

EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE RESIDUOS DE LA COSECHA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* (L)).

EDWIN JESÚS ALVARADO VILLALOBOS

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Ingeniería
en Agronomía como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2015

EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE RESIDUOS DE LA COSECHA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas (L)*).

EDWIN JESÚS ALVARADO VILLALOBOS

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador

Ing. Agr. L. Alberto Camero Rey, M.Sc.



Asesor

Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez, M.Sc.



Jurado

Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M.Sc.



Jurado

Ing. Agr. L. Alberto Camero Rey, M.Sc.



Coordinador
Trabajos Finales de
Graduación

Ing. Agr. L. Alberto Camero Rey, M.Sc.



Director
Escuela de Agronomía

2015

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Hipótesis de investigación.	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 El camote (<i>Ipomoea batatas</i> (L)).	4
2.1.1 Características generales del cultivo.....	4
2.1.2 Descripción botánica.....	5
2.1.3 Producción de camote en Costa Rica.	6
2.1.4 Manejo agronómico.....	6
2.1.5 Composición nutricional.	10
2.2 Ensilaje.....	10
2.2.1 Definición de ensilaje.	10
2.2.2 Proceso de ensilaje	11
2.2.3 Características organolépticas de un ensilaje	14
2.3 Subproductos tropicales y subtropicales apropiados para el ensilaje.....	14
2.4 Ensilaje de camote.	15
2.4.1 Ensilaje de follajes (tallos, pedúnculos y hojas).	15
2.4.2 Ensilaje de tubérculo.....	16

2.4.3	Ensilaje integral (tubérculo y follaje).....	17
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1	Localización del Estudio	19
3.2	Manejo del ensayo.	19
3.2.1	Manejo de la parcela y cosecha.....	19
3.2.2	Manejo del material vegetativo ensilado.	20
3.2.3	Elaboración de los microsilos.....	20
3.2.4	Toma de las muestras para análisis.....	21
3.3	Tratamientos y diseño experimental.....	21
3.4	Variables evaluadas	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	25
4.1	Clasificación del rendimiento del camote y estimación de la cantidad de material vegetativo cosechado.	25
4.2	Clasificación del material ensilado según propiedades organolépticas.	26
4.3	Niveles de pH obtenidos al final del proceso de ensilado.....	27
4.4	Comportamiento de la temperatura interna de los microsilos, durante el proceso de ensilado.	28
4.5	Cuantificación de los efluentes generados por los microsilos durante el proceso de ensilado.	29
4.6	Valores de proteína cruda (PC) obtenidos al final del proceso de ensilado.	31
4.7	Valores de fibra detergente neutro (FDN) obtenidos al final del proceso de ensilado.	32
4.8	Valores de fibra detergente ácida (FDA) obtenidos al final del proceso de ensilado.	33

4.9 Valores de la digestibilidad in vitro (DIV) obtenidos al final del proceso de ensilado.	34
5. CONCLUSIONES.	36
6. CONSIDERACIONES GENERALES DEL TRABAJO REALIZADO.	37
7. RECOMENDACIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	39
9. ANEXOS.....	43

INDICE DE CUADROS.

Cuadro	Título	Página
Cuadro 1	Fertilización recomendada para el cultivo de camote.....	8
Cuadro 2.	Porcentajes de la composición química del tubérculo y el follaje de camote.	10
Cuadro 3.	Composición química (a base seca) de ensilado de follaje de camote.	16
Cuadro 4.	Composición química (a base seca) de ensilados integrales de camote.	17
Cuadro 5.	Composición química (a base seca) de ensilados integrales de camote.	18
Cuadro 6.	Nomenclatura y formulación de los tratamientos.....	22
Cuadro 7.	Rendimiento productivo de follaje, camote comercial y camote de rechazo obtenido en la parcela experimental.....	26
Cuadro 8.	Descripción de las propiedades organolépticas de los tratamientos por repetición.....	27
Cuadro 9.	Comportamiento promedio del pH según el tratamiento.	27
Cuadro 10.	Comportamiento promedio de la temperatura interna de los microsilos según el tratamiento.....	29
Cuadro 11.	Comportamiento promedio de efluentes acumulados según el tratamiento.	30
Cuadro 12.	Comportamiento promedio del porcentaje de proteína cruda según el tratamiento.	31
Cuadro 13.	Comportamiento promedio del porcentaje de fibra detergente neutro según el tratamiento.....	32

Cuadro 14. Comportamiento promedio del porcentaje de fibra detergente ácida según el tratamiento.....	34
Cuadro 15. Comportamiento promedio del porcentaje de la digestibilidad <i>in-vitro</i> según el tratamiento.....	35

INDICE DE FIGURAS

Cuadro	Título	Página
	Figura 1. Microsilos en tubos para análisis bromatológico y características organolépticas.....	21

RESUMEN

Alvarado, E.J. 2015. Evaluación del valor nutricional del ensilaje de residuos picados de la cosecha de camote (*Ipomoea batatas* (L)). Tesis Licenciatura. Ing. Agronomía. San Carlos, Costa Rica. ITCR.

Palabras claves: microsilos, Bouregat, subproductos de cosecha de camote, *Ipomoea batatas*, calidad nutricional de residuos de camote, alimento para bovinos.

Con el presente trabajo se pretendió evaluar el uso de residuos picados de la cosecha de camote que no son utilizados comercial y convencionalmente (follaje y tubérculos de tercera calidad, es decir los desechos) mediante la técnica de microsilos y su uso en la alimentación de rumiantes. El trabajo se realizó con los subproductos de siembra de camote de la variedad Bouregat de tres meses de edad en parcelas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, distrito de Florencia, cantón San Carlos, provincia de Alajuela.

Mediante el uso de microsilos se evaluó el efecto de diferentes proporciones de follaje (pedúnculo, hoja y tallo) con camote (tubérculo) sobre el valor nutricional del ensilaje. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Agronómicos de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se utilizaron microsilos de tubos de PVC de 4" con capacidad para 3 Kg de mezcla correspondiente a cada tratamiento. Se realizaron mezclas de follaje: tubérculo con proporciones de 100:0; 75:25; 50:50; 25:75; y 0:100 para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente. Durante este proceso se evaluaron los parámetros de pérdidas de líquidos (efluentes) y temperatura interna. Al final del periodo se abrieron los microsilos y se tomaron muestras para evaluar el valor y

calidad nutricional del material ensilado, calidad fermentativa, propiedades organolépticas, pH, PC, FND y FAD del ensilaje.

En cuanto a las propiedades organolépticas se obtuvo que todos los tratamientos son aceptables lo que se comprueba con los valores de pH obtenidos los cuales no mostraron diferencias significativas cuyos valores fueron 4,72; 5,68; 4,11; 3,9; y 3,69 % para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, respectivamente. Para la variable temperatura no existen diferencias significativas, las temperaturas promedio obtenidas fueron 26,69; 27,00; 23,81; 26,60 y 26,83 °C para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, respectivamente. Respecto a la variable efluentes si se presentaron diferencias significativas cuyos valores promedios fueron 126,47; 335,33; 261,60 335,33 y 631,37 ml para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, respectivamente. Para las variables de PC, FDN, FDA y digestibilidad si se encontraron diferencias significativas cuyos valores promedios obtenidos fueron para PC 15,34; 9,22; 9,22; 7,38 y 5,52 %. FDN 56,34; 46,94; 36,11; 24,59 y 33,69 %. FDA 54,25; 40,35; 29,57; 17,40 y 7,63 %. Digestibilidad 54,43; 64,9; 75,50; 90,20 y 97,83 % para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, respectivamente para cada variable.

ABSTRACT

Alvarado, E.J. 2015. Evaluación del valor nutricional del ensilaje de residuos de la cosecha de camote (*Ipomoea batatas* (L)). Tesis Licenciatura. Ing. Agronomía. San Carlos, Costa Rica. ITCR.

Key words: microsilages, Bouregat, sweet potato harvest byproducts, *Ipomoea batatas*, nutritional quality of sweet potato residues, bovine feed.

The present work aimed to evaluate the use of chopped harvest residues of sweet potatoes that are unused commercial and conventionally (foliage and tubers of third grade, i.e. residues) by means of the technique of microsilages and its use in feed for ruminants. The work was made with the sweet potato planting by products of the Bouregat variety that was three months old, in plots of the Instituto Tecnológico de Costa Rica, district of Florencia, San Carlos, province of Alajuela.

By the means of microsilages, the effect of different proportions of fodder (footstalk, leaf and stem) with sweet potato (tuber) on the nutritional value of the silage was evaluated. Analyses were performed at the Laboratorio de Análisis Agronómicos of the Escuela de Agronomía of the Instituto Tecnológico de Costa Rica. PVC pipe microsilages of 4" with a capacity up to 3 kg of mixture corresponding to each treatment were used. Fodder:tuber feed mixtures were made with ratios of 100:0; 75:25; 50:50; 25:75; and 0:100, treatments for T1 , T2 , T3 , T4 and T5 respectively. During this process, the fluid loss (effluent) and internal temperature parameters were evaluated. At the end of the period, the microsilages were opened and sampled to evaluate the quality, nutritional value, fermentation quality, organoleptic properties, pH, PC, NDF and ADF of the silage.

As for the organoleptic properties it was obtained that all treatments are acceptable as proved by the pH values obtained which showed no significant differences and

whose values were 4,72; 5,68; 4,11; 3,9; and 3,69% for the treatments T1, T2, T3, T4 and T5, respectively. For the variable temperature no significant differences were found, average temperatures obtained were 26,69; 27,00; 23,81; 26,60 and 26,83°C for the treatments T1, T2, T3, T4 and T5, respectively. Regarding the effluent variable significant differences presented, whose mean values were 126,47; 335,33; 261,60; 335,33 and 631,37 ml for the treatments T1, T2, T3, T4 and T5, respectively. For the PC, NDF, ADF and digestibility variables, significant differences were found whose mean values obtained were 15,34; 9,22; 9,22; 7,38 and 5,52% for PC. NDF 56,34; 46,94; 36,11; 24,59 and 33,69%. ADF 54,25; 40,35; 29,57; 17,40 and 7,63%. Digestibility 54,43; 64,9; 75,50; 90,20 and 97,83% for the treatments T1, T2, T3, T4 and T5, respectively for each variable.

