



**Subsecretaría de Educación Superior
Dirección General de Educación Superior Tecnológica
Instituto Tecnológico de la Zona Maya**

“EVALUACIÓN DE LA ELABORACIÓN DE HARINA DE YUCA (*Manihot esculenta Crantz*) PRODUCIDO BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL MUNICIPIO DE OTHÓN P. BLANCO QUINTANA ROO”

Informe Técnico de Residencia Profesional que presentan las CC.

Elda Carolina Yam Chalé

N° de Control 10870223

Alina María Olivo Pérez

N° de Control 10870148

Carrera: Ingeniería en Agronomía

Asesor Interno: M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre 2014

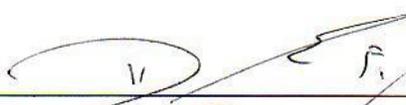


INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional de las estudiantes de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, CC. ELDA CAROLINA YAM CHALE y ALINA MARIA OLIVO PEREZ; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno M en C. VICTOR FRANCISCO DIAZ ECHEVERRIA, el asesor externo el Ing. FLORENCIO DE JESÚS SONG SOLÍS, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado "EVALUACIÓN DE LA ELABORACIÓN DE HARINA DE Yuca (*Manihot esculenta Crantz*) PRODUCIDO BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN ORGANICA EN EL MUNICIPIO DE OTHON P. BLANCO, QUINTANA ROO" que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

ATENTAMENTE

Asesor Interno


M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría

Asesor Externo


Ing. Florencio de Jesús Song Solís

Juan Sarabia, Quintana Roo, 13 de Diciembre, 2014.

ÍNDICE

I INTRODUCCIÓN (ANTECEDENTES).....	5
II JUSTIFICACIÓN.....	6
III OBJETIVOS.....	8
3.1 Objetivo general.....	8
3.2 Objetivos específicos.....	8
IV CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE PARTICIPÓ.....	9
V PROBLEMAS A RESOLVER CON SU RESPECTIVA PRIORIZACIÓN.....	10
VI ALCANCES Y LIMITACIONES.....	11
VII FUNDAMENTO TEÓRICO.....	12
7.1 Descripción botánica de la yuca.....	12
7.2 Caracterización productiva y rendimiento.....	12
7.3 Caracterización agroclimatologica de la producción.....	13
7.4 Densidad de siembra.....	14
7.5 Preparación del suelo.....	15
7.6 Control de maleza.....	15
7.7 Método de fertilización.....	16
7.8 Utilización de abonos orgánicos.....	16
7.9 Utilización de compostas.....	17
7.10 Métodos de procesamiento y conservación de tubérculo.....	17
7.11 Método de secado y molido para la elaboración de harinas.....	19
7.12 Método de ensilado.....	19
7.13 Método de pulverizado.....	20
7.14 Método de análisis nutricional.....	20
7.15 Método de determinación de energía bruta.....	22
7.16 Composición nutricional de harina de yuca.....	23
7.17 Variación nutricional por efecto de la fertilización de harina de yuca.....	24
7.18 Utilización de la yuca en la alimentación animal.....	24

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS..	26
8.1 Preparación del terreno.....	26
8.2 Establecimiento del cultivo.....	26
8.3 Densidad de siembra.....	26
8.4 Manejo agronómico y experimental.....	26
8.5 Distribución del cultivo.....	27
8.6 Niveles de fertilización orgánica.....	27
8.7 Cosecha de forraje.....	27
8.8 Determinación de rendimiento de tubérculo por hectárea.....	27
8.9 Secado del tubérculo.....	28
8.10 Tratamientos.....	28
8.11 Variables a calcular.....	28
8.12 Manejo experimental.....	28
8.13 Diseño experimental.....	28
RESULTADOS.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	32

I INTRODUCCIÓN

En la ganadería actual la alimentación y nutrición de los animales, es la base fundamental de todo sistema de producción, ya que tiene una gran influencia sobre el comportamiento reproductivo y sanitario de los animales. En el estado de Quintana Roo y en específico en el municipio de Othón P. Blanco, la producción ganadera se ve afectada por la falta de insumos producidos en la región factibles de utilizarse en la alimentación de las especie de interés zootécnico (SEDARI, 2011). Bajo este esquema los productores y ganaderos de la región, se ven en la necesidad de utilizar concentrados alimenticios comerciales que tienen un alto precio en el mercado o utilizar insumos de alto consumo humano como el caso de los cereales, o en el peor de los casos presidir de la suplementación alimenticia en los periodos críticos de producción de sus animales. En cualquiera de los casos dichas prácticas tienen efectos negativos sobre los parámetros productivos y rentabilidad de la producción de la ganadería de la región.

II JUSTIFICACIÓN

En el estado de Quintana Roo la elaboración de alimentos para monogástricos y suplementos para rumiantes se basa en la utilización de los granos de cereales como el maíz y el sorgo, que constituyen de un 60 a un 70% de los concentrados fabricados para la alimentación animal, principalmente de aves, cerdos, ovinos y bovinos. Provocando una marcada competencia en la utilización de dichos insumos en la alimentación humana y la animal, pues en México y en específico en la región sur de nuestro Estado no existe suficiencia en la producción de dichos cereales para la alimentación humana y por ende la animal. En Quintana Roo estos aspectos han encarecido el uso de suplementos alimenticios en los sistemas de producción y frenado de cierta manera el desarrollo de la ganadería de rumiantes, donde destaca una creciente ovinocultura, que tiende a convertirse en la alternativa productiva de los municipios del sur del Estado, principalmente los municipios de Othón P. Blanco y Bacalar. Por lo que resulta de manera importante el manejo de nuevos insumos en la alimentación de ovinos, que puedan producirse y/o elaborarse de manera fácil por los productores y abaraten los costos de producción.

