

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**PROTECCIÓN DEL ALMIDÓN DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO
DEL ENSILAJE INTEGRAL DE CAMOTE (*Ipomoea batata*, Lam)
ADICIONANDO SAL CRUDA**

ALEXANDER ELVIS GUERRA MORALES

4-741-2124

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2014

**PROTECCIÓN DEL ALMIDÓN DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO
DEL ENSILAJE INTEGRAL DE CAMOTE (*Ipomoea batata*, Lam)
ADICIONANDO SAL CRUDA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

ING. AUDINO MELGAR

DIRECTOR

LICDA. COLOMBIA WONG

ASESOR

ING. VICTOR SÁNCHEZ

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2014

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios TODOPODEROSO por permitirme culminar una meta más en mi vida y por guiarme siempre por el buen camino.

A mis padres, por brindarme todo su apoyo incondicional e inculcarme el sentido de superación personal y dándome el aliento necesario para no dejarme caer en momentos difíciles ayudándome a ser la persona que hoy día soy.

A mis hermanos O y D, por estar siempre a mi lado en cada momento de mi vida, apoyándome en todo lo que es posible y por sus buenos consejos.

A todos mis amigos R, S, E, L, F, por estar pendientes a que este logro fuese una realidad, a ellos mil gracias por apoyarme, orientarme y por sus consejos muy apropiados.

Al Ing. Audino Melgar por su confianza y amistad, por compartir sus conocimientos y experiencias con mi persona, por su gran apoyo en la realización de esta investigación.

A cada una de las personas que intervinieron en la realización de este trabajo mis más sinceros agradecimientos.

DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo de este trabajo a mis padres Olmedo y Teófila por ser mis pilares importantes en mi formación como persona y profesional, a mis hermanos Olmedo y Diógenes por compartir momentos de alegría y tristeza. A todos ellos mis muestras de cariño y agradecimiento.

Dedico igualmente este trabajo a mi familia, a mis abuelos, tíos, primos y sobrinos que de una u otra forma me enseñaron a valorar el sentido de superación y dedicación a cada una de las cosas que hago.

De igual forma a mis amigos inseparables Senén y Roderick con quienes comparto momentos de triunfos, satisfacción, alegrías y tristezas.

PROTECCIÓN DEL ALMIDÓN DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO DEL ENSILAJE INTEGRAL DE CAMOTE (*Ipomoea batata*, Lam)

GUERRA, A. 2014. Protección del almidón durante el proceso fermentativo del ensilaje integral de camote (*Ipomoea batata*, Lam). Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. 50 pág.

RESUMEN

El ensilaje integral de camote (*Ipomoea batata*, Lam) promete ser una alternativa energética viable para la alimentación del ganado. Estudios previos muestran que durante su ensilado pierde valor nutritivo producto de la hidrólisis del almidón, generando carbohidratos solubles que son rápidamente utilizados como fuente de energía por la flora bacteriana que realiza los procesos fermentativos durante el ensilaje, limitando el almidón para el animal. Con el propósito de proteger el almidón durante el proceso fermentativo del ensilaje integral de camote, se estableció un estudio en microsilos donde se evaluaron tres niveles de adición de sal cruda (0%, 3% y 6%) con base al peso de la mezcla follaje y raíz de camote de la variedad Taignum 66, aplicando el diseño completamente al azar con seis repeticiones. Luego de 45 días, los microsilos fueron abiertos y se tomaron muestras donde se evaluó la acidez (pH), capacidad búfer y contenido de nitrógeno amoniacal (NH₃-N) como indicadores de fermentación y se analizó materia seca (MS) y proteína cruda (PC). El contenido de almidón total e integralidad de los gránulos de almidón se estudió aplicando la metodología propuesta por Megazyme International (Ireland Ltd); ambos valores, expresados como porcentaje de la MS. Se les aplicó el ANOVA a los resultados obtenidos y la diferenciación de medias se hizo por el procedimiento de Tukey. Las lecturas de pH, capacidad búfer y NH₃-N indicaron un apropiado proceso fermentativo durante el ensilaje. El contenido de MS y PC fue menor ($P < 0.05$) en el ensilado sin sal cruda, comparado con los otros dos tratamientos. A medida que se incrementó el nivel de sal cruda en el ensilaje el contenido de almidón total del ensilado fue mayor ($P < 0.05$); resultando en 46.2%, 53.7% y 55.2%, para los tratamientos con 0%, 3% y 6% de sal cruda, respectivamente. Al evaluar la integralidad del almidón durante el proceso fermentativo, el ensilado sin sal cruda mostró el mayor porcentaje de rompimiento de gránulos, con 7.53% de almidón dañado ($P < 0.05$). Para los tratamientos con 3% y 6% de sal cruda, se reportó valores menores y similares entre sí, con 2.39% y 2.16% de almidón dañado, respectivamente. Esto puede ser explicado ya que la utilización de la sal cruda, inhibe el crecimiento de microorganismos productores de ácido butírico y promueve la producción de ácido láctico durante la fermentación, lo que limita la absorción de agua por los gránulos de almidón, evitando su rompimiento. Se concluye que la adición de un 3% de sal cruda protege el almidón durante el proceso fermentativo del ensilaje integral de camote, preservando el almidón como fuente de energía para las bacterias amilolíticas en el rumen.

Palabras clave: Camote, ensilaje, almidón, fermentación, energía.

PROTECTION OF STARCH DURING THE FERMENTATION PROCESS IN SWEET POTATO (*Ipomoea batata*, Lam) COMPREHENSIVE SILAGE

ABSTRACT

Sweet Potato's comprehensive silage (*Ipomoea batata*, Lam) promises to be an energetic viable alternative for cattle feeding. Previous studies show that during the process, silage loses nutritive value, due to starch hydrolysis, producing soluble carbs that are immediately used as energy sources by the bacterial flora, which performs during ensiling fermentation process, limiting starch to the animal. In order to protect the starch during the fermentation process, a study of "microsilages" was introduced, in which three levels of crude salt addition were evaluated (0%, 3%, 6%), based on the weight of the mixture of sweet potato foliage and root of Taignum 66 range, applying the completely randomized design with six replications. After 45 days, the "microsilages" were opened, and little samples were taken in order to evaluate acidity (pH), buffer capacity and content of ammonia nitrogen (NH₃-N) as indicators of fermentation. Also dry matter (DM) and crude protein (CP) were analyzed. The total amount of starch and starch's granules integrity was analyzed applying the Megazyme International (Ireland Ltd)'S Method. Both values were expressed in percentage. ANOVA method was applied to the results and differentiation of means was made by the method of Tukey. Readings of pH, buffer capacity and NH₃-N indicated an appropriate fermentation process during ensiling. The contents of DM and CP was lower (P <0.05) in silage without crude salt, compared to the other two treatments. As the level of crude salt silage increased total starch content of the silage was higher (P <0.05), resulting in 46.2%, 53.7% and 55.2%, for treatments with 0%, 3% and 6 % crude salt, respectively. When evaluating starch's integrity during the fermentation process, silage without crude salt presented a higher percentage of broken granules, with 7.53% of damaged starch, similar between each other, with 2.39% and 2.16% of damaged starch respectively. This because of the fact that crude salt inhibits the growth of microorganisms that produce butyric acid and promotes lactic acid production during fermentation, and, as result starch's granules water absorption is limited avoiding breakage. Consequently, adding 3% of crude salt protects starch during the fermentation process of sweet potato's silage, preserving starch as an energy source for amylolytic bacteria in the rumen.