1. INTRODUCCIÓN

Los forrajes, los residuos de cosecha y los subproductos son usualmente consumidos en forma fresca por los animales domésticos. Sin embargo, es posible transformarlos para conservarlos y utilizarlos en el futuro durante períodos de escasez de alimentos. La conservación de forrajes puede efectuarse por medio del secado al sol henificación- del secado artificial -fabricación de harinas, y por la adición de ácidos o la fermentación –ensilaje (Mannetje, 2001).

El ensilaje se obtiene ya sea de forrajes, residuos de cosecha o subproductos agrícolas e industriales preservados con ácidos, sean estos agregados o producidos en un proceso de fermentación natural. El forraje fresco es cosechado, o se recolectan los residuos y subproductos; esta materia prima puede ser triturada o sometida a un acondicionamiento previo; a veces se agregan ciertos aditivos; luego este material se almacena en un ambiente hermético sin aire, lo que favorece el desarrollo de bacterias anaeróbicas facultativas, presentes en el forraje o agregadas como inoculantes que convertirán rápidamente los carbohidratos solubles en ácidos. La calidad del producto ensilado depende del valor nutritivo de la materia prima usada y de los productos presentes en el proceso de fermentación como los tipos de ácidos y la cantidad de amoníaco. Al finalizar el proceso, el pH de un buen ensilaje es tan bajo que impide todo tipo de vida y es así como el alimento podrá ser preservado mientras no se altere el ambiente hermético (Mannetje, 2001).

El uso del ensilaje en el trópico cada vez se vuelve una alternativa importante en sistemas de explotación bovina. A medida que los países progresan, los agricultores presentan nuevas aspiraciones en parámetros productivos y reproductivos, lo que vuelve a los sistemas exigentes en alimentación de calidad, por lo que el productor ambiciona que la cosecha diaria de forraje no sea la única opción para alimentar a sus animales (Wagner *et al*, 2013).

Mediante la práctica del ensilaje se busca disponer de alimentos baratos, que puedan ser almacenados y utilizados con facilidad (Wong, 2001).

El propósito principal de la realización de un ensilaje es maximizar la conservación de los nutrientes del forraje, con el mínimo de pérdidas en la calidad nutricional que permita su uso como forraje durante los períodos de escasez de alimentos, evitando la estacionalidad de la producción y permitiendo el aumento de la carga animal por hectárea (Alonso *et al.* 2013).

1.1 Justificación.

La necesidad de mejorar los sistemas productivos pecuarios demuestra la importancia de investigar otras opciones de alimentación más económicas y que a la vez maximice el aprovechamiento de los recursos disponibles.

La escasez de forrajes en ciertas épocas del año, conlleva a mayores gastos en alimentación para los productores pecuarios, razón por la que se pretende ayudar a estos productores a encontrar una adecuada alternativa de alimentación, haciendo uso de los subproductos generados por la producción de camote (tubérculos de tercera calidad y el follaje), ya que este cultivo es común en la Región Huetar Norte del país y además posee una alta calidad nutritiva.

Los resultados obtenidos muestran que en una hectárea de camote se descartan cerca de 19.66 t/ha de follaje y camote de calidades no comercializables, con un promedio de 0.82 kg/planta de producto comercial, 0.46 kg/planta de follaje y 0.09 kg/planta de camote de rechazo lo que equivale a una producción de 29.64; 16.49 y 3.33 t/ha respectivamente.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar el ensilaje de residuos de cosecha de camote (*Ipomoea batatas (L)*) como una alternativa para la alimentación de bovinos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad de material de la cosecha del cultivo de camote (tubérculos para mercado, tubérculo de rechazo y follaje).
- Evaluar las características organolépticas (olor, color y textura) y químicas del ensilaje de camote (proteína cruda, FDN, FDA y DIVMS).
- Evaluar parámetros fermentativos del ensilaje de camote (pH, temperatura y efluentes).

1.3 Hipótesis de investigación.

El valor nutricional del ensilaje integral del camote es de menor valor nutricional que el de las diferentes combinaciones usadas de follaje y camote integral.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El camote (*Ipomoea batatas* (L)).

2.1.1 Características generales del cultivo.

El camote es originario de las regiones tropicales americanas, su origen se ubica desde México hasta Chile, de ahí pasó a Polinesia y luego a África y Asia Tropical (Casada, 2005).

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 (FAO, 2006).

Según la FAO (2006) éste cultivo se adapta desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de altura, pero para establecer plantaciones comerciales se cultiva entre los 0 y 900 metros sobre el nivel del mar, en donde se presentan temperaturas de 20 a 30°C, las cuales aceleran su metabolismo, por otro lado Casada (2005) menciona que a temperaturas más bajas o a alturas mayores a 1.300 m.s.n.m. el ciclo del cultivo se extiende hasta 140 días.

El cultivo 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 (FAO, 2006). Éste tipo de suelo permite que el desarrollo adecuado del tubérculo, pues según Casada (2005) el cultivo no tolera excesos de precipitación con anegamiento, por lo que se produce sin ningún problema en zonas con una precipitación anual de 500 a 1,800 mm/año.

El desarrollo de hojas y tallo es muy vigoroso pero su rendimiento de raíces es muy bajo al igual que su calidad, sin embargo la FAO (2006) indica que las raíces de mejor calidad se obtienen en suelos arenosos y pobres, aunque los rendimientos sean bajos.

2.1.2 Descripción botánica.

Raíz: presenta alto contenido de almidón, es fibrosa y extensiva, tanto con profundidad y en sentido lateral. La porción comestible es la raíz tuberosa cuya cáscara y pulpa varían del color blanco al amarillo naranja, las raíces se originan en los nudos del tallo que se encuentran bajo tierra, pueden medir de 30 a 40 cm de longitud y 15 a 20 cm de diámetro (Muñoz, 2012).

Tallo: son cilíndricos, la longitud de sus entrenudos depende del hábito de crecimiento de cada variedad y de la disponibilidad de agua (León, 2000), según la FAO (2006) el tallo puede presentar una superficie glabra o pubescente y el hábito de crecimiento puede variar entre rastrero y arbustivo erecto, también menciona que su color varía de verde a verde bronceado o púrpura y que puede ser poco o muy ramificado, presentando una o dos yemas en cada axila foliar. León (2000) indica que las variedades de crecimiento erecto alcanzan 1 m de largo, aproximadamente; mientras que las variedades rastreras pueden alcanzar más de 5 m de longitud).

Hojas: Son simples alternas con arreglo espiral, tienen una longitud de 4 a 20 cm, el borde puede ser entero, lobulado o dentado, no presentan vaina, el pecíolo es largo, alcanzando hasta 20 cm, la coloración es verde o con pigmentación morada en parte o en toda la lámina, el tamaño y el grado de pubescencia depende del cultivar y de los factores ambientales (Huamán, 1992)

Flores: están agrupadas en inflorescencias de tipo racimo, con un raquis de 5 a 20 cm de largo, su color va desde verde pálido hasta púrpura oscuro. El cáliz está formado por 5 sépalos libres, la corola libre abierta es infundibuliforme, el androceo posee 5 estambres soldados a la corola, el gineceo tiene 2 carpelos y el ovario es supero (FAO, 2006).

Fruto: es una cápsula redondeada de 3 a 7 mm de diámetro, con apículo terminal dehiscente, posee entre 1 y 4 semillas (FAO, 2006).

Semilla: tienen un diámetro de 2 a 4 mm, de forma irregular a redondeas levemente achatadas, de color castaño a negro, el tegumento es impermeable, lo que dificulta su germinación, pero no posee latencia (FAO, 2006).

2.1.3 Producción de camote en Costa Rica.

Según el MAG (2007) en la Zona Norte de Costa Rica es donde se presenta la mayor área de siembra, siendo San Carlos el cantón con mayor área sembrada seguido por San Ramón (Peñas Blancas), los Chiles, Upala, Guatuso y Grecia con un promedio de producción de 8,5 ton/ha en un promedio de 114 días (3,8 meses).

2.1.4 Manejo agronómico.

2.1.4.1 Preparación del terreno.

Se debe realizar una roturación del suelo unos 40 a 45 días antes de la siembra, con implementos que permitan profundizar entre 30 a 45 cm, se recomienda un pase de rastra rompedora para destruir terrones y un último pase de rastra antes de la siembra para garantizar una buena aireación del suelo y permitir la penetración de las raíces, además permite realizar un control de malezas.

El encamado es una de las practicas más importantes en la preparación del terreno, ya que garantiza una buena producción, evita que le suelo se compacte y facilita la penetración de las raíces. La distancia entre camas debe ser entre 60 cm y un metro, y la profundidad debe ser entre 30 a 40 cm (Murillo, 2009).

2.1.4.2 Propagación de la semilla.

Existen dos maneras de propagar el camote, la primera es mediante la semilla sexual, y la segunda mediante la semilla vegetativa, en cuanto a la semilla sexual ésta posee un tegumento impermeable (FAO, 2006) lo que dificulta la germinación, por lo tanto la reproducción asexual es la más utilizada, según Solís (2011) éste tipo de reproducción se puede realizar de dos formas, ya sea utilizando trozos de tubérculos o esquejes, sin embargo “la siembra con tubérculos incrementa los costos de transporte mientras que la siembra con esquejes es el

método más efectivo ya que se dispone de material vegetativo durante todo el año” (Ruiz *et al.*, citado por Solís, 2011).