A este respecto las raíces y los tubérculos se encuentran entre los insumos que podrían sustituir a los cereales en los alimentos convencionales comúnmente utilizados en la alimentación de los ovinos, debido a sus ventajas agroecológicas de cultivo en las zonas tropicales, algunas de ellas son sus altos rendimientos en raíces y follaje (Marcano et al 1998). Entre ellos destaca la yuca (*Manihot esculenta Crantz*), que es tubérculo tropical que ha recibido cierta atención como un posible sustituto de los cereales en la alimentación de ovinos, debido a su relativa abundancia en las zonas tropicales de México. Así mismo existen varios procesos para su conversión y utilización como alimento de rumiantes, por ejemplo su conversión en harinas y su ensilado.

Sin embargo aunque existen reportes en la literatura internacional y nacional sobre su cultivo y conversión en insumos para la alimentación ovina, en nuestro Estado y en específico en los municipios de la zona sur, es casi nulo su cultivo y utilización en la alimentación de ovinos. Debido principalmente al desconocimiento de los rendimientos de este cultivo como pienso alimenticio, la composición nutricional de las harinas obtenidas y las variaciones en estos indicadores por efecto de la fertilización.

Ante lo anteriormente planteado el presente trabajo pretende evaluar la producción y composición nutricional de la harina de yuca, utilizando diferentes niveles de fertilización orgánica. Los resultados del presente trabajo, proporcionaran información exacta de la composición nutricional de la harina de yuca, permitiendo la sustitución de los granos de la dieta por un insumo de fácil producción en el estado. Dicho estudio beneficiaran en primera instancia a los productores pecuarios del municipio y en segunda instancia representa una alternativa de producción para

los productores agrícolas de la rivera del río Hondo para diversificar el uso de sus tierras con la apertura de nuevos cultivos demandados y rentables. Posteriormente pueden beneficiarse las dependencias gubernamentales y educativas relacionadas con la producción animal en el Estado, al contar con información de primera mano, sobre un insumo energético con alto potencial de uso en la alimentación animal.

III OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización orgánica sobre la producción y rendimiento de harina de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) producido en el municipio de Othón P. Blanco Quintana Roo.

3.2 Objetivos específicos

Comparar el rendimiento de forraje en materia verde y materia seca del cultivo de la yuca por efecto de diferentes niveles de aplicación de cachaza de caña de azúcar

Comparar el rendimiento de tubérculo en materia verde y materia seca del cultivo de la yuca por efecto de diferentes niveles de aplicación de cachaza de caña de azúcar

Comparar el rendimiento de producción de harina de yuca por efecto de diferentes niveles de aplicación de cachaza de caña de azúcar

IV CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE PARTICIPÓ

El trabajo se realizó en las áreas de cultivo de la posta porcina ubicada en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, localizado en el kilómetro 21.5 de la carretera Chetumal a Escárcega, en el municipio de Othón P. Blanco. El cual está establecido en un clima cálido subhúmedo tipo AW₁, con lluvias en el verano y parte del invierno, la temperatura media anual fluctúa entre los 24.5 y 25.8 °C (García, 1973). Se encuentra casi a nivel del mar y su topografía es plana, con predominancia de los suelos *gleisoles aplicos* (Akalche gris) de acuerdo con la clasificación de la FAO, los vientos dominantes con alisios que soplan casi todo el año, pero principalmente en verano (SAGARPA, 2003).

V PROBLEMAS A RESOLVER

Entre los principales problemas a resolver en el presente trabajo se encuentra la búsqueda de nuevos insumos alimenticios factibles de producirse en la región con buenos resultados agronómicos y de manera rentable que puedan sustituir a los granos de cereales utilizados en la elaboración de concentrados para la alimentación de monogástricos y rumiantes en la región.

Así mismo se pretende disminuir la dependencia en la introducción de granos de otros estados o inclusive del extranjero, haciendo autodependiente a nuestro estado en la producción de insumos para la alimentación animal.

Por otra parte se plantea encontrar nuevas alternativas de producción a los productores de caña de la rivera del río Hondo y productores pecuarios de la región que contribuyan a diversificar su producción, aumentando las ganancias económicas.

VI ALCANCES Y LIMITACIONES.

Con el presente trabajo se contará con información de primera mano sobre el rendimiento productivo de forraje y tubérculo de yuca, bajo las condiciones medioambientales del municipio de Othón P. Blanco Quintana Roo. Misma que servirá de base para la determinación de la sustitución de los granos de cereales en los alimentos concentrados y suplementos para la alimentación animal por harina de tubérculo de yuca, tendiente a reducir la competencia en la utilización de los gramos entre la alimentación animal y la alimentación humana.

Sin embargo en el presente trabajo no se cuenta con la información de la composición nutricional de dichas harinas que ayude a determinar los niveles de inclusión o utilización en las dietas de los animales explotados en la región.

