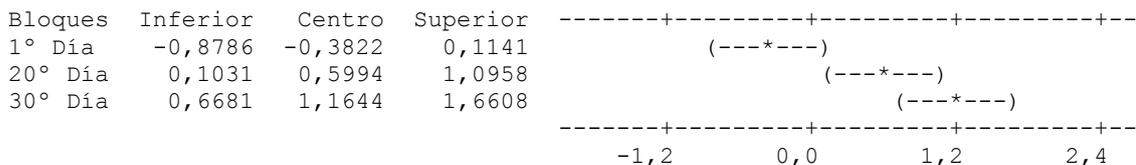


## PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARAR IGUALDAD DE ÁCIDO LÁCTICO POR DÍAS

**Gráfico 31:** Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%. Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Bloques

Nivel de confianza individual = 98,89%

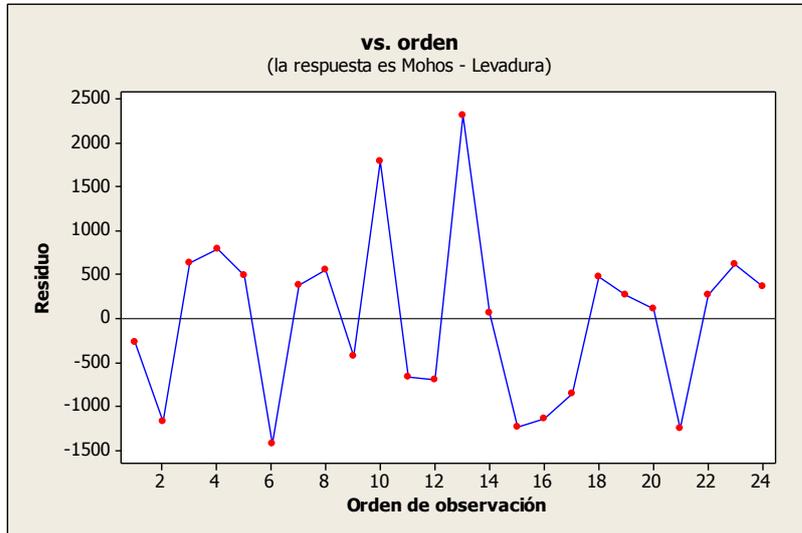
Bloques = 10° Día restado de:





## 2. Independencia

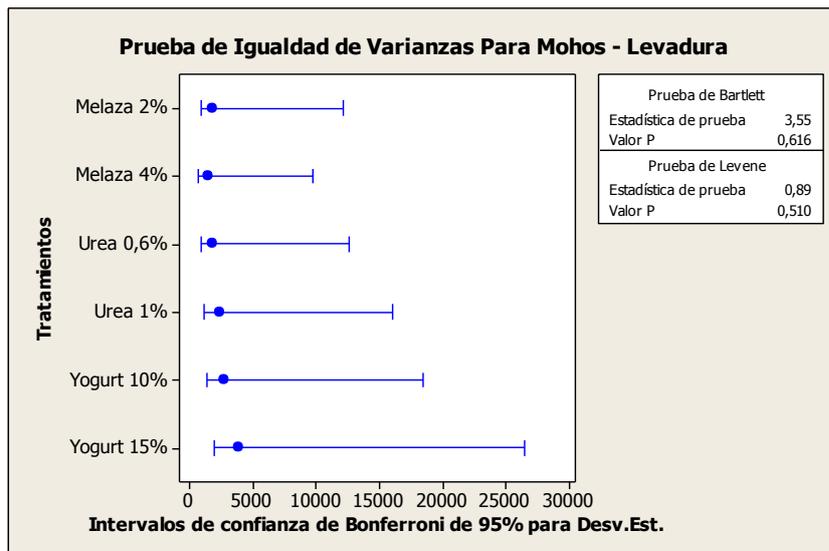
**Gráfico 33:** Independencia en base a los resultados de mohos y levaduras