2.1.4.3 Épocas de siembra.

La época de siembra depende en gran medida del plan de ventas o de las ventanas de mercado y de la zona a cultivar, por lo que es variable, sin embargo en general se realiza durante los meses de abril y junio. En los climas más cálidos puede escogerse cualquier época, proporcionando riegos abundantes durante las épocas secas, manteniendo una buena estructura de las camas y buen control de malezas (FAO, 2006).

2.1.4.4 Fertilización.

Los suelos con altos contenidos de nitrógeno no son recomendados para la producción de camote, esto debido a que la alta disponibilidad de este elemento provoca que la planta se dedique principalmente a la producción de forraje (Casaca, 2005), aspecto que no se desea, pues lo que se comercializa es el tubérculo.

Según Casaca, (2005) los requerimientos de nutrientes para el camote son: 50 Kg. de Nitrógeno (N₂), 84 Kg. de Fósforo (P₂), 80 Kg. de Potasio (K)

La primera fertilización se recomienda al momento de la siembra a una razón de 526 kg por hectárea de una fórmula completa alta en fósforo al fondo del surco o en hileras, la segunda fertilización a los 30 días después de la siembra (d.d.s.) con 130 kg/ha nitrato de amonio y 66 kg/ha de cal, la tercera fertilización a los 60 d.d.s. con 66 kg/ha de nitrato de amonio y 66 kg/ha de cal, además a partir de los 20 d.d.s iniciar con aplicaciones foliares ricos en potasio (Casaca, 2005). Estas aplicaciones se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1 Fertilización recomendada para el cultivo de camote.

Fertilización	Fecha de aplicación	Observación
Primera granular	A la siembra	526 Kg/ha de fórmula completa (alta en fósforo)
Segunda granular	30 d.d.s.	130 kg/ha de nitrato de amonio + 66 Kg/ha de cal
Tercera granular	60 d.d.s.	66 Kg/ha de nitrato de amonio + 66 Kg/ha de cal
Foliar	A partir de los 20 d.d.s	Iniciar programa con fertilizantes ricos en potasio

Fuente: Casaca (2005).

Es importante mencionar que la forma más adecuada de fertilizar para la producción de cualquier cultivo es basándose en los requerimientos de extracción de cada cultivo en específico, así como la variedad y el ciclo productivo; sin embargo Chamba (citado por Solís, 2011) menciona que “en Argentina los suelos destinados a la producción de camote no se fertilizan por considerarse que la misma es una planta rústica que produce excelentes cosechas con la sola necesidad de buenas condiciones climáticas”.

2.1.4.5 Cosecha.

Depende comprensiblemente de la época de siembra, es por esto que puede realizarse durante todo el año, sin embargo existen diferencias de cosecha según sean variedades precoces (90 días después de la siembra) o tardías (150 días después de la siembra) (Solís, 2011).

Ruíz *et al.* citado por Solís (2011) menciona cuatro parámetros principales con los que se puede determinar el tiempo adecuado de cosecha, los cuales son: la edad del cultivo, maduración de las hojas, defoliación y la formación de pequeños montículos de tierra alrededor de la planta (indicando así el crecimiento del tubérculo).

La cosecha se puede realizar manualmente en pequeñas parcelas, cortando primero los bejucos y extrayendo con herramientas manuales los tubérculos, mientras que en grandes extensiones de terreno la cosecha debe realizarse mediante dos o tres pases de arado para descubrir los tubérculos y ser recogidos manualmente (Folquer; Montaldo, citados por Solís, 2011).

2.1.4.6 Lavado y clasificado.

Según Lardizábal (2003) el tubérculo a comercializar debe ser lavado para eliminar de esta manera los remanentes de tierra que hayan podido quedar adheridos a la piel del mismo, también menciona que durante el proceso de lavado se debe de tener cuidado para no provocar abrasiones en la piel, aspecto que disminuye la calidad del mismo.

La clasificación del tubérculo depende de las exigencias del mercado así como del productor, sin embargo es común que se clasifique por tamaño y calidad, dentro de los estándares establecidos para tamaño se encuentran los siguientes: 920 a 1.360 gramos, 690 a 919 gramos y 454 a 689 gramos, para grande, mediano y pequeño respectivamente. En cuanto a la longitud, la mínima debe de ser de 15 cm (Lardizábal, 2003). Por otro lado este mismo autor menciona que la calidad tiene otras especificaciones como:

- Sin piel: máximo 10%
- Daño leve cicatrizado de insectos: <5%
- Sin golpes
- Sin daño de hongos

Para evitar pérdidas postcosecha por mala manipulación se recomienda empacar el producto, sin embargo es importante mencionar que antes de empacarlo el mismo debe de estar seco, esto con el fin de evitar problemas de pudrición por el ingreso de agentes patógenos (Lardizábal, 2003).

2.1.5 Composición nutricional.

Dentro de las características distintivas del tubérculo es que la materia seca que éste presenta está compuesta por un alto contenido de almidón, principalmente amilopectina, con un 60-70%, la cual es fácilmente digestible por todas las especies, por otro lado se indica que las dietas ricas en éste alimento pueden presentar deficiencias en ácido linoléico, esto a causa de su bajo contenido de grasa; además es deficiente en proteína y aminoácidos esenciales (Solís, 2011). En el cuadro 2 se resumen la composición nutricional del tubérculo y follaje.

Cuadro 2. Porcentajes de la composición química del tubérculo y el follaje de camote.

Nutriente	Tubérculo	Follaje
<i>Materia seca</i>	20-30	10-20
<i>almidón</i>	60-70	
<i>azúcares</i>	7.5	
<i>Fibra neutro detergente</i>	8.8	24.5-32.8
<i>Fibra ácido detergente</i>	3.6	13.6-26.6
<i>Grasa</i>	>1	2.2
<i>Calcio</i>	0.11	
<i>Fósforo</i>	0.14	
<i>Magnesio</i>	0.05	
<i>Potasio</i>	0.65	
<i>Hierro (mg/kg)</i>	35	
<i>Proteína cruda</i>	2.8-9	12-17
<i>Energía digestible (Kcal/kg)</i>	3300-4075	1964

Fuente: Solís (2011).

2.2 Ensilaje.

2.2.1 Definición de ensilaje.

Según Garces *et al.* (2004) el ensilaje es la fermentación anaerobia de carbohidratos solubles presentes en forrajes para producir ácido láctico, definido

también por Miller (citado por Alonso *et al.*, 2013) como la conservación de forraje verde mediante fermentación láctica en condiciones anaeróbicas.

El proceso permite almacenar alimento en tiempos de cosecha conservando calidad y palatabilidad, lo cual posibilita aumentar la carga animal por hectárea y sustituir o complementar concentrados. Su calidad es afectada por la composición química de la materia a ensilar, el clima y los microorganismos empleados, entre otros. El ensilaje se almacena en silos que permiten mantener la condición anaerobia, existen varios tipos y la escogencia del apropiado depende del tipo de explotación ganadera, recursos económicos disponibles y topografía del terreno (Garces *et al.* 2004).

2.2.2 Proceso de ensilaje

Una vez que el forraje fresco es cosechado y hasta que el silo se utilice para alimentar el ganado, se dan cuatro fases que cambian la composición química y microbiana del material ensilado y que se deben conocer para dar un manejo correcto al proceso de ensilaje. Aunque no hay una clara división entre las fases sucesivas, en cada una de ellas ocurren diferentes procesos (Reyes *et al.* 2009).

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 (Garces *et al.* 2004). El proceso de ensilaje se divide en cuatro etapas, descritas a continuación.

2.2.2.1 Etapa de respiración o fase aeróbica.

La fase aeróbica se inicia al momento de cortar el forraje, continúa cuando se está llenando el silo e incluso puede seguir por un tiempo después de cerrar el mismo. Después de cosechado el forraje, siempre y cuando haya presencia de oxígeno, las células continúan respirando, produciendo anhídrido carbónico y agua, a expensas de los carbohidratos. Por otro lado, la respiración también ocasiona

descomposición de proteínas del forraje, lo cual es un proceso indeseable, no sólo porque se reduce la disponibilidad de la proteína presente en el forraje ensilado, sino sobre todo porque se pierde nitrógeno al ser liberado como amonio. Además, este inhibe la producción de ácido láctico (“ácido bueno”), el cual es necesario para conservar el material ensilado (Reyes *et al.* 2009). Esta fase dura pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos facultativos como las levaduras y enterobacterias. Además, hay actividad 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) (Garces *et al.* 2004).

2.2.2.2 Etapa de fermentación o fase de fermentación láctica.

Esta fase puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8- 5,0 (Garces *et al.* 2004). La fase de fermentación efectiva comienza cuando se agota el oxígeno dentro del silo, y por tanto empieza a dominar la microflora anaeróbica: bacterias, levaduras y mohos que se desarrollan bien en ausencia de oxígeno. En esta fase, las bacterias producen ácidos orgánicos, en especial el ácido láctico, a partir de los azúcares y almidones (carbohidratos fermentables) que contiene el forraje ensilado o que se han agregado en aditivos como la melaza o los granos molidos, entre otros. Las bacterias que crecen dentro del silo también pueden producir ácido acético pero en menor grado (Reyes *et al.* 2009).