VII FUNDAMENTO TEÓRICO

7.1 Descripción botánica de la yuca

La yuca o mandioca pertenece a la Familia *Euphorbiaceae*, al Género *Manihot*, destacándose las Especies *esculenta*, *utilisima*, *aipi*, *dulcis*, *flexuosa*, *flabellifolia*, *difusa*, *melanobasis*, *digitiformis* y *sprucei*. La yuca es una especie de origen americano, que se ha extendido en una amplia área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el Noroeste de Brasil, con predominio de los tipos de yuca dulce en el norte de Venezuela y en la zona de Brasil los amargos (COVECA, 2010).

La yuca es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 3 m de altura, aunque se agrupa en cultivares de acuerdo a su altura, los cultivares bajos alcanzan hasta 1.50 m, los cultivares intermedios van de 1.50 a 2.50 m y altos son cultivares de más de 2.5 m. El tallo de la planta puede tener posición erecta, decumbente y acostada. Con el grosor del tallo se ha asociado el alto rendimiento en raíces de reserva. Las hojas son de forma palmipartida, con 5 o 7 lóbulos, que pueden tener forma aovada o linear. La yuca es una especie *monoica* por lo que la planta produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta, y son menores en número que las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. El sistema radicular, comprende la corteza externa, la corteza media y la corteza interna y el cilindro central, estela, pulpa o región vascular. La raíz reservante no tiene médula y pueden ser raíces de pulpa amarilla, crema y blanca. El rendimiento de raíces por planta suele ser de 1-3 kg, pudiendo llegar en óptimas condiciones hasta 5-10 kg/planta. La yuca (*Manihot esculenta Crantz*) es una especie de raíces amiláceas cultivada en los trópicos y subtropicos (FAO, 2006).

La yuca recibe diferentes nombres comunes, pudiendo describirse como yuca en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, como mandioca en Argentina, Brasil y Paraguay, cassava en países anglo parlantes, guacamote en México, como aipi y macacheira en Brasil y mhogo en swahili en los países de África oriental (CONVECA, 2010).

7.2 Características productivas y rendimientos

La yuca es originaria del trópico americano donde se ha cultivado quizá por cuatro mil años. Es uno de los cultivos con mayor potencial de producción energética bajo condiciones agronómicas y socioeconómicas limitadas, ya que presenta amplia aceptación, resistencia a la sequía, tolerancia a suelos pobres, relativa facilidad de cultivo y altos rendimientos potenciales. Además, es un cultivo que podría ayudar a proteger la seguridad alimentaria y energética de los países pobres, amenazados en la actualidad por los crecientes precios de los alimentos (COVECA, 2010). Pues

la yuca constituye uno de los alimentos fundamentales, especialmente en aquellas zonas con déficit alimentario, gracias a su importante contenido proteico y energético. Siendo África el continente con mayor producción mundial, alcanzando el 53.94% del total mundial, en el que Nigeria es el país productor con mayor producción, alcanzando 45.7 millones de toneladas, lo que supera a la producción de América y Oceanía juntas. Asia produce el 29.6% de la yuca mundial, destacando Tailandia con 22.6 millones de toneladas, seguida de Indonesia con 19.9 millones (CONVECA, 2010).

En nuestro país existe 4.5 millones de hectáreas con un alto potencial productivo para yuca, mismas que se encuentran principalmente en los estados de Veracruz, Campeche, Tabasco y Chiapas. Sin embargo la superficie mayor sembrada se encuentra en los estados de Tabasco y Michoacán (Zavaris, 2010), como parece confirmar Rivera *et al*, (2012) al afirmar que el estado de Tabasco es el principal productor de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en México.

De acuerdo con la información disponible el promedio nacional de producción es 14 tonelada por hectárea, no obstante el estado de Michoacán muestra un promedio de producción de 32 toneladas por hectárea, debido a que su producción es bajo la modalidad de riego, a diferencia del resto del país donde se da bajo la modalidad de temporal (Zavaris, 2010).

La yuca es una planta que posee numerosas potencialidades, tanto para el cultivo de tubérculo, como para el aprovechamiento del follaje en la alimentación humana, animal e inclusive su utilización en la producción industrial de almidón (Gil y Buitrago 2002. Dado que las característica productivas de este cultivo, permiten su utilizar el tallo para su propagación vegetativa y las hojas y la raíz para producir harinas (Marmolejo *et al.*, 2008). A este respecto se ha reportado que la planta aunque se utiliza principalmente para producir tubérculos, también puede ser utilizada para producir follaje, pues tiene la ventaja de su alta tolerancia a la sequía, su productividad en suelos deficientes, facilidad y eficiencia en la cosecha del forraje (FAO, 2006). La yuca es también la fuente de almidón más barata que existe, siendo utilizada en más de 300 productos industriales (COVECA, 2010). Un uso prometedor es la fermentación del almidón para producir el etanol, empleado como biocombustible (Zavaris, 2010).