Con el grafico se nota aleatoriedad por lo que decimos que existe independencia

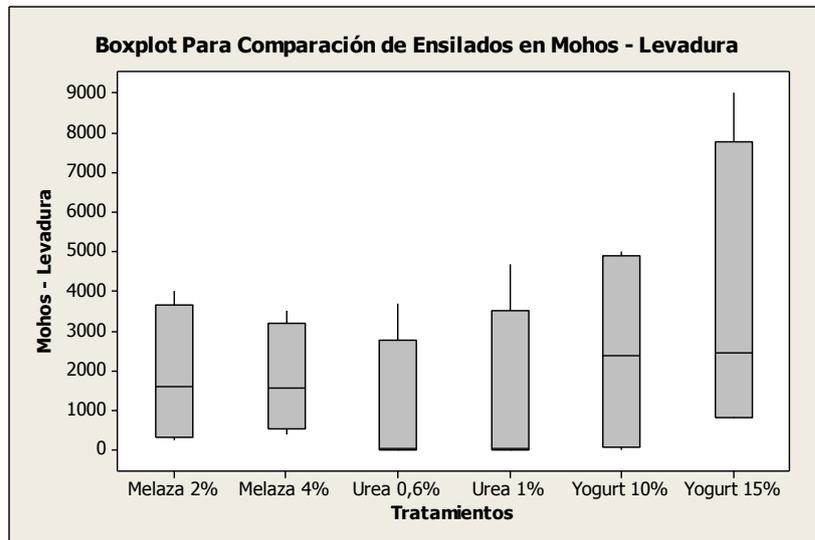
## 3. Homogeneidad de varianzas

**Gráfico 34:** Prueba de igualdad de varianzas para mohos y levaduras

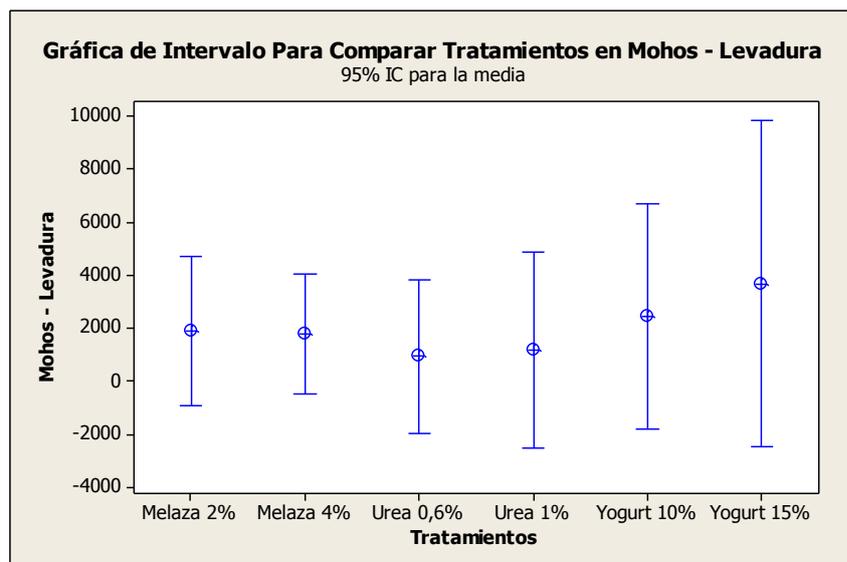


Nuestro valor P del estadístico de Bartlett mayor que 0.05 nos da evidencia suficiente para no rechazar  $H_0$  y concluir que todas las varianzas son iguales

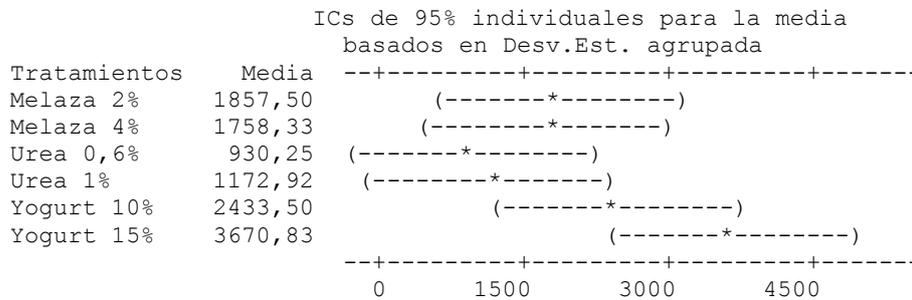
**Gráfico 35:** Comparación de tratamientos (Mohos y Levaduras)