2.2.2.3 Etapa de Estabilización

La fase de estabilización se inicia cuando, por acción del ácido láctico, desciende el pH del ensilaje a valores por debajo de 4.2. Bajo esas condiciones de acidez, cesa toda actividad enzimática y se inhibe el crecimiento de todos los

microorganismos, aunque algunos pueden sobrevivir formando esporas. En estas circunstancias, el ácido láctico se convierte en el verdadero agente de conservación del material ensilado, pues se detiene el proceso de fermentación, ya no se producen cambios en el forraje ensilado y el material puede guardarse al menos hasta por 6 a 12 meses, e incluso puede utilizarse al año siguiente (Reyes *et al.* 2009). La mayoría de los microorganismos en la fase II reducen su presencia, algunos microorganismos acidófilos sobreviven en este período en estado inactivo en forma de esporas como lo son los clostridios y bacilos. Sólo algunas proteasas, carbohidrasas y microorganismos especializados como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Si el ambiente se mantiene sin aire ocurre pocos cambios (Garces *et al.* 2004).

2.2.2.4 Fase de deterioro aeróbico.

Los mohos son organismos aeróbicos cuya presencia en el ensilaje se detecta por la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno. En un buen ensilado ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aeróbico todo el ensilaje puede ser invadido por mohos. Las especies que se presentan frecuentemente pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthirinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma*. Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad del ensilaje y son un riesgo para la salud de los animales y las personas (Garces *et al.* 2004). El deterioro en presencia de oxígeno se inicia con la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. A su vez, esto induce a un aumento del valor del pH, lo que permite el crecimiento de bacilos, pero también de otros micro-organismos que crecen bien en presencia de oxígeno (mohos, enterobacterias), los cuales provocan un aumento de la

temperatura y la producción de dióxido de carbono, procesos que dañan el ensilaje (Reyes *et al.* 2009).

2.2.3 Características organolépticas de un ensilaje

Según Bertoia (2007), de acuerdo con las características organolépticas finales de los ensilajes se pueden clasificar en lácticos, butíricos, sobreencalados, mohosos y pútridos.

- Ensilajes lácticos o bien fermentados: se caracterizan por ser de color amarillo verdoso, de olor agradable, avinagrado y picante; además de ser de textura firme, pH de 3,3 a 4, buena aceptabilidad por parte de los animales y un valor nutritivo similar al del forraje verde.
- Ensilaje butírico: estos tipos de ensilajes tienen la característica de presentar un color pardo o verde oliva, olor desagradable y rancio, textura blanda o viscosa, pH mayor a 4,5, baja aceptabilidad por parte de los animales y un valor nutritivo regular, debido a la desnaturalización de proteínas.
- Ensilaje sobre encalado: estos ensilajes se caracterizan por ser de color marrón, tener un olor acaramelado, ser de acidez variable, de buena aceptabilidad y de valor nutritivo bajo.
- Ensilaje mohoso: este es un tipo de ensilaje que se caracteriza por las manchas algodonosas de color blanco, olor rancio, textura gelatinosa, pH mayor a 5, mala aceptabilidad por parte de los animales y de bajo valor nutritivo.
- Ensilaje pútrido: es un ensilaje que presenta un color típico de verde oscuro a negro, olor repulsivo debido a la descomposición, textura blanda, pH mayor a 5, mala aceptabilidad y de bajo valor nutritivo o puede llegar a ser tóxico para los animales.

2.3 Subproductos tropicales y subtropicales apropiados para el ensilaje.

En los países tropicales durante el procesamiento de los alimentos se genera una gran variedad de subproductos, desde la cosecha hasta la industrialización o

molienda que pueden ser utilizados como suplementos para la alimentación de bovinos (Chedly y Lee, 2001). Según el autor anterior los subproductos más utilizados son raíces y tubérculos, frutas y subproductos de agroindustrias, de los cuales destaca como los principales sub-productos el orujo de cervecería, subproductos del banano, subproductos de yuca, tiquizque y pulpa fresca de frutas (cítricos, pulpa de piña y hojas).

Los desechos de frutas y hojas tienen un gran potencial forrajero, con un alto contenido en azúcares. El ensilaje es el mejor método para conservarlos mezclándolos con los ingredientes anteriormente mencionados, de modo de asegurar una buena fermentación al mejorar la calidad y la condición del ensilado (Chedly y Lee, 2001).

2.4 Ensilaje de camote.

Las raíces poseen un contenido bajo de proteína, grasa y fibra, con un alto contenido de carbohidratos, el follaje presenta menor cantidad de carbohidratos pero con un mayor contenido de fibra y proteína. Los tallos, que normalmente se desperdician a la hora de la cosecha, son un forraje nutritivo y apetecido por los bovinos. Una mezcla de rechazo de banano, raíces de yuca, tubérculos y hojas de batata puede ser ensilada con éxito sin necesidad de aditivos (Chedly y Lee, 2001).

Para especificar de mejor manera el ensilaje de camote, se describe a continuación distintas combinaciones de los subproductos que pueden ser utilizados.

2.4.1 Ensilaje de follajes (tallos, pedúnculos y hojas).

Es importante recordar que para la realización de éste ensilaje se debe tomar en cuenta que el follaje posee un alto contenido de humedad, de hasta 90%, por lo que antes de realizar el ensilaje es necesario llevar a cabo un proceso de secado al sol (hasta que pierda de 40 a 45% de humedad), el cual debe ser uniforme, razón por la que se debe de estar revolviendo regularmente el cúmulo de forraje,

acción que a la vez acelera el proceso de secado, el que puede durar de dos a cuatro horas en un día seco y soleado (Peters *et al.*, citado por Solís, 2011).

Una medida alternativa para asegurar reducir la humedad y mejorar las características fermentativas del ensilaje es la adición de un material seco, como por ejemplo el afrecho de trigo (con un nivel de adición entre 20-30%), obteniendo como resultado un ensilaje de buena apariencia, color verde oscuro o chocolate claro, y olor característico a un buen ensilaje (Ruiloba, citado por Solís, 2011). Sin embargo Ruíz (citado por Solís, 2011) afirma que “el follaje de camote produce un ensilaje de alta calidad sin necesidad de aditivos”.

Peters *et al.* (citado por Solís, 2011) demuestra la necesidad de reducir el alto porcentaje de humedad del follaje, pues de no ser así se corre el riesgo de perder nutrientes por lixiviación o perder todo el ensilado. En el cuadro 3 se puede observar los porcentajes de proteína, grasa, fibra y ceniza del ensilado de follaje (tallos, pedúnculos y hojas).

Cuadro 3. Composición química (a base seca) de ensilado de follaje de camote.

Nutriente	Porcentaje
Proteína	12.2
Grasa	2.4
Fibra	22.5
Ceniza	13.2

Fuente: Sánchez (citado por Solís, 2011).

2.4.2 Ensilaje de tubérculo.

Éste ensilaje a diferencia del de follaje no requiere pre-secado, pero sí deben de ser eliminadas las partes podridas o dañadas, para posteriormente picar en pequeñas partículas el tubérculo. Se considera que el uso de aditivos con alto contenido de materia seca es necesario, ya que los tubérculos no se pueden pre-secar tan fácil como el follaje (Peters *et al.*, citado por Solís, 2011).

Por otro lado Ruiloba (citado por Solís, 2011) afirma que aditivos como melaza y sal no es necesaria para la conservación adecuada del tubérculo, situación que puede estar asociada con la disponibilidad de azúcares y almidón que éste contiene naturalmente. Pero contrariamente Peters *et al.* (citado por Solís, 2011) indica que “el uso de sal es particularmente relevante en el caso de las raíces pues se ha indicado que evita la fermentación del almidón y azúcares”, además este mismo autor indica que uso de aditivos ricos en proteínas (como gallinaza y urea) pueden ayudar a conseguir una adecuada fermentación, ya que el bajo contenido de proteínas en el tubérculo puede limitar el crecimiento de los organismos fermentadores.

En general Sánchez (citado por Solís, 2011) menciona que el ensilaje de tubérculo presenta buenas características fermentativas y nutricionales. En el cuadro 4 se puede observar los porcentajes de proteína, grasa, fibra y ceniza de éste tipo de ensilaje.

Cuadro 4. Composición química (a base seca) de ensilados integrales de camote.

Nutriente	Porcentaje
Proteína	7.8
Grasa	1.0
Fibra	8.8
Ceniza	5.0

Fuente: Sánchez (citado por Solís, 2011).

2.4.3 Ensilaje integral (tubérculo y follaje).

En una investigación realizada por Quezada citado por Solís (2011) se indica que realizando un el ensilaje integral de camote se pueden obtener buenas características organolépticas, entre ellas: olor agradable (avinagrado), color amarillo verdoso y/o marrón verdoso, y textura firme, aspectos que revelan que el proceso de fermentación y almacenamiento ha sido adecuado.

En el cuadro 5 se puede observar los porcentajes de proteína, grasa, fibra y ceniza de ensilados integrales a distintas proporciones de tubérculo:follaje.

Cuadro 5. Composición química (a base seca) de ensilados integrales de camote.

Nutriente	Porcentaje Tubérculo:Follaje	
	34:66	66:34:00
Proteína	10.2	9.8
Grasa	1.7	1.4
Fibra	16.9	7.9
Ceniza	12.4	8.1

Fuente: Sánchez (citado por Solís, 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Estudio

Este trabajo se realizó en la parcela de prácticas estudiantiles y Laboratorio de Análisis Agronómicos de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Sede San Carlos), ubicado a 10° 22" Latitud Norte, 84° 31" Longitud Oeste y a una altura de 172 msnm, en el distrito de Florencia, cantón San Carlos, provincia de Alajuela. Las variables climatológicas se caracterizan por una temperatura máxima promedio de 30 °C; mínima promedio de 21°C y una media general de 25°C; precipitación anual promedio de 3 300 mm y humedad relativa promedio de 84%, clasificándose como una zona de bosque tropical húmedo.

3.2 Manejo del ensayo.

3.2.1 Manejo de la parcela y cosecha.

Se estableció una parcela de camote de la variedad Beauregard a una densidad de 40 mil plantas por hectárea, dándole el manejo agronómico convencional de una plantación de producción convencional, con aplicaciones de fertilizante 15:3:31 (N:P:K) al suelo una 15 días después de la siembra (dds), repitiendo la aplicación 30 dds (138 kg/ha) y posteriormente con aplicaciones foliares semanales con ácidos húmicos a un litro por hectárea, Bayfolan forte a litro por hectárea, más calcio y boro a litro por hectárea.

