

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y
Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y
Zootecnia



“EFECTO DEL PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y LA ADICIÓN DE MELAZA SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y FERMENTATIVA DE ENSILAJE DE MORINGA (*MORINGA OLEÍFERA*) FUNDO LA BANDA HUASACACHE AREQUIPA - 2020”

Tesis presentada por la Bachiller:

Guillen Miranda, Roxana Isabel

Para optar el Título Profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

Mgter. MVZ. Zegarra Paredes Jorge Luis

Arequipa – Perú

2021

DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 24 de Abril del 2021

Dictamen: 000435-C-EPMVZ-2021

Visto el borrador del expediente 000435, presentado por:

2014700522 - GUILLEN MIRANDA ROXANA ISABEL

Titulado:

EFFECTO DEL PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y LA ADICIÓN DE MELAZA SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y FERMENTATIVA DE ENSILAJE DE MORINGA (MORINGA OLEÍFERA) FUNDO LA BANDA HUASACACHE AREQUIPA - 2020

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1331 - OBANDO SANCHEZ ALEXANDER DANIEL
DICTAMINADOR



2148 - VALDEZ NUÑEZ VERONICA ROCIO
DICTAMINADOR



2476 - AGUILAR BRAVO HERBERT MISHAELE
DICTAMINADOR



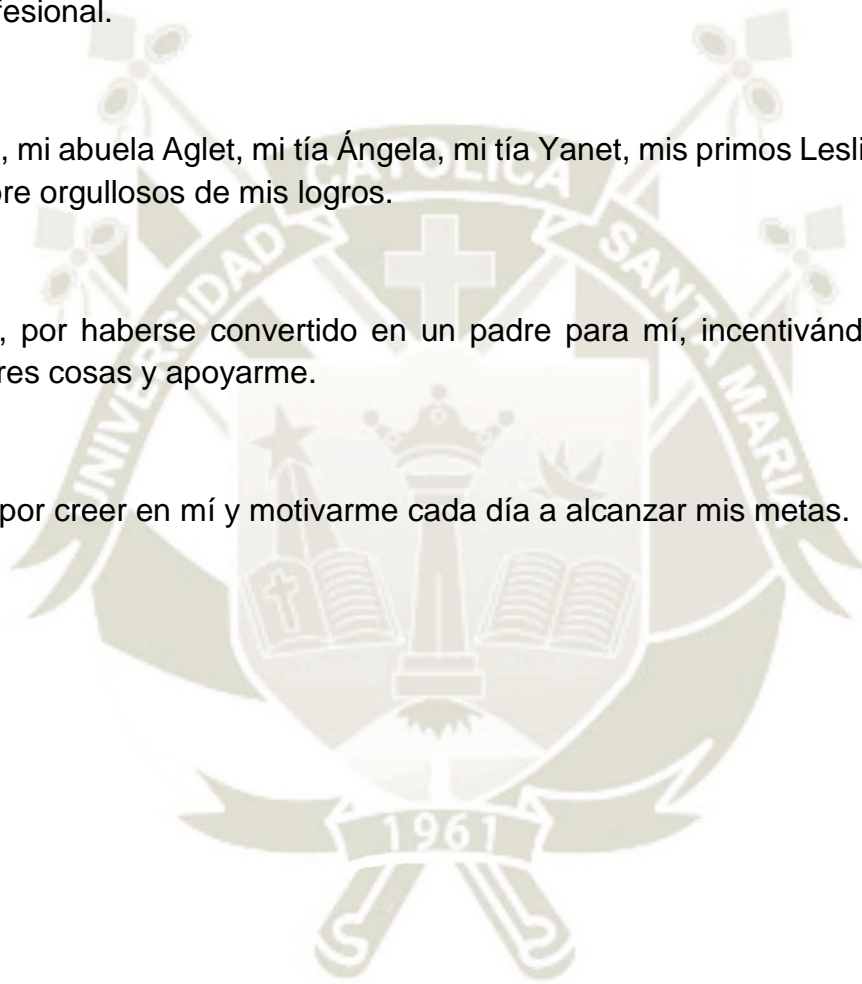
DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi madre, Jacqueline, que, gracias a su apoyo incondicional, confianza y esfuerzo ha permitido el desarrollo y la culminación de mi carrera profesional.

A mi familia, mi abuela Aglet, mi tía Ángela, mi tía Yanet, mis primos Leslie y George, por estar siempre orgullosos de mis logros.

A Ferdinan, por haberse convertido en un padre para mí, incentivándome siempre a hacer mejores cosas y apoyarme.

A Marcelo, por creer en mí y motivarme cada día a alcanzar mis metas.



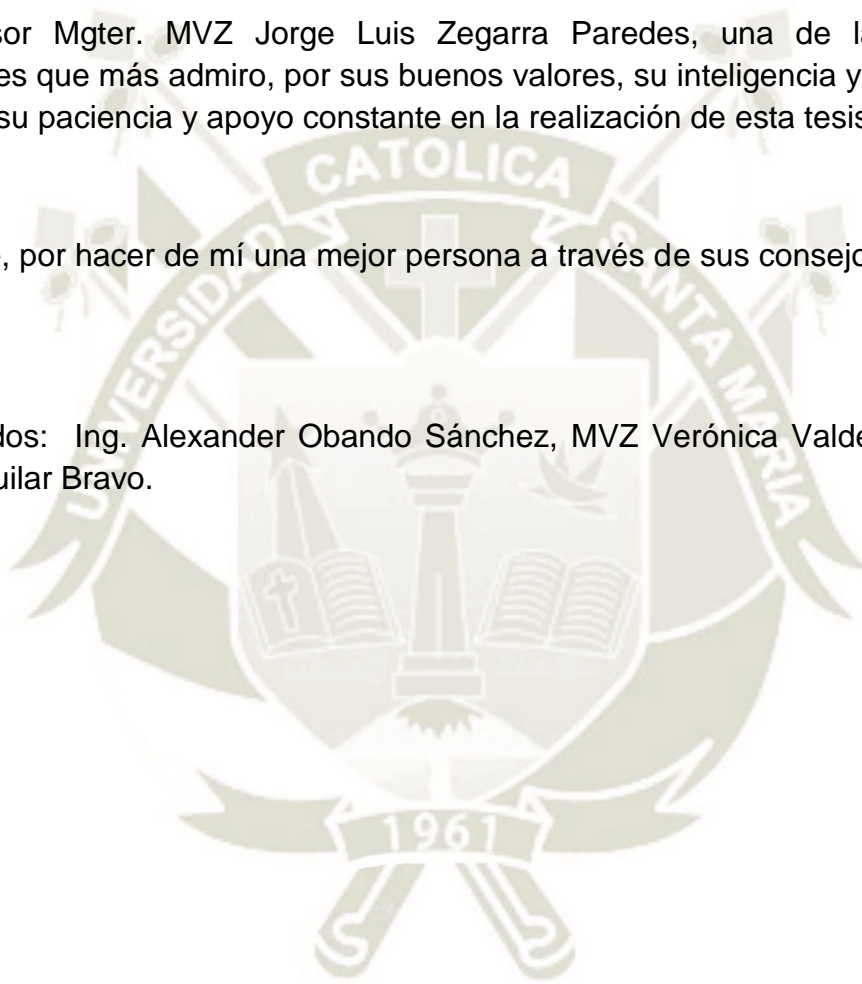
AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, la Universidad Católica de Santa María, por haberme dado la oportunidad de realizarme como profesional.

A mi asesor Mgter. MVZ Jorge Luis Zegarra Paredes, una de las personas y profesionales que más admiro, por sus buenos valores, su inteligencia y conocimientos; agradezco su paciencia y apoyo constante en la realización de esta tesis.

A mi madre, por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanza y amor.

A mis jurados: Ing. Alexander Obando Sánchez, MVZ Verónica Valdez Núñez, MVZ Herbert Aguilar Bravo.



RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el campo experimental del Fundo La Católica Majes, y tuvo como objetivo evaluar el porcentaje de materia seca y la adición de melaza sobre la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de *Moringa Oleífera*. Se evaluaron un total de 12 muestras, 6 desecadas y 6 frescas, de las cuales a 3 de cada bloque se les adicionó melaza para determinar cambios bioquímicos en dicho ensilaje. Las muestras fueron escogidas aleatoriamente, posteriormente se realizaron las determinaciones analíticas de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), extracto etéreo (EE), cenizas (CZS), lignina detergente ácida (LDA), proteína insoluble en detergente neutro (PIDN), proteína insoluble en detergente ácido (PIDA), carbohidratos no fibrosos (CNF), energía neta de lactación (ENL), potencial de hidrógeno (Ph). Los valores obtenidos en promedio fueron: MS 25.3, 33.1/29.7, 28.6, PC 18.28, 17.95/17.14, 19.09, EE 4.09, 5.71/4.71, 5.09, CZS 13.06, 14.74/13.66, 14.14, FDN 16.83, 23.25/18.74, 21.34, FDA 11.56, 18.36/13.51, 16.41, LDA 4.09, 6.46/4.77, 5.78, PIDN 5.60, 6.14/5.25, 6.49, PIDA 3.50, 3.83/3.12, 4.22, CNF 53.35, 44.48/51.00, 46.84, ENL 1.66, 1.52/1.59, 1.59, pH 4.42, 4.11/3.83, 4.71 (fresca, desecada / con melaza, sin melaza). Los valores encontrados nos indican que el proceso de desecación previo al ensilado, incrementó significativamente el % de MS y CZS, redujo significativamente el de EE, pero no afectó significativamente el de PC, hubo un incremento significativo en los componentes de la pared celular FDN, FDA, LDA; no afectó significativamente los % de PIDN y PIDA; redujo los % de CNF y ENL. La adición de melaza redujo el % de PC y CZS, y no afectó los % de MS y EE; redujo significativamente el % de FDA, pero no afectó los de FDN y LDA; redujo los % de PIDN y PIDA, pero solo fue significativo en PIDN. Incrementó significativamente el % de CNF pero no ENL. En cuanto al pH se determinó que en ambos casos tanto el proceso de desecación como la adición de melaza redujeron significativamente el pH del ensilaje de *Moringa Oleífera*, lo que nos indica que son estrategias adecuadas para optimizar la calidad fermentativa; ambas estrategias mejoraron la mayoría de parámetros de calidad nutricional y fermentativa del ensilaje en estudio.

Palabras clave: *Moringa oleífera*, forraje, ensilaje, proteína.

ABSTRACT

The present study was carried out in the experimental field of Fundo La Católica Majes, and its objective was to evaluate the percentage of dry matter and the addition of molasses on the nutritional and fermentative quality of *Moringa Oleífera* silage. A total of 12 samples were evaluated, 6 dried and 6 fresh, of which molasses was added to 3 of each block to determine biochemical changes in said silage. The samples were chosen randomly, subsequently the analytical determinations of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ethereal extract (EE), ash (CZS), Acid Detergent Lignin (ADL), Neutral Detergent Insoluble Protein (NDIP), Acid Detergent Insoluble Protein (ADIP), Non-fibrous Carbohydrates (NFC), Net Lactation Energy (NLE), Hydrogen Potential (Ph). The average values obtained were: MS 25.3, 33.1/29.7, 28.6, PC 18.28, 17.95/17.14, 19.09, EE 4.09, 5.71/4.71, 5.09, CZS 13.06, 14.74/13.66, 14.14, FDN 16.83, 23.25/18.74, 21.34, FDA 11.56, 18.36/13.51, 16.41, LDA 4.09, 6.46/4.77, 5.78, PIDN 5.60, 6.14/5.25, 6.49, PIDA 3.50, 3.83/3.12, 4.22, CNF 53.35, 44.48/51.00, 46.84, ENL 1.66, 1.52/1.59, 1.59, pH 4.42, 4.11/3.83, 4.71 (fresh, dried / with molasses, without molasses). The values found indicate that the drying process prior to ensiling significantly increased the% of DM and CZS, significantly reduced that of EE, but did not significantly affect that of PC, there was a significant increase in the components of the FDN cell wall, FDA, LDA; it did not significantly affect the% of PIDN and PIDA; reduced the% of CNF and ENL. The addition of molasses reduced the% of PC and CZS, and did not affect the% of DM and EE; significantly reduced the% of FDA, but did not affect those of FDN and LDA; it reduced the% of PIDN and PIDA, but was only significant in PIDN. It significantly increased the% of CNF but not ENL. Regarding the pH, it was determined that in both cases both the drying process and the addition of molasses significantly reduced the pH of the *Moringa Oleífera* silage, which indicates that they are adequate strategies to optimize the fermentation quality; Both strategies improved most of the nutritional and fermentative quality parameters of the silage under study.

Key words: *Moringa oleifera*, forage, silage, protein.

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	10
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. Enunciado del problema	11
1.2. Descripción del Problema	11
1.3. Justificación del Trabajo.....	12
1.2.1. Aspecto General.....	12
1.2.2. Aspecto Tecnológico	12
1.2.3. Aspecto Social.....	12
1.2.4. Aspecto económico	12
1.2.5. Importancia del trabajo	12
1.4. Objetivos	13
1.4.1. Objetivo general	13
1.4.2. Objetivos específicos.....	13
1.5. Planteamiento de la hipótesis	13
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	14
2. MARCO TEORICO O CONCEPTUAL.....	15
2.1. Análisis bibliográfico.....	15
2.1.1. Bibliografía principal	15
2.1.2. Valor nutritivo de los forrajes	15
2.1.3. Análisis nutricional y su nomenclatura.....	19
2.1.4. El ensilaje	24
2.1.5. Fases del ensilaje	26
2.1.6. Factores que afectan el proceso de ensilaje:	28
2.1.7. Aditivos y preservativos:	30
2.1.8. Determinación de la calidad de ensilaje:	34

2.1.9. <i>Moringa oleífera</i>	35
2.1.9.1.1. Ensilaje de <i>Moringa oleífera</i>	39
2.2. Antecedentes de investigación.....	40
2.2.1. Análisis de tesis.....	40
2.2.2. Artículos de investigación.....	42
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3. MATERIALES Y METODOS.....	45
3.1. Materiales.....	45
3.1.1. Localización del trabajo.....	45
3.1.2. Localización temporal.....	45
3.1.3. Material biológico.....	45
3.1.4. Material de laboratorio.....	45
3.1.5. Material de campo.....	46
3.1.6. Equipo y maquinaria.....	46
3.1.7. Otros materiales.....	47
3.2. Métodos.....	47
3.2.1. Muestreo.....	47
3.2.2. Formación de las unidades experimentales de estudio.....	48
3.2.3. Métodos de evaluación.....	48
3.2.4. Variables de respuesta.....	66
3.2.5. Evaluación estadística.....	67
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
4.1. Evaluación de la composición químico proximal.....	70
4.1.1. Materia seca (MS).....	70
4.1.2. Proteína cruda (PC).....	71
4.1.3. Extracto etéreo (EE).....	72
4.1.4. Cenizas (CZS).....	73
4.2. Evaluación de la composición de la pared celular.....	74
4.2.1. Fibra detergente neutra (FDN).....	74
4.2.2. Fibra detergente ácida (FDA).....	75

4.2.3. Lignina detergente acida (LDA)	77
4.3. Evaluación de las proteínas ligadas a la fibra	78
4.3.1. Proteína insoluble en detergente neutro (PIDN)	78
4.3.2. Proteína insoluble en detergente acido (PIDA)	79
4.4. Evaluación del valor energético.....	80
4.4.1. Carbohidratos no fibrosos (CNF)	80
4.4.2. Energía neta de lactación (EN _L).....	81
4.5. Evaluación de la calidad fermentativa	83
4.5.1. Potencial de hidrógeno (pH)	83
CAPÍTULO V CONCLUSIONES	85
5. CONCLUSIONES.....	86
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES.....	88
6. RECOMENDACIONES	89
CAPÍTULO VII REFERENCIAS	90
7. REFERENCIAS.....	91
CAPÍTULO VIII ANEXOS.....	97
8. ANEXOS	98



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Enunciado del problema

Efecto del porcentaje de materia seca y la adición de melaza sobre la calidad nutricional y fermentativa de ensilaje de moringa (*Moringa oleífera*).

1.2. Descripción del Problema

Descripción del Problema:

Actualmente la disponibilidad de fuentes de forraje ha variado en nuestro país. La superficie sembrada de cebada forrajera en el año 2017 – 2018 fue de 20 207 hectáreas, a diferencia del año 2018 – 2019 que fue de 16 850 hectáreas, lo que nos demuestra que hubo una disminución de 3357 hectáreas. En la avena forrajera año 2017 – 2018 fue de 107 895, y en el año 2018 – 2019 fue de 103 445, con una disminución de 4450 hectáreas. Finalmente, en el maíz amarillo duro en el año 2017 – 2018 fue de 175 519, y en el año 2018 – 2019 fue de 164 944, con una disminución de 10575. (MINAGRI, 2019). Es por ello que es necesario probar nuevas fuentes de forrajes que permitan proveer alimentos a los animales, con una excelente calidad de nutrientes y un bajo consumo en agua.

Por lo tanto, es necesario conocer el porcentaje ideal de Materia Seca de dicho forraje, en este caso de *Moringa Oleífera*, para poder ser ensilada; y establecer que ventajas nos brinda la adición de melaza, en cuanto a su valor nutricional y calidad fermentativa.

1.3. Justificación del Trabajo

1.2.1. Aspecto General

Se determinó el valor nutricional y calidad fermentativa del ensilaje confeccionado con *Moringa Oleífera*.

1.2.2. Aspecto Tecnológico

La utilización de *Moringa Oleífera* para la elaboración de ensilaje, y mediante este estudio determinar su valor nutricional y calidad fermentativa.

1.2.3. Aspecto Social

Con el presente estudio se buscó determinar el valor nutricional de la *Moringa Oleífera* y su calidad fermentativa, con la finalidad de suplir nuevas fuentes de forraje y hacer uso eficiente de los nutrientes del ensilaje resultante, que a futuro será suministrado a los animales cubriendo todas sus necesidades nutricionales de manera eficiente.

1.2.4. Aspecto económico

Se va a optimizar el uso de nuevos insumos como lo es la *Moringa Oleífera*, para ser utilizados en vacas lecheras, y de esta manera reducir de los costos de alimentación y también los costos de producción lechera, lo que va a beneficiar al ganadero.

1.2.5. Importancia del trabajo

Introducir nuevas fuentes de forrajes, evaluar la eficiencia, el valor nutricional y calidad fermentativa del ensilaje elaborado a partir de *Moringa Oleífera*, y de esta forma determinar su importancia para cubrir las necesidades nutricionales de las vacas lecheras.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del porcentaje de materia seca y la adición de melaza sobre la calidad nutricional y fermentativa de ensilaje de moringa (*Moringa oleifera*).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el valor químico nutricional de ensilaje de *Moringa Oleífera*.
- Estimar el valor energético del ensilaje de *Moringa Oleífera*.
- Determinar la calidad fermentativa del ensilaje de *Moringa Oleífera* en estudio.
- Evaluar los nutrientes de *Moringa Oleífera* comparando sus variaciones con y sin aditivo de Melaza.