Key words: Sweet potato, silage, starch, fermentation, energy.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE TITULO.....	i
PAGINA DE APROBACION.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
INDICE DE CONTENIDO.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema a investigar.....	3
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis.....	7
1.6 Alcances y Limitaciones del Estudiante.....	8
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1. Generalidades del camote.....	9
2.2. Características nutricionales.....	10
2.3. Fermentación del almidón.....	12
2.4. Métodos para medir el almidón.	13
2.5. El camote en la alimentación animal.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Sitio experimental.....	17
3.2. Tratamientos.....	17

3.3. Variables de respuesta.....	17
3.3.1. Materia Seca.....	17
3.3.2. Proteína Cruda.....	18
3.3.3. Contenido de Almidón Total.....	18
3.3.4. Integralidad del Almidón (Almidón Dañado).....	18
3.3.5. Parámetros de fermentación.....	19
3.3.5.1. pH.....	19
3.3.5.2. Capacidad buffer.....	20
3.3.5.3. Nitrógeno amoniacal.....	20
3.4. Duración del experimento.....	21
3.5. Diseño experimental.....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. Materia Seca y Proteína Cruda.....	23
4.2. Parámetros de Fermentación.....	29
4.3 Contenido de Almidón Total y Almidón Dañado.....	33
5. CONCLUSIONES.....	39
7. RECOMENDACIONES.....	40
8. BIBLIOGRAFÍA.....	41
9. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Título	Página
CUADRO I.	Caracterización bromatológica del follaje y la raíz de diferentes genotipos de batata.....	10
CUADRO II.	Composición bromatológica del camote.....	11
CUADRO III.	Composición química de la batata en función, raíz versus follaje.....	16
CUADRO IV.	Contenido de materia seca y proteína cruda en el ensilado de camote integral (<i>Ipomoea batata</i> , Lam) tratado con sal cruda.....	23
CUADRO V.	Parámetros químicos y fermentativos del tubérculo de camote.....	25
CUADRO VI.	Características de fermentación en ensilaje de camote integral (<i>Ipomoea batata</i> , Lam) tratado con sal cruda.....	28
CUADRO VII.	Parámetros químicos y fermentativos del tubérculo de camote.....	29
CUADRO VIII.	Contenido de almidón total y almidón dañado en el ensilaje de camote (<i>Ipomoea batata</i> , Lam) tratado con sal cruda.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Título	Página
FIGURA 1.	Proceso para determinar materia seca (ms) y proteína cruda (pc).....	27
FIGURA 2.	Medición de pH.....	30
FIGURA 3.	Nitrógeno amoniacal y capacidad buffer.....	31
FIGURA 4.	Contenido de almidón total y almidón dañado.....	34
FIGURA 5.	Efectos de tres niveles de sal cruda sobre el contenido de almidón total en el ensilado de camote integral.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Título	Página
ANEXOS 1.	Microsilos y muestras abiertas.....	46
ANEXOS 2.	Extracción de muestras para análisis.....	47
ANEXOS 3.	Análisis en el laboratorio.....	49

I. INTRODUCCIÓN

El Camote (*Ipomoea batatas*, Lam) es una planta perenne, cultivada anualmente, pertenece a la familia de convolvuláceas (*Convolvulaceae*). A diferencia de la papa que es un tubérculo, o esqueje engrosado, el camote es una raíz reservante.

La especie se adapta desde el nivel del mar hasta los 2500 metros de altura, pero para establecer plantaciones comerciales con buenos rendimientos, se cultiva entre los 0 y 900 metros sobre el nivel del mar, en donde se presentan temperaturas de 20 a 30 grados centígrados, que aceleran su metabolismo. Requiere de 12 a 13 horas diarias de luz, se adapta a suelos con buena aireación, buen drenaje, que sean livianos y con alto contenido de materia orgánica, tipo franco arenosos hasta franco arcillosos, con pH entre 5.2 y 7.7. Si el suelo es muy fértil, pesado y humedad el desarrollo de hojas y tallo es muy vigoroso pero su rendimiento de raíces es muy bajo al igual que su calidad, las raíces de mejor calidad se obtienen en suelos arenosos y pobres, aunque los rendimientos son bajos.

El cultivo del camote presenta una buena alternativa de diversificación alimenticia para los pequeños productores, tiene pocos enemigos naturales lo cual implica que usa pocos pesticidas y crece en suelos con pocos fertilizantes, podría llegar a producirse a gran escala para explotar su potencial de industrialización.

Es una raíz con alto contenido de almidón y algunas variedades contienen carotenos, ventaja que permite reducir la cantidad de colorantes utilizados, pues ya los poseen naturalmente.

El camote fue domesticado hace miles de años, siendo alimento importante para los pobladores de esa época. Es una raíz reservante con alta concentración de azúcares, caroteno y provitamina A.

Con alta productividad, bajos costos de producción bastante rústico y que generalmente se le maneja en el campo en forma natural. Tiene múltiples aplicaciones, en la cosecha se utiliza toda la planta; sea como alimento, forraje, medio de propagación o como materia prima barata para la industria.

Es una especie vegetal, de la cual se aprovechan todas sus partes. Es una planta alimenticia tanto sus raíces reservantes como sus hoja. Esta la utilizan en ensaladas las damas en estado de gestación porque estimulan la secreción láctea, se utiliza también como medio de propagación (esquejes) y como forraje ganadero. Las raíces reservantes, que es el objetivo de su manejo, se utiliza en seco como en fresco y también como medio de propagación.

1.1. Planteamiento del Problema a Investigar

En el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) se han realizado diversos experimentos y ensayos sobre el uso del camote (*Ipomoea batatas*). En el caso específico del proyecto sobre camote para su uso en la alimentación animal, las investigaciones se han orientado para responder a las necesidades más prioritarias de los productores. En este aspecto, se consideró la tendencia de los productores de producción animal a establecer bancos de proteína con leguminosas o con camote u otras plantas forrajeras para abaratar los costos de la alimentación, los cuales cada día van en aumento. Se espera que con la utilización del camote para la producción de energía alternativa, se reduzcan los costos de producción al mismo tiempo que se incrementen los productos.

Uno de los aspectos cruciales en la alimentación animal es obtener un forraje con cantidad y calidad en forma continúa. Entre éstos está el uso del follaje del camote; el cual es sembrado con el objetivo principal de utilizar las raíces dando una situación temporal para el uso del follaje. El mismo debe ser utilizado en forma inmediata, ya que por su contenido acuoso, al ser apilado, tiende a un proceso de fermentación que conduce a una pérdida del follaje. Sin embargo, su utilización es factible considerando modificaciones en el manejo del cultivo, tal como introducir cortes intermedios que conduzcan a obtener una mayor biomasa forrajera con una reducción mínima de las raíces (20 a 25 por ciento). Así mismo, es posible su utilización en ensilajes, ya sea solo, combinado con raíces o con otros forrajes como maíz, sorgo, King Grass, entre otros.

1.2. Antecedentes

El camote es el séptimo cultivo más importante del mundo en términos de producción, sin embargo, por sus propiedades alimenticias es reconocido como uno de los alimentos más utilizados para combatir la desnutrición a nivel mundial. La planta de camote es rica en carbohidratos, vitamina A y calcio, por lo que es recomendada como un alimento altamente energético, ya que una producción de 30 t/ha se pueden reportar 35 millones de calorías en un periodo de 150 a 180 días.

Las raíces tuberosas del camote son utilizadas para consumo humano, animal y diversos usos industriales (Montaldo, 1991). En la alimentación de animales, principalmente, porcino, bovinos, aves, ovinos y conejos, se utiliza la raíz tuberosa y el follaje fresco. Un subproducto de los tubérculos de camote, ampliamente utilizados, es la harina, la cual es empleada para elaborar pan y fideos.

El Instituto de Investigación Agropecuario de Panamá (IDIAP), posee actualmente un banco de germoplasma *in vitro* de camote, del cual se han seleccionado algunos cultivares promisorios para el consumo humano y animal. Adicionalmente, se han realizado investigaciones en manejo agronómico del cultivo con el fin de desarrollar tecnologías que permitan a los productores realizar un adecuado manejo de las plantaciones, sin ocasionar deterioro de los agroecosistemas y a la salud de los consumidores. La producción de camote se ha realizado en huertos de manera tradicional, a muy pequeña escala o para autoconsumo. Recientemente, se ha notado un creciente interés por la

producción de camote, lo que nos conduce a la búsqueda de conocimientos y tecnologías de manejo agronómico, para satisfacer las demandas de los agricultores, proporcionándoles materiales adaptados con buena productividad tanto de follaje como de tubérculos.

1.3. Justificación

El ensilaje de raíces se caracteriza por su alto contenido de agua (mayor al 60 por ciento) y un bajo contenido de carbohidratos solubles debido al rompimiento de los gránulos de almidón. Por lo tanto, para evitar pérdidas por una mala fermentación y, por ende, una mala palatabilidad del producto terminado es necesario utilizar aditivos para evitar la proliferación de organismos indeseables tales como: levaduras, clostridium, mohos, bacilos, enterobacterias, bacterias productoras de ácido acético y listeria. Microorganismos que promueven la fermentación de los carbohidratos y proteínas, disminuyendo el valor nutritivo del ensilaje.

Para evitar el rompimiento de los gránulos de almidón durante el proceso de fermentación del ensilado de raíces, se plantean algunas alternativas como la utilización de sales como el cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de potasio (KCl). Hay evidencias que la utilización de la sal cruda (NaCl), inhibe el crecimiento de microorganismos productores de ácido butírico y promueve la producción de ácido láctico, no mejora la calidad nutricional del ensilado, pero limita la absorción de agua por los gránulos de almidón, evitando su rompimiento.

De igual forma la utilización de fuentes de carbohidratos solubles como la melaza son rápidamente utilizables por los microorganismos durante la fermentación. Los microorganismos a través de la ley del menor esfuerzo fermentarán los azúcares suministrados con la melaza, favoreciendo la integridad de los gránulos de almidón en el ensilado.