Antes de la cosecha del tubérculo se procedió a seleccionar 100 plantas al azar las cuales se separaron el follaje (hojas y tallos) de los tubérculos y se pesó, los tubérculos se clasificaron según la calidad y tamaño en primera (camote comercial), segunda y tercera (camote de rechazo, peso inferior a 100 gramos). La tercera incluía los tubérculos de menor tamaño y los que presenten daños por roedores, insectos, enfermedades y daños mecánicos generados en la cosecha.

3.2.2 Manejo del material vegetativo ensilado.

Se utilizó el follaje y la cosecha de tercera generada en la parcela convencional a los tres meses de edad. Inmediatamente después de la cosecha, el material de camote y el follaje se procedió a triturarlos con una picadora de cuchillas a un grosor de entre uno y dos centímetros. Posteriormente se pesaron las cantidades a ensilar y se realizaron las mezclas follaje:camote según correspondiera cada tratamiento para el posterior llenado de los microsilos.

3.2.3 Elaboración de los microsilos.

Los microsilos utilizados eran tubos y tapas de polivinilo (PVC) de 4" de diámetro y 16" de alto. Los mismos fueron lavados y desinfectados para evitar posibles problemas de contaminación.

Se utilizaron los tubérculos y el follaje previamente picado. Para estos microsilos, se utilizó la metodología usada por Mora (2006) que provee un escape superior, el cual consta de una manguera de polivinilo flexible de ½" sumergida en un tubo de ensayo con agua a manera de "sello de agua" que permite la salida de gases, producto de la fermentación, pero no la entrada. Esta misma metodología contempla una salida o escape inferior, que consiste en una manguera plástica de ¼" bajo la cual se colocará un depósito para la recolección y medición diaria de los efluentes. El volumen de cada microsilo es de 0,0032 m³, lo cual permite ensilar 3 kg de material fresco, lo que equivale a una densidad de 937,5 kg/m³. El material colocado en cada microsilo fue pesado y mezclado en un recipiente separado con el fin de obtener la mayor uniformidad posible en la mezcla. Una vez mezclado el material fue introducido en los microsilos, se compactó hasta su total llenado y luego se procedió a colocar la tapa de los mismos, las cuales se sellaron con cinta adhesiva (Figura 1).



Figura 1. Microsilos en tubos para análisis bromatológico y características organolépticas. Tomado de Arredondo, 2011.

3.2.4 Toma de las muestras para análisis.

La apertura de los microsilos y la toma de muestras se llevaron a cabo a los 30 días de fermentación de los materiales ensilados. Se extrajo el contenido total del material ensilado descartando los primeros 5 cm de los extremos para eliminar cualquier material contaminado. Inmediatamente se realizaron las pruebas organolépticas y pH para determinar la calidad del proceso fermentativo. Se recolectó material ensilado los cuales fueron secados y molidos para determinar su valor nutricional (PC y fibra).

3.3 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron ensilajes con diferentes proporciones de camote (tubérculo) y follaje (hojas y tallo), los cuales representaron los tratamientos (**cuadro 6**). Para analizar los resultados del ensayo, se implementó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones, para un total de 15 unidades

experimentales. La diferencia entre los tratamientos se determinó mediante el procedimiento de corrección de p-valores de Bonferroni. La denominación y formulación de cada tratamiento se presenta en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Nomenclatura y formulación de los tratamientos.

Tratamiento (Follaje:Camote)	Formulación del tratamiento
T1 100:0	100 kg Follaje
T2 75:25	75 kg Follaje + 25 kg de Camote
T3 50:50	50 kg Follaje + 50 kg Camote
T4 25:75	25 kg Follaje + 75 kg Camote
T5 0:100	100 kg Camote

Para este diseño se estableció en el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

Y_{ij} = Observación correspondiente a la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental.

3.4 Variables evaluadas

Posteriormente a la cosecha se evaluaron las siguientes variables:

- Porcentaje de tubérculo clasificado para mercado (primera) y para desecho.
- Proporción que representa cada factor de pérdida encontrado (por malas prácticas de cosecha o manejo).

Durante el desarrollo del ensilaje en los microsilos, se evaluaron las siguientes variables:

- Temperatura interna del material ensilado durante los 30 días del proceso. Se midió mediante la instalación de un termómetro en los microsilos, para ello los microsilos contaban con un agujero en la parte media del tubo, donde se introducía el termómetro y se sellaba el agujero con cinta para evitar entrada de aire.
- Peso del lixiviado. Se recolectó y midió diariamente los efluentes del proceso del ensilaje durante 21 días.

Al terminar el proceso de ensilaje (30 días) de los microsilos, se tomaron muestras para evaluar las siguientes variables:

- Nivel de acidez (pH) del producto del ensilaje: Se utilizó la metodología recomendada por Gutiérrez *et al.*, (2003) citada por Mora (2006) la que consiste en medir el pH en una muestra compuesta de 20 gramos de ensilaje fresco y 80 ml de agua destilada, las cuales se agitan durante 15 minutos y se realiza la medición mediante pH-metro de electrodos.
- Contenido de materia parcialmente seca: La materia parcialmente seca se determinó por secado en un horno de circulación de aire caliente forzado, a una temperatura de 50°C durante 76 horas. El peso de la muestra se determinó una vez que el material estaba en equilibrio con la humedad ambiental. Las muestras secas fueron molidas en un molino, usando una criba de 1 mm. Estas muestras se utilizaron para determinar los parámetros de materia seca total y valor nutricional.
- Contenido de materia parcialmente seca: La materia parcialmente seca se determinó por secado en un horno de circulación de aire caliente forzado, a una temperatura de 50°C durante 76 horas. El peso de la muestra se determinó una vez que el material estaba en equilibrio con la humedad ambiental. Las muestras secas fueron molidas en un molino, usando una criba de 1 mm. Estas muestras se utilizaron para determinar los parámetros de materia seca total y valor nutricional.
- Contenido de Proteína Cruda (PC): La proteína cruda se determinó con el equipo de laboratorio “Nitrogen Analyzer Rapid N Cube”.

- Contenido de Fibra Ácido Detergente (FDA) y Fibra Neutro Detergente (FDN): Se determinó mediante la adaptación de la metodología de Van Soest *et al* (1991) y Komarek (1993) utilizada por Arredondo (2011) para el equipo de laboratorio “Fiber Analyzer” (ANKOM TECHNOLOGY New York, USA).
- Pruebas organolépticas del material ensilado. Se realizaron pruebas de olor, color y textura (4 panelistas o catadores del ensilaje) para calificar según los criterios que diferencian los distintos tipos de ensilajes (lácticos, butíricos, sobreencalados, mohosos y pútridos).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Clasificación del rendimiento del camote y estimación de la cantidad de material vegetativo cosechado.

El camote es el tercer cultivo de mayor importancia en el grupo de raíces y tubérculos, se siembran aproximadamente 8.5 millones de hectáreas al año con un rendimiento de 27 millones de toneladas métricas anuales a nivel mundial Castillo *et al* (2014), en Costa Rica el rendimiento es de 8.4 t/ha siendo el cantón de San Carlos con mayor área cultivada 137.9 ha MAG (2007) citado por Torres *et al* (2013).

En la parcela experimental se obtuvieron un promedio de 0.82 kg/planta de producto comercial, 0.46 kg/planta de follaje y 0.09 kg/planta de camote de rechazo lo que equivale a una producción de 29.64; 16.49 y 3.33 t/ha respectivamente **cuadro 7**. Un estudio realizado por Castillo *et al* (2014) sobre la evolución agronómica de trece genotipos de camotes encontró que la variedad Beauregard produce 1.11 kg/planta de follaje y 1.08 kg/planta de camote comercial. Estas diferencias de rendimientos con respecto a los estudios realizados pueden deberse a varios factores tanto climáticos, edáficos y manejo del cultivo, especialmente por mal manejo de malezas afectando el rendimiento final.

Cuadro 7. Rendimiento productivo de follaje, camote comercial y camote de rechazo obtenido en la parcela experimental.

	PRODUCCIÓN DE FOLLAJE	PRODUCCIÓN DE CAMOTE COMERCIAL	PRODUCCIÓN DE CAMOTE DE RECHAZO
Promedio/Planta (gr)	457,94	830,6	92,5
Kilos/Planta	0,46	0,82	0,09
Kilos/ha	16485,84	29630,2	3330
Toneladas/ha	16,49	29,63	3,33

Según los resultados obtenidos en la parcela experimental **cuadro 7** se cuenta con un promedio de 16.49 t/ha de follaje y 3.33 t/ha de camote de desecho o rechazo, lo que quiere decir que en promedio se cuenta con 19.66 t/ha para la elaboración de silos.

4.2 Clasificación del material ensilado según propiedades organolépticas.

Las características o propiedades organolépticas de los ensilados son meramente subjetivas ya que son criterios establecidos por un grupo de panelistas al momento de la apertura de los silos, es por tal motivo que no se puede establecer un análisis estadístico para determinar si existen diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 8. Descripción de las propiedades organolépticas de los tratamientos por repetición.