1.5. Planteamiento de la hipótesis

Debido a que el porcentaje de materia seca y la adición de carbohidratos solubles influyen sobre la calidad nutricional y fermentativa de un ensilado, es probable que su inclusión en cantidades variables afecte dichos parámetros en el ensilado de *Moringa Oleífera*



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEORICO O CONCEPTUAL

2.1. Análisis bibliográfico

2.1.1. Bibliografía principal

Los poligástricos como el bovino y ovino tienen pre-estómagos (rumen, retículo, omaso) y un estómago verdadero llamado abomaso donde se secretan enzimas digestivas. El primer estómago llamado rumen, es el más grande y contiene la mayor cantidad de microorganismos. Los alimentos digeridos se descomponen y fermentan bajo la acción de los microorganismos en el rumen produciendo ácidos grasos volátiles que son absorbidos posteriormente por los animales y son una fuente importante de energía. A su vez los microorganismos crecen mediante la utilización de una fuente de nitrógeno. Estos microorganismos al morir se forman una proteína microbiana que llega hasta el abomaso (estómago glandular), donde se conforman los aminoácidos. También estos microorganismos pueden producir vitamina del complejo B. En dependencia del tipo de alimento suministrado a los rumiantes, concentrados y forrajes la producción de ácidos grasos volátiles varía, por ejemplo, si le suministramos una mayor cantidad de concentrado la proporción de ácido propiónico es mayor que el acético lo cual incrementa la producción de leche pero disminuye la proporción de grasa en la leche, en caso contrario si le suministramos una mayor cantidad de forraje la proporción de ácido acético es mayor disminuyendo la producción de leche e incrementando la grasa en la misma. (Inatec, 2016)

2.1.2. Valor nutritivo de los forrajes

El valor nutritivo de un forraje debe reflejar su capacidad de satisfacer los requerimientos de un animal para un objetivo de producción particular y la mejor manera de expresarlo es a través de la producción animal obtenida o “respuesta animal” cuando la pastura es ofrecida al animal.

El valor nutritivo es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos, en producto animal. A su vez, el consumo de nutrientes es el producto de la cantidad de forraje consumido y la concentración

de nutrientes en ese forraje y la eficiencia de conversión de nutrientes en producto animal comprende las eficiencias en los procesos digestivos y metabólicos. (Hodgson, J, 1990)

Los forrajes, término muy genérico, comprenden todos aquellos materiales vegetales -incluyendo tallo, hojas, semillas, flores- que pueden ser consumidos por el animal. Este material puede ser verde o seco, cosechado por el animal o por el hombre (Church, 1984).

Bajo esta terminología quedan comprendidos todas las pasturas naturales o artificiales, los verdes, las distintas formas de conservación (henos, ensilajes y ensilajes) y los rastrojos o residuos vegetales que quedan en el campo luego de realizada la cosecha de los granos

La característica particular de los forrajes es que son alimentos voluminosos, es decir con baja densidad física y que presentan alta proporción de pared celular en su materia seca.

Existen diversas clasificaciones de los alimentos según los criterios considerados para su agrupación. La clasificación publicada en las Tablas Latinoamericanas de Clasificación y Composición de Alimentos agrupa a los forrajes en las tres primeras clases denominadas:

Clase 1: Forrajes secos y alimentos toscos

Clase 2: Forrajes frescos

Clase 3: Forrajes ensilados

a) Factores que inciden en el valor nutritivo de los forrajes:

Las pasturas y otros tipos de forrajes, muestran gran variación en su valor nutritivo en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta.

Estas diferencias se deben, además, a las variaciones en las condiciones ambientales (suelo, clima, fertilizaciones), al material genético y al manejo. (Trujillo y Uriarte, 2010)

Cuadro 1: Concentración de los principales componentes de los forrajes

Componentes de las pasturas	Concentración (% base seca)
Proteína cruda	3 – 30
Carbohidratos estructurales	40 – 60
Carbohidratos no estructurales	4 – 20
Extracto etéreo	3 – 8
Cenizas	7 - 13

Fuente: Trujillo y Uriarte, 2010

Los carbohidratos representan el 45 – 80 % de la materia seca y constituyen la principal fuente de energía para el rumiante. De acuerdo a su rol en la planta se los clasifica en estructurales y no estructurales. El primer grupo constituye la mayor parte de la pared celular incluyendo hemicelulosas, celulosas y pectinas, y en el último grupo están agrupados los azúcares simples y complejos que participan en el metabolismo intermediario o son almacenados.

Los contenidos de compuestos de reserva y de azúcares libres dependen de las condiciones ambientales imperantes (condiciones que favorecen la fotosíntesis o que favorecen el crecimiento de la planta), como consecuencia, existen importantes variaciones en el contenido de azúcares solubles a lo largo del día y en las distintas estaciones de crecimiento. (Van Soest., 1994)

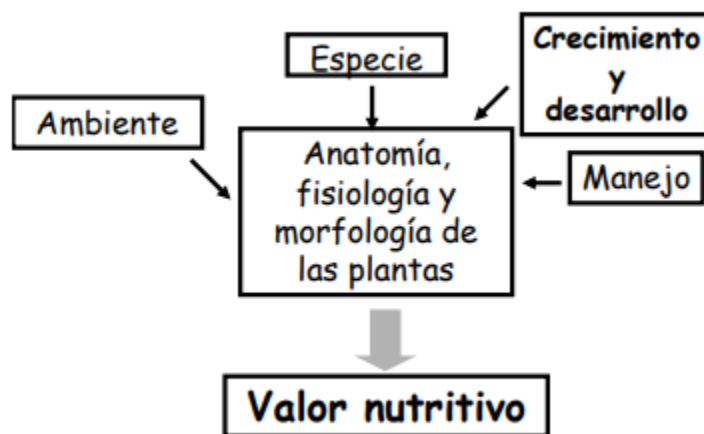
La proteína cruda es uno de los componentes más variable en las pasturas, los factores que inciden sobre el valor nutritivo modificarán notoriamente el contenido de proteína. Las proteínas foliares se concentran principalmente en los cloroplastos, a su vez el 40 % de estas proteínas cloroplásticas son solubles en soluciones tampón y están constituidas en su mayoría por la

fracción 1 o ribulosa 1- 5 difosfato carboxilasa que cataliza la fijación del CO₂ (Jarrige et al., 1995). Los constituyentes no proteicos representan de un 20 a un 35 % del nitrógeno total. (Church, 1984)

Los lípidos de las pasturas constituyen cuantitativamente una pequeña fracción que tiene poca variación. En este grupo se incluyen una variedad de compuestos diferentes, pero los principales son los galactolípidos y los fosfolípidos. El ácido linoleico constituye más del 50% del total de ácidos grasos y le siguen en orden el 4 linoleico y el palmítico. En esta fracción también se incluyen los pigmentos, que, en el caso de las plantas verdes, desde el punto de vista nutricional el más importante es el β -caroteno que es el precursor de la vitamina A. (Trujillo y Uriarte, 2010)

El valor de cenizas totales estima solamente la proporción de compuestos inorgánicos que presenta la planta.

Cuadro 2: Principales factores que afectan el valor nutritivo de los forrajes



Fuente: Norton, citado por Hacker, (1981)

2.1.3. Análisis nutricional y su nomenclatura

2.1.3.1. Humedad y materia seca (MS)

La humedad es el porcentaje de agua que contiene una muestra de alimento.

Es igual al 100% menos el porcentaje de humedad o agua que contiene la muestra y representa a todos los nutrientes presentes en la muestra como la proteína, fibra, grasa, minerales, etc. Habiendo señalado esto, todas las interpretaciones de las mediciones nutricionales se deben hacer en base materia seca, ya que es lo que finalmente contiene los nutrientes que consume la vaca. (Meléndez, 2014)

2.1.3.2. Base Tal Como Ofrecido (TCO)

Significa que los nutrientes de una muestra se están expresando en su estado natural, incluyendo el agua (Meléndez, 2014).

2.1.3.3. Base Materia Seca (MS)

Los nutrientes de la muestra se expresan habiendo quitado el agua desde el cálculo (Meléndez, 2014).

2.1.3.4. Proteínas:

- a) **Proteína Cruda (PC):** El total de proteína de la muestra que no es nada más que el contenido total de nitrógeno de la muestra multiplicado por 6,25. Por lo tanto refleja tanto la proteína verdadera como el nitrógeno no proteico, y no dice nada en cuanto a la calidad de la proteína.
- b) **Urea y Amonio:** Estos compuestos contienen nitrógeno, pero no son proteína verdadera. Sin embargo, en el rumen de la vaca, este nitrógeno no proteico puede ser utilizado por los microorganismos del rumen para su multiplicación y ser convertido en proteína microbiana. La urea y el amonio forman parte de la fracción proteica conocida como “proteína soluble”.
- c) **Proteína Soluble (PS):** Son las proteínas y nitrógeno no proteico que rápidamente (minutos) se degrada en el rumen y es utilizada por las bacterias del rumen.
- d) **Proteína Degradable en el Rumen (PDR):** Consiste de toda la proteína soluble y otras proteínas que tienen un grado de degradabilidad

intermedia (más lenta que la soluble) a nivel ruminal y también es utilizada por las bacterias para su multiplicación.

- e) **Proteína No Degradable en el Rumen (PNDR):** Son las proteínas que tienen una tasa muy lenta de degradación y por lo tanto escapan a la digestión de los microorganismos del rumen y pasan intactas al tracto digestivo posterior. También se conoce como proteína de sobrepaso o “bypass”. Esta proteína no degradable es digerida a nivel intestinal al igual como lo hacen los monogástricos, incluidos el ser humano.
- f) **Proteína Cruda Insoluble en Detergente Ácido (ADICP):** También es conocida como proteína no disponible o dañada por calor. Este tipo de fracción se origina típicamente en procesos de secado de algunos alimentos donde la porción proteica reacciona con los carbohidratos para formar un complejo insoluble e indigerible que es indisponible para el animal.
- g) **Proteína Cruda Insoluble en Detergente Neutro (NDICP):** Representa toda la proteína insoluble, no degradable e indisponible para el animal. (Meléndez, 2014)

2.1.3.5. Carbohidratos:

- a) **Fibra Detergente Neutro (FDN, NDF):** Es una medición de la hemicelulosa, celulosa y lignina representando toda la parte fibrosa del forraje. Estos 3 compuestos representan las paredes celulares de los forrajes y se denominan en general como “carbohidratos estructurales”. El contenido de FDN de las dietas o forrajes se correlaciona en forma negativa con el consumo de alimento. Vale decir, FDN en exceso va a determinar un menor consumo de alimento por parte del animal. El mejor ejemplo es la paja de trigo. Este forraje contiene elevadas cantidades de FDN y su aporte en exceso va a limitar el consumo de materia seca por parte del animal.
- b) **NDFom:** Esta medición se basa en medir la FDN, pero libre de cenizas o minerales, o sea significa que el resultado es en base sólo a la materia orgánica.
- c) **Fibra Detergente Ácido (FDA, ADF):** Es la cuantificación de la celulosa y la lignina. A medida que el contenido de lignina aumenta la digestibilidad de la celulosa disminuye; por lo tanto, el contenido de FDA

se correlaciona negativamente con la digestibilidad total del insumo evaluado.

- d) **Lignina:** Es un componente indigestible de los forrajes. Mientras más madura es una planta más alto es su contenido de lignina, y por ende menos digerible.
- e) **Fibra Cruda (FC):** Es un método antiguo que cuantifica la fibra y se utilizaba para clasificar a los carbohidratos en digeribles y no digeribles. La fibra cruda evalúa casi todo el contenido de celulosa y sólo una porción de la lignina. Por lo tanto, es una medición que se debería dejar de lado ya que no entrega una apreciación precisa de los carbohidratos estructurales de los alimentos.
- f) **Digestibilidad Verdadera “In Vitro” (IVTD):** Es una fermentación anaeróbica llevada a cabo en el laboratorio para simular la digestión que ocurre en el rumen. Para tal efecto, se utiliza fluido ruminal de vacas canuladas y las muestras se incuban por un periodo definido a 39°C (temperatura corporal de la vaca). Durante este tiempo los microorganismos del líquido ruminal digieren la muestra como ocurriría en el rumen de una vaca. El resultado es una medida de la digestibilidad de la muestra que puede ser utilizada para estimar valores de energía del alimento.
- g) **Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (NDFD):** Es el porcentaje de la FDN potencialmente digerible y se determina por incubación con líquido ruminal y sirve para hacer un ranking de los forrajes sobre la digestibilidad potencial de su fibra y para el cálculo de valores energéticos de las muestras de forrajes.
- h) **Pectinas:** Es un carbohidrato o polisacárido de las paredes celulares que funciona como un aglomerante celular. También se conoce como Fibra Soluble. Presenta una degradación más rápida que componentes normales de la fibra (celulosa, hemicelulosa) y a pesar de formar parte de la FDN, sus características de degradación son más similares a los carbohidratos no estructurales, como el almidón, pero con la salvedad que las pectinas no causan acidosis ruminal.
- i) **Almidón:** Es un polisacárido en glucosa que se encuentra principalmente en los granos de cereales, semillas y/o raíces de las

plantas. Forman parte de la fracción conocida como carbohidratos no fibrosos.

- j) **Carbohidratos Solubles en Agua (WSC):** Incluye a los azúcares simples y algunos más complejos como los fructanos, que forman parte de los azúcares de las praderas.
- k) **Carbohidratos No Fibrosos (NFC):** Son los carbohidratos que no pertenecen a la fracción de paredes celulares o fibra. Dentro de estos tenemos al almidón, azúcares simples o solubles, ácidos orgánicos y en algunos casos pectinas. Ellos se calculan por la fórmula. (Meléndez, 2014)

$$\text{NFC} = 100\% - (\text{PC}\% + (\text{FDN}\% - \text{NDICP}\%) + \text{Grasa}\% + \text{Cenizas}\%).$$

2.1.3.6. Grasas:

- a) **Grasa Cruda o Extracto Etéreo (EE):** Se determina típicamente por extracción con “éter”. Las grasas son nutrientes altamente energéticos y contienen 2,25 a 2,8 veces la cantidad de energía encontrada en los carbohidratos.
- b) **Ácidos Grasos Totales (en inglés TFA):** Son un tipo de grasas que se extraen con metanol y hexano y se miden por cromatografía de gas. Forman parte del EE (Meléndez, 2014).

2.1.3.7. Energía:

La energía es un nutriente fundamental para la vida pero que su evaluación química es abstracta. Por lo tanto, los valores de energía de los alimentos se obtienen por ecuaciones predictivas o formulas utilizando otros nutrientes que si se pueden medir químicamente (carbohidratos, proteína, grasas).

- a) **Nutrientes Digestibles Totales (en inglés TDN):** Es la suma de la proteína digestible, carbohidratos no estructurales digestibles, FDN digestible y 2,25 veces el contenido de grasa o EE digestible.
- b) **Energía Bruta:** Es el valor energético total del alimento antes de ser consumido por los animales. Vale decir, es todo el calor liberado por este alimento si se le prendiera fuego hasta que se consumiese completamente.

- c) **Energía Digestible (ED, DE):** Es la energía bruta menos la energía que se pierde por las heces.
- d) **Energía Metabolizable (EM, ME):** Es la energía bruta menos la energía perdida en las heces, orina y gases.
- e) **Energía Neta para Lactancia (ENL):** Es una estimación de la energía del alimento útil para mantener al animal y para producir leche durante la lactancia y para las vacas gestantes y secas hasta el momento del parto (Meléndez, 2014).

2.1.3.8. **Minerales:**

- a) **Cenizas:** Es una medición del contenido total de minerales de la muestra. Dentro de los minerales a medir tenemos los macro minerales Calcio (Ca), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Potasio (K), Sodio (Na), Azufre (S), Cloro (Cl) y los micro minerales Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Selenio (Se), Molibdeno (Mo), Manganeso (Mn) y Iodo (I). (Meléndez, 2014)

2.1.3.9. **Otros:**

- a) **Valor Relativo del Alimento (RFV):** Es un índice que clasifica a los forrajes en base a su digestibilidad y consumo potencial. Se calcula a partir del contenido de FDN y FDA. Un valor de RFV de 100 se considera como un valor estándar basado en un heno de alfalfa que contiene 41% de FDA y 53% de FDN en base materia seca. Mientras mayor sea el RFV, mejor es la calidad del alimento.
- b) **Calidad Relativa del Forraje (RFQ):** Es un índice para el ranking de forrajes basado en un análisis más comprensivo que el RFV. Se calcula a partir de la PC, FDA, FDN, grasas, cenizas y digestibilidad de la FDN hasta las 48 horas. El score base también es 100 y mientras mayor sea el RFQ mejor calidad presenta ese forraje.
- c) **Nitratos (NO₃):** Es un compuesto que puede llegar a ser tóxico para los animales. Ciertas plantas tienden a acumular nitratos y por lo tanto a veces es importante evaluar este compuesto. Algunas plantas acumuladoras son el sorgo, pasto sudan, y avenas.
- d) **pH:** Es una medición del grado de acidez de un alimento, especialmente ensilajes. Un buen ensilaje de maíz debería tener un pH típico de entre 3,5 y 4,5 y un ensilaje de alfalfa o ensilaje de entre 3,8 y 5,3.

- e) **Ácidos Grasos Volátiles (VFA):** Primariamente son los siguientes: ácido láctico, acético, propiónico y butírico producidos por un proceso de fermentación microbiana tanto en los ensilajes como en el rumen de una vaca (Meléndez, 2014).

2.1.4. El ensilaje

El ensilaje es un método de preservación para los forrajes húmedos y mantener su valor nutricional durante su almacenamiento.

a) Microbiología del ensilaje:

El forraje 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 foliar 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. (Cañete y Sacha, 1998)

- Las bacterias son las principales responsables de la producción de ácido y la pérdida de azúcares.
- En los estados iniciales, se produce alcohol como resultado de la actividad enzimática de las plantas y posteriormente, por acción fermentativa de las levaduras.
- La proteólisis se inicia por la acción de las enzimas de la planta y se continúa con la actividad bacteriana.
- La actividad enzimática o respiratoria libera inicialmente dióxido de carbono, pero las levaduras son responsables de la producción de este compuesto después de uno o dos días.

a.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS DEL ENSILAJE:

Existen 5 grupos de microorganismos importantes en las reacciones de fermentación del ensilaje: (Bernal y Chaverra, 2002).

a.1.1 Bacterias productoras de ácido láctico:

Son todas Gram – positivas, anaerobias facultativas, esporógenas, usualmente sin motilidad; fermentan los azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa) y carbohidratos solubles (almidón y fructosanas o fructanos).

Los principales géneros de bacterias productoras de ácido láctico comprenden: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus*.

a.1.2. Bacterias formadoras de endosporas:

Se han asociado dos géneros *Clostridium* y *Bacillus*.

Los *Clostridium* participan en la fermentación, especialmente en las pudriciones. Los *Bacillus* aunque se encuentran en el ensilaje, no se ha podido probar su importancia en el proceso, algunos han sido relacionados con el deterioro del material después de abrir el silo.

a.1.3. Bacterias coliformes:

De la familia *Enterobacteriaceae*, todas son Gram – negativas, fermentan la glucosa y otros carbohidratos en ácidos.

a.1.4. Hongos y levaduras:

De los hongos no se conoce bien su importancia, pero se les atribuye el deterioro del ensilaje expuesto al aire, bien sea cuando éste se encuentra abierto o fue mal sellado.