7.3 Características agroclimatológicas de la producción

La planta de yuca crece en una variada gama de condiciones tropicales, desde los trópicos húmedos y cálidos hasta los subtrópicos con inviernos fríos y lluvias de verano. Aunque la yuca prospera en suelos fértiles, posee la ventaja de crecer en suelos áridos, de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos periodos de sequía. Sin embargo, no tolera encharcamientos ni condiciones salinas del suelo. Es un cultivo de amplia adaptación ya que se siembra desde el nivel del mar hasta los 1800 sobre el nivel del mar, a temperaturas comprendidas entre 20 y 30 °C con una óptima de 24 °C, una humedad relativa entre 50 y 90 por ciento con

una óptima de 72 por ciento y una precipitación anual entre 600 y 3000 mm con una óptima de 1500 mm. Su ciclo de crecimiento desde la siembra a la cosecha, depende de las condiciones ambientales, siendo más corto, de 7 a 12 meses, en áreas más cálidas y es más largo, de 12 meses o más, en regiones con alturas de 1300 a 1800 metros sobre el nivel del mar. Su producción se desarrolla en varias etapas, comenzando con el enraizamiento de las estacas en el primer mes, donde se realiza la tuberización, entre el primer y segundo mes, pudiendo extenderse hasta el tercero, dependiendo del cultivar, posteriormente se realiza el engrosamiento radical, comprendido entre el tercero y cuarto mes o hasta el sexto, dependiendo del cultivar, y por último la acumulación, entre el quinto y sexto mes hasta el final del ciclo del cultivo (FAO, 2006).

A este respecto (Zavaris, 2010) destaca que la yuca se produce favorablemente en condiciones que pueden resultar muy difíciles para otras plantas del trópico y del subtropical (caña de azúcar, maíz y arroz). Debido principalmente a su elevada tolerancia ante la sequía y a su capacidad para producir en suelos de baja fertilidad y en suelos ácidos. Además, es resistente a muchas plagas y enfermedades y posee flexibilidad en lo que se refiere al tiempo o a las épocas de siembra y cosecha

Una de las practicas que permiten incrementar el rendimiento de la yuca bajo condiciones de campo es la selección genética, como lo prueban los resultados de ensayos regionales del programa de mejoramiento de yuca bajo diferentes condiciones agroecológicas del país (Gil y Buitrago, 2002).

7.4 Densidad de siembra

El establecimiento de la yuca se hace a través de semilla vegetativa con estacas de aproximadamente 45 cm, colocadas horizontalmente a una profundidad de 30 cm, preferentemente al comienzo de la estación de lluvias. La densidad de siembra recomendada para producción de tubérculo es de diez mil plantas por hectárea, capaces de producir alrededor de 20 toneladas de raíz. Aunque también se puede utilizar densidades de siembra de veinte mil plantas por hectárea, que pueden producir hasta 20 toneladas de follaje por corte, cada 90 días, pudiendo mantenerse el cultivo durante aproximadamente dos años, al final del cual se obtiene una producción marginal de raíces (Preston, 1999).

Sin embargo COVECA (2010) describe que para las plantaciones de yuca destinadas a la producción de tubérculos debe de utilizarse distancias de 1.20 m entre surcos y 1.00 m entre plantas con aproximadamente 8,300 plantas por hectárea y en el caso de la producción de follaje, puede utilizarse siembras de 1.20 m entre surcos y 0.80 m entre plantas con una densidad de 10,375 plantas por hectárea.

La calidad de la semilla de yuca depende de la madurez y el grosor del tallo, del número de nudos, del tamaño de la estaca, la variedad, los daños mecánicos que presente a causa de su manipulación y su sanidad. Las partes más apropiadas para

seleccionar las ramas de las cuales se obtendrá las estacas, son la basal y las medias ya que en ellas hay mayor acumulación de sustancias de reserva y presentan una mejor madurez fisiológica (Preston, 1999).

7.5 Preparación de suelo

La yuca, como cualquier otro cultivo, requiere una buena preparación del suelo, que garantice una cama propicia para la semilla y en consecuencia, altos niveles de germinación y de producción. La preparación del suelo comienza en la época seca cuando las condiciones del terreno son adecuadas. Puede ser utilizada a labranza convencional, con arados de disco y rastras pesadas, el terreno se debe preparar por lo menos a 25-40 cm de profundidad para obtener un suelo disgregado y libre de terrones que facilite el crecimiento horizontal y vertical de las raíces. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones de drenaje interno y superficial se deben realizar camellones entre 30-40 cm de altura para facilitar el drenaje y mejorar el establecimiento del cultivo y las labores de cosecha manual, dado que en los suelos pesados y compactos, la mala aireación del suelo propicia la pudrición de las raíces causando pérdidas al cultivo. En suelos de textura arenosa, que predominan en los climas secos del trópico la yuca puede ser plantado sin camellones, exceptuando lotes que se encharcan por mal drenaje, en los que se deben realizar camellones. En los terrenos en declive no es recomendable plantar yuca cuando las pendientes superan el 15 por ciento, en caso de hacerlo deben hacerse surcos en contorno para prevenir la erosión y aplicar otras prácticas (FAO, 2006).

Por otra parte COVECA (2010), refiere que la yuca no es un cultivo exigente en cuanto a la fertilidad del suelo, se da desde en suelos muy pobres en elementos nutritivos hasta en aquellos con una alta fertilidad. Preferiblemente los suelos han de tener un pH ligeramente ácido, entre 6 y 7, con una cierta cantidad de materia orgánica y debe ser sueltos, porosos y friables, evitando suelos con excesos de agua o desérticos. Es conveniente controlar la erosión de los suelos arenosos de sabana expuestos a erosión eólica, en los que debe realizarse el cultivo en franjas alternadas con pastos naturales o artificiales. El aporcado del cultivo se lleva a cabo a los 2 o 3 meses de vegetación, en aquellos cultivos que no están mecanizados, con esto se consigue que las raíces se puedan desarrollar bien, y se evita la acción perniciosa de los rayos solares, así como el ataque de roedores u otros animales.