Tratamiento	Color	Olor	Textura	Clasificación
T1	VERDE OSCURO	AFRUTADO	SUELTA	AGRADABLE
T2	CAFÉ OLIVO CLARO	AFRUTADO	SUELTA	AGRADABLE
T3	PARDO OLIVO CLARO	AFRUTADO	SUELTA	AGRADABLE
T4	OLIVO CLARO	ACIDO ACETICO	SUELTA	AGRADABLE
T5	AMARILLO ROJISO	AFRUTADO JOVEN	SUELTA	AGRADABLE

En el **cuadro 8** se observa que todos los tratamientos presenta características organolépticas agradables lo que quiere decir que el proceso fermentativo fue exitoso permitiendo la conservación del follaje, esta características se correlacionan con el pH del ensilado (cuadro 10), ya que no hubo diferencias significativas en el valor de pH, siendo lo ideal valores inferiores a 4.5, para que se genere una fermentación ácido láctico.

4.3 Niveles de pH obtenidos al final del proceso de ensilado.

Para la variable de pH no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$) **cuadro 9**, sin embargo el tratamiento 75:25 presentó el valor más alto de pH (5.68) y el tratamiento 0:100 se obtuvo el valor más bajo con 3.69.

Cuadro 9. Comportamiento promedio del pH según el tratamiento.

TRATAMIENTOS	pH	E.E.	
75% Follaje – 25% Camote	5,68	1	A
100% Follaje – 0% Camote	4,72	0,09	A
50% Follaje – 50% Camote	4,11	0,03	A
25% Follaje – 75% Camote	3,9	0,07	A
0% Follaje – 100% Camote	3,69	0	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

E.E error estándar

Según Fernández (1999), cuando el pH disminuye por debajo de 5 la presencia de microorganismos indeseables en el ensilaje como clostridius, coliformes o bacterias ácidas que son las responsables de disminuir la calidad del silo disminuyen, aumentando los microorganismos deseables que son las bacterias lácticas las responsables de una buena calidad del silo, ya que son las encargadas de disminuir el pH, las bacterias ácido lácticas al principio se encuentran en menor cantidad, estas aumentan su concentración a medida que existan carbohidratos solubles en el material ensilado. Si analizamos los resultados observados en el cuadro 9, concuerdan de cierto modo con lo citado por Fernández (1999) ya que los tratamientos 100:0 y el tratamiento 75:25 son los que menor contenido de carbohidratos solubles poseen, mientras que para los tratamientos 50:50; 25:75 y 0:100 poseen mayor concentración de carbohidratos solubles, se observa que a mayor proporción de camotes menos es el valor de pH del silo, este comportamiento también concuerda con los resultados obtenidos por Huong *et al* (2004), quienes también observaron el mismo comportamiento al aumentar la proporción de raíces de camote y disminuir la proporción de hojas : tallo, disminuyen los valores de pH del ensilado.

4.4 Comportamiento de la temperatura interna de los microsilos, durante el proceso de ensilado.

No se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos en la temperatura interna de los microsilos ($p = 0.05$) como se muestra en el **cuadro 10**, sin embargo el tratamiento de 25:75 fue el que alcanzó un promedio de temperatura más alto 27 °C, mientras que la de menor promedio de temperatura fue el tratamiento 75:25 de 26.61 °C, durante todo el proceso de ensilado.

Cuadro 10. Comportamiento promedio de la temperatura interna de los microsilos según el tratamiento.

TRATAMIENTOS	TEMPERATURA (°C)	E.E.	
25% Follaje – 75% Camote	27,00	0,19	A
0% Follaje – 100% Camote	26,83	0,19	A
50% Follaje – 50% Camote	26,81	0,19	A
100% Follaje – 0% Camote	26,69	0,19	A
75% Follaje – 25% Camote	26,61	0,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

E.E: error estandar

Según Adesogan y Newman (2010) la temperatura óptima durante la fermentación debería estar por debajo de los 100° F (37.77° C), indican que temperaturas superiores podrían tener efectos negativos sobre la calidad del ensilaje ya que no se da una rápida disminución del pH y causa degradación las proteínas.

Como se observa en el **cuadro 10** las temperaturas no superaron los 27° C, lo que podemos asegurar que se dio una adecuada fermentación durante el proceso de ensilado, asegurándonos un material ensilado de calidad.

Este comportamiento puede deberse a una buena compactación y al tamaño de partículas, que no permitieron espacios de oxígeno impidiendo que se generara una fermentación aeróbica, como lo menciona Mier (2009), un mal picado o no realizarse un proceso de picado al follaje, pueden generarse bolsas de aire y la compactación se vuelve más difícil y producirse una fermentación de tipo aeróbica generando un aumento en la temperatura consecuentemente elevándose el pH.

4.5 Cuantificación de los efluentes generados por los microsilos durante el proceso de ensilado.

Existen diferencias altamente significativas en la cantidad de efluentes recolectados entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), lo que quiere decir que la variación

en la composición de la mezcla follaje: camote determina la cantidad de efluentes que se generen en un ensilado. El tratamiento 0:100 (T5) fue el que mayor cantidad de efluentes se recolectaron, con un promedio de 631.37 ml, por otro lado el tratamiento 100:0 (T1) fue el que emanó menor cantidad de fluentes con un promedio de 126.47 ml **cuadro 11**. El tratamiento 25:75 no puede ser tomado en cuenta para esta variable ya que se presentó un error, posiblemente generada por una mala elaboración del microsilo que no permitiera la salida de los efluente, otra posible causa, pudo haberse generado una obstrucción de la salida del microsilo por el material vegetativo durante la compactación y llenado de los mismos.

Cuadro 11. Comportamiento promedio de efluentes acumulados según el tratamiento.

TRATIMIENTOS	EFLUENTES (ml)	E.E.	
0% Follaje – 100% Camote	631,37	23,91	A
75% Follaje – 25% Camote	335,33	23,91	B
50% Follaje – 50% Camote	261,6	23,91	B
100% Follaje – 0% Camote	126,47	23,91	C
25% Follaje – 75% Camote	0	23,91	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

E.E error estándar

Este comportamiento se debe a que la planta de camote es relativamente suculenta, posee altos contenido de humedad según los resultados obtenidos por Castillo *et al* (2014), para para la variedad Beauregard posee un promedio de materia seca de 25.41%, en el momento de la elaboración de los ensilajes, los materiales poseían valores de materia seca de T1:13.68% , T2:18.11%, T3:16.24%, T4:18.24%, T5:18.44% para cada uno de los tratamientos lo que quiere decir que a la hora de realizar el ensilado poseía valores superiores a 80% de humedad, Roza (2005) menciona que para evitar pérdidas por efluente, el nivel óptimo de materia seca de los materiales ensilados debe ser de un 25%.

Los efluentes son generados por la ruptura de las membranas celulares de los materiales ensilados, el volumen de producción y la velocidad con que son generados se debe también al preparamiento mecánico del material forrajero, el uso de aditivos, la madurez de la planta y el tipo de fermentación, sin embargo el factor más importante es el porcentaje de humedad (Fernández. 2000).

Es sumamente importante controlar la producción de efluentes ya que representa una pérdida de nutrientes del ensilado lo que genera una disminución en la calidad nutritiva final del material ensilado, por otro lado los efluentes emanados sin control representa una fuente de contaminación (Fernández. 2000).

4.6 Valores de proteína cruda (PC) obtenidos al final del proceso de ensilado.

Existen diferencias significativas entre tratamientos para la variable de proteína cruda ($p \leq 0.05$) **cuadro 12**, el contenido de PC se afectó negativamente conforme se disminuyó el porcentaje de follaje y se aumentó el contenido de raíces de camote, siendo el tratamiento 100:0 el de mayor contenido de PC 15.34% y el tratamiento con menor contenido de PC fue el tratamiento 0:100 con 5.52%.

Cuadro 12. Comportamiento promedio del porcentaje de proteína cruda según el tratamiento.

TRATAMIENTOS	PC (%)	E.E.	
100% Follaje – 0% Camote	15,34	1,72	A
75% Follaje – 25% Camote	9,22	0,43	A
50% Follaje – 50% Camote	9,22	0,32	A
25% Follaje – 75% Camote	7,38	0,23	B
0% Follaje – 100 Camote	5,52	0,03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

E.E error estándar

Este comportamiento concuerda con lo esperado ya que el contenido de proteína del tallo y hojas de la planta de camote es superior al contenido de proteína en las

raíces productivas, según Gómez y Fernández (sf) el follaje de camote de comercial en Perú posee un alto valor de proteína inclusive superior a gramíneas como el maíz, mientras que las raíces de camote poseen altos valores de energía y bajos contenidos de proteína, en un ensayo de ensilaje de camote realizado por estos autores encontraron que para en el ensilaje de follaje de camote posee un contenido de 12.5% de proteína, para el ensilado de raíz 7.8% y para el ensilado de raíz y camote 10.2% de proteína.

En cuanto al contenido de proteína podemos decir, que conforme se aumenta el porcentaje de raíces se disminuye el valor de proteína, por lo que si el objetivo de conservación es una fuente proteica debe utilizarse niveles bajos de camote.

4.7 Valores de fibra detergente neutro (FDN) obtenidos al final del proceso de ensilado.

Existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable fibra detergente neutro ($p \leq 0.05$) **cuadro 13**. Siendo el tratamiento 100:0 con mayor contenido de fibra 56.34% y el tratamiento 25:75 el que presentó menor porcentaje de fibra 24.59%.

Cuadro 13. Comportamiento promedio del porcentaje de fibra detergente neutro según el tratamiento.

TRATAMIENTOS	FDN (%)	E.E.		
100% Follaje – 0% Camote	56,34	1,04	A	
75% Follaje – 25% Camote	46,94	4,07	A	B
50% Follaje – 50% Camote	36,11	1,72		B
0% Follaje – 100% Camote	33,69	1,74		B C
25% Follaje – 75% Camote	24,59	2,17		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

E.E error estándar

El contenido de fibra es un factor determinante en la formulación de dietas balanceadas según sea las necesidades del animal, según Casamiglia (1997) en sistemas de producción con promedios de rendimientos medios a bajos las recomendaciones se dan por niveles máximos de fibra en la dieta. Por otro lado, en animales de rendimientos productivos altos, se habla de recomendaciones basados en contenidos mínimos de fibra ya que se requiere que la fuente forrajera sea de gran aporte de energía. Los niveles de fibra de recomendados varían entre 25-45% de FDN (Casamiglia, 1997).