Es por esta razón que proponemos la utilización de la sal cruda como aditivos para evitar el rompimiento de los gránulos de almidón, permitiendo un mayor aprovechamiento por las bacterias amilolíticas en el rumen.

1.4. Objetivo

1.4.1. Objetivo General

- Proteger el almidón durante el proceso fermentativo del ensilaje integral de camote adicionando sal cruda.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los efectos de la sal cruda sobre la protección del almidón durante el proceso fermentativo en el ensilado del camote integral.
- Evaluar los efectos de la sal cruda sobre los parámetros de fermentación en el ensilado de camote integral.

- Determinar el contenido de almidón total y almidón dañado en el ensilado de camote integral.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis para Objetivo Específico 1

Ho: La sal cruda ayuda a proteger el almidón durante el proceso fermentativo del ensilaje integral de camote.

Ha: La sal cruda no ayuda a proteger el almidón durante el proceso fermentativo del ensilaje integral de camote.

1.5.2. Hipótesis para Objetivo Específico 2

Ho: La sal cruda tiene efectos sobre los parámetros de fermentación en el ensilaje integral de camote.

Ha: La sal cruda no tiene efectos sobre los parámetros de fermentación en el ensilaje integral de camote.

1.5.3. Hipótesis para Objetivo Específico 3

Ho: La adición de sal cruda tiene efectos sobre el contenido de almidón total y almidón dañado en el ensilado de camote integral.

Ha: La sal cruda no tiene efectos sobre el contenido de almidón total y almidón dañado en el ensilado de camote integral.

1.6. Alcances y Limitaciones del Estudio

Alcances: La innovación del proceso de conservación y preservación del camote integral suministrándole sal cruda en el ensilado se logró en su totalidad. Siendo esta una técnica viable para conservar fuentes alimenticias ricas en nutrientes en la alimentación del ganado en periodos de mayor escasez. La implementación de esta técnica utilizando el camote integran reduciría los costos de producción de los productores debido al bajo requerido que necesita la siembra de este cultivo aumentando la rentabilidad de la explotación.

Limitaciones: Unas de las limitaciones que enfrentamos en la elaboración de este proyecto es el escepticismo que presentan los productores con las nuevas propuestas de fuentes de alimentación para el ganado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Camote

El camote (*Ipomoea batata*) no sólo es un cultivo aparentemente libre de factores antinutricionales sino que es altamente rendidora, se puede aprovechar integralmente (raíz, follaje), es fácilmente digestible y además de ser rica en carbohidratos solubles, contiene una gran cantidad de vitaminas que la hacen considerar como una de las fuentes de energía más completa. Su importancia ha trascendido tanto, que en los últimos años diversos congresos y eventos internacionales han estado dirigidos a discutir y divulgar sus bondades nutricionales y ventajas comparativas como alimento humano y animal.

Estructuralmente, el almidón del camote consiste de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (Knutzon y Grove, 1994). Mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96 por ciento por enlaces α (1-4) y en un 4-6 por ciento con uniones α (1-6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (Guan y Hanna, 2004).

Los almidones nativos de las diferentes especies de vegetales tienen como característica fundamental que sus propiedades fisicoquímicas y funcionales estarán influenciadas por sus estructuras granular y molecular (Wang y White, 1994a). Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles (Wang y White, 1994b).

2.2. Características Nutricionales

La composición de este tubérculo es muy similar a la de la patata, si bien existen algunas diferencias (Langdon, 2001). En el cuadro I se muestran las características bromatológicas del follaje y de las raíces del camote a partir de materia seca (MS) de unos de los trabajos realizados por Luciani, 1989.

El camote presenta un sabor dulce debido a su elevado contenido en azúcares. Por su riqueza en hidratos de carbono se puede decir que es un alimento de alto valor energético (Martí y col, 2011).

CUADRO I. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DEL FOLLAJE Y LA RAÍZ DE DIFERENTES GENOTIPOS DE BATATA.

PARTE DE LA PLANTA	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	ELN (%)	C (%)
Follaje	92.2	16.5	3.2	19.4	48.7	12.5
Raíz	90.6	3.3	0.6	4.6	88.9	2.4

Fuente: Luciani, 1989

En cuanto al contenido vitamínico cabe destacar el aporte de pro-vitamina A, muy superior al de la patata, en especial en las variedades cuyo color de la carne es de un amarillo o anaranjado intenso. Por este motivo son más nutritivas las amarillas que las blancas.

Otras vitaminas que se encuentran en mayor proporción en la batata con respecto a la patata son la vitamina E, la vitamina C y el ácido fólico. Además este tubérculo es buena fuente de potasio y contiene mayor cantidad de sodio que la patata (Langdon, 2001).

CUADRO II. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL CAMOTE

Nutrientes	Composición
Materia Seca	88%
Proteína Bruta	2,8%
Grasa	0,70%
Fibra Bruta	3,0%
Nut. Dig. Tot (NDT)	73%
Lisina	0,10%
Metionína – Cistina	0,07%
Treonína	0,11%
Triptofano	0,04%
Calcio	0,10%
Fósforo	0,13%
Fósforo Disponible	0,04%

Tablas AEC, Recomendaciones para la Nutrición Animal, 5ta. Edición.

2.3. Fermentación del Almidón

La fermentación del almidón es un proceso natural, conducido bajo una capa de agua sobrenadante. Los microorganismos que realizan la fermentación provienen del medio ambiente y del agua utilizada. El período de fermentación varía según la región y las condiciones climáticas (Cereda y col. 1981). En las regiones tradicionales productoras del almidón del Brasil la fermentación lleva de 30 a 40 días, llegando a 60 días en la safra (Cereda y col, 1987).

Cárdenas y Buckle (1980) describieron el proceso de la fermentación del almidón en condiciones colombianas. El proceso muy semejante a la fabricación del "polvilho azedo" en el Brasil, variando el tiempo de fermentación entre 20 a 30 días.

Con el propósito de acelerar la fermentación y disminuir el tiempo de permanencia del almidón en los tanques de fermentación algunos productores utilizan "inóculos" como limón agrio y maíz molido, aunque otros creen que el limón acelera la fermentación, este método produce un almidón agrio de mala calidad (Cereda y col, 1985). Otros tantos, utilizan como inóculo el almidón agrio de las fermentaciones anteriores dejando los tanques medio sucios de una fermentación para otra o colocando en el fondo del tanque un poco de almidón agrio (Cereda y col, 1987).

El proceso fermentativo obviamente altera los granos del almidón confiriendo al producto fermentado características peculiares. Además del sabor y aroma, las modificaciones que ocurren durante la fermentación alteran sus características físicas, químicas y reológicas (Nakamura y col, 1976; Camargo y col, 1988).

2.4. Métodos para Medir el Almidón

Hace algunos años se comenzó a darle importancia a los almidones contenidos en los tubérculos. Estos permiten desencadenar procesos de hidrólisis de azúcares complejos contenidos en el almidón, facilitando de esta manera la producción de azúcares más simples que servirán como alimento a las levaduras en el proceso de fermentación. Contar con un instrumento preciso y rápido es muy apreciado. En 1965 Medcalf y Gilles presentaron un trabajo que consistió en medir con un amperímetro la cantidad de iones absorbidos por los gránulos de almidón, de una muestra de harina en una solución graduada a 35 grados centígrados.

Otra forma de medir el almidón es por el método de espectrofotometría en el cual se cuantifica la desaparición de los sustratos a una longitud de onda específica.

El almidón es uno de los principales componentes de la yuca y de otras raíces y tubérculos, se encuentra almacenado en gránulos y se extrae utilizando un proceso de disolución en agua filtrado con mantas.

2.5. El Camote en la Alimentación Animal

Diversas investigaciones han determinado la producción y las características nutricionales, tanto frescos como conservados bajo forma de ensilaje de follaje y raíces de camote, mediante su análisis químico y pruebas de degradabilidad

ruminal de forma que puedan ser utilizados eficientemente en la alimentación de rumiantes. De acuerdo a las investigaciones realizadas hasta el momento se tiene que, el follaje de camote de uso comercial común, contiene proteína superior a gramíneas forrajeras como el maíz y además tiene un relativo bajo contenido de fibra mientras que las raíces contienen un bajo nivel de fibra y alto en carbohidratos digestibles (Sánchez, 1996; Barriga, 1995; Fernández, 2000).

Al determinar las características nutricionales del ensilaje de forraje y/o raíz de camote se obtuvieron los siguientes valores promedios para proteína y fibra: 12.2 por ciento y 22.5 por ciento para el ensilado de follaje, 7.8 por ciento y 8.8 por ciento para ensilado de raíz; 10.2 por ciento y 16 por ciento para ensilado de raíz y follaje, respectivamente (Sánchez, 1996).