7.6 Control de malezas

Las malezas representan un problema de gran importancia en la mayoría de los cultivos comerciales y en el caso particular de la yuca, suelen ser un factor determinante en el desarrollo de la planta y en su posterior rendimiento. En el cultivo de la yuca, control de las malezas es tal magnitud que a veces representa 30% o más del costo de producción. Después de la siembra es necesario realizar el control de malezas para evitar el crecimiento de las gramíneas y de las malezas de hoja ancha ya que la competencia de las malezas por luz, agua y nutrimentos durante los primeros 60 días en los cultivos de yuca, causa una reducción en los

rendimientos de aproximadamente el 50 %. El control de malezas puede realizarse de forma manual, mecánica o química (FAO, 2006).

El control de malezas se debe llevar a cabo cuando las plantas tengan entre 20 o 30 cm, siendo recomendable una segunda labor a los dos meses. En el caso que haya asociación de cultivos, se reducirán estas labores, y en el caso que la asociación sea con leguminosas no se realiza (Marcano *et al*, 1998).

7.7 Métodos de fertilización

La fertilización se realiza para recuperar, sostener y aumentar la productividad de los suelos y para aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo. La fertilización puede ser química u orgánica. Para realizar una adecuada fertilización es necesario realizar un diagnóstico del suelo, mediante un análisis químico y físico, del nivel crítico de nutrientes en el suelo. La cantidad y el tipo de fertilizante a utilizar dependen del balance de los nutrientes disponibles que indique el análisis de suelo, los requerimientos del cultivo y de la eficiencia del fertilizante (FAO, 2006).

Los fertilizantes químicos, en general se aplican un mes después de la siembra, y luego se repite la aplicación a los 60 días. Si se utilizan fertilizantes de alta solubilidad, el suelo debe tener buena disponibilidad de agua en el momento de la aplicación. El exceso de nitrógeno disminuye el contenido en almidón y aumenta las sustancias proteicas de las raíces, lo cual influye en la producción de harinas integrales de yuca para alimentación animal. Para evitar la lixiviación, el nitrógeno debe aplicarse dos veces, al momento de la siembra y a los 23 meses de cultivo. El fósforo se utiliza en el proceso de fosforilación, mediante el cual se sintetiza el almidón. Es preferible aplicar fosfatos de calcio insolubles, en vez de superfosfatos triples en cultivos de ciclo de 16-24 meses. El potasio influye en el rendimiento de las raíces y en el contenido en materia seca total (COVECA, 2010).

7.8 Utilización de abonos orgánicos

Un abono orgánico puede ser considerado fertilizante o acondicionador del suelo, dependiendo de su efecto en la nutrición vegetal. Los fertilizantes son fuente de nutrimentos rápidamente disponibles y tienen un efecto directo, que se refleja en corto tiempo en el crecimiento de las plantas. Todos los abonos orgánicos contienen C y N. La cantidad relativa presente de cada uno relación (C: N) podría determinar si el N y algunos otros nutrimentos podrían ser inmovilizados en el proceso de descomposición. Existen evidencias de que los cultivos que crecen en suelos ricos en materia orgánica y que son biológicamente activos, resultan menos susceptibles al ataque de plagas (Buitrago J., 2001) Se considera que las bacterias constituyen los organismos más numerosos en los suelos, de modo que 1 gr del mismo puede contener, como mínimo, un millón de estos organismos unicelulares. Uno de los mayores beneficios de las bacterias es ayudar a las plantas en la toma de los nutrientes. La primera forma de hacerlo es a través de la liberación de los nutrientes de la materia orgánica y de los minerales del suelo. Existen evidencias de que los

cultivos que crecen en suelos ricos en materia orgánica y que son biológicamente activos, resultan menos susceptibles al ataque de plagas (Bermúdez et al 1999)

7.9 Utilización de compostas

El compostaje es una forma sencilla de transformar los residuos orgánicos en un material valorizado que puede ser usado como material de abono para suelos (Gordillo et al 2011) es considerado una forma de estabilización de los materiales orgánicos que requiere condiciones especiales de humedad y aireación para alcanzar temperaturas, que faciliten la obtención de un producto libre de patógenos y alto contenido de nutrientes, que beneficie al suelo. Los campos de aplicación de la composta son amplios y se basan principalmente en los requerimientos de las plantas y en la falta de nutrimentos del suelo. Esta fuente de materia orgánica puede emplearse como mejorador de suelos, en cultivos de invernadero, como inóculo para la producción de otra composta, así como, para incrementar la biomasa y el rendimiento de las plantas (Gordillo et al 2011). Por esta razón se puede decir que los usos de la composta redundan en beneficio al productor, ya que esta técnica de conversión de residuos es de bajo costo. La cachaza y el bagazo de caña son los principales residuos que genera esta industria. La cachaza es un residuo que se obtiene durante la clarificación del jugo e incluye materias terrosas e impurezas orgánicas; por cada tonelada de caña procesada se obtienen 30-50 kg de este residuo (Makkar, 2014). El bagazo se obtiene en grandes cantidades después de extraer el jugo de la caña, su producción es de 250-400 kg por cada tonelada de tallos molederos que ingresan a la fábrica. Las características de los residuos y las condiciones ambientales son factores determinantes que deben de considerarse durante el compostaje

El método de aplicación de composta puede ser directamente en áreas de cultivo para incrementar la producción y enriquecer o mejorar la calidad y estructura del suelo (Valdivié et al 2008) mejorando el aporte de carbono, nitrógeno, azufre, potasio, fósforo y algunos micronutrientes como zinc, hierro y cobre, que propician una situación favorable para el desarrollo de las plantas. Para la utilización de la composta, es necesario realizar una evaluación agrícola que permita definir los beneficios y riesgos de su aplicación en el suelo y realizar ensayos de crecimiento vegetal (Álvarez et al 2006). Existen distintas especies vegetales con las cuales puede evaluarse el potencial agrícola de un compost, sin embargo, deben tenerse en cuenta algunos criterios para su elección como son las variables a medir y el tiempo de cultivo de la especie.