Las levaduras con anaerobias facultativas, es decir que son capaces de crecer en condiciones aerobias o anaerobias, por lo que pueden sobrevivir y proliferar en el ensilaje. Se identifican por su acción fermentativa u oxidativa cuando actúan sobre diferentes azúcares.

a.1.5. Otras especies:

Existen varios géneros de microorganismos que se pueden aislar ocasionalmente del ensilaje, entre ellos se encuentran las bacterias productoras de ácido propiónico, que producen dióxido de carbono, ácido propiónico, ácido acético o una mezcla de ácidos orgánicos, que puede incluir el ácido butírico y fórmico.

2.1.5. Fases del ensilaje

El ensilaje es logrado por la fermentación láctica en condiciones anaerobias.

Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas. (Weinberg y Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997)

- a) Fase aeróbica: En esta fase (que dura sólo pocas horas) el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además, hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0).

- b) Fase de fermentación: Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0. La fermentación ácida es una reacción de oxidación-reducción balanceada

internamente, en la cual algunos átomos de la fuente de energía quedan reducidos y otros quedan oxidados. Solamente una pequeña cantidad de energía se libera durante la fermentación de la glucosa, la mayor parte de la energía permanece en el producto de fermentación reducido.

Catabolismo de la glucosa por una bacteria del ácido láctico:



Glucosa 2 ácido láctico

c) Fase estable: Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la Fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos, pero a menor ritmo. Más adelante se discutirá la actividad de *L. buchneri*.

d) Fase de deterioro aerobio: Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos - también facultativos- como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por

deterioro que oscilan entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca diarias pueden ser observadas en áreas afectadas. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses. (Honig y Woolford, 1980)

El forraje 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 foliar 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. (Cañete y Sacha, 1998)

2.1.6. Factores que afectan el proceso de ensilaje:

1. Ligados a la planta:

La ensilabilidad o calidad fermentativa en un ensilado depende de la naturaleza del forraje de partida contenido materia seca (MS), carbohidratos hidrosolubles (CHOS), capacidad tampón (CT) (Argamentaría, et al., 1997).

2. Contenido de la materia seca:

El contenido correcto de MS (30-35%) de la planta antes del ensilado es un factor importante para el éxito de la fermentación (Ashbell y Weinberg, 2001), así la degradación del ácido láctico y la producción de amoníaco por bacterias butíricas se ven considerablemente atenuados. (Cañete y Sacha, 1998)

Forrajes con contenidos de más del 70% de humedad son indeseables dado que el crecimiento de los Clostridium no se inhibe aun cuando el pH baje a 4, obteniéndose ensilajes de bajo valor nutricional por pérdidas de efluentes, y poco apreciado por los animales. (Alaniz, 2008)

3. Contenido de azúcares solubles:

Los microorganismos usan los carbohidratos hidrosolubles como la principal fuente de energía para su crecimiento. Los principales son la fructosa, sacarosa y fructosanos.

El bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles del forraje puede limitar las condiciones de la fermentación. Bajo esta condición el pH no baja como para llegar al estado de conservación. Normalmente se requiere un mínimo de 6 a 12% de carbohidratos hidrosolubles sobre materia seca, para una apropiada fermentación en el ensilaje. El contenido de carbohidratos en las plantas depende del tipo de forraje, de las condiciones del cultivo, así como las ambientales. (Alaniz, 2008)

Cuando un material pese a su buena calidad, no contiene cantidades suficientes de azúcares es necesario añadirle melaza o alguna otra fuente de azúcares que faciliten su fermentación (Mannetje, 2001).

4. Capacidad tampón:

La capacidad tampón (CT) en plantas forrajeras es definida como la resistencia que presenta la planta a las variaciones de pH. La capacidad tampón depende básicamente de la composición de la planta en cuanto a proteína bruta, iones inorgánicos (Ca, K, Na) y la combinación de ácidos orgánicos. (Jobim et al., 2007)

Al aumentar la edad de la planta se incrementa la proporción tallo/hoja, con lo cual los procesos metabólicos disminuyen. Como consecuencia, se reduce el contenido de ácidos orgánicos, lo que conlleva un descenso de la capacidad tampón con la maduración (de la Roza, 2005). Cuanto mayor sea el poder tampón más ácido láctico será necesario que se forme en el ensilado para poder alcanzar el pH óptimo de 4, y mayor cantidad de azúcares fermentables será necesaria para poder proporcionar dicho ácido láctico. (Cañete y Sacha, 1998)

5. Grado de madurez óptimo:

El proceso del ensilado no mejora en ningún caso la calidad inicial del forraje o del alimento, limitándose a conservarla cuando se realiza de forma adecuada.

En forrajes el momento óptimo de cosecha será cuando el valor nutritivo y las características físico químicas estén relacionadas, es decir los forrajes, aunque siendo jóvenes presentan un valor nutritivo elevado, su gran contenido en agua y en materia nitrogenadas los desaconseja para ensilar, dando lugar a una baja producción por hectárea, aunque el consumo sea elevado. Por otra parte, cuando son recolectados tardíamente, aunque aumente su producción por hectárea, presentan un alto contenido en glúcidos estructurales en sus paredes (celulosa, hemicelulosa y lignina) y un bajo contenido en materias nitrogenadas, lo que determina un bajo valor nutritivo y un menor consumo, desaconsejándose para ensilar. (Cañete y Sacha, 1998)

2.1.7. Aditivos y preservativos:

A partir de la década de 1990, el uso de aditivos para mejorar las condiciones del proceso de ensilaje comenzó hacerse muy común. Existe un amplio rango donde escoger sustancias como aditivos y actualmente se dispone de un gran número de aditivos químicos y biológicos comerciales adecuados para el ensilaje. (Rider, 1997)

Son sustancias o materiales que se añaden a los forrajes que se van a ensilar, con el objetivo de aumentar la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables, las poblaciones de bacterias benéficas para el proceso o para mejorar la palatabilidad del alimento.

Para ser efectivo un aditivo o preservativo, debe cumplir con los siguientes propósitos:

- Añadir nutrientes
- Proporcionar ácidos adicionales que mejoren las condiciones del pH
- Inhibir tipos de bacterias indeseables
- Reducir la cantidad de oxígeno presente directa o indirectamente
- Reducir el contenido de humedad del silo
- Absorber algunos nutrientes que se pueden perder en los líquidos que drenan del silo.

Los aditivos son fundamentalmente de dos tipos: los estimulantes y los inhibidores. Los estimulantes favorecen el desarrollo de las bacterias productoras de ácido láctico.

Los inhibidores limitan el crecimiento de los microorganismos, dependiendo de la cantidad de aditivo utilizada.

MELAZA:

El uso de melaza para aumentar los azúcares naturales en el ensilaje ha sido ampliamente aplicado. Para proveer una cantidad significativa de azúcar, que tenga alguna influencia positiva sobre la fermentación.

Algunos forrajes verdes como leguminosas y ciertos pastos, tienen un bajo contenido de azúcar. Por lo tanto, adicionando melaza se puede incrementar la producción de ácido láctico y acético, mejorando la calidad y preservación del ensilaje. Además, la melaza incrementa la palatabilidad.

Cuadro 3. Efecto y uso de la melaza, en la producción de pastos y forrajes

Aditivos	Efecto	Uso
Melaza	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuye a reducir el pH, la producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Se disuelve en agua para facilitar la aplicación.

	<p>de NH₃ y el nitrógeno volátil.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la producción de ácido láctico. • Favorece la producción de ensilajes más estables, con mejor color, olor y sabor. • Mejora la respuesta en la producción animal. • Mejora la digestibilidad y el valor nutritivo. • Coadyuva en el aprovechamiento de la urea. • Promueve la rápida fermentación del ácido láctico. • Conserva un poco el Caroteno que contiene la planta verde. • Produce casi el mismo efecto que los aditivos ácidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su eficiencia es mayor cuando los forrajes tienen entre el 22% y 28% de materia seca. • Se adiciona al material a medida que se carga el silo. Diluida en un volumen igual de agua. • Dosis según estado de madurez de las plantas: <ul style="list-style-type: none"> 80-85% de humedad = 50 kg/ton F.V. 70-75% de humedad = 40 kg/ton F.V. <75% de humedad = 15-20 kg/ton F.V. Promedio gramíneas = 20 kg/ton F.V. Si la humedad >75%=5-7 kg/ton F.V. más 100 kg de grano/ton F.V. Promedio leguminosas=40 kg/ton F.V. Gramíneas y leguminosas jóvenes = 5-12 kg/ton F.V. + 50 – 100 kg de grano/ton F.V.
--	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora el patrón general de fermentación. 	
--	---	--

Fuente: Bernal y Chaverra, 2002

Cuadro 4. Categorías de aditivos para ensilaje

Tipo de aditivo	Ingrediente activo típico	Comentarios
Estimulantes de fermentación	<ul style="list-style-type: none"> - BAC - Azúcares - Enzimas 	Puede afectar la estabilidad aeróbica
Inhibidores de la fermentación	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido fórmico* - Ácido láctico* - Ácidos minerales - Nitritos - Sulfitos - Cloruro de sodio 	Inhibición de clostridios
Inhibidores de deterioro aeróbico	<ul style="list-style-type: none"> - BAC - Ácido propiónico* - Ácido benzoico* - Ácido sórbico* 	
Nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> - Urea - Amoníaco - Minerales 	<p>Puede mejorar estabilidad aeróbica</p> <p>Puede mejorar estabilidad aeróbica</p>

Absorventes	- Pulpa seca de remolacha azucarera - Paja	
-------------	---	--

Fuente: McDonald, 1991

2.1.8. Determinación de la calidad de ensilaje:

Existen diferentes métodos de evaluación de la calidad del ensilaje.

Los puntos de investigación del método sensorial son el color, el aroma, la textura y el pH. Se evalúa cada punto y se determina la evaluación del ensilaje en la suma.

Si la sumatoria de valores asciende a los 80 puntos pueden suministrar a cualquier ganado sin ningún problema, pero si es igual o inferior a 50 puntos, es necesario seleccionar el ganado que resiste este alimento. La mala calidad del ensilaje no debe ser alimento para las vacas preñadas y lecheras. (Inatec. 2016)

Cuadro 5. Método sensorial de evaluación de la calidad del ensilaje (combinación de pH y sensorial)

Resultado de pH		Resultado organoléptico			
pH	Resultado	Organoléptico		Resultado	
4,1 menor	60	Olor	(A) Olor específico del ensilado	20	
4,2	55		(B) Olor ácido específico del ensilado	16	
4,3	40		(C) Se detecta olor mezclado con el del ácido butírico o ácido valérico	8	
4,4	30		(D) Se detecta un olor desagradable o putrefacción	0	
4,5	23	Textura	(A) Es suave y aceptablemente húmedo	20	
4,6	13		(B) Es ligeramente húmedo	16	
4,7	3		(C) Goteo de agua	8	
4,8 mayor	0		(D) Es excesivamente seco o viscoso	0	
Resultado total = Resultado del pH + Resultado del olor + Resultado de la textura					
Calificación		Excelente	Bueno	Aceptable	Insatisfactorio
Resultado Total		100 - 81	80 - 61	60 - 31	10 - 0

Fuente: INATEC, 2016

Cuadro 6. Método sensorial de evaluación de la calidad del ensilaje

Organoléptico		Resultado		
Olor	(A) Olor específico del ensilado	25		
	(B) Olor ácido específico del ensilado	20		
	(C) Se detecta olor mezclado con el del ácido butírico o ácido valérico	10		
	(D) Se detecta un olor desagradable o putrefacción	0		
Sabor	(A) Sabor ácido específico del ensilado	25		
	(B) Se reconoce ligeramente un sabor ácido desagradable	20		
	(C) Sin sabor ácido	5		
	(D) Color gris o marrón oscuro	0		
Color	(A) Color brillante, similar al del material de forraje	25		
	(B) Color ligeramente negruzco	10		
	(C) Color gris o marrón oscuro	0		
Textura	(A) Es suave y aceptablemente húmedo	20		
	(B) Es ligeramente húmedo	16		
	(C) Es excesivamente seco o viscoso y hay presencia de moho	0		
Resultado total = Resultado del olor + Resultado del sabor + Resultado del color + Resultado de la Textura				
Calificación	Excelente	Bueno	Aceptable	Insatisfactorio
Resultado Total	100 - 81	80 - 61	60 - 31	30 - 0

Fuente: INATEC, 2016

2.1.9. *Moringa oleífera*:

La planta de *M. oleífera* es nativa de la India, se ha cultivado en África, sur y sureste de Asia, el centro y sur de América, México, Malasia, Indonesia y las Filipinas (Paliwal et al., 2011). Esta planta tiene uso tanto medicinal como nutricional, por sus altos niveles de proteína, potasio, calcio, hierro, vitaminas A y C. (Hiawatha, 2010; Pérez et al., 2010; Olson y Fahey, 2011; Martin, 2012)

Se destaca con mayor contenido de proteína cruda y debido a estas cualidades que posee, se le considera una de las plantas más importantes del planeta, con un alto impacto sobre la nutrición animal (Mathur, 2005; NRC, 2006; Asaolu et al., 2011; Olson y Fahey, 2011).

Se trata de un árbol perenne, el cual presenta variedades anuales, aunque otras pueden vivir hasta 20 años. Es una leguminosa de rápido crecimiento, que aporta nutrientes al suelo, evita la erosión, impide el paso directo al suelo de los rayos solares y disminuye el porcentaje de evaporación de agua;

controlando indirectamente la temperatura del área cubierta. (Jyothi et al., 1990; Morton, 1991)

Clasificación Taxonómica de la Moringa (*Moringa oleífera*)

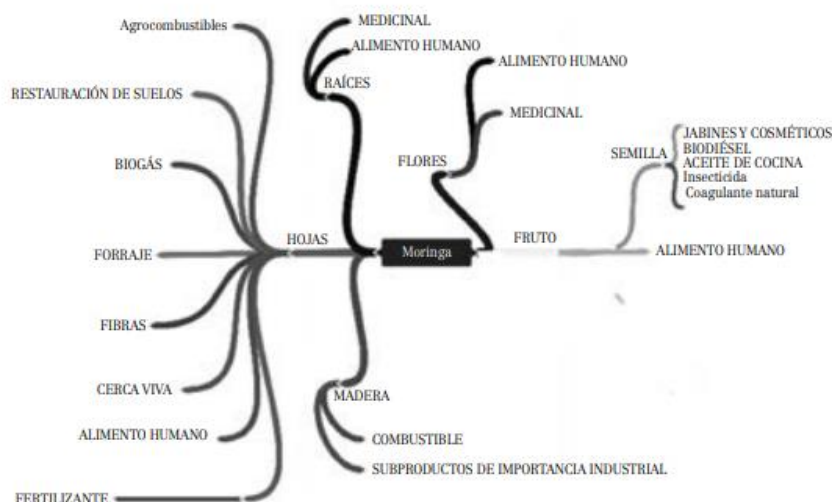
Nombre Científico:	<i>Moringa oleífera</i>
Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Brassicales</i>
Familia:	<i>Moringaceae</i>
Género:	<i>Moringa</i>
Especie:	<i>M. oleífera</i>

Figura 1: Partes de la *Moringa Oleífera*: A) trozo de rama floreciente, B) flor individual, C) flor individual (corte longitudinal), D) fruto o vaina (corte transversal), E) fruto, F) pieza de un fruto maduro (vista frontal), G) semilla



Fuente: Engler et al. (1888 – 1891)

Figura 2: Los diferentes usos de la *Moringa Oleífera*



Fuente: Castro (2013)

La Moringa (*Moringa oleífera*) es un árbol de desarrollo rápido: su copa alcanza hasta 3 metros y en condiciones especiales 5 metros en su primer año. El adulto presenta alturas de hasta 10 o 12 metros, la copa es poco densa, abierta, tirando a sombrilla (tipo acacia), el tronco puede ser sencillo o múltiple, su sistema radicular no fija nitrógeno y es muy fuerte.

Es tolerante a la sequía, aunque pierde las hojas en épocas de poca lluvia. Aprovecha riegos esporádicos y cantidades mínimas de fertilizantes. Las otras especies de Moringa presentan diversas formas y atributos.

Las flores son color crema y se muestran primordialmente en épocas de poca lluvia, cuando los arboles pierden las hojas.

El fruto es similar a una legumbre, de forma triangular y presenta 30-45 cm de longitud. Las semillas son oscuras, redondas y con un tejido en forma de alas. (Montesinos, 2010).

En el árbol de Moringa (*Moringa oleífera*), la mayor fuente de Proteína la constituyen sus tallos (9% - 11%), ramas y hojas (23% - 27%). Sus frutos y flores

son fuente de Retinol y Ácido Ascórbico. Las semillas tienen niveles superiores al 30% de aceite y su torta contiene niveles superiores al 50% de proteína.

Cuadro 7. Valores de energía de *Moringa Oleífera*

Indicador	Hojas	Tallos	Hojas y tallos
TDN	63.72	45.17	55.12
Energía digestible, Mcal/kg MS	2.81	1.99	2.43
Energía metabolizable, Mcal/kg MS	2.30	1.63	1.99

Fuente: Montesinos, 2010

Cuadro 8. Composición nutricional promedio de los diferentes componentes de *Moringa Oleífera*

Componentes	PC(%)*	MO(%)*	FDN(%)*	CEN(%)*
Hojas	18.1	87.8	32.0	7.5
Tallos y Ramas	4.6	89.2	66.7	6.3
Raíz	4.6	88.9	39.4	7.9

Fuente: Ordoñez, 2017

*PC, Proteína Cruda (Nitrógeno total x 6.25); MO, materia orgánica; FDN, fibra detergente neutro; CEN, cenizas

Cuadro 9. Composición química de *M. oleífera* de 288 semanas de edad

Indicador	Hojas y Tallos	
	Jóvenes	Desarrollados
Materia seca (%)	66.86	34.90
Proteína (%)	21.59	26.74
Extracto etéreo (%)	3.73	3.80
Ceniza (%)	9.83	10.63
Energía digestible (Mcal/kg MS)	2.99	2.93
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2.45	2.39

Fuente: Garavito, 2008

Cuadro 9. Composición química de *M. oleífera* de 8 semanas de edad

Indicador	Hojas	Tallos	Hojas y tallos
Materia seca (%)	89.60	88.87	89.66
Proteína (%)	24.99	11.22	21.00
Extracto etéreo (%)	4.62	2.05	4.05
Fibra cruda (%)	23.60	41.90	33.52
Ceniza (%)	10.42	11.38	10.18
Extracto no nitrogenado (%)	36.37	33.45	31.25
Energía digestible (Mcal/kg MS)	2.81	1.99	2.43
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2.30	1.63	1.99

Fuente: Garavito, 2008

2.1.9.1.1. Ensilaje de *Moringa oleífera*:

Diversas investigaciones se han realizado para utilizar al máximo el forraje, en donde se ha obtenido que, una forma de ahorrar en costos de suplementación es almacenando forraje (ensilar) en temporadas con mayor producción, con el propósito de que en temporadas de escasas poder ofrecer a los animales un forraje de buena calidad. (Kemble, 1956; Mendieta *et al*, 2009 y Mendieta *et al.*, 2011a)

La calidad del ensilaje de moringa ha sido evaluada por Mendieta *et al.* (2009), quienes concluyeron que el forraje de moringa con 1 a 5 % de melaza agregada, produce un ensilaje de buena calidad. Posteriormente, Mendieta *et al.* (2011a), realizaron una investigación en la que encontraron que el ensilado de moringa puede ser ofrecido a vacas lecheras en grandes cantidades sin ningún efecto negativo en el consumo de nutrientes o digestibilidad, además de que las vacas alimentadas con grandes cantidades de moringa producen la misma cantidad y tan alta calidad de leche como las vacas alimentadas con dietas convencionales de pasto elefante.