Así mismo, Quezada (2001) determinó la degradabilidad ruminal del ensilado de camote obteniendo para la materia seca, 43.4 por ciento y 66.8 por ciento y para la materia orgánica 41.2 por ciento y 66.9 por ciento a las 24 y 72 horas de incubación respectivamente. Esto indica que comparativamente con otros forrajes el ensilado de camote presenta una calidad intermedia con respecto a nutrición de los rumiantes.

Complementariamente, Rocha (1999) evaluó el efecto de la suplementación de vacas lecheras de pequeños productores que reciben raciones a base de follaje de camote. Se evaluaron 2 suplementos uno a base de subproducto de trigo y sal (control) y otro a base de subproducto de trigo, sal y pasta de algodón (suplemento con mayor aporte de proteína sobrepasante). La producción de leche de vacas alimentadas con el suplemento que incluía pasta de algodón,

con relación al control, tuvieron una mayor respuesta en la producción de leche (15.4 versus 13.8 kilogramos/día) y proporcionaron una utilidad adicional por cada kilogramo de leche extra producida. Esto demuestra que suplementando estratégicamente el follaje de camote se puede mejorar la productividad.

De estos resultados se puede indicar que el follaje de camote presenta un alto contenido de proteína y adecuada digestión, que en muchos casos, resulta superior a varios forrajes utilizados en la alimentación de rumiantes; de allí que resulte en algunos casos nutricionalmente importante, su conservación y/o utilización dependiendo de las características productivas de los ganaderos.

Así mismo, la raíz de camote presenta bajo contenido de fibra y alto contenido de almidón, característica que le permite proporcionar un alto contenido de energía y pueda ser utilizado en la alimentación animal reemplazando en forma parcial a insumos energéticos como el maíz. En base a esta revisión se tiene una sólida evidencia que el camote (follaje y raíces), tomando en consideración su versatilidad en valor nutricional, puede integrarse de mejor forma que la actual a los diversos sistemas ganaderos con rumiantes; contribuyendo a su mejora y sostenibilidad.

La composición química de la batata muestra variabilidad en función; en la raíz en términos de materia seca, proteína cruda, almidones, azúcares totales, energía bruta e inhibidores de tripsina, en base al cual se comporta como un recurso energético y el follaje en términos de materia seca, proteína cruda, FND, FAD, celulosa, lignina e inhibidores de tripsina; que lo caracteriza como

un recurso proteico fibroso de buena calidad. El perfil de aminoácidos de ambos se complementa y supera la limitante de los cereales (maíz-sorgo) en lisina y metionina (González, 1994).

CUADRO III. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BATATA EN FUNCIÓN, RAÍZ VERSUS FOLLAJE.

	Raíz	Follaje
Materia Seca	24 a 32 %	13.5 a 15.8 %
Proteína Cruda	2.9 a 8.0 %	18.6 a 22.8 %
Almidón	45.2 a 57.4 %	
Azúcares totales	5.1 a 14.0 %	
Energía Bruta	3844 a 4075 Kcal/Kg	
Inhibidores de tripsina	5.5 a 12.0 TIU	2.4 a 8.0 TIU
FDN		24.5 a 32.8 %
FDA		13.6 a 26.6 %
Celulosa		7.2 a 18.2 %
Lignina		7.9 a 8.4 %

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio Experimental

El estudio se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicado en el distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí, y el contenido de almidón se realizará en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá.

3.2. Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos con tres repeticiones:

T₁= Camote integral más 0% aditivo

T₂= Camote integral mas 3% de sal cruda

T₃= Camote integral más 6% de sal cruda

3.3. Variables de Respuesta

Las variables de repuesta que se evaluaron son las siguientes:

3.3.1. Materia Seca

La materia seca (MS), se determinó por desecación en horno a 105 °C, por 24 horas. Figura 1.

3.3.2. Proteína Cruda

La proteína cruda (PC, $N \times 6.25$) y nitrógeno amoniacal ($N-NH_3^-$), se cuantificó utilizando el método de Kjeldhal (AOAC, 1980).

3.3.3. Contenido de Almidón Total

El contenido de almidón total se realizó con la metodología 996.11 de la AOAC, a través del Total Starch Assay Kit (Megazyme International Ireland Ltd.). Este análisis consiste en dos fases. En la primera fase, el almidón parcialmente hidrolizado y totalmente solubilizado. En la segunda fase, las dextrinas son cuantitativamente hidrolizadas a glucosa por acción de la amiloglucosidasa. En la mayoría de las muestras la solubilización completa del almidón se puede lograr cocinando la muestra en presencia de α -amilasa termoestable. Luego de preparada la muestra, son leídas en un espectrofotómetro ajustado a 510 nanómetros (*nm*) y el contenido de almidón es expresado como porcentaje (%) de la materia seca. Ver Figura 4.

3.3.4. Integralidad del Almidón (Almidón Dañado)

La integralidad del almidón se obtuvo a través del método 76-31 de AACC que determina daño en los gránulos de almidón. Para esto se utilizó el Starch Damage Assay Kit (Megazyme International, Ireland Ltd.). En esta prueba, los gránulos de almidón son hidratados e hidrolizados a maltosacáridos más dextrinas α -limitadas bajo un tratamiento controlado con α -amilasa fúngica purificada. El tratamiento de α -amilasa fúngica es designado para dar una solubilización completa cercana de gránulos dañados con un mínimo

rompimiento de los gránulos no dañados. Esta reacción es determinada sobre la adición de ácido sulfúrico diluido. Alícuotas son tratadas con exceso de amiloglucosidasa purificada para dar una completa degradación de dextrinas derivadas del almidón a glucosa. La glucosa es medida con una mezcla de glucosa oxidasa/peroxidada altamente pura. Los valores determinados como almidón dañado son expresados como porcentaje de la materia seca. Ver Figura 4.

3.3.5. Parámetros de Fermentación

Como indicador del proceso de fermentación se evaluó el pH y la capacidad buffer (McDonald y Henderson, 1962) y el nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) a través de la destilación micro-Kjeldahl.

3.3.5.1. pH

El pH es un indicador importante en el proceso de conservación de un forraje en forma de ensilaje debido a que es una de las transformaciones más radicales que ocurren en el forraje y por su estrecha relación con los procesos degradativos durante la conservación. En la Figura 2 se muestra el proceso de medición del pH. Esto indica el grado de acidificación que alcanzó el material ensilado, el nivel de estabilización del mismo depende del contenido de materia seca. Se aceptan valores inferiores a 4, aunque es preferible un descenso aún menor 3.6 – 3.7 para que garantice la imposibilidad de desarrollo de microorganismos no deseable.

3.3.5.2. Capacidad Buffer

Son sistemas formados por un ácido y una base conjugada que mantienen constante el pH dentro de ciertos límites. La capacidad buffer es la variación del pH con respecto al agregado H^+ y OH^- . La capacidad buffer es máxima cuando la actividad del ácido se igual al de la base conjugada (pka). Para obtener un buffer efectivo en un determinado pH debemos elegir un par acido/base conjugada con un pk cercano al pH deseado.

3.3.5.3. Nitrógeno Amoniacal

El Nitrógeno (N) es constituyente estructural de proteínas, de muchos metabolitos relacionados con la síntesis y transferencia de energía y también de ácidos nucleicos. En las Figura 3 se muestra el proceso de medición del nitrógeno amoniacal. El N puede ser absorbido por las plantas en la forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). La absorción de nitrato y amonio varia conforme la especie, variedad, temperatura, pH e intensidad luminosa como puede ser constatado en diversos cultivos.

El N, es el elemento del suelo más absorbido por las plantas en condiciones normales de cultivo. Por esta razón, es también, el nutrimento que se encuentra más deficiente para la mayoría de los cultivos en todas las partes del mundo (Black y col 1982). La mayor parte del nitrógeno en el suelo se encuentra combinado orgánicamente (Bremner, 1965). Durante el proceso de mineralización de estos compuestos nitrogenados orgánicos ocurre la fase intermedia de formación de aminoácidos y otras formas orgánicas y, a pesar

que pueden ser utilizadas por las plantas, prácticamente todo el N absorbido del suelo proviene de dos formas de iones inorgánicos, NH_4^+ y NO_3^- . Normalmente la planta, en el inicio utiliza el N de la reserva de la semilla, después amonio o nitrato, y finalmente aminoácidos (Ghosh y Burris, 1949).

Las especies y cultivares tienen exigencias diferentes del nutrimento, en relación a la cantidad y a la forma absorbida. El tomate, por ejemplo, es más exigente en calcio, fósforo y potasio que la lechuga, mientras que en papa no existe una definición sobre la mejor composición de la solución nutritiva.

El N puede ser absorbido por las plantas en la forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). La absorción de NO_3^- varía conforme la variedad e intensidad luminosa como pudo ser constatado en cultivos de lechuga y en otras hortalizas (Rodríguez, 2002).