De acuerdo a lo anterior y a los resultados obtenidos la mezcla de follaje y raíz de camote nos ayuda a mejorar los contenidos de fibra y mejorar la calidad del ensilado según sea las necesidades de los animales a suplementar, en este caso el tratamiento 50:50 cumple con un nivel intermedio según lo recomendado por Casamiglia (1997), lo que lo convierte en el tratamiento con un buen aporte de fibra por parte del follaje, además de un buen aporte de energía por el camote.

El contenido de fibra cumple un papel muy importante ya que según su contenido se afecta la tasa de pasaje disponibilidad de nutrientes, además de afectar el contenido de grasa en leche, y llevar a problemas metabólicos, como acidosis, laminitis y desplazamiento del abomaso, que son generados por desequilibrios tanto físicos como químicos que afectan el llenado del rumen, reducen la rumia afectando los niveles de pH por la falta de salivación (Casamiglia, 1997)

4.8 Valores de fibra detergente ácida (FDA) obtenidos al final del proceso de ensilado.

Para la variable fibra detergente ácida existen diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$) **cuadro 14**, el contenido de fibra de los tratamientos se vieron afectados negativamente conforme se aumentó la proporción de camote, siendo el tratamiento 100:0 el que mayor contenido de fibra detergente ácida arrojó 54.25% y el tratamiento 0:100 el de menor contenido con 7.63% de FDA.

Cuadro 14. Comportamiento promedio del porcentaje de fibra detergente ácida según el tratamiento.

TRATAMIENTOS	FDA (%)	E.E.	
100% Follaje – 0% Camote	54,25	0,67	A
75% Follaje – 25% Camote	40,35	4,45	A B
50% Follaje – 50% Camote	29,57	1,51	B
25% Follaje – 75% Camote	17,4	0,64	C
0% Follaje – 100% Camote	7,63	0,21	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

E.E error estándar

De acuerdo a los resultados conforme se aumenta el contenido de camote y se disminuye el contenido de follaje se da una disminución en el contenido de fibra detergente ácida, este comportamiento concuerda con lo esperado, debido a que se está disminuyendo la proporción de una fuente de altos contenidos de carbohidratos insoluble (celulosa, hemicelulosa) como es el follaje de camote, y aumentando la proporción de una fuente de altos contenidos de carbohidratos soluble (azúcares, almidón) como la raíz de camote.

4.9 Valores de la digestibilidad in vitro (DIV) obtenidos al final del proceso de ensilado.

Existen diferencias altamente significativas para la digestibilidad in vitro entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) **cuadro 15**, siendo el tratamiento 0:100 el de mayor porcentaje de DIV con un 97,83% y el tratamiento 100:0 el de menor porcentaje de digestibilidad con 64,9%.

Cuadro 15. Comportamiento promedio del porcentaje de la digestibilidad *in-vitro* según el tratamiento.

TRATAMIENTOS	DIV (%)	E.E.	
0% Follaje – 100% Camote	97,83	0,46	A
25% Follaje – 75% Camote	90,2	0,72	B
50% Follaje – 50% Camote	76,5	1,4	C
75% Follaje – 25% Camote	64,9	5,54	C D
100% Follaje – 0% Camote	54,43	2,61	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

E.E error estándar

Conforme se disminuye la proporción de follaje y se aumenta la proporción de camote la digestibilidad aumenta debido a que se está disminuyendo el contenido de fibra y aumentando la proporción de carbohidratos solubles presentes en la mezcla lo que vuelve más digestible al ensilado. Según Casamiglia (1997), la digestibilidad es inversamente proporcional a la FDA, a menor porcentaje de FDA mayor es la digestibilidad del follaje, lo cual concuerda con los resultados obtenidos, esto se debe al aporte de carbohidratos soluble que se encuentran en la raíz del camote.

5. CONCLUSIONES.

- Se generan más de 19 ton/ha de residuos de cosecha aprovechables en alimentación animal mediante la técnica de ensilado.
- No existen diferencias significativas de los valores de pH al variar las proporciones de follaje:camote del ensilado.
- No existen diferencias significativas de la temperatura interna de los silos al variar las proporciones de follaje:camote del ensilado.
- Existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la producción de efluentes al variar proporción de follaje:camote, a mayor proporción de camote mayor producción de efluentes.
- Existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de PC al variar las proporciones de follaje:camote del ensilado, a mayor porcentaje de follaje mayor contenido proteína.
- Existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de FDN al variar las proporciones de follaje:camote del ensilado, a mayor proporción de follaje mayor contenido de FDN.
- Existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de FDA al variar las proporciones de follaje:camote del ensilado, a mayor proporción de camote menor contenido de FDA.
- Existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la digestibilidad al variar las proporciones de follaje:camote del ensilado, a mayor proporción de camote presenta mejor digestibilidad.

6. CONSIDERACIONES GENERALES DEL TRABAJO REALIZADO.

En la actualidad los sistemas productivos pecuarios se ven en la obligación de buscar otras alternativas de alimentación que les permita obtener mayor disponibilidad de fuentes forrajeras para suplir las necesidades nutricionales de los animales, además que sean fuentes de bajo costo y con altos volúmenes de biomasa, las cuales puedan ser conservadas y ser suministrado a los animales en las épocas de menor disponibilidad. Lo que convierte a los residuos de cosecha de camote una alternativa más para la alimentación de bovinos ya que es una fuente barata y se generan en promedio 16.49 t/ha, con este trabajo podemos asegurar que los residuos de camote se pueden conservar fácilmente como se realiza normalmente con los cultivos de maíz y sorgo.

Además debemos destacar que el tratamiento 50:50 es una de las mejores alternativas ya que presentó un buen porcentaje de pH (4.11), aunque la proteína es media (9,22) estamos conservando una fuente con altos contenidos de carbohidratos portados por la raíz, que a su vez proporciona un buen contenido de fibra la cual es aportada por el follaje lo que nos ayuda a evitar problemas metabólicos atribuidos a los altos contenidos de energía y bajos contenidos de fibra en las dietas.

Cabe destacar que no se cosecha la misma cantidad de follaje y raíces de desecho de camote, lo que se debe de considera que la mezcla 75:25 podría ser la alternativa para maximizar la utilización de las fuentes, sin embargo este tratamiento presentó un promedio de pH de 5,68 el cual está arriba de lo aceptable, por lo que sería recomendable adicionar aditivos acidificantes en este tipo de ensilajes.

7. RECOMENDACIONES

- Utilizar aditivos acidificantes cuando se ensile solo follaje de camote.
- Realizar nuevamente el trabajo a nivel de silo bolsa o silos en estañones para evaluar la palatabilidad de los materiales.

8. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Adesogan, A. Newman, Y. 2010. Silage Harvesting, Storing, and Feeding. IFAS Extension. Universidad de Florida. 7p
- Alonso, V. Pereyra, C. Keller, L. Dalcerro, A. Rosa, C. Chiacchiera, S. Cavaglieri, L. 2013. Fungi and mycotoxins in silage: an overview. Journal of Applied Microbiology. 115 (3): 637-643.
- Arredondo, L. 2011. Evaluación del efecto de diferentes aditivos sobre parámetros de valor nutricional del ensilaje de caña de azúcar. Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede San Carlos. 49p
- Bertoia, L. 2007. Ganadería; Artículos técnicos; Forrajes y Pasturas; Algunos conceptos sobre ensilaje. s.l. Engormix. (en línea). Consultado el 15/04/2014. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/algunos-conceptos-sobre-ensilaje-t1716/p0.htm>
- Casaca, A. 2005. Guías Técnicas para Frutas y Verduras. EL cultivo del camote. Colombia. Promosta. Consultado el 15/04/2014. (en línea). Disponible en <http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Hortofruticola/OtraInfo/Guia Hortalizas/Camote.pdf>
- Casamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. Departamento de patología y producción animal. Universidad autónoma de Barcelona. 16p
- Castillo, R. Brenes, A. esker, P. Gómez, L. 2014. Evaluación agronómica de trece genotipos de camote. Agronomía Costarricense 38(2): 67-81
- Chedly, K. y Lee, S. 2001. Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesino. s.l. FAO. (en línea). Consultado el 15/04/2014 Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/005/X8486S/X8486S00.HTM>

- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2006. Fichas técnicas; productos frescos y procesados; hortalizas, Camote (*Ipomoea patatas*). USA. (en línea). Consultado el 15/04/2014 Disponible en http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/CA_MOTE.HTM#B1
- Fernández, A. 1999. El silaje y los procesos fermentativos. Ensilaje de planta entera. s.l. INTA. Cap. I:4-11
- Fernández, M. 2010. El problema de los efluentes de los ensilados en la explotación. s.l. Mundo Ganadero. (en línea). Consultado el 17/06/2015. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2000_128_54_55.pdf
- Garcés, A. Berrio, L. Ruiz, S. Serna, J. Buile, F. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación 1 (1): 66-71.
- Gómez, C. Fernández. M. sf. Producción y valor nutricional de follaje y raíces de camote para la alimentación de rumiantes. Universidad Nacional Agraria la Molina, UNALM, Lima, Perú. (en línea). Consultado 20/06/2015. Disponible en: <http://www.sian.info.ve/porcinos/eventos/peru/carlosa.htm>
- Huamán, Z. 1992. Botánica Sistemática y Morfología de la Planta de Batata o Camote. CIP. Lima Perú. Boletín de Información Técnica.
- Huong, H. Viet, L. Ogle, B. 2004. Evaluation of ensiling methods to preserve sweet potato roots and vines as pig feed. Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences. Consultado el 20/06/2015. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd16/7/gian16045.htm>
- Lardizábal, R. 2003. Manual de producción de camote. Cortés, Honduras. Fintrac CDA. 23p.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José. CR. Agroamerica IICA. 522 p.