El ensilar forrajes es un método para preservar las características nutricionales lo más similar al forraje fresco. Existen diversas formas de ensilar un forraje, pero todas tienen el mismo principio, que consiste en evitar que el forraje tenga contacto con el oxígeno y mantener la temperatura por debajo de los 30 °C, así como mantener un nivel de humedad constante, teniendo el forraje con el punto óptimo de humedad entre el 60 y 70 %, se compacta y posteriormente se cubre con lona o plástico, cuando se tienen dimensiones pequeñas de forraje, se pueden usar bolsas de plástico (silo bolsas) compactadas con el peso de una persona, mientras que en volúmenes grandes se puede cubrir solo con una lona después de compactar con el peso del tractor. (SAGARPA, 2012a)

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Análisis de tesis

“Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleífera* fresca o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche”, Rosario Rodríguez Pérez, (2011)

Resumen:

Moringa oleífera, fresca o ensilada, se comparó con una dieta control basada en P. purpureum cv CT-115 + concentrado comercial como dieta única para vacas lecheras. Se evaluó el efecto de las dietas experimentales sobre el consumo y la digestibilidad, la producción y composición de la leche, y las características organolépticas de leche y queso. Seis vacas lecheras fueron utilizadas en un experimento cuadrado latino 3x3, con dos repeticiones. Las dietas de Moringa fueron isocalóricas respecto a la dieta control. El consumo de MS de los tratamientos de Moringa fue significativamente mayor ($P < 0.05$) la manifestó el control respecto a los tratamientos de Moringa (fresca o ensilada), con la excepción de la digestibilidad de la PB. La producción de leche del tratamiento de Moringa ensilado fue ligeramente inferior (9%) respecto a los otros dos

tratamientos. La composición de la leche fue similar entre todos los tratamientos. Sin embargo, la leche del tratamiento de Moringa fresca presentó un sabor y aroma a hierba, significativamente diferente ($P < 0.001$) de los otros dos tratamientos, a pesar de que era normal en color y apariencia. No se observaron diferencias organolépticas entre la leche del tratamiento control y el tratamiento de ensilaje de Moringa. Igual comportamiento se encontró en el queso elaborado a partir de la leche de los tres tratamientos. El análisis financiero favorece a los tratamientos de Moringa. La conclusión es que el ensilaje de Moringa se puede utilizar para alimentar vacas lecheras en grandes cantidades para producir la misma cantidad y calidad de la leche que las dietas convencionales.

“*Moringa Oleífera* LAM.: Una alternativa de forraje con alto contenido de proteína para las partes bajas del Estado de Nuevo León”, Zahidd Meza Carranco, 2017

Resumen:

El cultivo de *Moringa oleífera* Lam. para la producción de forraje, es una importante alternativa debido a su alto contenido de proteína. Esta especie se desarrolla en lugares de clima cálido, tal como el registrado en las partes bajas del Estado de Nuevo León, México, durante los períodos primavera, verano y otoño, por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha⁻¹ año⁻¹), dos variedades de *M. oleífera* (vaina corta y vaina larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m⁻²) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm) en cuanto al crecimiento de *M. oleífera* (altura de planta, diámetro de tallo, número de tallos y número de hojas), la producción de biomasa fresca y seca en hojas y tallos, así como su contenido de proteína cruda, proteína verdadera, nitrógeno no proteico, además de determinar en el forraje el contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, cenizas, proteína cruda en las fracciones de fibra detergente neutro (PC FDN), fibra detergente ácido (PC FDA) y lignina (PC lignina), así como evaluar tres tipos de almacenamiento (forraje seco, ensilado de moringa y ensilado de moringa con melaza) y dos tiempos de

almacenamiento (84 y 168 días) en el contenido de PC, FDN, FDA, lignina y cenizas. Los resultados indicaron que el cultivo de *M. oleífera* se adaptó bien a las partes bajas de este Estado, ofreciendo una alternativa como fuente de proteína tanto en forraje como en ensilado, por lo que se recomienda su cultivo para tal fin en estas localidades.

2.2.2. Artículos de investigación

“Efecto del estado de corte sobre el valor nutricional de *Moringa oleífera* bajo condiciones de la Irrigación de Majes Arequipa, Perú”, Jorge L Zegarra Paredes, MVZ, MSc; Alexander D. Obando Sánchez, Ing. Zoot, Dr Sc; Humberto Strezt Chávez Ing. Agr, MSc, 2017

Resumen:

Introducción: La *Moringa oleífera* es una planta arbórea que ha demostrado en otras latitudes buena adaptación a climas áridos, con un muy bajo consumo de agua, y una calidad nutricional aceptable, para el consumo en rumiantes. Objetivo: Determinar la composición químico-nutricional de la *M. oleífera* en cuanto a análisis proximal, de la pared celular, proteínas ligadas a la planta y valor energético en la época de verano de plantas enteras a los 30,60 y 90 d de rebrote bajo condiciones locales. Métodos: Se diseñó una parcela de 13 m de largo y 5 m de ancho con un área total de 65 m² conformada por seis filas de plantas. El sistema de riego fue a goteo. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones y tres tratamientos (tiempos de corte) analizando Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CZS), Pared Celular (FDN, FDA, LDA), Proteínas Ligadas (PIDN, PIDA), Carbohidratos No Fibrosos (CNF) y Energía Neta de Lactación (EN_L) por métodos convencionales de laboratorio. Resultados: La MS se elevó de 17,4% (30 d), hasta 20,6% (90 d) con diferencias entre tratamientos ($p < 0,05$). La PC disminuyó de 21,2 hasta 16,6%, con diferencias entre tratamientos ($p < 0,01$). En EE y CZS no hubo diferencias ($p > 0,05$). La FDN y La FDA aumentaron de 21,4 a 36,5% y de 12 a 18,8%,

respectivamente ($p < 0,01$). El T1 fue diferente a los demás tratamientos, sin diferencias entre T2 y T3. La LDA aumentó de 2,7 a 9,5% con diferencias entre los tres tratamientos ($p < 0,01$). La PIDN y la PIDA aumentaron de 7,9 a 15,4% y de 2,8 a 5,8%, respectivamente ($p < 0,01$). El T3 fue diferente a los demás tratamientos, sin diferencias entre T1 y T2. Los CNF disminuyeron de 45,1 a 32,5% con diferencias entre todos los tratamientos ($p < 0,01$). La ENL descendió de 1,6 a 1,4 Mcal/Kg de MS ($p < 0,01$). El T1 fue diferente a los demás tratamientos, sin diferencias entre T2 y T3. Conclusión: El estado de corte influyó de manera importante la composición química nutricional de *M. oleífera* mostrando un mejor valor nutricional a los 30 d de rebrote en la época de verano bajo las condiciones de la Irrigación Majes.

“Bacterial diversity and fermentation quality of *Moringa oleífera* leaves silage prepared with lactic acid bacteria inoculants and stored at different temperatures”, Yi Wang, Liwen He, Yaqi Xing, Wei Zhou, Ruiqi Pian, Fuyu Yang, Xiaoyang Chen, Qing Zhang, 2019

Resumen:

Cuatro cepas de bacterias del ácido láctico (LP, LF, LL, W), aisladas y seleccionadas del ensilaje de hojas de *Moringa oleífera* (MOL), se identificaron como *Lactobacillus plantarum*, *L. farciminis*, *Lactococcus lactis*, *Weissella thailandensis*, respectivamente. Se investigó la calidad de la fermentación y la comunidad bacteriana de MOL ensilada sin o con las cuatro cepas a 15 ° C y 30 ° C. Los resultados mostraron que todas las cepas de LAB disminuyeron ($P < 0.05$) el pH y el contenido de amoníaco-N del ensilaje de MOL. El ensilaje almacenado a 30 ° C mostró mayor ($P < 0.05$) Pérdida de MS, ácido acético y contenido de amoníaco-N, y un recuento de LAB menor que 15 ° C La temperatura ambiental también tuvo una gran influencia en la comunidad bacteriana del ensilaje MOL. La diversidad bacteriana fue menor y la abundancia de *Lactobacillus* fue mayor en los ensilajes almacenados a 15 ° C. En conclusión, los inoculantes LAB y una temperatura ambiental relativamente baja podrían ser efectivos para mejorar la calidad del ensilaje de MOL.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y

MÉTODOS

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del trabajo

El trabajo de campo se realizó en el campo Experimental del Fundo La Católica Majes, Distrito Majes, Provincia Caylloma Arequipa 2019.

Localidades	Latitud Sur	Longitud Este
C. Arequipa	16° 23'	71° 31'
Fundo La Católica Majes	16° 21'	71° 08'

SENAMHI (2005)

Las muestras obtenidas fueron remitidas y analizadas en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Católica de Santa María, localizado en el Fundo La Banda, Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

3.1.2. Localización temporal

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de diciembre de 2019, enero y febrero de 2020.

3.1.3. Material biológico

- Muestras de ensilajes de *Moringa Oleifera*.

3.1.4. Material de laboratorio

- Frascos estériles de vidrio
- Pipetas de 1 ml y 10 ml
- Tubos de ensayo

- Gradilla
- Agua destilada
- Beakers
- Frascos de plástico
- Bolsas plásticas de cierre hermético
- Varillas de vidrio
- Mandil
- Barbijo

3.1.5. Material de campo

- Bolsas de plástico
- Micro silos
- Guantes de látex.
- Hoces
- Pabilo.
- Papel toalla

3.1.6. Equipo y maquinaria

- Estufa de aire forzado a 55 °C.
- Balanza electrónica, sensibilidad 0.01 gr.
- Equipo Ankom® para determinación de fibras
- Equipo Micro – Kjeldahl para determinación de proteína
- Equipo destilador de agua.
- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- 01 molino tipo sifón, FOSS Cyclotec, con mallas de 1.0 mm y 2.0 mm.

3.1.7. Otros materiales

Material digital y de escritorio

- 01 equipo Laptop.
- Memoria USB.

Otros materiales.

- Computadora con software Word, Excel y SAS V8.0.
- Fichas para el registro.
- Base de datos.
- Hojas de cálculo Excel.
- Cronograma de muestreo.

3.2. Métodos

3.2.1. Muestreo

▪ Universo

Estuvo compuesto por el forraje de *Moringa oleífera var Lam* recolectado de la parcela experimental de 1.2 Ha sembrada en el Fundo La Católica Sección B Zona Especializada Irrigación de Majes

▪ Tamaño de la muestra

Se seleccionaron al azar dentro del campo Experimental del Fundo La Católica Majes, 12 muestras de los forrajes en estudio, distribuidas de la siguiente manera: 06 muestras de Moringa fresca, de las cuales a 3 se agregó melaza como aditivo; y 06 muestras de Moringa desecadas, de las cuales a 3 se les agregó melaza como aditivo.

Las muestras de ensilajes procedieron de micro silos con más de 1 mes de elaboración, correctamente sellados para que mantengan una adecuada anaerobiosis en el proceso fermentativo.

▪ **Procedimiento de muestreo**

Se cortó la Moringa con 30 días de rebrote, mediante transectas en el campo, obteniendo un promedio de 500 a 1000 gr de material para el análisis correspondiente en el laboratorio desecadas por 4 horas al aire y expuestas al sol, y se procedió a ensilar en micro silos confeccionados en baldes de plástico 20 litros, sellados con plástico y tierra por 40 días, y se compactaron muy bien para obtener una adecuada anaerobiosis en el proceso de fermentación.

Para el muestreo del ensilaje se sacaron pequeñas porciones de la parte central del silo que se llevaron a su análisis correspondiente en el laboratorio.

3.2.2. Formación de las unidades experimentales de estudio

Las unidades de estudio, estuvieron formadas por las muestras de ensilaje de *Moringa Oleífera*, ensiladas a diferentes porcentajes de materia seca, con y sin inclusión de melaza, con 40 días de fermentación.

Nombre común	Nombre científico	Variedad
Moringa	<i>Moringa oleífera</i>	Moringa Oleífera

Cuadro 10. Unidad experimental de estudio

3.2.3. Métodos de evaluación

A). Metodología de la experimentación.

• **Metodología para la elección de las unidades de experimentación**

La elección de las unidades experimentación, es decir cada una de las muestras de Moringa, se realizó de manera completamente aleatoria. Se utilizó un sistema de muestreo simple aleatorio dentro de la zona seleccionada de la Irrigación Majes.

- **Metodología para la recolección y preparación de las muestras.**

Las muestras fueron recolectadas en la zona anteriormente mencionada. Las muestras estuvieron constituidas por material comestible (hojas y tallos), se cortaron y luego se procedió al picado, con un tamaño promedio de 1 pulgada.

El secado se realizó en campo durante 6 horas de oreo al sol, 6 muestras se sometieron a este secado para alcanzar de 25 a 28% de materia seca al momento de ensilar, a 3 se le colocó melaza a razón de 10% de peso del material a ensilar, es decir 100 grs. de melaza por cada kg de Moringa picada. Luego fueron colocadas en microsilos de plástico donde completaron el proceso de fermentación durante 30 días.

Una vez cumplido este periodo se tomaron muestras representativas de los micro silos, evitando las zonas externas o dañadas por pérdida de anaerobiosis, las cuales fueron inmediatamente analizadas para medir su pH.

Posteriormente a esta medición las muestras que se recolectaron fueron pesadas y trasladadas en refrigeración hacia el laboratorio de análisis. En el laboratorio se colocaron en la estufa de aire forzado a 55 ° C durante 48 horas y posteriormente se molieron en un molino Cyclotec (Foss, Hillerod – Dinamarca), utilizando una malla de 2.0 mm, para su posterior análisis químico nutricional.

- **Procesamiento para el análisis de de composición químico – nutricional de las muestras**

- a) **DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA (MSA).**

El protocolo que se utilizó fue el descrito por la AOAC (1990), el cual menciona que el agua contenida en los alimentos se evapora por encima de los 100 ° C, y consecuentemente el residuo remanente permite estimar gravimétricamente el contenido de materia seca del material puesto a secar inicialmente.

i. Materiales.

- Desecador con sílica gel.
- Cápsulas de porcelana, aluminio o acero inoxidable (crisoles)

ii. Equipo.

- Balanza de precisión.
- Estufa de aire por convección natural termo regulada a 105°C

iii. Procedimiento.

- Se realizó a cada una de las muestras.
- Las cápsulas de porcelana que se utilizaron estuvieron completamente secas, es por ello que se colocaron los crisoles en la estufa a 105°C un día antes.
- Al día siguiente, se retiraron los crisoles de la estufa, se colocaron en un desecador y se dejaron enfriar por unos 20 a 30 minutos.
- Se registraron los pesos de los crisoles en una balanza analítica; los crisoles fueron retirados del desecador con ayuda de una pinza se colocaron sobre la balanza, dichos crisoles fueron enumerados antes de pesarlos.
- Se colocaron en los crisoles una cantidad de muestra de peso conocido, aproximadamente 2 g.
- Se colocaron los crisoles, con muestras previamente pesadas, en una estufa regulada a 105°C durante 3 horas.
- Se retiraron las muestras de la estufa y se colocaron en el desecador, se dejaron enfriar hasta que estuvieron en temperatura ambiente y luego se pesaron.

iv. Cálculo.

Para obtener la materia seca absoluta se hicieron las siguientes operaciones:

El protocolo que se utilizó fue el descrito por la AOAC (1990), el cual menciona que el agua contenida en los alimentos se evapora por encima de los 100°C , y consecuentemente el residuo remanente

permite estimar gravimétricamente el contenido de materia seca del material puesto a secar inicialmente.

i. Materiales.

- Desecador con sílica gel.
- Cápsulas de porcelana, aluminio o acero inoxidable (crisoles)

ii. Equipo.

- Balanza de precisión.
- Estufa de aire por convección natural termo regulada a 105°C

iii. Procedimiento.

- Se realizó a cada una de las muestras.
- Las cápsulas de porcelana que se utilizaron estaban completamente secas, es por ello que se colocaron los crisoles en la estufa a 105°C un día antes.
- Al día siguiente, se retiraron los crisoles de la estufa, se colocaron en un desecador y se dejaron enfriar por unos 20 a 30 minutos.
- Se registraron los pesos de los crisoles en una balanza analítica; los crisoles fueron retirados del desecador con ayuda de una pinza se colocaron sobre la balanza, dichos crisoles fueron enumerados antes de pesarlos.
- Se colocaron en los crisoles una cantidad de muestra de peso conocido, aproximadamente 2 g.
- Se colocaron los crisoles, con muestras previamente pesadas, en una estufa regulada a 105°C durante 3 horas.
- Se retiraron las muestras de la estufa y se colocaron en el desecador, se dejaron enfriar hasta que estuvieron en temperatura ambiente y luego se pesaron.

iv. Cálculo.

- Para obtener la materia seca absoluta se hicieron las siguientes operaciones:

$$P. inicial = p. vaso + P. muestra$$

$$\%MST = \frac{(P. final - P. vaso) \times 100}{P. inicial - P. vaso}$$

$$\%MSA = \frac{\%MSP \times \%MST}{100}$$

Donde:

P = Peso

%MST = Porcentaje de materia seca total, el resultado obtenido de esta fórmula sirvió para ajustar los resultados de todos los análisis (MS, PC, FDN, FDA, CNZ) al momento de expresarlos en base seca.

%MSP = Porcentaje de materia seca parcial, este resultado se obtuvo haciendo una regla de tres simple, se utilizaron los datos de peso inicial de la muestra con que se puso a la estufa, y el peso después de sacar la muestra de la estufa.

Con este resultado se ajustó la materia seca absoluta.

%MSA = Materia seca absoluta, el resultado que se obtuvo de esta fórmula fue el que se reportó en las tablas como materia seca (MS).

Todas las fórmulas que se utilizaron para el cálculo de materia seca absoluta o materia seca, se resolvieron en hoja de cálculo Excel, donde las celdas en blanco fueron llenadas con los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, y las celdas coloreadas llevaron las fórmulas para calcular.

b) DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS.

El protocolo que se utilizó fue el descrito por la AOAC (1990), que indica que la materia orgánica de la muestra es calcinada, eliminándose como CO_2 , por lo que el residuo reúne las sustancias minerales.

i. Materiales.

- Cápsulas de porcelana (crisoles)
- Desecador

ii. Equipos.

- Horno mufla
- Balanza de precisión (0.1 mg)

iii. Procedimiento:

- El sustrato con el que se trabajó fue la muestra sometida a 105°C
- Se programó la mufla a 600°C , cuando los crisoles estuvieron en su interior.
- Se apagó la mufla y se dejó enfriar hasta $150 - 200^\circ\text{C}$
- Se retiraron los crisoles de la mufla y se pusieron en un desecador, se dejaron enfriar y luego se pesaron.

c) DETERMINACIÓN DE LA PROTEÍNA CRUDA (PC)

Se utilizó la metodología de Kjeldhal, citado por Van Soest, (1998). Para realizar este tipo de análisis comprende 3 fases:

- Digestión
- Destilación
- Titulación

FASE DE DIGESTIÓN:

El equipo que se utilizó para esta prueba fue el llamado Bloque de Digestión, esta unidad de digestión estuvo constituida por un bloque calefactor, una unidad de control y un sistema de eliminación de vapores.