El N en la forma amoniacal (NH_4^+) no debe sobrepasar 20 por ciento de la cantidad total de N en la formulación (Furlani y col, 1999), pero la forma preferencial en la absorción de N, sea nítrica o amoniacal, difiere también con las especies vegetales (Tadano y Tanaka, 1976).

3.4. Duración del Experimento

La fase experimental de la prueba de los silos tuvo una duración de 45 días, en el cual al finalizar este período se abrieron los silos y se hicieron los análisis correspondientes.

3.5. Diseño Experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar con tres repeticiones aplicando el siguiente modelo matemático (Little y Hills, 1991):

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

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto de tratamiento

E_{ij} = Error experimental

El análisis de varianza se realizó a través del comando **PROC GLM** de SAS (SAS, 2001) y para la comparación de medias se usará la prueba de **TUKEY** con un valor de significancia de $P < 0.05$. Esto se hará con el siguiente programa, empleando **TRAT** para tratamiento, **REP** para repetición y **ALMT** para almidón total.

PROC GLM;

CLASS TRAT REP;

MODEL ALMT = TRAT;

MEANS TRAT /TUKEY;

RUN;

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para las características nutricionales del ensilaje integral de camote tratado con sal cruda.

4.1. Materia Seca y Proteína Cruda

CUADRO IV. CONTENIDO DE MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA EN EL ENSILADO DE CAMOTE INTEGRAL (*Ipamoea batata*, Lam) TRATADO CON SAL CRUDA.

Variable de Respuesta	Medias de Tratamiento (Adición de NaCl)			C.V. ¹	E.E.M. ²
	0%	3%	6%		
	Materia seca, %	29.3^b	33.4^a		
Proteína cruda, %	4.10^b	5.45^a	5.52^a	8.29	0.170

¹Coeficiente de variación

²Error estándar de la media

^{ab}Medias con distinta letra dentro de la misma fila difieren estadísticamente (P<0.05)

El Cuadro IV muestra el contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) en el ensilado de camote integral (*Ipomoea batata*, Lam) tratado con sal cruda.

Se observó que hubo diferencia estadística entre los tratamientos uno (1) con cero por ciento (0%) de sal cruda con los otros dos (2) tratamientos con tres (3%) y seis por ciento (6%) de sal cruda respectivamente.

La materia seca (MS) fue mayor en los tratamientos dos (2) y tres (3), en cuanto mayor es el porcentaje de sal cruda la materia seca aumenta. Esto puede explicarse debido a que la sal cruda actúa como ósmosis, extrayendo el agua contenida en el follaje y en el tubérculo aumentando así la materia seca (MS) y por ende la proteína cruda (PC).

Para el ensilaje de raíces de camote es necesario el empleo de aditivos con un alto contenido de materia seca (MS) pues las raíces no se pueden pre secar tan fácil como el follaje. Así mismo el bajo de proteína de las raíces pueden limitar el crecimiento de los microorganismos fermentadores, es así que los aditivos ricos en proteína (guano de pollo y urea) pueden ayudar.

Además, el uso de sal es particularmente relevante en el caso de las raíces debido a que se han indicado que evita la fermentación del almidón y azúcares (Peters y col. 2000).

La MS es importante de por sí y porque los demás componentes (excepto digestibilidad) están expresados sobre materia seca. Su conservación indica de la cantidad de principios, de distintas cualificaciones nutritivas se han conservado y es especialmente significativa, porque las pérdidas que se registran en ella corresponden sobre todo a las de las fracciones más lábiles.

Así la proteína cruda (PC) es un parámetro importante debido a su influencia directa en la producción animal. Para ensilados, el contenido ha de estar comprendido entre 8 y 10 % sobre MS. Si los valores son superiores y no hubo la adición de otro aditivo, puede significar un corte demasiado temprano con pérdida de potencial de producción y bajo contenido en almidón.

CUADRO V. PARÁMETROS QUÍMICOS Y FERMENTATIVOS DEL TUBÉRCULO DE CAMOTE.

% Sal	0.0	0.5	1.0	0.0	0.5	1.0
% MS	27.52	29.04	30.23	28.61	26.66	5.47
% PC	5.52	5.22	5.88	5.47	5.51	5.88

Fuente; Ruiloba, 2005

En promedio, la raíz reservante del camote tiene entre 20 y 30 por ciento de materia seca (MS) en los casos más bajos llegan a 13 y 15 por ciento y en los más altos 40 por ciento. (Martí, H. 1998). Esta materia seca (MS) esta compuesta por un alto contenido de almidón principalmente amilopectinas (60-70 por ciento) que es fácilmente digestible por todas las especies, apreciable contenido de azúcar (7-5 por ciento) principalmente sacarosa hemicelulosa (5 por ciento), y lignina (2 por ciento LAD), además contiene 2.8, 8.8 y 3.6 por ciento de fibra bruta (FB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), bajo contenido en grasa (<1%).

El contenido de proteína cruda (PC) del tubérculo es de 2.8 a 9 por ciento dependiendo de la variedad, muestra que Gómez y Fernández (2002) indicaron un contenido de 4.9 por ciento y Sánchez, H. (1996) de 3.0 a 8.0 por ciento en base seca.

El follaje de camote es equivalente a un pasto de buena calidad con un 12 por ciento de proteína cruda (PC), 65 por ciento de digestibilidad y muy buena aceptación por el ganado (Backert y col. 1976). Este es rico en proteína, azúcares y vitaminas, pero es relativamente alto en fibra y tiene un bajo contenido de materia seca (MS), lo que se explica porque la introducción del mismo en las dietas reduce frecuentemente la ingesta de materia seca (MS) y debido a su alto contenido proteico puede usarse para reemplazar parcialmente otras fuentes de proteínas (González y Tepper, sf).

El contenido de materia seca (MS) puede variar entre 10 y 20 por ciento (Vázquez y col 2004), con valores entre 12 y 17 por ciento de proteína cruda (PC), menos 18 por ciento de fibra cruda (FC) y una digestibilidad de la materia seca (MS) superior al 70 por ciento (Ffoulkes y col 1978 y Ruíz y col 1981).

FIGURA 1: PROCESO PARA DETERMINAR MATERIA SECA (MS) Y PROTEÍNA CRUDA (PC).



- 1.- Muestras secas sin moler.**
- 2 y 3.- Muestras secas y molidas.**
- 4.- Muestras para introducir al horno.**



4.2. Parámetros de Fermentación

CUADRO VI. CARACTERÍSTICAS DE FERMENTACIÓN EN ENSILAJE DE CAMOTE INTEGRAL (*Ipomoea batata*, Lam) TRATADO CON SAL CRUDA.

Variable de Respuesta	Medias de Tratamiento (Adición de NaCl)			C.V. ¹	E.E.M. ²
	0%	3%	6%		
	Ph	4.12 ^a	3.84 ^b		
N-NH ₃ , %	7.34 ^a	6.55 ^b	6.44 ^b	6.83	0.189
Capacidad Buffer	18.70	18.07	17.48	5.44	0.401

¹Coeficiente de variación

²Error estándar de la media

^{ab}Medias con distinta letra dentro de la misma fila difieren estadísticamente (P<0.05)

El Cuadro VI se muestra el análisis de los parámetros de fermentación (pH, N-NH₃, y la capacidad buffer) en el ensilado de camote integral (*Ipomoea batata*, Lam) tratado con sal cruda. Se observó que hubo diferencia estadísticas entre los tratamientos uno (1) en relación con los tratamientos dos (2) y tres (3). El pH y el nitrógeno amoniacal (N-NH₃) disminuyendo a medida que se incrementaba el porcentaje de sal cruda.

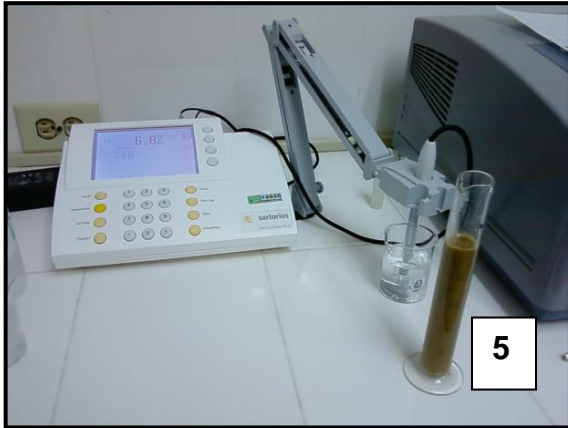
CUADRO VII. PARÁMETROS QUÍMICOS Y FERMENTATIVOS DEL TUBÉRCULO DE CAMOTE.

% Sal	0.0	0.5	1.0	0.0	0.5	1.0
% N-NH₃	8.82	9.25	9.43	10.46	8.55	9.05
% pH	4.03	4.03	3.62	3.73	4.08	3.71

Fuente: Ruiloba 2005

En el cuadro VII se muestran los parámetros de fermentación obtenidos por Ruiloba 2005.