**Gráfico 36:** Comparación de los resultados de mohos y levaduras en los diferentes tratamientos

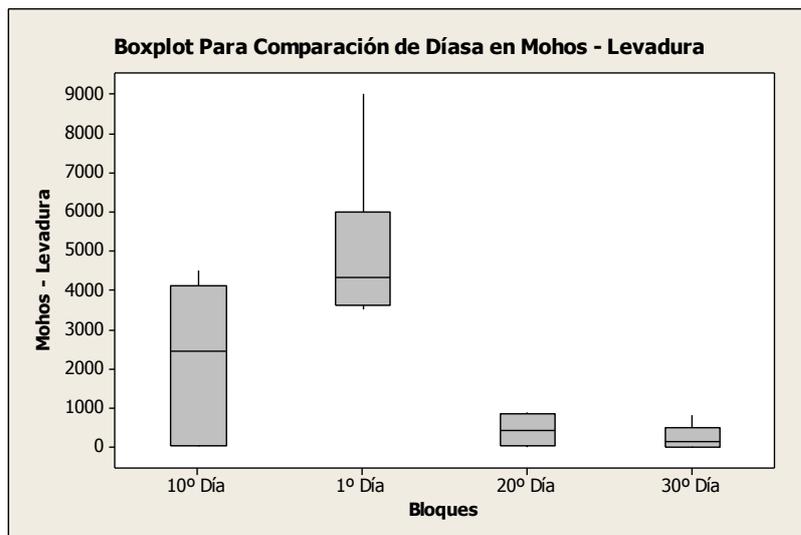


**Gráfico 37:** Intervalos de confianza individuales para las medias basados en la Desviación estándar agrupada

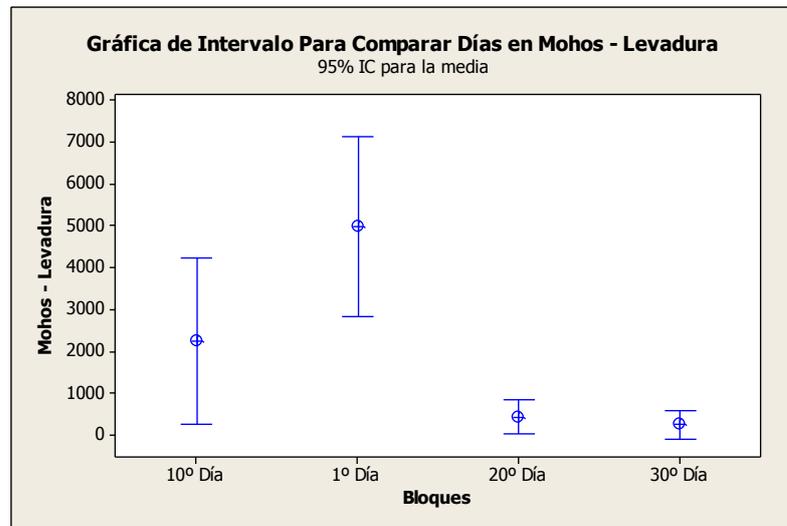


Y efectivamente con este análisis corroboramos que todos los tratamientos producen igual efecto sobre la cantidad de mohos y levaduras.

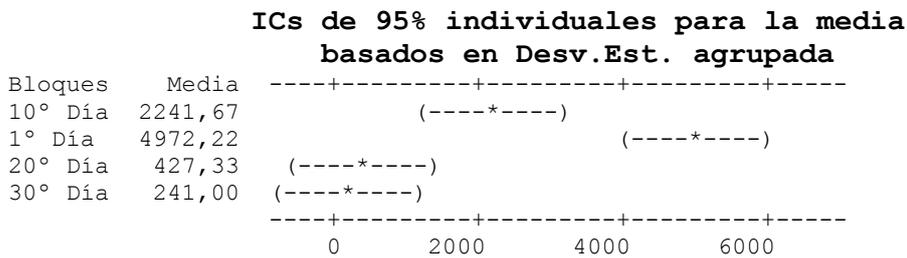
**Gráfico 38:** Intervalos de confianza



**Gráfico 39:** Intervalos para comparar tratamientos según los resultados de mohos y levaduras



**Gráfico 40:** Intervalos de confianza individuales para las medias basados en la Desviación estándar agrupada

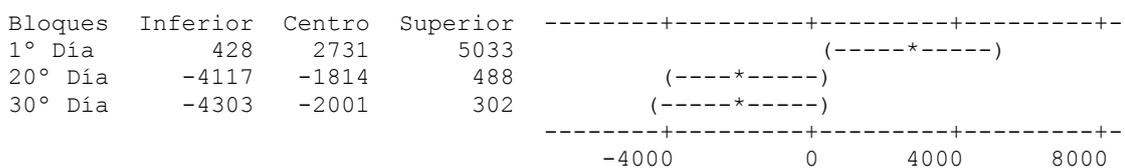


**PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARAR IGUALDAD DE MOHOS - LEVADURA POR DÍAS**

**Gráfico 41:** Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%. Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Bloques

Nivel de confianza individual = 98,89%

Bloques = 10º Día restado de:



Bloques = 1° Día restado de:

Bloques	Inferior	Centro	Superior
20° Día	-6848	-4545	-2242
30° Día	-7034	-4731	-2429

Bloques = 20° Día restado de:

Bloques	Inferior	Centro	Superior
30° Día	-2489	-186	2116

Como se puede observar la cantidad de mohos y levaduras es el mismo en los días décimo, vigésimo y trigésimo, esa igualdad es casi perfecta en el vigésimo y trigésimo día.

En conclusión los tratamientos aplicados no influyen sobre la cantidad de mohos y levaduras, mientras que en los distintos días en que son tomadas las muestras si lo hacen.

**Gráfico 42:** Resumen de la comparación del resultado de mohos y levaduras para los diferentes tratamientos