El bloque calefactor, aloja los tubos de digestión, para una óptima transmisión del calor y conseguir una buena homogeneidad de temperatura entre los tubos, es indispensable que el diámetro de los tubos sea el adecuado para el bloque utilizado.

En la digestión de muestras para micro Kjeldahl, el calentamiento en varios pasos permite un óptimo control de las espumas producidas, al tener la posibilidad de evaporar el agua de la muestra antes de la digestión a 400 ° C.

Finalmente, para la extracción de los humos producidos por la digestión se utilizó un colector de humos junto a una unidad Scrubber. La unión del colector de humos con el tubo de muestra fue hermética.

i. Materiales

- 12 tubos de digestión micro Kjeldahl
- Muestras (alimento molido)
- Catalizador (Sulfato de cobre penta hidratado 6,25% con Sulfato de potasio 93,75%)
- 24 perlas de vidrio
- Ácido sulfúrico al 98,2 %
- Agua destilada
- Pipetas

ii. Equipos

- Equipo de digestión (Bloque de digestión, J.P Selecta, Barcelona – España)
- Balanza de precisión

iii. Preparado de muestra

Para el proceso de digestión se seguirán los siguientes pasos:

- Se colocaron los 8 tubos micro Kjeldahl, en la gradilla porta tubos, previamente lavados y secados.
- Se pesaron 0.15 gr de muestra (forraje de Moringa previamente molido) para cada tubo micro Kjeldahl
- Se pesó 1 gr de catalizador (sulfato de cobre penta hidratado 6,25% + sulfato de potasio 93,75%) para cada tubo micro Kjeldahl
- Se colocaron 2 perlas de vidrio en cada tubo micro Kjeldahl
- Se colocaron 4 ml de H₂SO₄ al 98,2% de concentración en cada tubo micro Kjeldahl
- Se llevaron los 8 tubos al bloque de digestión y se colocaron cada tubo en su respectivo alojamiento en el bloque calefactor
- Se preparó hidróxido de sodio (NaOH) para la trampa de vacío, la cual consta de 2 botellas de vidrio que están conectadas entre el colector de vapores y el scrubber, una de las botellas no contenía NaOH, el mismo que se encontró vacío, de otro lado la segunda botella contenía 300 ml de NaOH al 15%; para preparar esta cantidad y concentración de hidróxido de sodio la relación fue de 15 g de NaOH y se enrasó con agua destilada hasta 100 ml.
- Se montó encima de los tubos micro Kjeldahl el colector de vapores y se encendió el Scrubber.
- El tiempo de digestión fue de 3 horas y 30 minutos
- Transcurrido el tiempo de digestión, se apagó el equipo y se dejó enfriar la muestra por un tiempo de 15 a 20 minutos, luego se hizo la dilución agregando agua destilada 10 ml a cada tubo micro Kjeldahl y

se trató de despegar las perlas de vidrio que se pegaron; luego dejamos enfriar los tubos para proceder con la destilación.

FASE DE DESTILACIÓN:

i. Materiales

- Matraz
- Ácido bórico al 4%
- Azul de metileno y rojo de metilo
- Hidróxido de sodio al 40%
- Agua destilada con una conductividad mínima de 20 Micro Siemens para el tanque de agua del equipo
- Cloruro de sodio

ii. Equipos

- Equipo de destilación Micro Kjeldahl
- Balanza analítica

iii. Procedimiento

- Se preparó 300 ml de ácido bórico al 4% para los 8 tubos
- Se puso el ácido bórico 25 ml en un matraz más 2 gotas de indicador (azul de metileno y rojo de metilo), luego se llevó el matraz al equipo de destilación.
- Se colocó 300 ml mínimo de NaOH al 40% en el tanque de hidróxido de sodio
- Se agregó agua destilada al tanque de agua del equipo, el agua destilada que se agregó debía tener una conductividad mínima de 20 Micro Siemens, para que se pueda obtener esta conductividad se prepararon 6 litros de agua destilada más 0,3 gr de sal yodada de cocina.
- Se colocó un tubo Micro Kjeldahl con las muestras ya digeridas al equipo de destilación.

- La destilación se realizó en 8 minutos, luego de este tiempo se retiró el tubo y se dejó enfriar para su posterior titulación.

FASE DE TITULACIÓN

i. Materiales

- Micro – Bureta
- Ácido clorhídrico al 0,25% N

ii. Procedimiento

- Se colocó el ácido clorhídrico 0,25 normal en la micro bureta para la titulación.
- Se colocó el matraz con la muestra destilada debajo de la bureta.
- Se dejaron caer gotas de ácido clorhídrico en el matraz y cuando hubo cambio de color se hizo la lectura en la bureta, el gasto de HCl y la lectura se anotaron para el posterior cálculo de la proteína.

iii. Cálculos

Los cálculos de nitrógeno (N) y proteína cruda (PC) en las muestras se realizaron de la siguiente manera:

Cálculo de la cantidad de nitrógeno detectado.

$$\%NT(MF) = \frac{1,4 \times (V_1 - V_0) \times (N \times FC)}{P}$$

$$\%PC(MF) = \% \text{ Nitrogeno (MF)} \times F$$

$$\%PC(M.S) = \% PC(MF) \times \frac{\%M.S}{100}$$

Leyenda:

%NT = Porcentaje de nitrógeno total

P = Peso en gramos de la muestra

V1 = Volumen de ácido clorhídrico (HCl) consumido en la valoración

N = Normalidad del HCl

V0 = Volumen de HCl consumido en la valoración del blanco (ml)

F = Factor de conversión para pasar de contenido de nitrógeno a contenido de proteína. Para la mayoría de alimentos se utiliza un valor de 6,25

FC = Factor de corrección del ácido clorhídrico

PC = Proteína cruda

MF = Materia fresca

MS = Materia seca

Todas las fórmulas que se utilizaron para el cálculo de Proteína Cruda se resolvieron en hoja de cálculo Excel, donde las celdas en blanco fueron llenadas con los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, y las celdas coloreadas de celeste llevaron las fórmulas para calcular.

d) DETERMINACIÓN DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN)

Para el análisis de FDN se utilizó la metodología descrita por Van Soest, citado por Ankom, (2002). Se utilizó para este análisis un aparato de digestión que menciona el residuo fibroso (FDN, fundamentalmente celulosa, hemicelulosa y lignina) se obtiene luego de disolver con detergente neutro los compuestos presentes en el contenido celular junto con sustancias de la pared celular de fácil digestión.

i. Materiales

- Bolsas filtrantes (ANKOM technology f57 filter bags)
- Desecador
- Sellador por calor

ii. Equipos

- Balanza analítica precisión 0,1 mg
- Estufa de secado regulado a 105 ° C
- Aparato de digestión (ANKOM 200/220 Fiber Analyzer)

iii. Reactivos

- Solución detergente neutro (SDN), por cada litro de solución:
 - 1) 30,0 g de lauril sulfato de sodio (SDS)
 - 2) 18,61 g de EDTA – sodio dihidratado
 - 3) 6,81 g de tetraborato de sodio decahidratado
 - 4) 4,56 g de fosfato dibásico de sodio anhidro
 - 5) 10 ml de trietilenglicol o etilenglicol
- Alfa – amilasa termoestable
- Sulfito de sodio – Na_2SO_3 anhidro
- Acetona, se usó un grado que estuvo libre de colores y que no tuvo niveles elevados de evaporación

iv. Procedimiento

- 1) Preparado de la muestra
 - Se rotuló debidamente las bolsitas filtrantes (2 por cada muestra a analizar), las bolsas para blanco no llevaron muestra.
 - Se pesaron las bolsas de filtro y se llevaron a cero la balanza.
 - Se pesaron aproximadamente 0,5 g de la muestra molida
 - Se hizo el sellado por calor a las bolsas, cercano al borde y cuidando que los lados internos de las muestras estuvieran limpios para garantizar un buen sellado.
 - Se distribuyó la muestra uniformemente dentro de las bolsas.
 - Las bolsas se sometieron a un lavado por inmersión con acetona durante 3 minutos, luego las muestras se secaron completamente antes de ser sometidas a la digestión.
- 2) Para procesar las bolsas, se agregaron 1000 ml de solución detergente neutro dentro del vaso de digestión.
- 3) Se agregaron 4ml de alfa amilasa, durante la digestión.
- 4) Se pusieron las bolsas con las muestras en la gradilla, luego se colocaron en el vaso digestor. Se cerró y se selló el vaso de digestión. La digestión fue durante un tiempo de 1 hora 15 minutos.
- 5) Terminado el proceso se interrumpió la agitación y el calentamiento, se abrió la válvula y se liberó la solución. La válvula se abrió primero

para liberar la presión, para luego abrir la tapa del vaso. Una vez liberamos la solución se volvió a cerrar la válvula.

6) Después de que la solución salió del vaso, se abrió la tapa del mismo, se agregó 2000 ml de agua destilada a temperatura de 70 a 90 ° C con 4 ml de alfa amilasa. Se cerró el vaso y se encendió el agitador por un tiempo de 5 minutos. Luego se liberó el agua y se repitió el procedimiento cuatro veces en total, y solo se agregó en los dos primeros la alfa amilasa.

7) Se sacaron las bolsas del digestor, el exceso de agua de las bolsas se extrajo con papel toalla. Se lavaron las bolsitas con acetona por inmersión durante 3 minutos y se removió el exceso de acetona por presión.

8) Se dejaron secar las bolsas a temperatura ambiente. Luego se completó el secado a 105 ° C durante 4 horas. Se dejó enfriar el desecador y se pesaron las muestras.

v. Cálculo

El cálculo de Fibra Detergente Neutro en la muestra se calculó de la siguiente manera:

1) Se calcula la muestra seca ajustada con la materia seca total

$$\text{muestra Seca} = \frac{\%MST \times \text{Muestra}}{100}$$

2) Cálculo de la pared celular (PC)

$$PC = (\text{bolsa} + \text{pared celular}) - \text{Bolsa}$$

3) Cálculo del porcentaje de la Fibra Detergente Neutro (FDN base seca)

$$FDN = \frac{\text{Pared celular} \times 100}{\text{muestra seca}}$$

Todas las fórmulas que se utilizaron para el cálculo de la Fibra Detergente Neutro, se resolvieron en una hoja de cálculo de Excel, donde las celdas en amarillo fueron llenadas con los resultados obtenidos del análisis de las muestras.

e) DETERMINACIÓN DE LA FIBRA DETERGENTE ÁCIDO (FDA)

La metodología que se utilizó fue de Van Soest, citado por Ankom, (2002), indica que se denomina Fibra Insoluble en detergente ácido al residuo fibroso que queda luego de disolver el contenido celular y la hemicelulosa del FDN, empleando detergente ácido, el cual está constituido fundamentalmente por celulosa y lignina.

i. Materiales

- Bolsas filtrantes (ANKOM Technology F57 Filter bags)
- Desecador
- Sellador por calor

ii. Equipos

- Aparato de digestión (Ankom 200/200 Fiber Analyzer)
- Balanza de precisión

iii. Reactivos

- Solución detergente ácido (SDA): por cada litro de solución
- 20 g de bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB o cetrimida)
- 27,7 ml de ácido sulfúrico concentrado al 98%
- Acetona, se usó un grado que estuvo libre de colores y que no tuvo niveles elevados de evaporación.

iv. Procedimiento

- 1) Se rotuló debidamente la bolsita filtrante (dos por cada muestra a analizar).

- 2) Se pesó la bolsa de filtro y luego se llevó a cero la balanza.
- 3) Se pesó 0,5 g de la muestra molida y se secó a 65°C y se digirió.
- 4) Se sellaron por calor las bolsas en el borde, cuidando que los lados internos de ellas estuvieran bien limpios para garantizar el sellado.
- 5) Se distribuyó la muestra uniformemente dentro de las bolsas.
 - Para procesar las bolsas se agregó la solución detergente ácido (SDA) a razón de 100 ml * bolsa.
 - Se agregó la solución detergente ácido dentro del vaso digestor.
 - Se pusieron las bolsas con las muestras en la gradilla, se colocaron el vaso digestor, se cerró y se selló el vaso de digestión.
 - Después de 1 hora y 15 minutos se interrumpió la agitación y el calentamiento, se abrió la válvula y se dejó salir la solución, la válvula se abrió primero para liberar la presión, y luego se abrió la tapa del vaso. Una vez se liberó la solución se volvió a cerrar la válvula.
 - Después de que la solución salió del vaso se abrió la tapa del mismo, se agregó aproximadamente 200 ml de agua destilada a $70 - 90^{\circ}\text{C}$, se cerró el vaso y se prendió el agitador por 5 minutos. Luego se liberó el agua y se repitió el procedimiento dos veces más hasta que se obtuvo pH neutro en el agua del lavado que se descartó.
 - Se sacaron las bolsas del digestor y se sacó el exceso de agua de las mismas presionando con los dedos. Se lavaron las bolsas con acetona por inmersión durante 3 minutos. Se removió el exceso de acetona por presión.
 - Se dejaron secar las bolsas a temperatura ambiente. Se completó el secado a 105°C durante 4 horas. Se enfrió el desecador y se pesaron las muestras.

v. Cálculo

El cálculo de Fibra Detergente Ácido en las muestras se calculó de la siguiente manera:

1) Cálculo de la fibra detergente ácido

$$FDA = (pb + FDA) - Bolsa$$

Donde:

Pb = peso de la bolsa

2) Del FDA en base seca

$$\%FDA(MS) = \frac{FDA \times 100}{muestra\ seca}$$

Todas las fórmulas que se utilizaron para el cálculo de la Fibra Detergente Ácido, se resolvieron en una hoja de cálculo de Excel, donde las celdas en blanco fueron llenadas con los resultados obtenidos del análisis de las muestras en laboratorio, y los espacios pintados en rosa llevan las fórmulas para calcular.

f) DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA NETA DE LACTANCIA (EN_L)

Se estimó el contenido de Energía Neta de Lactancia (EN_L) por la ecuación validada para forrajes y ensilajes a partir del contenido de FDA de las muestras (Menke y Steungass, 1988), donde:

$$EN_L (Mcal/kgMS) = [0.7 * (3.5 - (0.035 * FDA)) - 0.19]$$

g) DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO AMONIACAL (N – NH₃)

i. Materiales

- Bolsas con las muestras
- Matraz
- Papel

ii. Equipos

- Congeladora
- Licuadora
- Destilador de micro Kjheldal

- Microbureta manual
- Baño maría

iii. Reactivos

- NaOH
- Ácido bórico
- Gotas de indicador mixto (rojo de metilo + azul de metileno)
- Ácido clorhídrico (HCL)
- Agua destilada

iv. Procedimiento

Se pesaron 20 g de la muestra y se le adiciona 80 ml de agua destilada, se procedió a licuar la muestra, se filtró con gaza, se midió el pH y se extrajo 10 ml del filtrado, el cual se llevó al cuerpo del destilador y se le adicionó 25 ml de NaOH (10N = 40%) y en un Erlenmeyer se colocó 25 ml de ácido bórico + gotas de indicador mixto (rojo de metilo + azul de metileno), para fijar el amoniaco en un medio ácido, se destiló aproximadamente por 8 minutos, se colectó 200 ml de líquido condensado. Se tituló el líquido destilado con HCl de normalidad conocida, se verificó el cambio de coloración y se anotó el gasto.

h) DETERMINACIÓN DE LIGNINA

Se utilizó el método de Van Soest

Se determinó la lignina sometiendo la FDA a una digestión con ácido sulfúrico al 72% para oxidar los compuestos orgánicos excepto la lignina. El residuo contuvo lignina y algunos minerales. La lignina se separó de los minerales (sílice) oxidándola a 550 °C.

i) DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA INSOLUBLE EN DETERGENTE NEUTRO (PIDN)

El residuo del procedimiento NDF (sin sulfito de sodio) en la bolsa de filtro se analizó para nitrógeno: AOAC - Método oficial 990.03. Proteína en piensos. Método de combustión.

j) DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA INSOLUBLE EN DETERGENTE ÁCIDO (PIDA)

El residuo del procedimiento NDF (sin sulfito de sodio) en la bolsa de filtro se analizó para nitrógeno: AOAC - Método oficial 990.03. Proteína en piensos. Método de combustión.

k) DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS NO FIBROSOS (CNF)

Se aplicó la siguiente fórmula

$$\text{CNF} = 100 - [\text{PC} + (\text{FDN} - \text{PIDN}) + \text{Grasa} + \text{Cenizas}]$$

l) DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DEL HIDRÓGENO (pH)

i. Reactivos

- pH metro

ii. Procedimiento

El procedimiento se hizo de manera sencilla, solo fue necesario colocar el pH metro en la muestra, primero se hizo la medición en el mismo ensilado, y la siguiente fue en el momento del licuado de la muestra para analizar el nitrógeno amoniacal. Se tomaron los datos y se hizo un promedio.

B). Recopilación de la información.

- En el campo.
 - Muestras recopiladas de *Moringa Oleífera* para su posterior análisis.

- Observaciones anotadas
- En el laboratorio.
 - Mediante el análisis químico de las muestras.
- En la biblioteca.
 - Libros relacionados al tema.
 - Revistas científicas especializadas.
 - Tesis
- En otros ambientes generadores de la información científica.
 - Internet páginas Web relacionadas al tema.
 - Comunicaciones personales con expertos.
 - Eventos científicos relacionados nacionales e internacionales.

3.2.4. Variables de respuesta

a. Variables independientes

Muestras de ensilaje

% de Materia seca

Niveles de melaza

b. Variables dependientes

Indicadores nutricionales

Materia seca (MS)

Proteína Cruda (PC)

Fibra Detergente Neutro (FDN)

Fibra Detergente Ácido (FDA)

Lignina (LDA)

Proteína insoluble en detergente neutro (PIDN)

Proteína insoluble en detergente ácido (PIDA)

Carbohidratos no fibrosos (CNF)

Energía Neta de Lactancia (ENL)

Cenizas

Indicadores fermentativos

Potencial de Hidrógeno (pH)

3.2.5. Evaluación estadística.

3.2.5.1. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño completamente al azar analizando como variables de respuesta Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CZS), Pared Celular (FDN, FDA, LDA), Proteínas Ligadas (PIDN, PIDA), Carbohidratos No Fibrosos (CNF), Energía Neta de Lactación (ENL) y potencial de hidrógeno (pH) por métodos convencionales de laboratorio.

	18 a 20% de MS Muestra fresca	25 a 28% de MS Muestra desecada
Con Melaza	3	3
Sin Melaza	3	3

3.2.5.2. Unidades experimentales.

Las unidades experimentales se encuentran constituidas por cada muestra de ensilaje de *Moringa Oleífera* considerada en el presente estudio.