Existe poca información de estudios de camote tratado con sal cruda, excepto el de Ruiloba (2005) donde estudió el efecto de sal cruda y melaza, en el ensilaje de tubérculos de camote (variedad Taignum-66), encontrando a los 100 días de ensilado, buenas características fermentativas y organolépticas en el material y, que el nivel de sal y melaza, no afectaron el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y nitrógeno amoniacal (N-NH₃).

FIGURA 2: MEDICIÓN DE pH.

5.- Potenciómetro y muestra.

6.- Potenciómetro calibrado.

7.- Pesaje de muestra al abrir los micro silos.

FIGURA 3: NITRÓGENO AMONIACAL Y CAPACIDAD BUFFER.

8.- Muestras secas.

9.- Preparación de las muestras.

10.- Muestras preparadas en baño María.

11.- Determinación de $N-NH_3$



4.3 Contenido de Almidón Total y Almidón Dañado

CUADRO VIII. CONTENIDO DE ALMIDÓN TOTAL Y ALMIDÓN DAÑADO EN EL ENSILAJE DE CAMOTE (*Ipomoea batata*, Lam) TRATADO CON SAL CRUDA.

Variable de Respuesta	Medias de Tratamiento			C.V. ¹	E.E.M. ²
	(Adición de NaCl)				
	0%	3%	6%		
Almidón total, %	46.2 ^c	53.7 ^b	55.2 ^a	1.87	0.395
Almidón dañado, %	7.53 ^a	2.39 ^b	2.16 ^b	7.34	0.121

¹Coeficiente de variación

²Error estándar de la media

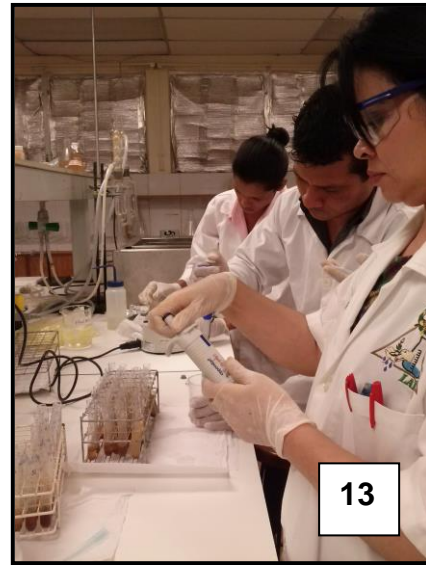
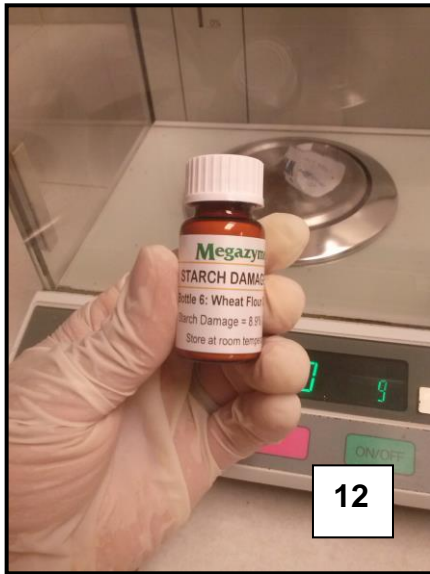
^{abc}Medias con distinta letra dentro de la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

En el cuadro V se muestran las cantidades promedios de almidón total y almidón dañado para cada tratamiento. Donde se utilizaron los niveles de tres por ciento de sal cruda (3%) el almidón total fue de 53.7 por ciento y en el tratamiento con seis por ciento de sal cruda (6%) almidón total fue de 55.2 por ciento en el tratamiento sin adición de sal cruda el almidón total fue de 46.2 por ciento. En cuanto a las pérdidas de los granos de almidón para el tratamiento con cero por ciento de sal cruda (0%) fue de 7.53 por ciento, para el

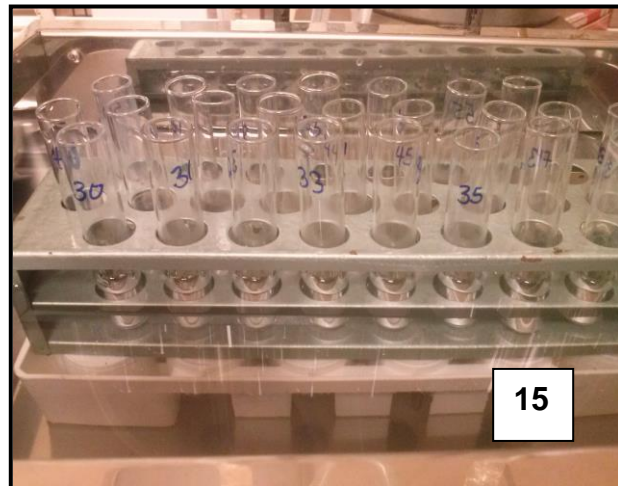
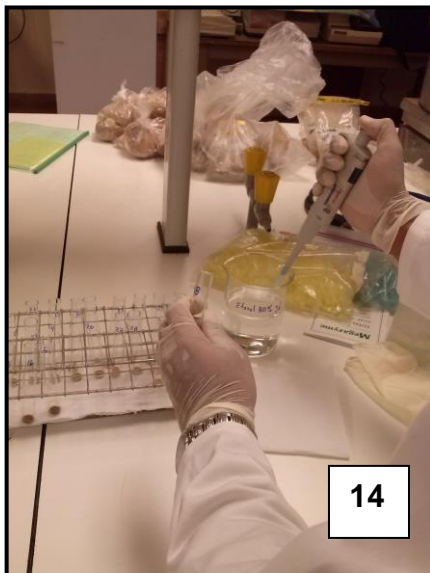
tratamiento con tres por ciento de sal cruda (3%) la pérdida fue de 2.39 por ciento y para el tratamiento con seis por ciento de sal cruda (6%) la pérdida fue de 2.16 por ciento.

Esto puede ser explicado ya que la utilización de la sal cruda, inhibe el crecimiento de microorganismos productores de ácido butírico y promueve la producción de ácido láctico durante la fermentación, lo que limita la absorción de agua por los gránulos de almidón, evitando su rompimiento.

Diferentes estudios de autores citados por Sulbarán y col (sf) indican que el tubérculo de camote posee altos valores de energía digestible (3300 Kcal/Kg) producto de su elevado contenido de almidón. (González, C. 1994) ha indicado valores entre 3844 y 4075 kcal de energía bruta/Kg de materia seca (MS), pero otros estudios citan valores entre 3160 y 3220 Kcal de energía bruta/Kg de materia seca (MS) equivalente a 90-96 por ciento de lo aportado por la yuca y el sorgo respectivamente. FEDNA (2003) presenta un valor de 2660 Kcal de energía bruta/Kg de materia seca (MS).

FIGURA 4: CONTENIDO DE ALMIDÓN TOTAL Y ALMIDÓN DAÑADO.

12.- Reactivo.
13.- Muestras en tubos de ensayos.
14.- Adición de reactivos a las muestras.
15.- Tubos de ensayos rotulados con muestras.



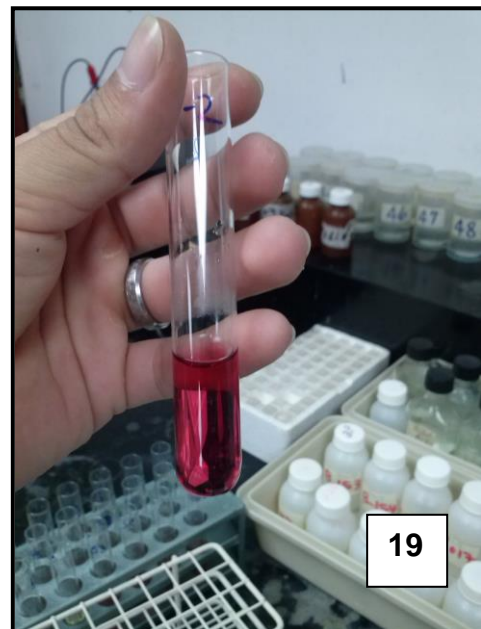
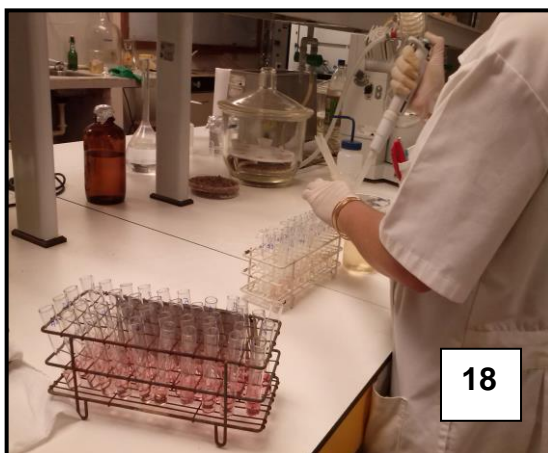