7.10 Métodos de procesamiento y conservación de tubérculos

Los tubérculos suelen ser un elemento principal en la dieta, especialmente en los lugares donde no se dispone de cereales. La producción a gran escala de productos provenientes de tubérculos ya sea almidones, jarabes de glucosa, alimentos para animales y otros, es un riesgo comercial que involucra una fuerte inversión de capital.

Un tubérculo es la hinchazón orgánica que aparece en la raíz de ciertos vegetales y tiene la función de almacenar sustancias alimenticias para la nutrición de la planta y su reproducción posterior. Entre los tubérculos y raíces pueden mencionarse la yuca, el ñame, la malanga, la chufa, el nabo, el colinabo, la zanahoria, entre otras.

En contraste con la producción de cereales cuya cosecha es altamente estacional, algunos tubérculos tienen un ciclo continuo o semi continuo de producción, ello reduce los problemas de almacenado y ofrece mayor seguridad alimentaria.

Es importante entender los aspectos básicos de la fisiología de cualquier cultivo para poder predecir su comportamiento pos cosecha. Ello, unido al conocimiento de ciertos principios esenciales de las ciencias alimentarias y de la composición química del producto, colocara a los consultores e interesados en una mejor posición para estudiar y adaptar un determinado sistema de procesamiento; por ejemplo los tubérculos contienen componentes menores, tal es el caso de la enzima llamada Polifenoloxidosasa que causa el conocido efecto de oscurecimiento de las superficies recién cortadas cuando se exponen al aire, en algunos sistemas de producción debe considerarse este efecto, que puede controlarse con el uso de químicos o con el blanqueado del producto en agua caliente o vapor. (ITDG, 1998)

La yuca es un cultivo perenne con alta producción de raíces reservantes, como fuente de carbohidratos y follajes para la elaboración de harinas con alto porcentaje de proteínas.

Algunos equipos para procesar tradicionalmente tubérculos son:

- Peladoras.- La forma tradicional es utilizando cuchillos de bambú, piedra o metal
- Ralladores.- Algunos ralladores tradicionales incluyen piedras ásperas, troncos espinosos de palmera y conchas, piedra o madera cubierto con piel de tiburón.
- Prensas.- En América Latina se usa la prensa Tipiti.
- Tamices.- Se usan canastas tejidas o pedazos de tela colgados que contienen el mosto, para permitir que el líquido drene o se separe el exceso de material.
- Equipo para machacar/triturar.- En América del Sur y África se usan almireces y morteros de materia dura.
- Tostadoras.- Se emplean sartenes, toneles de metal, postes de cerámica especialmente contruidos.

Lo descrito anteriormente son equipos rústicos, de igual manera existen equipos industriales

Existen diferentes métodos de procesamiento, dependiendo para que se vaya a utilizar:

- Alimento animal
- Alcohol
- Almidón
- Alimentos para personas como tapioca y mezclas instantáneas

7.11 Métodos de secado y molido para la elaboración de harinas

Para la elaboración de harinas integrales, la yuca se trocea manualmente con machete en pedazos entre 3 – 5 cm y se colocó en recipientes o hojas de papel para su secado al sol con una densidad de 7 kg/m², procurando su viraje cada tres horas. El secado de este material se logra a las 32 horas de exposición al sol como promedio y después se muele para ser convertido en harina (Mederos *et al.*, 2009). Con este procedimiento se garantiza la liberación del ácido cianhídrico que esta contenido dentro de las células de la planta de yuca, pues con el picado o triturado se activa la enzima linamarasa que libera el ácido cianhídrico, dado que gran parte de este se volatiliza, otra parte se combina con el agua y con la yuca macerada. Adicionalmente se puede someter el materia picado al procesos de lavado, fermentación o cocción con lo que se reducen los niveles de ácido cianhídrico hasta en un 90% para su utilización sin problemas (Tewe, 1985).

Por otra parte, existen reportes de varios sistemas para el secado con aire forzado, entre los que destacan los secadores estáticos, secadores de fondo movedizo, secadores de fondo fluidizado, secadores rotativos, secadores neumáticos, entre otros. Con estos sistemas se logra un secado más homogéneo, se ahorra espacio y mano de obra y no depende de las condiciones meteorológicas. También existe la posibilidad de secar el producto al fuego también, como se lleva a cabo en determinados lugares de las áreas rurales. Tras el secado, al material se le eliminan las impurezas, como arena, tierra u otros materiales y a continuación el producto pasa al molino de martillo (Tewe, 1985). A este respecto se ha repostado que en la operación de molienda la mayor disponibilidad de almidón puede ser explicada por el daño a los tejidos y paredes celulares, e incluso diferencias en el daño, han sido observadas con un mismo material en distintos molinos (Tewe, 1985).