3.2.5.3. Análisis estadísticos.

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2 x 2, (Rodríguez del Ángel, 2000) con 2 diferentes porcentajes de materia seca y con o sin la adición de melaza

El modelo lineal de un experimento factorial con dos niveles cada uno 2 x 2 en un DCA es:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

para $i = 1, a, j = 1, \dots, b, k = 1, n$ donde:

- μ es el efecto medio global.
- α_i es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor A (Porcentaje de MS)
- β_j es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor B (Adición de melaza)
- $(\alpha\beta)_{ij}$ el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del factor A y el nivel j del factor B.
- ε_{ijk} el término de error

3.2.5.4. Tratamientos

Se distribuyeron las muestras de la siguiente manera:

- 6 muestras de Moringa fresca:
 - 3 muestras frescas sin melaza
 - 3 muestras frescas con melaza
- 6 muestras de Moringa desecada:
 - 3 muestras desecadas sin melaza
 - 3 muestras desecadas con melaza

3.2.5.4.1.1.1. Nivel de significancia

Para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizó un nivel de alfa o significancia $\alpha = 0.05$



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la composición químico proximal

4.1.1. Materia seca (MS)

Se determinó el porcentaje de materia seca de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N° 11

Cuadro N°11 Porcentaje de materia seca en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.1052)
Con melaza	25.8	33.7	29.7^a
Sin melaza	24.7	32.5	28.6^a
Promedio (p=0.000)	25.3^a	33.1^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo un incremento altamente significativo (p<0.01) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de MS del mismo, tal y como era el objetivo del ensayo. Los promedios de MS fueron de 25.3% y 33.1% para ensilaje de *Moringa oleífera* fresca y desecada, respectivamente. De otro lado no hubo efecto significativo (p>0.05) de la adición de melaza sobre el porcentaje de materia seca del ensilaje, con un promedio de 29.7% y 28.6% de MS para ensilajes de *Moringa oleífera* con y sin la adición de melaza, respectivamente. No se encontró interacción estadística significativa (p>0.05) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Rodríguez, (2011) en un ensayo de producción con ganado bovino lechero en Nicaragua, evaluó la composición química del EMO cosechada a los 45

días de rebrote y con la adición de melaza (5% del peso fresco) reportando un promedio de 26.74% de MS, valor muy parecido al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca con melaza (25.8% de MS). Gutiérrez et al., (2015) en un trabajo de evaluación de diversos ensilajes confeccionados con *Moringa Oleífera* sola o combinada en diferentes proporciones con *Pennisetum purpureum* reportaron un promedio de 26.6% de MS para EMO sola, siendo ligeramente superior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca y sin melaza (24.7% de MS).

4.1.2. Proteína cruda (PC)

Se determinó el porcentaje de proteína cruda de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N° 12

Cuadro N°12 Porcentaje de proteína cruda en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.007)
Con melaza	18.13	16.15	17.14^a
Sin melaza	18.43	19.74	19.09^b
Promedio (p=0.5902)	18.28^a	17.95^a	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que no hubo un efecto significativo (p>0.05) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de PC del mismo. Los promedios de PC fueron de 18.28% y 17.95% para ensilaje de *Moringa oleífera* fresca y desecada, respectivamente. De otro lado se encontró una reducción altamente significativa (p<0.01) de la adición de melaza sobre el porcentaje de PC del ensilaje, con un promedio de 17.14% y 19.09% de PC para ensilajes de *Moringa oleífera* con y sin la adición de melaza, respectivamente. Adicionalmente en este nutriente si se encontró interacción estadística

significativa ($p < 0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Rodríguez, (2011) en un ensayo de producción con ganado bovino lechero en Nicaragua, evaluó la composición química del EMO cosechada a los 45 días de rebrote y con la adición de melaza (5% del peso fresco) reportando un promedio de 21.7% de PC, valor superior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca con melaza (18.13% de PC). Gutiérrez et al., (2015) en un trabajo de evaluación de diversos ensilajes confeccionados con *Moringa Oleifera* sola o combinada en diferentes proporciones con *Pennisetum purpureum* reportaron un promedio de 20.71% de PC para EMO sola, siendo ligeramente superior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca y sin melaza (18.43% de PC).

4.1.3. Extracto etéreo (EE)

Se determinó el porcentaje de extracto etéreo de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N° 13

Cuadro N°13 Porcentaje de extracto etéreo en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio ($p=0.596$)
Con melaza	3.47	5.94	4.71^a
Sin melaza	4.70	5.48	5.09^a
Promedio ($p=0.040$)	4.09^a	5.71^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo un efecto significativo ($p < 0.05$) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de EE del mismo. Los promedios de EE fueron de 4.09% y 5.71% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado

no se encontró un efecto significativo ($p>0.05$) de la adición de melaza sobre el porcentaje de EE del ensilaje, con un promedio de 4.71% y 5.09% de EE para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa ($p>0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas. No se encontraron reportes de valores de EE en EMO en la bibliografía.

4.1.4. Cenizas (CZS)

Se determinó el porcentaje de cenizas de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°14

Cuadro N°14 Porcentaje de cenizas en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio ($p=0.000$)
Con melaza	12.70	14.62	13.66^a
Sin melaza	13.41	14.87	14.14^b
Promedio ($p=0.000$)	13.06^a	14.74^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo un efecto altamente significativo ($p<0.01$) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de CZS del mismo. Los promedios de CZS fueron de 13.06% y 14.74% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado se encontró también un efecto altamente significativo ($p<0.01$) de la adición de melaza sobre el porcentaje de CZS del ensilaje, con un promedio de 13.66% y 14.14% de CZS para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa ($p>0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Rodríguez, (2011) en un ensayo de producción con ganado bovino lechero en Nicaragua, evaluó la composición química del EMO cosechada a los 45 días de rebrote y con la adición de melaza (5% del peso fresco) reportando un promedio de 11.6% de CZS, valor inferior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca con melaza (12.70% de CZS). Gutiérrez et al., (2015) en un trabajo de evaluación de diversos ensilajes confeccionados con *Moringa Oleifera* sola o combinada en diferentes proporciones con *Pennisetum purpureum* reportaron un promedio de 19.66% de CZS para EMO sola, siendo muy superior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca y sin melaza (13.41% de CZS).

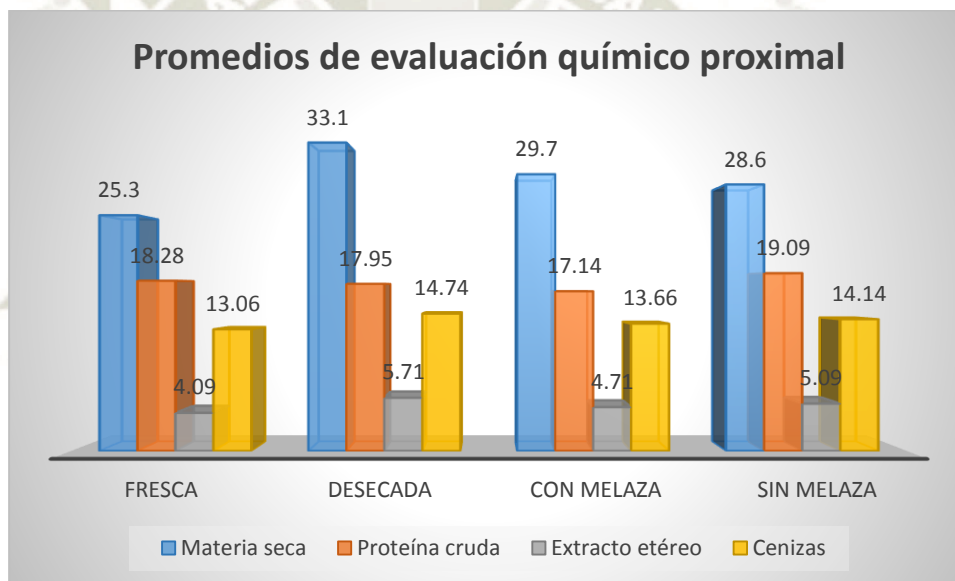


Gráfico 1: Promedios de evaluación químico proximal

4.2. Evaluación de la composición de la pared celular

4.2.1. Fibra detergente neutra (FDN)

Se determinó el porcentaje de fibra detergente neutra de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°15

Cuadro N°15 Porcentaje de fibra detergente neutra en ensilaje de *Moringa oleifera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio ($p=0.075$)
Con melaza	15.33	22.15	18.74^a
Sin melaza	18.33	24.35	21.34^a
Promedio ($p=0.000$)	16.83^a	23.25^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo un efecto altamente significativo ($p<0.01$) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de FDN del mismo. Los promedios de FDN fueron de 16.83% y 23.25% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado no se encontró un efecto significativo ($p>0.05$) de la adición de melaza sobre el porcentaje de FDN del ensilaje, con un promedio de 18.74% y 21.34% de FDN para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa ($p>0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Rodríguez, (2011) en un ensayo de producción con ganado bovino lechero en Nicaragua, evaluó la composición química del EMO cosechada a los 45 días de rebrote y con la adición de melaza (5% del peso fresco) reportando un promedio de 35.4% de FDN, valor muy superior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca con melaza (15.33% de FDN). Estas diferencias podrían deberse al material utilizado en nuestro estudio, que fue principalmente hojas en rebrote, y no hojas y tallos enteros como en los estudios previamente realizados y reportados en la bibliografía.

4.2.2. Fibra detergente ácida (FDA)

Se determinó el porcentaje de fibra detergente acida de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°16

Cuadro N°16 Porcentaje de fibra detergente acida en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.016)
Con melaza	9.74	17.28	13.51^a
Sin melaza	13.38	19.44	16.41^b
Promedio (p=0.000)	11.56^a	18.36^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo un efecto altamente significativo (p<0.01) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de FDA del mismo. Los promedios de FDA fueron de 11.56% y 18.36% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado también se encontró un efecto significativo (p<0.05) de la adición de melaza sobre el porcentaje de FDA del ensilaje, con un promedio de 13.51% y 16.41% de FDA para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa (p>0.05) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Rodríguez, (2011) en un ensayo de producción con ganado bovino lechero en Nicaragua, evaluó la composición química del EMO cosechada a los 45 días de rebrote y con la adición de melaza (5% del peso fresco) reportando un promedio de 32.6% de FDA, valor muy superior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca con melaza (13.38% de FDA). Estas diferencias podrían deberse al material utilizado en nuestro estudio, que fue principalmente hojas en rebrote, y no hojas y tallos enteros como en los estudios previamente realizados y reportados en la bibliografía.

4.2.3. Lignina detergente acida (LDA)

Se determinó el porcentaje de lignina detergente acido de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°17

Cuadro N°17 Porcentaje de lignina detergente acida en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.113)
Con melaza	3.31	6.23	4.77^a
Sin melaza	4.88	6.69	5.78^a
Promedio (p=0.001)	4.09^a	6.46^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de LDA del mismo. Los promedios de LDA fueron de 4.09% y 6.46% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado no se encontró un efecto significativo ($p > 0.05$) de la adición de melaza sobre el porcentaje de LDA del ensilaje, con un promedio de 4.77% y 5.78% de LDA para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa ($p > 0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Rodríguez, (2011) en un ensayo de producción con ganado bovino lechero en Nicaragua, evaluó la composición química del EMO cosechada a los 45 días de rebrote y con la adición de melaza (5% del peso fresco) reportando un promedio de 3.10% de LDA, valor ligeramente inferior al encontrado en nuestro estudio para EMO fresca con melaza (3.31% de LDA).

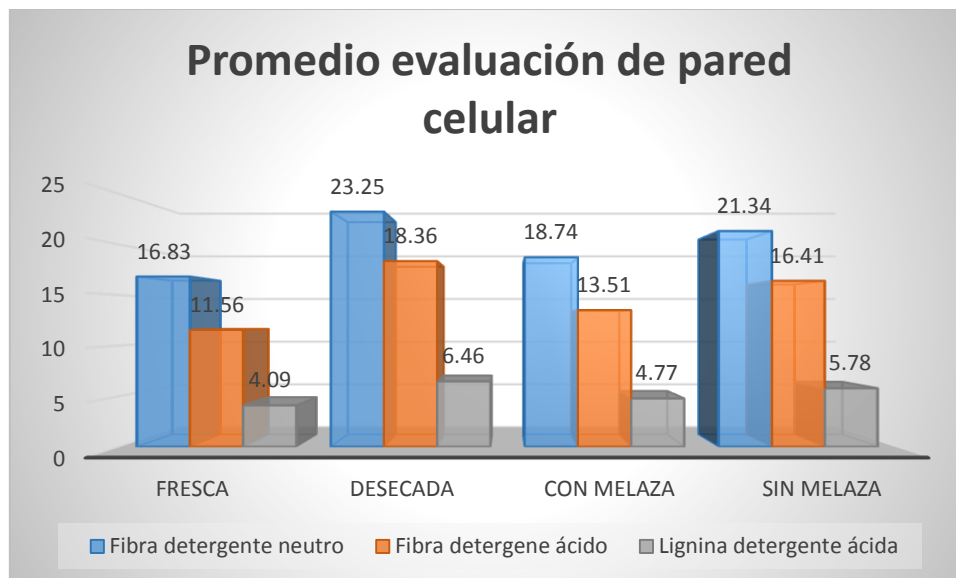


Gráfico 2: Promedios evaluación de la pared celular

4.3. Evaluación de las proteínas ligadas a la fibra

4.3.1. Proteína insoluble en detergente neutro (PIDN)

Se determinó el porcentaje de proteína insoluble en detergente neutro de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°18

Cuadro N°18 Porcentaje de proteína insoluble en detergente neutro en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.000)
Con melaza	4.65	5.85	5.25^a
Sin melaza	6.56	6.43	6.49^b
Promedio (p=0.054)	5.60^a	6.14^a	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que no hubo efecto significativo ($p > 0.05$) del proceso de desecación previo al ensilado,

sobre el porcentaje de PIDN del mismo. Los promedios de PIDN fueron de 5.60% y 6.14% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado se encontró un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) de la adición de melaza sobre el porcentaje de PIDN del ensilaje, con un promedio de 5.25% y 6.49% de PIDN para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente se encontró interacción estadística significativa ($p < 0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas. No se encontraron reportes de valores de PIDN en EMO en la bibliografía.

4.3.2. Proteína insoluble en detergente ácido (PIDA)

Se determinó el porcentaje de proteína insoluble en detergente ácido de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°19

Cuadro N°19 Porcentaje de proteína insoluble en detergente ácido en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio ($p=0.004$)
Con melaza	2.90	3.33	3.12^a
Sin melaza	4.11	4.33	4.22^b
Promedio ($p=0.3184$)	3.50^a	3.83^a	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que no hubo efecto significativo ($p > 0.05$) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de PIDA del mismo. Los promedios de PIDA fueron de 3.50% y 3.83% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado se encontró una reducción altamente significativa ($p < 0.01$) de la adición de melaza sobre el porcentaje de PIDA del ensilaje, con un promedio de 3.12% y 4.22% de PIDA para EMO con y sin la adición de melaza,

respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa ($p < 0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas. No se encontraron reportes de valores de PIDA en EMO en la bibliografía.

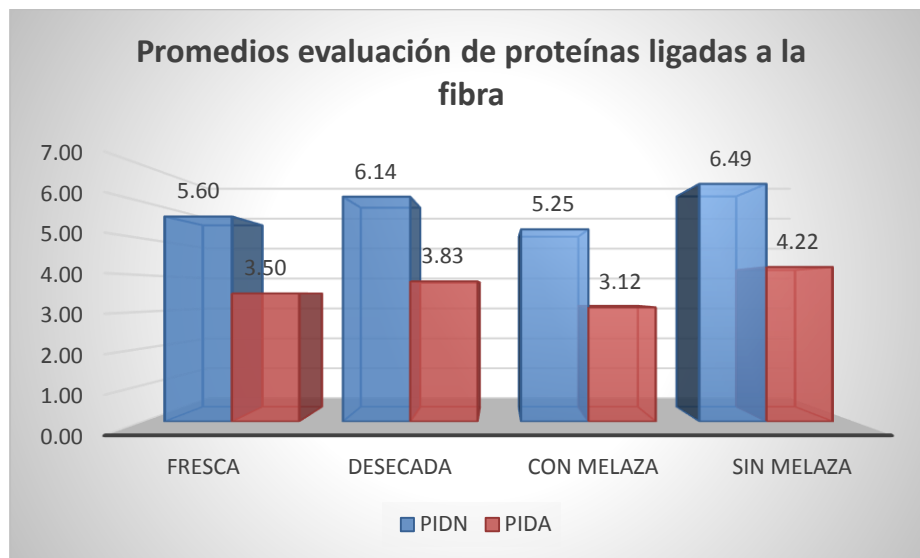


Gráfico 3: Promedios de evaluación de proteínas ligadas a la fibra

4.4. Evaluación del valor energético

4.4.1. Carbohidratos no fibrosos (CNF)

Se estimó el porcentaje de carbohidratos no fibrosos de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°20

Cuadro N°20 Porcentaje de carbohidratos no fibrosos en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.004)
Con melaza	55.01	46.98	51.00 ^a
Sin melaza	51.69	41.99	46.84 ^b
Promedio (p=0.3184)	53.35 ^a	44.48 ^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo una reducción altamente significativa (p<0.01) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el porcentaje de CNF del mismo. Los promedios de CNF fueron de 53.35% y 44.48% para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado, como era de esperarse, se encontró un aumento significativo (p<0.05) de la adición de melaza sobre el porcentaje de CNF del ensilaje, con un promedio de 51.0% y 46.8% de CNF para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa (p<0.05) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas. No se encontraron reportes de valores de CNF en EMO en la bibliografía, solamente se encontraron reportes de valores para *Moringa oleifera* en estado fresco, donde mencionan menos de 50% de CNF (Mendieta-Araica et al., 2009)

4.4.2. Energía neta de lactación (ENL)

Se estimó el contenido de energía neta de lactación cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°21

Cuadro N°21 Contenido de energía neta de lactación (Mcal/kgMS) en ensilaje de *Moringa oleifera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.951)
Con melaza	1.67	1.51	1.59^a
Sin melaza	1.65	1.53	1.59^a
Promedio (p=0.000)	1.66^a	1.52^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo efecto de reducción altamente significativo (p<0.01) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el contenido de EN_L del mismo. Los promedios de EN_L fueron de 1.66 y 1.52 Mcal/kgMS para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado, como se hubiera previsto, no se encontró un aumento significativo (p<0.05) de la adición de melaza sobre el contenido de EN_L del ensilaje, con un promedio de 1.59 Mcal/kgMS de EN_L para EMO tanto con, como sin la adición de melaza. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa (p<0.05) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Rodríguez, (2011) en un ensayo de producción con ganado bovino lechero en Nicaragua, evaluó la composición química del EMO cosechada a los 45 días de rebrote y con la adición de melaza (5% del peso fresco) reportando un contenido de 2.58 Mcal de Energía. Metabolizable equivalente a 1.59 Mcal/kgMS, valor idéntico al promedio encontrado en nuestro estudio para los dos EMO con melaza (1.59 Mcal/kgMS de EN_L).