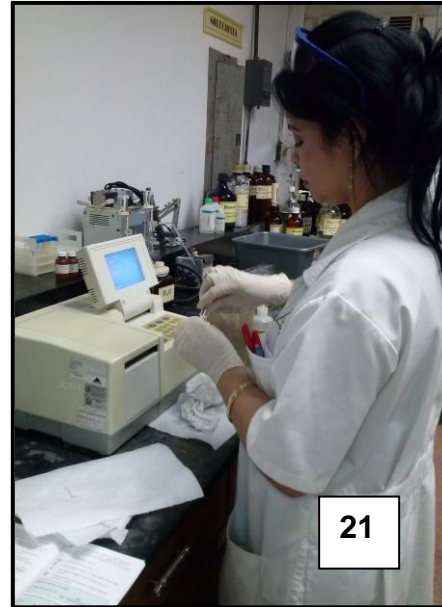
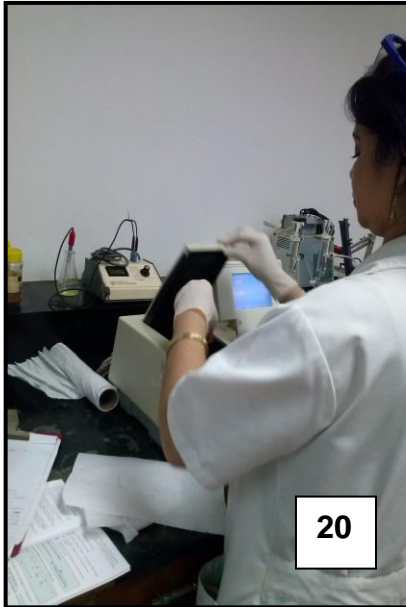
16.- Agitando tubos de ensayos.

17.- Tubos de ensayos en baño maría.

18.- Adición de reactivos.

19.- Color de las muestras al finalizar el proceso.



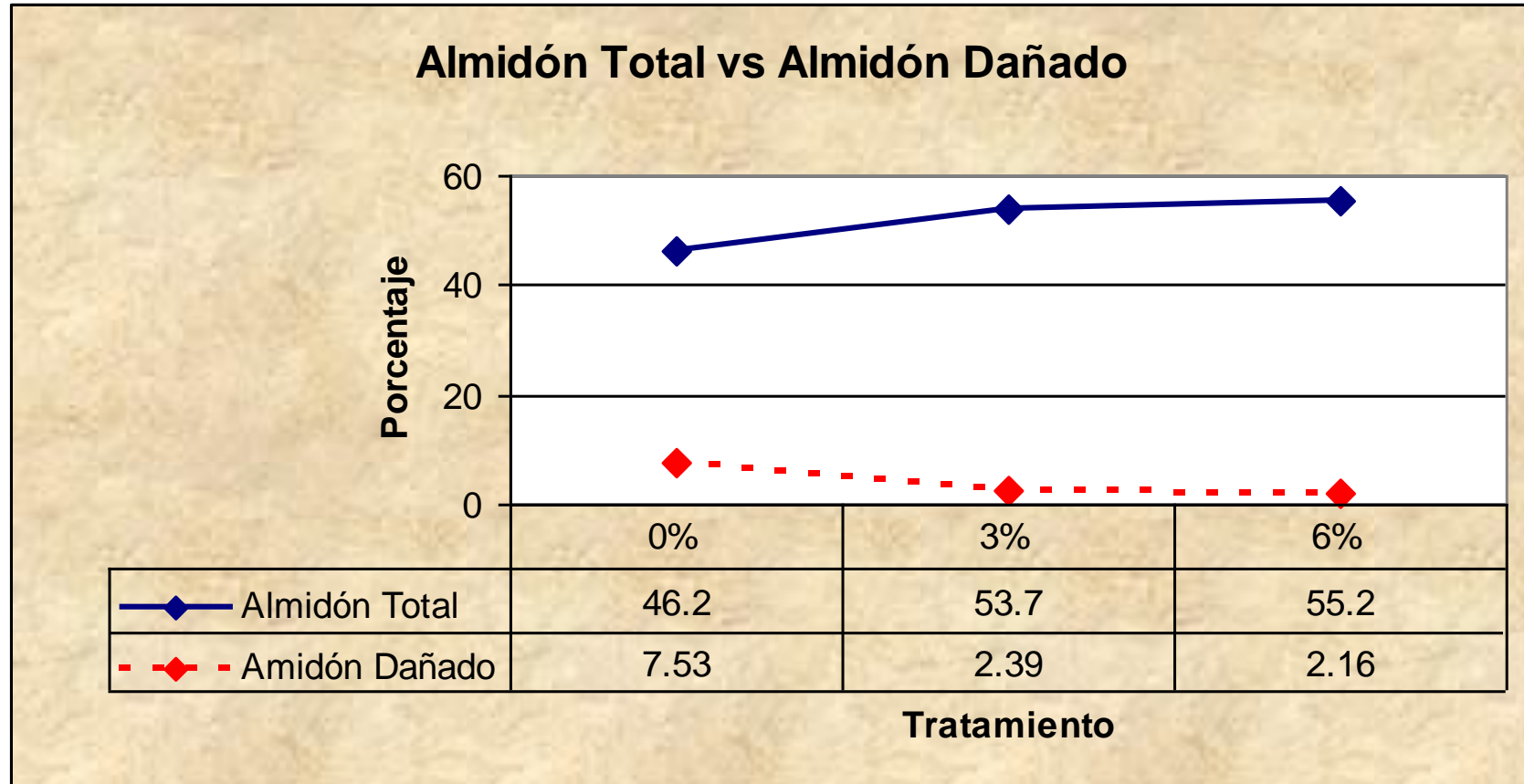


20 y 21.- Lectura de almidón en el espectrofotómetro.

22.- Espectrofotómetro.



FIGURA 5: EFECTOS DE TRES NIVELES DE SAL CRUDA SOBRE EL CONTENIDO DE ALMIDÓN TOTAL EN EL ENSILADO DE CAMOTE INTEGRAL.



En la Figura 5 se muestra el comportamiento de los diferentes tratamientos, en donde a medida que se incrementaba el porcentaje de sal cruda la protección del almidón total fue mayor, siendo este en el tratamiento con cero por ciento de sal cruda 46.2 por ciento, con tres por ciento de sal cruda 53.7 por ciento y en el último tratamiento con seis por ciento de sal cruda fue de 55.2 por ciento. De igual forma fue el comportamiento al momento de medir el almidón dañado, en este caso el almidón dañado fue disminuyendo a medida que se incrementaba el porcentaje de sal cruda. En el tratamiento con cero por ciento de sal cruda el almidón dañado fue de 7.53 por ciento, en el tratamiento con 3 por ciento de sal cruda fue de 2.39 por ciento y en el de 6 por ciento de sal cruda fue de 2.16 por ciento.

5. CONCLUSIONES

- Las lecturas de pH, capacidad búfer y $\text{NH}_3\text{-N}$ indicaron un apropiado proceso fermentativo durante el ensilaje para los tratamientos con sal cruda.
- El contenido de MS y PC fue menor en el ensilado sin sal cruda, comparado con los otros dos tratamientos.
- La adición de sal cruda protege el almidón durante el proceso fermentativo del ensilaje integral de camote, preservando el almidón como fuente de energía para las bacterias amilolíticas en el rumen.
- Con el alto contenido de nutrientes que tiene el camote, con relación a la forma sencilla de conservar presenta una alta posibilidad potencial para reemplazar o complementar raciones para rumiantes u otras especies, así como también para disminuir los costos de producción.

6. RECOMENDACIONES

- Después de realizar cada una de las pruebas del ensilaje de camote integral y de acuerdo a los resultados se pudo demostrar que con la adición de sal cruda ayuda a proteger las moléculas de los gránulos de almidón, siendo el tratamiento dos con tres por ciento (3%) de sal cruda el más recomendado como suplemento alimenticio para el ganado.

- Considerando los resultados de este estudio, se recomienda la implementación como nueva fuente energética el ensilado integral de camote utilizando como protector del almidón la sal cruda. Siendo el camote un cultivo con muy pocas exigencias en cuanto a su cultivo y con pocos enemigos naturales, disminuyendo así los costos de producción y un alto rendimiento en cuando a producción animal.

7. BIBLIOGRAFÍA

Barriga Gamarra, J. 1995. Evaluación del rendimiento y calidad nutritiva del camote forrajero como alimento para cuyes. Tesis MSc. UNALM. Lima- Perú.