7.12 Método de ensilado

El ensilaje de productos y subproductos es una técnica sencilla y eficaz para conservar los alimentos, es un proceso de conservación en estado húmedo mediante fermentación que conduce a la acidificación, en unos reservorios especiales denominados silos, al abrigo del aire, la luz y la humedad exterior (Argamentería *et al.*, 1997; Cañete y Sánchez 1998). Este procedimiento es apropiado, eficiente y al alcance de campesinos y familias rurales para mejorar el uso de sus recursos alternativos. En los países desarrollados el ensilaje es el método más empleado para la conservación de cultivos (Almaguel *et al.*, 2011).

Un proceso para la elaboración de microsilos artesanales es repostado por Bermúdez *et al.*, 1999, en el que describe que para la elaboración de silos de yuca fresca, el material tiene que estar picado con cuchillo hasta obtener un tamaño de partícula promedio de 3 cm, posteriormente se mezcla todos los ingredientes a utilizar en una mezcladora tipo horizontal. La mezcla a ensilar se almacena en bolsas plásticas, y durante su llenado se utiliza un pisón de madera para incrementar la compactación y salida del aire. Una vez que la bolsa está llena, se coloca una capa superficial de cal de 2 a 3 cm como cobertura. El sellado de las

bolsas durante los tres primeros no totalmente hermético, favoreciendo la salida de algunos gases producto de la fermentación, posteriormente se sella herméticamente hasta el día de su utilización en las dietas.

Al momento de la apertura de las bolsas o microsilos, se realiza una valoración organoléptica de acuerdo a los parámetros indicados Betancourt *et al.* (2005), donde se valora el color, la textura y el olor del material ensilado. En el caso de las variables fermentativas como el pH, debe determinarse utilizando un medidor de pH con electrodo de hidrógeno, así mismo la capacidad buffer, puede determinarse utilizando la metodología de McDonald 1981 y el contenido de nitrógeno amoniacal mediante la metodología descrita por (Tobía *et al.*, 2004).

Dicho procedimiento ha sido utilizado para obtener alimento de buena calidad para la alimentación de diversos animales, como lo reportado por Santos *et al.* (2009) en el que se describe que los campesinos han implementado una opción para alimentar a sus cerdos, basada en la producción de ensilaje artesanal de buena calidad utilizando tubérculos de yuca, esta opción permite cubrir los requerimientos de los animales con altas producciones de carne, a un costo modesto y reduciendo considerablemente la importación de alimentos, pues el contenido de materia seca en el ensilaje de yuca es variable en dependencia del tiempo de almacenamiento.