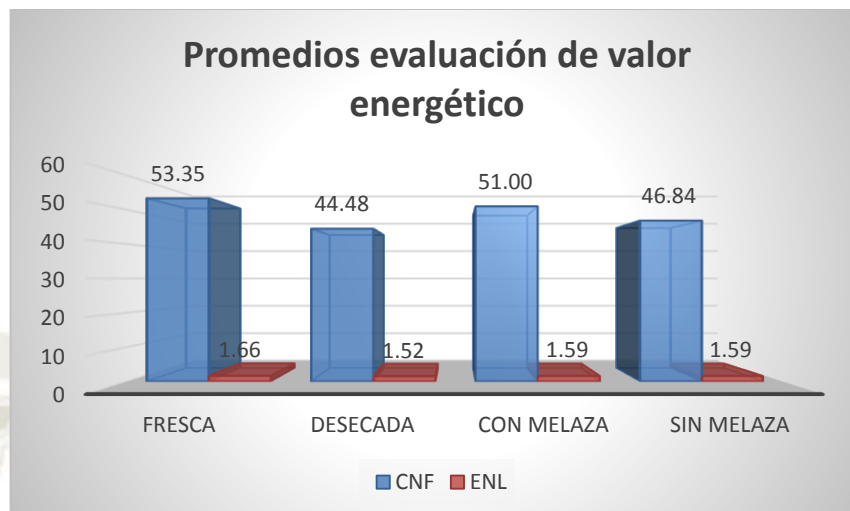


Gráfico 4: Promedios de evaluación de valor energético

4.5. Evaluación de la calidad fermentativa

4.5.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Se determinó el potencial de hidrógeno de cada muestra dentro de cada factor evaluado, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N°22

Cuadro N°22 Potencial de hidrógeno (pH) en ensilaje de *Moringa oleífera* (EMO) fresca y desecada, con y sin melaza

	Fresca	Desecada	Promedio (p=0.000)
Con melaza	3.93	3.73	3.83^a
Sin melaza	4.91	4.50	4.71^b
Promedio (p=0.002)	4.42^a	4.11^b	

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

Se evaluó estadísticamente los resultados encontrándose que hubo efecto de reducción altamente significativo (p<0.01) del proceso de desecación previo al ensilado, sobre el pH del mismo. Los promedios de pH fueron de 4.42 y 4.11 para EMO fresca y desecada, respectivamente. De otro lado, se encontró una reducción altamente significativa (p<0.01) de la adición de

melaza sobre el pH del ensilaje, con un promedio de 3.83 y 4.71 de pH para EMO con y sin la adición de melaza, respectivamente. En este nutriente no se encontró interacción estadística significativa ($p < 0.05$) entre el factor de desecación y el factor adición de melaza en las muestras de EMO evaluadas.

Mendieta-Araica et al., (2009) en un estudio de evaluación de la calidad de ensilajes confeccionados con diferentes proporciones de moringa, pasto elefante y caña de azúcar, reportaron para la preparación de moringa sola con la adición 1% de melaza, un ph promedio de 3.70 y para el tratamiento de moringa sola con 5% de melaza el promedio de pH se redujo a 3.53 aunque dicha diferencia no fue estadísticamente significativa. En nuestro estudio sucedió el mismo comportamiento, aunque la diferencia fue mucho mayor entre los tratamientos con y sin melaza (3.83 vs 4.71 respectivamente). La adición de carbohidratos solubles o azúcares como la melaza al proceso de ensilaje incrementa su disponibilidad para ser degradados por las bacterias acidolácticas, produciendo más ácido láctico y consecuentemente haciendo disminuir el pH en el ensilaje.

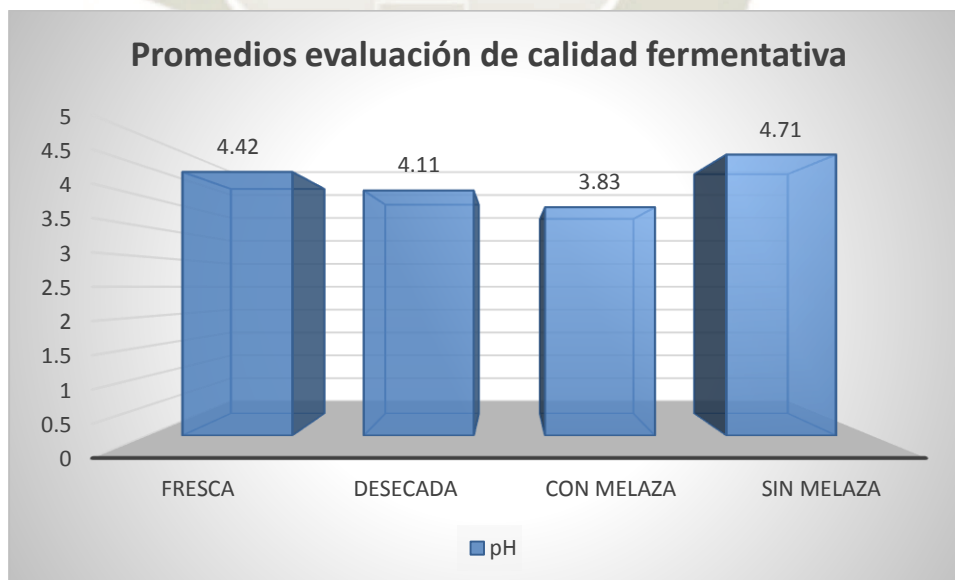


Gráfico 5: Promedios de evaluación de calidad fermentativa



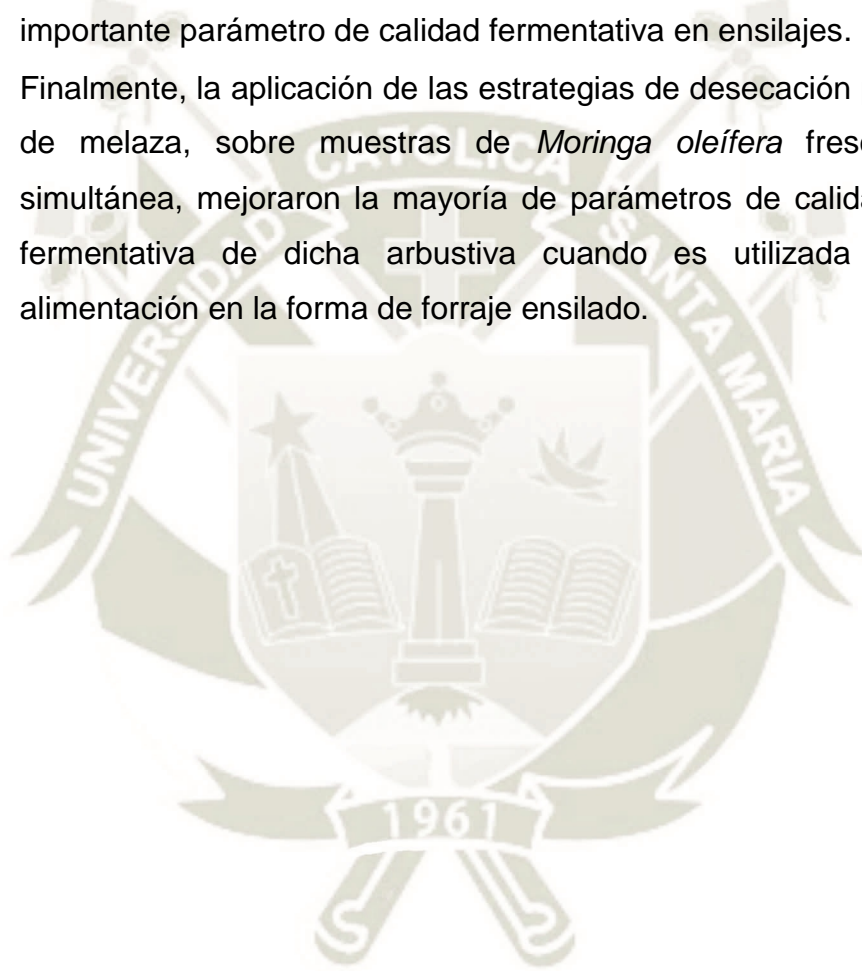
CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

- En la evaluación de la composición químico proximal, se analizó estadísticamente los resultados, encontrándose que el proceso de desecación previo al ensilado, incrementó significativamente ($p < 0.05$) el % de MS y CZS, redujo significativamente el de EE, pero no afectó significativamente el de PC ($p > 0.05$). De otro lado la adición de melaza redujo significativamente ($p < 0.05$) el % de PC y CZS, pero no afectó ($p > 0.05$) los % de MS y EE. Solo se encontró interacción significativa ($p < 0.05$) de ambos factores evaluados, en el % de PC.
- En la evaluación de la composición química de la pared celular, se analizó estadísticamente los resultados, encontrándose que el proceso de desecación previo al ensilado, incremento significativamente ($p < 0.05$) todos los componentes de la pared celular, es decir FDN, FDA y LDA. De otro lado la adición de melaza solo redujo significativamente ($p < 0.05$) el % de FDA, pero no afectó ($p > 0.05$) los de FDN y LDA. No se encontró interacción significativa ($p > 0.05$) de ambos factores, sobre ninguno de los componentes de la pared celular.
- En la evaluación de las proteínas ligadas a la fibra, se analizó estadísticamente los resultados, encontrándose que el proceso de desecación previo al ensilado, no afectó significativamente ($p > 0.05$) los % PIDN y PIDA. De otro lado la adición de melaza redujo significativamente ($p < 0.05$) los % de ambas proteínas ligadas a la fibra. El efecto de interacción de ambos factores solo fue significativo en el caso de la PIDN ($p < 0.05$).
- En la evaluación del valor energético, se analizó estadísticamente los resultados, encontrándose que el proceso de desecación previo al ensilado, redujo significativamente ($p < 0.05$) el % de CNF y la cantidad de EN_L. De otro lado la adición de melaza solo incremento significativamente el % de CNF pero no afectó la cantidad de EN_L ($p > 0.05$). No se encontró interacción significativa ($p > 0.05$) de ambos factores, sobre ninguna de ambas estimaciones del valor energético del ensilaje de *Moringa oleifera*.

- En la evaluación de la calidad fermentativa, se analizó estadísticamente los resultados, encontrándose que tanto el proceso de desecación previo al ensilado, como la adición de melaza redujeron significativamente ($p < 0.05$) el pH del ensilaje de *Moringa oleífera*, indicando ser estrategias adecuadas para optimizar la calidad fermentativa de este tipo de ensilajes. No se encontró interacción significativa ($p > 0.05$) de ambos factores, sobre este importante parámetro de calidad fermentativa en ensilajes.
- Finalmente, la aplicación de las estrategias de desecación previa y adición de melaza, sobre muestras de *Moringa oleífera* fresca de manera simultánea, mejoraron la mayoría de parámetros de calidad nutricional y fermentativa de dicha arbustiva cuando es utilizada con fines de alimentación en la forma de forraje ensilado.





CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la evaluar la utilización de material completo en la confección del ensilaje de *Moringa oleífera* para conocer su impacto sobre la cantidad de fibra de la pared celular del mismo.
- Se recomienda utilizar los porcentajes de desecación y de melaza recomendados en el presente estudio para mejorar la calidad nutricional y fermentativa del ensilaje de *Moringa oleífera*.
- Se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar la digestibilidad de la MS y de la FDN, así como del % N amoniacal en ensilajes de *Moringa oleífera* confeccionados bajo las condiciones del presente estudio.





CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

7. REFERENCIAS

1. **Alaniz Villanueva, O. (2008).** Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Regional Durango. Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, p. 1-35.
2. **Argamentería G. A., B. De la Roza, A. Martínez, I. Sanchez y A. Martínez. (1997).** El ensilado en Asturias. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA), p. 1-127.
3. **Asaolu, V. O., R. T. Binuomote, J. A. Akinlade, O. S. Oyelami y K. O. Kolapo. (2011).** Utilization of Moringa oleifera fodder combinations with Leucaena leucocephala and Gliricidia sepium fodders by west African dwarf goats. Int. J. Agric. Res. 6(8):607- 619.
4. **Bernal, C. y Oliver, O. (2017).** Clinical Characterization of Bovine Colic in Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30, (3). 9. Recuperado el 06 de octubre de 2019 de https://www.researchgate.net/publication/322477550_Clinical_Characterization_of_Bovine_Colic_in_Colombia
5. **Bernal, J. y Chaverra, H. (2002).** *Ensilaje, heno y henolaje*. Recuperado el 27 de octubre de 2019 de <http://comalfi.com.co/data/documents/ENSILAJE-HENO-Y-HENOLAJE.compressed.pdf>
6. **Cañete M. V. Y J.L. Sacha. (1998).** Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes, p. 1- 260.
7. **Cañete M. V. Y J.L. Sacha. (1998).** Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes, p. 1- 260.
8. **Castro Márquez, A. M. (2013).** El árbol moringa (Moringa oleifera Lam.): una alternativa renovable para el desarrollo de los sectores económicos y ambientales de Colombia. Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10956/1/Plantaciones%20de%20moringa%20en%20Colombia.pdf>

9. **Church, D. C., (1984).** Alimentos y alimentación del ganado. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Uruguay.
10. **De la Roza B. (2005).** El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra), p. 1-20.
11. **Engler, H., Prantl, G. y Karl, A. (1888-1891).** Nat. Pflanzenfam. En Die natürlichen Pflanzenfamilien (p. 251). Leipzig, Alemania: Verlag von Wilhelm Engelman
12. **Foidl, N. (1998).** Utilización del marango (Moringa oleífera) como forraje fresco para ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" 3:1-5.
13. **Fugliee, L. (2000).** Se estudian nuevos usos del marango en Nicaragua. EDN 68 (Spanish).
14. **Garavito, U. (2008).** Moringa oleífera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel.
15. **Gutiérrez, D, E. Borjas Rojas, R. Rodríguez, Hernández, Z. Rodríguez, R. Stuart y L. Sarduy (2015)** Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal in situ de ensilaje mixto con Pennisetum purpureum cv Cuba CT-169: Moringa oleífera. Avances en Investigación Agropecuaria. 2015. 19(3): 7-16
16. **Hiawatha, B. H. (2010).** All things moringa. The story of an amazing tree of life. www.allthingsmoringa.com Consultado 03 de Oct del 2019. 42 p.
17. **Hodgson, J., (1990).** Grazing management. Science into Practice. Longman Handbooks in Agriculture. Longman Group Limited, Hong Kong.
18. **Honig, H., y Woolford, M K. (1980).** Changes in silage on exposure to air. p. 76-87, in: C. Thomas (ed) Forage Conservation in the 80s. BGS Occasional Symposium, No.11. Hurley, UK: British Grassland Society.
19. **INATEC. (2016).** Manual del protagonista. Nutrición animal, 140, pp. 78,79.
20. **Jarrige,R. Y Ruckebush,C.Demarquilly, M.-H.Farce.M.Journet. 1995.** Nutrition des Ruminants Domestiques. INRA.Paris.

21. **Jobim C. C., L. Nussio, R. Reis y P. Schmidt. 2007.** Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem canservada. Revista brasileira de zootecnia, v. 36, suplemento especial, p. 101-119.
22. **Jyothi, P.V. et al. 1990.** Pollination ecology of Moringa oleifera (Moringaceae). Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Plant Sciences). 100:33.
23. **Kemble, A. R. 1956.** Studies on the nitrogen metabolism of the ensilage process. J. Sci. Food Agric.7:125-130.
24. **Mannetje, L. 2001.** Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. En memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos <http://www.fao.org/docrep/005/x8486s00.htm>
25. **Martin, E. A. 2012.** Nutritive value and inherent anti-nutritive factors in four indigenous edible leafy vegetables in human nutrition in nigeria. A Review. J. Food Resour. Sci. 1(1):1-14.
26. **Mathur, B. S. 2005.** The incredible moringa leaves. http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/English%20moringa_book_view.pdf Consultado 25 de Noviembre del 2019. 35 p.
27. **Mendieta-Araica, B., E. Spörndly, N. Reyes-Sánchez, L. Norell y R. Spörndly (2009).** Silage quality when Moringa oleifera is ensiled in mixtures with Elephant grass, sugar cane and molasses. Grass and Forage Science, 64, 364–373. <http://10.1111/j.1365-2494.2009.00701.x>
28. **McDonald, P., Henderson, A.R., y Heron, S.J.E. 1991.** The Biochemistry of Silage. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications.
29. **Meléndez, P. (2014).** Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura. Retrieved 11 November 2019, from <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2015/10/21/Las-bases-para-entender-un-analisis-nutricional-de-alimentos-y-su-nomenclatura.aspx>
30. **Mendieta, B. A., E. Spörndly, N. S. Reyes y R. Spörndly. 2011a.** Feeding Moringa oleifera fresh or ensiled to dairy cows—effects on milk yield and milk flavor. Trop. Anim. Health Prod. 43:1039–1047.

31. **Mendieta, B. A., E. Spörndly, N. S. Reyes, L Norell y R. Spörndly. 2009.** Silage quality when Moringa oleifera is ensiled in mixtures with elephant grass, sugar cane and molasses. Grass and Forage Science. 64:364-373.
32. **Merry, R. J. et al. 1997.** Current and future approaches to biocontrol in silage. En: Proceedings of the 8th International Symposium on Forage Conservation. (8 : 1997 : Pohorelice). Czech Republic: Research Institute of Animal Nutrition; 1997. p. 17-27.
33. **Meza, Z. (2017).** *Moringa oleifera lam.: una alternativa de forraje con alto contenido de proteína para las partes bajas del estado de nuevo león* (tesis doctoral). Universidad autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
34. **Ministerio de Agricultura y Riego. (2019).** *Boletín estadístico mensual, el agro en cifras*. Recuperado el 23 de octubre de 2019 de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-feb19-170419.pdf>
35. **Montesinos, S. 2010.** Moringa oleífera un árbol promisorio para la ganadería. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). 51: 50 – 53.
36. **Morton, J.F. 1991.** The horseradish tree, Moringa pterigosperma (Moringaceae) A boon to arid lands- Economic Botany. 45 (3):318
37. **Norton, B. W.. 1981.** Differences between species in forage quality in Hacker, J. B. 1981. Nutritional Limits to Animal Production. Proc. Int Symp. St. Lucia, Queensland, Australia. CAB, UK.
38. **NRC. 2006.** Lost crops of Africa volume II vegetables. The National Academies Press. Washington, D. C. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11763 Consultado 25 de Oct del 2019. 378 p.
39. **Olson, M. E. y J. W. Fahey. 2011.** Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:1071-1082.
40. **Olson, M. E. y J. W. Fahey. 2011.** Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:1071-1082.
41. **Ordoñez J. 2017.** Establecimiento de un banco de forraje de Moringa oleífera para la alimentación de ovinos de pelo en el sur de Quintana Roo. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Juan Sarabia. 35 p.