Bello-Pérez, L.; Tovar, J. 2001. Memorias del Curso: Actualización en Química y Nutrición del Almidón. Yautepec, Morelos: Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional (CEPROBI-IPN),

Bremner, J.M., 1965. Nitrogen availability indexes. Methods of soil analysis, Part 2, agronomy 9: 1324-1345. Am. Soc. of agron Madison. Wis.

Cereda, M. P.; Lima, U. A. 1981, Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. II- Controle das fermentações realizadas em laboratório. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas., 15, 107 -122.

Cereda, M. P.; Bonassi, I. A. 1985, Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). III- Ácidos orgânicos e absorção de água. Revista Brasileira de Mandioca, 3, 21 - 30.

Cereda, M. P.; Giaj-Levra, L. A. 1987, Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural de fécula de mandioca. Revista Brasileira de Mandioca, 6, 29 – 33.

Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. 1997. Métodos para Agregar Valor a Raíces y Tubérculos Alimenticios. Manual para el desarrollo de Productos, v. 3, p. 7-12. Colombia.

Camargo, C.; Colonna, P.; Buleon, A.; Richard-Molard, D. 1988. Funcional properties of sour cassava (Manihot utilissima) starch: polvilho azedo. Journal of the Science of Food and Agriculture, Osney Mead, v.45, n.3, p.273-289. Mar.

Cárdenas, O.S.; Buckle, T.S. 1980. Sour cassava starch production: a preliminary study. *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.6, p.1509-15028, Nov/Dec.

Charles, A.L.; Chang, Y.H.; Ko, W.C.; Sriroth, K.; Hang, T.C. 2005. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 7, p. 2717-2725.

Cheng, Y.; Tsai, M., 1996. TSENG, K. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chemistry*, v. 73, n. 4, p. 415-420,
Furlani, P. R., D. Bolonhesi , L. C. P. Silveira e Faquin V. 1999. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico. (Boletim Técnico, 180). 52 p.

FEDNA 2003. Tablas FEDNA de Composición y Valores Nutritivos de Alimentos para la Formulación de Piensos compuestos (2° Edición) . C. de Blas, G.G. Meteos y P.G. Rebollar (eds). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 pp.

Fernández Miranda, U. 2000. Evaluación del contenido de materia seca, proteína, fibra y ceniza de clones de camote del germoplasma del CIP y efectos del medio ambiente sobre dichas características. Tesis Biólogo. UNALM. Lima-Perú.

Ffoulkes, D.; Hovel, D.; Preston, T. 1978. Sweet potato forage as cattle feed voluntary intake and digestibility of mixture of sweet potato forage and sugar cene. *Tropical Animal Producción*. 1977. 32 p.

Furlani, P.R.; Paterno, L; Bolonhezi, D & Faquin; V. 1999. Cultivo hidropónico de plantas. Boletim Técnico 180. Instituto Agronômico. Campinas, Brasil. 52 p.

Ghosh, B.P.; Burris, R.H. 1949. Utilization of nitrogen compounds by plants. Soil Science. 70:187-203.

Gómez, C.; Fernández, M. 2002. Producción y Valor Nutricional de Follaje y Ríces de Camote para la Alimentación de Rumiantes. Universidad Nacional Agraria de Molina. UNALM. Lima, Perú.

González, C. 1994. Utilización de la Batata (*Ipomoea batata L*) en la Alimentación de Cerdos confinados a un Pastoreo. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 233 p.

González, C.; Tepper, R. (sf). Resultados sobre el uso del camote (*Ipomoea batata L*) en alimentación de animales y procesamiento industrial en Venezuela.

Guan, J.; Hanna, A. M. 2004. Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. Biomacromolecules, v. 5, p. 2329-2339.

IDIAP. 2009. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Manual técnico para el cultivo del camote (*Ipomoea batata L*). Departamento de Ediciones y Publicaciones. 24 pág. Ilustrada.

Knutzon, C. A.; Grove, M. J. 1994. Rapid method for estimation of amylose in maize starches. Cereal Chemistry, v. 71, n. 5, p. 469.

Langdon, R. 2001. The Bamboo Raft as a Key to the Introduction of the Sweet Potato in Prehistoric Polynesia, The Journal of Pacific History', Vol. 36, No. 1,

Little, T.M.; Hills F.J. 1976. Métodos estadísticos aplicados en agricultura, trillas México D. F. 270p.

Luciani, R. 1989. Alimentación de camote en cerdos para evaluar sus digestibilidad.

Martí, H. 1998. Calidad Culinaria y Nutritiva de la Batata.

Martí, H. R.; Carbino, G.B.; Chludil, H.D. 2011. La batata, el redescubrimiento de un cultivo. *Ciencia Hoy*, 121, feb-mar.

McDonald, P.; Henderson, H.R., 1962. Buffering Capacities of herbage samples as factory of silage. *Journal of Science Food and Agriculture* 13, 345-400.

Medcalf, D.J.; Pilles, K.A., 1965. Wheat starches 1. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, 42: 558-568.

Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Segunda Edición. San José, Costa Rica. 407 p.

Nakamura, I. M.; Moraes, I. O.; Martucci, E. T. 1976, Considerações sobre tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicações. *Científica*, 4, 196-202.

Quezada Aramburú, E. 2001. Evaluación nutricional del ensilado de follaje y raíces de camote (*Ipomoea batata* L. Lam) en la alimentación de vacas lecheras. Lima, Perú.

Rocha Rejas, J. 1999. Mejora de los sistemas de alimentación con uso de follaje de camote en vacunos lecheros del valle de Cañete.

Rodríguez, L. R. F. 2002. Cultivo pela técnica de hidroponia: técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido, Jaboticabal: FUNEP. 726 p.

Ruiloba, M. 2005. Evaluación del efecto de la melaza y sal cruda en el ensilaje de tubérculos de Camote (Macaracas). Informe final de proyectos. Gualaca, Chiriquí. IDIAP. 2006.

Ruíz, M.; Lozano, E.; Ruíz, A. 1981. Utilization of sweet potatoes (*Ipomoea batata (L) Lam*) in animal feeding. III Addition of various levels of roots and urea to sweet potato forage silage. Trop. Anim. Prod. 6(3). 234 p.

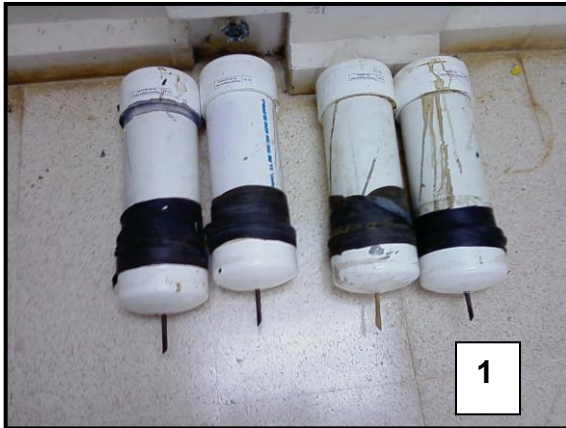
Sánchez Villanueva, H. 1996. Valor nutricional del ensilaje de raíces no comerciales y follaje de camote. Tesis MSc. UNALM. Lima- Perú.

Sulbarán, L.; González, C.; Araque, H.; Vecchionacce, H.; Vitoria, F.; Quijada, J. (sf). Materias Primas y Arreglos Alimenticios en Dietas para Cerdos en la Producción Alternativas.

Tadano, T.; Tanaka, V. 1976. Composition of adaptability to ammonium and nitrate among crop plants (Part I). Selective absorption between and responses to ammonium and nitrate of crop plants during early growth stage. Studies on the comparative plant nutrition. Journal of Science Soil Manure, Tokyo, v. 47, p. 321-328.

Vásquez, R.; Matos, F.; Soto, Y. 2004. Evaluación del rendimiento de las principales variables de batata (*Ipomoea batata L*) en la República Dominicana.

Wang, L. Z.; white, P. J. 1994. Structure and properties of amylose, amylopectin and Intermediate materials of oat starches. **Cereal Chemistry**, v. 71, n. 5, p. 263-268.

ANEXO 1: MICROSILOS Y MUESTRAS ABIERTAS

- 1.- Microsilos.
- 2.- Extracción de muestras.
- 3.- Pesado de muestras.
- 4.- Medición de pH.



ANEXOS 2: EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS.



- 5.- Muestra seca.
 6.- Muestra seca y molida.
 7.- Mesado de muestra seca y molida.
 8.- Muestras secas por tratamientos.





9.- Muestras secas para análisis.
10.- Sellado del micro sobres con muestras para análisis.
11.- Horno.



ANEXOS 3: ANÁLISIS EN EL LABORATORIO.