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2007. Informe Censos Raíces Tropicales, Piña, Plátano, Papaya y Mamón Chino. (en línea). Consultado el 04/05/2014. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00034.pdf>
- Mannetje, L. 2001. Introducción a la conferencia sobre el uso del ensilaje en el trópico. s.l. FAO. (en línea). Consultado el 04/05/2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/x8486s/x8486s03.htm>
- Mier, M. 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Universidad de Cordoba. Departamento de producción animal. 64p
- Mora, G. 2006. Evaluación a nivel de microsilos del comportamiento de parámetros asociados a la calidad del proceso fermentativo y el valor nutricional de ensilaje de maíz-soya y sorgo-soya con y sin uso de aditivos. Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede San Carlos. 55 p.
- Muñoz, M. 2012. El camote, batata o boniato: Descripción y composición nutricional. (en línea) Consultado el 08/5/2014. Disponible en: <http://consejonutricion.wordpress.com/2012/06/29/el-camote-batata-o-boniato-descripcion-y-composicion-nutricional/>
- Murillo. J. 2009. Manual del cultivo del camote. Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola. Nicaragua. Chemonics Internacional Inc. (en línea). Consultado el 04/05/2014. Disponible en <http://futuroagronomo.blogspot.com/2011/08/manual-del-cultivo-del-camote-ipomoea.html>
- Reyes, N. Mendieta, B. Farinas, T. Mena, M. Cardona, J. Pezo, D. 2009. Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. Managua, Nicaragua. CATIE. 98 p.
- Roza, B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. Laboratorio de Mouriscade. Lalín Pontevedra. IV Jornadas de Alimentación Animal. 20p

- Solís, C. 2011. Sustitución del maíz por ensilaje integral de camote (*Ipomoea batatas L*) como fuente energética en la alimentación de bovinos en crecimiento. Tesis Mag. Sc. Chiriquí, PA, Universidad de Panamá. 153 p.
- Torres, S. Montero, W. Varela, I. 2013. Desarrollo de una metodología para el diagnóstico viral y la producción de plantas de camote libres de virus. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede San Carlos. 32p
- Wagner, B. Asencio, V. Caridad, J. 2013. Como preparar un buen ensilaje. s.l. IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales) (en línea). Consultado el 04/05/2014. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/forrajes-pasturas/articulos/como-preparar-reparar-buen-t5176/089-p0.htm>
- Wong, C. 2001. El papel del ensilaje en la producción de rumiantes en los trópicos. Roma. FAO. (en línea). Consultado el 04/05/2014. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/forrajes-pasturas/articulos/como-preparar-reparar-buen-t5176/089-p0.htm>

9. ANEXOS

Anexo 1. Datos para análisis estadísticos.

TRAMIENTOS	REPETICIONES	pH	TEMP	EFLU	PC	FDN	FDA	DIGEST IN VITRO
T1	R1	4,55	25,46	66	17,11	98,6	54,16	56,2
T1	R2	4,84	25,33	145,4	17,01	54,66	53,13	57,8
T1	R3	4,78	25,22	168	11,89	56,13	55,46	49,3
T2	R1	3,67	25,20	345,2	7,09	24,34	16,78	91,2
T2	R2	6,68	25,29	394,8	7,83	20,96	16,74	90,6
T2	R3	6,68	25,39	266	7,23	28,48	18,69	88,8
T3	R1	3,8	25,39	256,4	8,77	35,21	27,85	81,1
T3	R2	3,85	25,37	235	9,54	37,83	31,08	75,1
T3	R3	4,04	25,41	293,4	8,89	34,39	28,05	77,9
T4	R1	4,17	25,58	0	9,77	48,41	44,92	58,6
T4	R2	4,05	25,68	0	10,09	53,91	48,11	57
T4	R3	4,1	25,50	0	8,25	50,24	40,51	62,9
T5	R1	3,69	25,42	638	5,51	30,35	7,68	97
T5	R2	3,7	25,40	652,1	5,58	34,5	7,24	97,9
T5	R3	3,69	25,50	604	5,48	36,22	7,97	98,6

Anexo 2. Análisis estadístico de la variable ph (infoStat).

Especificación del modelo en R

```
modelo.054_pH_REML<-gls (pH~1+TRATAMIENTOS  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data53)
```

Resultados para el modelo: modelo.054_pH_REML

Variable dependiente: pH

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
15	40.97	42.79	-14.49	0.78	0.56	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	478.19	<0.0001
TRATAMIENTOS	4	3.15	0.0643

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	478.19	<0.0001
TRATAMIENTOS	4	3.15	0.0643

pH - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTOS

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTOS	Medias	E.E.	
T2	5.68	0.45	A
T1	4.72	0.45	A
T4	4.11	0.45	A
T3	3.90	0.45	A
T5	3.69	0.45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. Análisis estadístico de la variable temperatura (infoStat).

Especificación del modelo en R

```
modelo.003_TEMPERATURA.C_REML<-gls (TEMPERATURA.C~1+TRATAMIENTOS  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: modelo.003_TEMPERATURA.C_REML

Variable dependiente: TEMPERATURA.C

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
435	1749,74	1774,12	-868,87	1,78	0,01	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	98704,61	<0,0001
TRATAMIENTOS	4	0,61	0,6527

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	98704,61	<0,0001
TRATAMIENTOS	4	0,61	0,6527

Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTOS

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTOS	Medias	E.E.	
T4	27,00	0,19	A
T5	26,83	0,19	A
T3	26,81	0,19	A
T1	26,69	0,19	A
T2	26,61	0,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4. Análisis estadístico de la variable efluentes (infoStat).

Especificación del modelo en R

```
modelo.042_efluentes_REML<-gls(efluentes~1+Trata  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data42)
```

Resultados para el modelo: modelo.042_efluentes_REML

Variable dependiente: efluentes

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
15	120.34	122.16	-54.17	41.41	0.98	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	642.15	<0.0001
Trata	4	99.90	<0.0001

Pruebas de hipótesis secuenciales

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	642.15	<0.0001
Trata	4	99.90	<0.0001

efluentes - Medias ajustadas y errores estándares para Trata

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

<u>Trata</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
5	631.37	23.91	A
2	335.33	23.91	B
3	261.60	23.91	B
1	126.47	23.91	C
4	0.00	23.91	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Análisis estadístico de la variable proteína (infoStat).

Especificación del modelo en R

```
modelo.005_Proteina_REML<-gls(Proteina~1+Tratamientos  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tratamientos))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: modelo.005_Proteina_REML

Variable dependiente: Proteina

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
15	40.03	43.06	-10.02	2.99	0.89	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	657.81	<0.0001
Tratamientos	4	73.86	<0.0001

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	36864.10	<0.0001
Tratamientos	4	73.86	<0.0001

Proteina - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamientos

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tratamientos	Medias	E.E.	
T1	15.34	1.72	A
T2	9.22	0.43	A
T3	9.22	0.32	A
T4	7.38	0.23	B
T5	5.52	0.03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Análisis estadístico de la variable fibra detergente neutro (infoStat).

Especificación del modelo en R

```
modelo.007_Fibra.Detergente.Neutro_REML<-  
gls(Fibra.Detergente.Neutro~1+Tratamientos  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tratamientos))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: modelo.007_Fibra.Detergente.Neutro_REML

Variable dependiente: *Fibra.Detergente.Neutro*

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
15	80.19	83.22	-30.10	1.80	0.88	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	1375.76	<0.0001
Tratamientos	4	69.06	<0.0001

Pruebas de hipótesis secuenciales

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	3740.08	<0.0001
Tratamientos	4	69.06	<0.0001

Fibra.Detergente.Neutro - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamientos

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

<u>Tratamientos</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>		
T1	56.34	1.04	A	
T2	46.94	4.07	A	B
T3	36.11	1.72		B
T5	33.69	1.74		B C
T4	24.59	2.17		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 7. Análisis estadístico de la variable fibra detergente acida (infoStat).

Especificación del modelo en R

```
modelo.006_Fibra.Detergente.Acida_REML<-  
gls(Fibra.Detergente.Acida~1+Tratamientos  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tratamientos))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: modelo.006_Fibra.Detergente.Acida_REML

Variable dependiente: *Fibra.Detergente.Acida*

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
15	65.44	68.47	-22.72	1.17	0.94	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	968.21	<0.0001
Tratamientos	4	1146.44	<0.0001

Pruebas de hipótesis secuenciales

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	4378.00	<0.0001
Tratamientos	4	1146.44	<0.0001

Fibra.Detergente.Acida - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamientos

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

<u>Tratamientos</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>		
T1	54.25	0.67	A	
T2	40.35	4.45	A	B
T3	29.57	1.51		B
T4	17.40	0.64		C
T5	7.63	0.21		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 8. Análisis estadístico de la variable digestibilidad (infoStat).

Especificación del modelo en R

```
modelo.009_Digestibilidad.in.vitro_REML<-  
gls(Digestibilidad.in.vitro~1+Tratamientos  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tratamientos))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: modelo.009_Digestibilidad.in.vitro_REML

Variable dependiente: Digestibilidad.in.vitro

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	O
15	75.59	78.62	-27.80	4.52	0.90	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3664.85	<0.0001
Tratamientos	4	126.67	<0.0001

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	63331.49	<0.0001
Tratamientos	4	126.67	<0.0001

Digestibilidad.in.vitro - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamientos

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tratamientos	Medias	E.E.	
T5	97.83	0.46	A
T4	90.20	0.72	B
T3	76.50	1.40	C
T2	64.90	5.54	C D
T1	54.43	2.61	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)