42. **Oude, S., Driehuis, F., Gottschal, J., y Spoelstra, S. (2019)** Estudio 2.0 - Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación - Stefanie J.W.H. Oude Elferink, Frank Driehuis, Jan C. Gottschal y Sierk F. Spoelstra. Retrieved 13 November 2019, from <http://www.fao.org/3/X8486S/x8486s04.htm>
43. **Paliwal, R., V. Sharma y Pracheta. (2011).** A Review on Horse Radish Tree (Moringa oleifera): A Multipurpose Tree with High Economic and Commercial Importance. Asian J. Biotechnol. 3(4):317-328.
44. **Rider, S. (1997).** Forage additives. Farmers Weekly, 21 November 1997 (Suppl.): S1-S16.
45. **Rodriguez del Angel, J.M. (2000)** Métodos de investigación pecuaria. 1ra reimpression. Editorial Trillas. Mexico DF.
46. **Rodríguez, R. (2011).** Alimentación de vacas lecheras con Moringa oleifera fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche. (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
47. **Rossemberg, B. M. (2000).** Producción de Ganado vacuno de carne y de doble propósito. Universidad Nacional Agraria La Molina – Facultad de Zootecnia. Lima, Perú.
48. **Sagarpa, 2012a.** Técnicas de ensilaje y construcción de silos forrajeros. (Ed. Cobos, P. M. A.). <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Silos%20Forrajeros.pdf> Consultado 06 de Oct del 2019. 8 p.
49. **Servicios Técnicos Chr Hansen Inc, W. (2014).** Evaluando la Calidad del Ensilaje. Retrieved 14 October 2019, from <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/evaluando-calidad-ensilaje-t31288.htm>
50. **Staudacher, W. et al.** Certification of silage additives in Germany by DLG. En: International Silage Conference; Silage Production In Relation To Animal Performance, Animal Health, Meat And Milk Quality. (12° : 1999: Uppsala). 12th Proceedings of the International Silage Conference. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1999. p. 239-240.
51. **Trujillo, A. y Uriarte, G. (2019)** Valor nutritivo de las pasturas. Retrieved 20 October 2019, from

[http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uri_arte.VALOR_NUTRITIVO_PASTURAS.pdf](http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo_Uri_arte.VALOR_NUTRITIVO_PASTURAS.pdf)

52. **Van Soest, P., (1994).** Nutritional ecology of the ruminant. 2d. Edition. Cornell University Press. Ithaca and London
53. **Wang, Y. y He, L. (2019).** Bacterial diversity and fermentation quality of *Moringa oleifera* leaves silage prepared with lactic acid bacteria inoculants and stored at different temperatures. *Bioresource Technology*, 284, (). 349-358. Recuperado el 16 de octubre de 2019 de <https://ezproxy.ucsm.edu.pe:2181/science/article/pii/S0960852419305139>
54. **Weinberg, Z.G. y Muck, R.E. (1996)** New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. En: FEMS Microbiology Reviews Vol. 19, no. 1; p. 53-68
55. **Weinberg, Z.G., y Muck, R.E. (1996).** New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiol. Rev., 19: 53-68.
56. **Zegarra, J., Obando, A. y Strezt, H. (2017).** Efecto del estado de corte sobre el valor nutricional de *Moringa oleifera* bajo condiciones de la Irrigación de Majes Arequipa, Perú. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30, (Supl). 252-253. Recuperado el 15 de octubre de 2019 de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/330591/20786913>



CAPÍTULO VIII

ANEXOS

8. ANEXOS

Anexo 1: Resultados

Tabla 1 Materia Seca (MS)

MS	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	27.21	33.88
	26.22	33.87
	25.36	33.44
	24.57	33.43
SIN MELAZA	22.31	31.66
	23.24	31.65
	26.56	33.26
	26.56	33.36

Tabla 2 Proteína Cruda (PC)

PC	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	18.73	16.93
	17.49	17.24
	18.18	15.66
	18.11	14.76
SIN MELAZA	19.87	20.54
	20.07	18.92
	15.96	19.78
	17.82	19.73

Tabla 3 Fibra Detergente Ácido (FDA)

FDA	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	9.34	15.78
	9.48	18.47
	9.64	19.00
	10.51	15.89
SIN MELAZA	11.21	21.93
	9.88	18.55
	15.55	19.04
	16.89	18.25

Tabla 4 Lignina (LDA)

LDA	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	2.67	4.41
	3.49	6.30
	3.38	7.26
	3.70	6.94
SIN MELAZA	3.70	7.85
	3.86	7.68
	5.24	5.00
	6.71	6.22

Tabla 5 Proteína insoluble en detergente neutro (PIDN)

PIDN	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	4.94	5.22
	4.94	5.22
	4.35	6.48
	4.35	6.47
SIN MELAZA	6.19	6.05
	6.21	6.05
	6.92	6.78
	6.92	6.82

Tabla 6 Proteína insoluble en detergente ácido (PIDA)

PIDA	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	2.02	2.88
	2.02	2.88
	3.79	3.78
	3.78	3.78
SIN MELAZA	3.78	4.60
	3.79	4.60
	4.43	4.05
	4.43	4.06

Tabla 7 Carbohidratos no fibrosos (CNF)

CNF	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	55.87	45.91
	57.41	41.33
	55.34	47.51
	51.43	53.18
SIN MELAZA	51.28	37.34
	52.64	44.26
	53.50	42.73
	49.32	43.61

Tabla 8 Energía Neta de Lactancia (ENL)

ENL	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	1.70	1.66
	1.68	1.57
	1.65	1.38
	1.65	1.43
SIN MELAZA	1.73	1.48
	1.74	1.55
	1.58	1.56
	1.54	1.54

Tabla 9 Cenizas

CZS	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	12.50	14.57
	12.53	14.35
	12.89	14.50
	12.88	15.06
SIN MELAZA	13.28	14.95
	13.56	14.69
	13.43	15.04
	13.38	14.80

Tabla 10 Potencial de Hidrógeno (Ph)

pH	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	3.60	3.70
	3.90	3.80
	4.10	3.65
	4.12	3.75
SIN MELAZA	5.10	4.40
	4.70	4.60
	4.80	4.55
	5.05	4.45

Tabla 11 Fibra detergente ácida (FDN)

FDN	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	14.36	19.33
	13.99	24.04
	14.42	25.22
	18.55	20.03
SIN MELAZA	16.71	27.95
	14.97	22.93
	19.73	23.45
	21.90	23.06

Tabla 12 Extracto etéreo (EE)

EE	FRESCA	DESECADA
CON MELAZA	3.47	8.47
	3.52	8.26
	3.52	3.59
	3.37	3.45
SIN MELAZA	5.04	5.26
	4.96	5.26
	4.30	5.78
	4.50	5.62

Tabla 13 Resultados en bloque

	MORINGA FRESCA								MORINGA DESECADA							
	CON MELAZA				SIN MELAZA				CON MELAZA				SIN MELAZA			
	Ensilado Moringa Fresca A	Ensilado Moringa Fresca A	Ensilado Moringa Fresca B	Ensilado Moringa Fresca B	Ensilado Moringa Fresca C	Ensilado Moringa Fresca C	Ensilado Moringa Fresca D	Ensilado Moringa Fresca D	Ensilado Moringa Seca G	Ensilado Moringa Seca G	Ensilado Moringa Seca H	Ensilado Moringa Seca H	Ensilado Moringa Seca E	Ensilado Moringa Seca E	Ensilado Moringa Seca F	Ensilado Moringa Seca F
MS	27.21	26.22	25.36	24.57	22.31	23.24	26.56	26.56	33.88	33.87	33.44	33.43	31.66	31.65	33.26	33.36
PC	18.73	17.49	18.18	18.11	19.87	20.07	15.96	17.82	16.93	17.24	15.66	14.76	20.54	18.92	19.78	19.73
EE	3.47	3.52	3.52	3.37	5.04	4.96	4.30	4.50	8.47	8.26	3.59	3.45	5.26	5.26	5.78	5.62
FDN	14.36	13.99	14.42	18.55	16.71	14.97	19.73	21.90	19.33	24.04	25.22	20.03	27.95	22.93	23.45	23.06
FDA	9.34	9.48	9.64	10.51	11.21	9.88	15.55	16.89	15.78	18.47	19.00	15.89	21.93	18.55	19.04	18.25
LDA	2.67	3.49	3.38	3.70	3.70	3.86	5.24	6.71	4.41	6.30	7.26	6.94	7.85	7.68	5.00	6.22
PIDN	4.94	4.94	4.35	4.35	6.19	6.21	6.92	6.92	5.22	5.22	6.48	6.47	6.05	6.05	6.78	6.82
PIDA	2.02	2.02	3.79	3.78	3.78	3.79	4.43	4.43	2.88	2.88	3.78	3.78	4.60	4.60	4.05	4.06
CZS	12.50	12.53	12.89	12.88	13.28	13.56	13.43	13.38	14.57	14.35	14.50	15.06	14.95	14.69	15.04	14.80
CNF	55.87	57.41	55.34	51.43	51.28	52.64	53.50	49.32	45.91	41.33	47.51	53.18	37.34	44.26	42.73	43.61
ENL	1.70	1.68	1.65	1.65	1.73	1.74	1.58	1.54	1.66	1.57	1.38	1.43	1.48	1.55	1.56	1.54
pH	3.60	3.90	4.10	4.12	5.10	4.70	4.80	5.05	3.70	3.80	3.65	3.75	4.40	4.60	4.55	4.45



Anexo 2: Análisis estadísticos

Tabla 14 Materia seca (MS)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo MS						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	103.3529098	134.6273531	237.980263			
Promedio	25.8	33.7	29.7			
Varianza	1.287944645	0.065676003	18.0460304			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	98.65727816	129.9238671	228.581145			
Promedio	24.7	32.5	28.6			
Varianza	4.924350071	0.914824602	19.9596389			
<i>Total</i>						
Cuenta	8	8				
Suma	202.0101879	264.5512202				
Promedio	25.3	33.1				
Varianza	3.056143385	0.815264199				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Valor de p</i>	<i>Fc</i>
Melaza	5.521463265	1	5.52146326	3.07055214	0.1052102	4.747225347
Desecación	244.4612947	1	244.461295	135.947867	0.0000001	4.747225347
Interacción	3.8557E-06	1	3.8557E-06	2.1442E-06	0.9988557	4.747225347
Dentro del grupo	21.57838596	12	1.79819883			
Total	271.5611478	15				

Tabla 15 Proteína cruda (PC)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo PC						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	72.5087636	64.5937237	137.102487			
Promedio	18.13	16.15	17.14			
Varianza	0.25784316	1.32248871	1.79599683			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	73.7158586	78.9716804	152.687539			
Promedio	18.43	19.74	19.09			
Varianza	3.75599082	0.43797532	2.29069376			
<i>Total</i>						
Cuenta	8	8				
Suma	146.224622	143.565404				
Promedio	18.28	17.95				
Varianza	1.74623382	4.44601389				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Melaza	15.1808649	1	15.1808649	10.5161631	0.007049105	4.74722535
Desecación	0.44196506	1	0.44196506	0.3061602	0.590206312	4.74722535
Interacción Dentro del grupo	10.841975	1	10.841975	7.51050604	0.017913754	4.74722535
	17.322894	12	1.4435745			
Total	43.787699	15				

Tabla 16 Extracto etéreo (EE)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo EE						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	13.8843851	23.7602446	37.6446298			
Promedio	3.47	5.94	4.71			
Varianza	0.00483352	7.84325307	5.10511926			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	18.8011062	21.926363	40.7274692			
Promedio	4.70	5.48	5.09			
Varianza	0.12810139	0.06871671	0.25876544			
<i>Total</i>						
Cuenta	8	8				
Suma	32.6854914	45.6866076				
Promedio	4.09	5.71				
Varianza	0.48865329	3.45089994				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0.59399371	1	0.59399371	0.29533909	0.596770585	4.747225347
Columnas	10.564314	1	10.564314	5.2526733	0.040793233	4.747225347
Interacción	2.84816479	1	2.84816479	1.41613351	0.25705213	4.747225347
Dentro del grupo	24.1347141	12	2.01122617			
Total	38.1411866	15				

Tabla 17 Fibra detergente neutra (FDN)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo FDN							
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total				
<i>CON MELAZA</i>							
Cuenta	4	4	8				
Suma	61.3261374	88.6168101	149.942947				
Promedio	15.33	22.15	18.74				
Varianza	4.64270725	8.46916206	18.91903				
<i>SIN MELAZA</i>							
Cuenta	4	4	8				
Suma	73.3186151	97.3871488	170.705764				
Promedio	18.33	24.35	21.34				
Varianza	9.52041776	5.82919106	16.9229451				
<i>Total</i>							
Cuenta	8	8					
Suma	134.644753	186.003959					
Promedio	16.83	23.25					
Varianza	8.63811648	7.50141635					
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Muestra	26.9434091	1	26.9434091	3.78664931	0.07546075	4.74722535	
Columnas	164.860505	1	164.860505	23.1696335	0.00042371	4.74722535	
Interacción Dentro del grupo	0.64888625	1	0.64888625	0.09119502	0.76783321	4.74722535	
	85.3844344	12	7.11536953				
Total	277.837234	15					

Tabla 18 Fibra detergente ácida (FDA)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo FDA						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta		4	4	8		
Suma	38.9726013	69.1371806	108.109782			
Promedio	9.74	17.28	13.51			
Varianza	0.2777535	2.85891165	17.5925323			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta		4	4	8		
Suma	53.5245446	77.7769372	131.301482			
Promedio	13.38	19.44	16.41			
Varianza	11.3410614	2.86199773	16.5902137			
<i>Total</i>						
Cuenta		8	8			
Suma	92.4971459	146.914118				
Promedio	11.56	18.36				
Varianza	8.76090376	3.78477179				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
FV	SC	GL	CM	F	Valor p	Ft
Muestra	33.6159342	1	33.6159342	7.75466406	0.016505343	4.74722535
Columnas	185.075427	1	185.075427	42.6939724	0.000027937	4.74722535
Interacción	2.18462191	1	2.18462191	0.50395771	0.491331525	4.74722535
Dentro del grupo	52.0191728	12	4.33493107			
Total	272.895156	15				

Tabla 19 Lignina detergente ácida (LDA)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo LDA						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	13.2425527	24.9176749	38.1602276			
Promedio	3.31	6.23	4.77			
Varianza	0.19980753	1.62188195	3.21480403			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	19.5066919	26.7473118	46.2540037			
Promedio	4.88	6.69	5.78			
Varianza	1.97882882	1.8081456	2.55917792			
<i>Total</i>						
Cuenta	8	8				
Suma	32.7492446	51.6649867				
Promedio	4.09	6.46				
Varianza	1.63440556	1.52978987				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Ft</i>
Muestra	4.09432566	1	4.09432566	2.92000073	0.11320	4.74722535
Columnas	22.3628313	1	22.3628313	15.9487762	0.00178	4.74722535
Interacción	1.22905062	1	1.22905062	0.87653719	0.36761	4.74722535
Dentro del grupo	16.8259917	12	1.40216597			
Total	44.5121993	15				

Tabla 20 Proteína insoluble en detergente neutro (PIDN)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	18.5805452	23.386244	41.9667892			
Promedio	4.65	5.85	5.25			
Varianza	0.11516045	0.52828049	0.68816648			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	26.2370151	25.7020678	51.939083			
Promedio	6.56	6.43	6.49			
Varianza	0.17269847	0.18875194	0.16001747			
<i>Total</i>						
Cuenta	8	8				
Suma	44.8175604	49.0883118				
Promedio	5.60	6.14				
Varianza	1.17018116	0.40306819				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	6.21541516	1	6.21541516	24.7406457	0.00032309	4.74722535
Columnas	1.13995736	1	1.13995736	4.53763434	0.05453812	4.74722535
Interacción Dentro del grupo	1.78265624	1	1.78265624	7.09591643	0.02064534	4.74722535
	3.01467402	12	0.25122283			
Total	12.1527028	15				

Tabla 21 Proteína insoluble en detergente ácido (PIDA)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
CON MELAZA						
Cuenta	4	4	8			
Suma	11.6099854	13.3180417	24.928027			
Promedio	2.90	3.33	3.12			
Varianza	1.04060112	0.26725584	0.61260756			
SIN MELAZA						
Cuenta	4	4	8			
Suma	16.4251251	17.3053542	33.7304793			
Promedio	4.11	4.33	4.22			
Varianza	0.13740255	0.10055737	0.11581859			
Total						
Cuenta	8	8				
Suma	28.0351105	30.6233958				
Promedio	3.50	3.83				
Varianza	0.91888677	0.4415389				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	4.84269793	1	4.84269793	12.5311038	0.00407135	4.74722535
Columnas	0.41870131	1	0.41870131	1.0834435	0.31844645	4.74722535
Interacción Dentro del grupo	0.04283112	1	0.04283112	0.11083104	0.74494412	4.74722535
	4.63745062	12	0.38645422			
Total	9.94168099	15				

Tabla 22 Cenizas (CZS)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	50.8064303	58.4815474	109.287978			
Promedio	12.70	14.62	13.66			
Varianza	0.04638655	0.09459333	1.11233821			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	53.6586575	59.4767828	113.13544			
Promedio	13.41	14.87	14.14			
Varianza	0.01343371	0.02489474	0.62090116			
<i>Total</i>						
Cuenta	8	8				
Suma	104.465088	117.95833				
Promedio	13.06	14.74				
Varianza	0.17090868	0.06889656				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0.92518553	1	0.92518553	20.6389857	0.0006743	4.74722535
Columnas	11.3792244	1	11.3792244	253.847087	0.0000000	4.74722535
Interacción Dentro del grupo	0.21552615	1	0.21552615	4.80794507	0.0487710	4.74722535
	0.537925	12	0.04482708			
Total	13.0578611	15				

Tabla 23 Carbohidratos no fibrosos (CNF)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
CON MELAZA						
Cuenta	4	4	8			
Suma	220.054829	187.933918	407.988747			
Promedio	55.01	46.98	51.00			
Varianza	6.48107866	23.905679	31.447055			
SIN MELAZA						
Cuenta	4	4	8			
Suma	206.742778	167.940093	374.68287			
Promedio	51.69	41.99	46.84			
Varianza	3.32486993	9.97157666	32.5850549			
Total						
Cuenta	8	8				
Suma	426.797606	355.874011				
Promedio	53.35	44.48				
Varianza	7.36702626	21.6572712				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	P value	Ft
Melaza	69.3300882	1	69.3300882	6.34844348	0.02692839	4.74722535
Desecación	314.384775	1	314.384775	28.7877028	0.00016931	4.74722535
Interacción	2.79038174	1	2.79038174	0.25551072	0.62237726	4.74722535
Dentro del grupo	131.049613	12	10.9208011			
Total	517.554857	15				

Tabla 24 Energía neta de lactación (ENL)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
CON MELAZA						
Cuenta	4	4	8			
Suma	6.6766614	6.03060272	12.7072641			
Promedio	1.67	1.51	1.59			
Varianza	0.00057307	0.01615603	0.01462304			
SIN MELAZA						
Cuenta	4	4	8			
Suma	6.59565118	6.13234972	12.7280009			
Promedio	1.65	1.53	1.59			
Varianza	0.01006945	0.00125966	0.00868834			
Total						
Cuenta	8	8				
Suma	13.2723126	12.1629524				
Promedio	1.66	1.52				
Varianza	0.00467827	0.00764873				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	2.6876E-05	1	2.6876E-05	0.00383144	0.95166256	4.74722535
Columnas	0.07691749	1	0.07691749	10.9654163	0.00620819	4.74722535
Interacción Dentro del grupo	0.00208751	1	0.00208751	0.29759738	0.59538775	4.74722535
	0.08417464	12	0.00701455			
Total	0.16320652	15				

Tabla 25 Potencial de hidrógeno (pH)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo						
RESUMEN	FRESCA	DESECADA	Total			
<i>CON MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	15.72	14.9	30.62			
Promedio	3.93	3.73	3.83			
Varianza	0.05826667	0.00416667	0.03876429			
<i>SIN MELAZA</i>						
Cuenta	4	4	8			
Suma	19.65	18	37.65			
Promedio	4.91	4.50	4.71			
Varianza	0.03729167	0.00833333	0.06816964			
<i>Total</i>						
Cuenta	8	8				
Suma	35.37	32.9				
Promedio	4.42	4.11				
Varianza	0.31675536	0.17696429				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	3.08880625	1	3.08880625	114.338475	0.00000017	4.74722535
Columnas	0.38130625	1	0.38130625	14.11483	0.00273598	4.74722535
Interacción Dentro del grupo	0.04305625	1	0.04305625	1.59381507	0.23076494	4.74722535
	0.324175	12	0.02701458			
Total	3.83734375	15				

Anexo 3: Fotografías