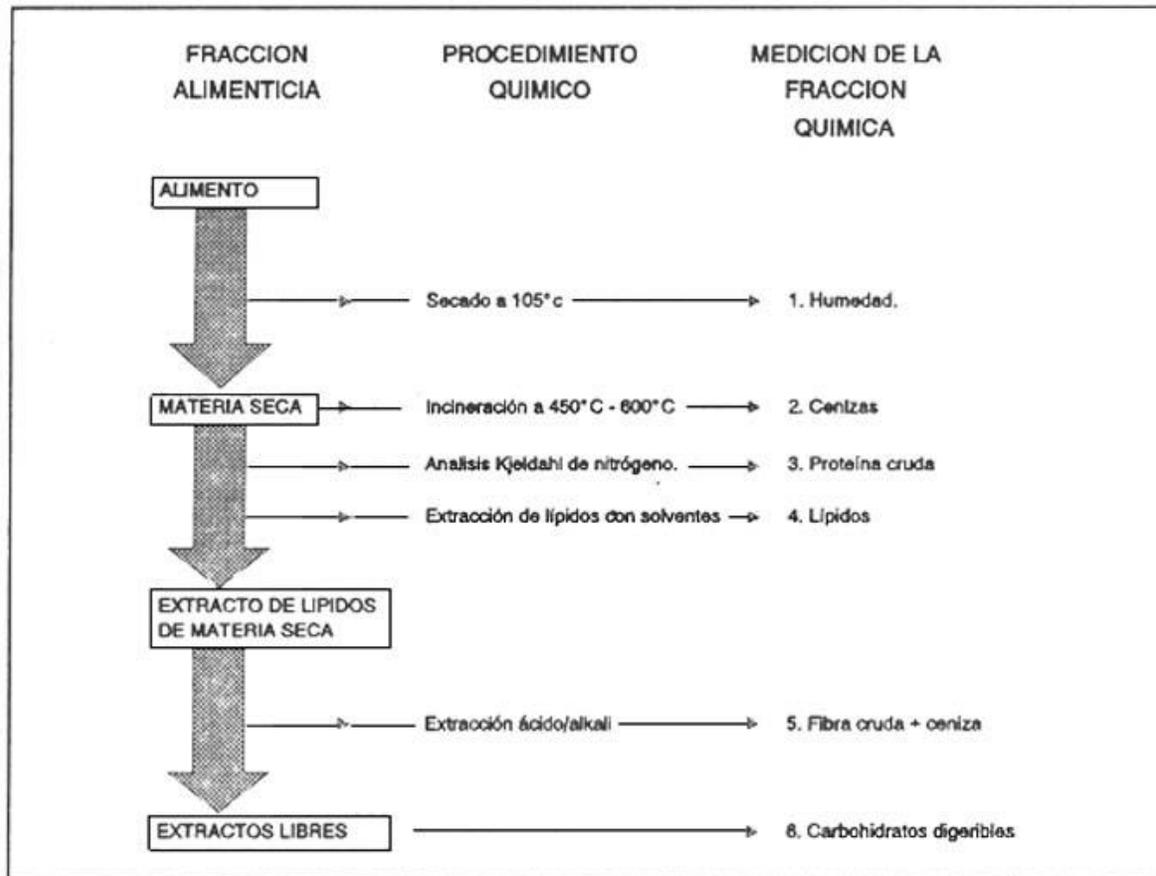
7.13 Método de pulverizado

Se hace lavando la pasta de la yuca *Manihot esculenta* y calentándola ligeramente, de manera que esta “cristaliza” en forma de pequeñas bolitas, se pulveriza mediante rodillos

Después de un procesamiento preliminar que incluye el cortado en rodajas o en tiras y el secado, la mayoría de los tubérculos se pueden moler para elaborar la harina. De todos los tubérculos la yuca es la que más frecuentemente se procesa de esta manera. Tradicionalmente se utilizan almireces y morteros para su pulverización, pero a mayor escala son más apropiados los molinos manuales o mecánicos de plato o disco

7.14 Métodos de análisis nutricional

El análisis proximal es un esquema de análisis químico mediante el cual se determina la composición de un alimento en términos de sus principales grupos de nutrientes. En otras palabras evalúa a la calidad de un alimento en función de un grupo de compuestos con características físico químicas semejantes, pero con diferente valor nutritivo (Castillo, 2012). Señala que los valores que determina el análisis químico proximal son el contenido de humedad, proteína cruda, extracto etéreo o grasa cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, los cuales se describen posteriormente (Tejeda *et al.* (1985).



Algunas fracciones nutricionales de los forrajes como la proteína cruda, los carbohidratos no fibrosos, la fibra y sus componentes, el extracto etéreo y los minerales se pueden determinar directamente por métodos químicos (AOAC 1990; Van Soest y Robertson 1985), no siendo así para el contenido de energía que se determina por ensayos de digestibilidad. Un método alternativo para conocer el contenido energético de los forrajes es el uso de la combinación de técnicas químicas y matemáticas (Minson 1982). Conrad et al. 1984 y Weiss et al. 1992, han utilizado leyes usadas en física y geometría para unir dos metodologías empleadas en el análisis de los alimentos y forrajes: el análisis de la fibra mediante el uso de detergentes y la determinación de la energía en términos de Energía Neta para Lactación. Los contenidos de Energía Digestible (ED) y Energía Metabolizable (EM) fueron calculados utilizando procedimientos estándares del NRC (1989).

Varias técnicas químicas están disponibles para la estimación de carbohidratos en alimentos vegetales y animales. El método más comúnmente empleado divide los carbohidratos en dos fracciones, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (ELN). La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble, remanente después de extraer un material libre de grasa con ácido y álcali diluidos, bajo condiciones controladas. Sin embargo, el análisis de fibra en la dieta ha presentado múltiples dificultades. La fibra cruda conocida en ocasiones como "roughage" es generalmente considerada como

el componente carbohidrato no digerible de un ingrediente alimenticio o dieta. Entre los alimentos de origen vegetal, la fibra cruda se compone principalmente de varias proporciones de celulosa, hemicelulosa y lignina (esta última no es un carbohidrato, sino un compuesto aromático complejo), mientras que en productos animales, la fibra cruda se compone de varias proporciones de glucans, manans y aminoazúcares.

Por otra parte, el extracto libre de nitrógeno (ELN) es una medida indirecta de los carbohidratos “solubles” o “digeribles” presentes en el alimento. Se obtiene mediante la sumatoria de los valores porcentuales determinados para la humedad, proteína cruda, lípidos, fibra cruda y ceniza, y substrayendo el total de 100. En alimentos basados en vegetales, esta fracción se compone principalmente de azúcares libres, almidón y otros carbohidratos digeribles. Sin embargo, con el desarrollo de técnicas analíticas específicas para la medición de carbohidratos individuales, es preferible medir directamente esas sustancias en los alimentos

El contenido de ceniza de un alimento es el residuo inorgánico remanente, después de que la materia orgánica ha sido destruida por combustión en una mufla (AOAC, 1990). La composición mineral de la ceniza así obtenida, no es necesariamente la misma de cómo estaba originalmente presente en el material alimenticio, debido a que algunos elementos son volátiles a temperaturas superiores a 450° C (notablemente los elementos mercurio, arsénico, selenio, fósforo, cromo y cadmio. Consecuentemente, para análisis de minerales traza, las muestras de alimento son usualmente solubilizadas mediante una técnica de oxidación ácida previa al análisis por espectrofotometría de absorción atómica (para detalles de esos métodos analíticos, ver AOAC, 1990).

7.15 Métodos de determinación de energía bruta

Los métodos más usados (3) son:

1. Bomba calorimétrica

Requiere correcciones por el calor producido por solubilización de los óxidos de azufre y nitrógeno.

La calibración se realiza generalmente con ácido benzoico como patrón termoquímico.

Los valores obtenidos son los valores brutos de combustión y que deben diferenciarse de los valores de energía metabolizable, que habitualmente se emplean en nutrición.

2. Cálculo por factores

La energía metabolizable se calcula aplicando los factores para: proteína, materia grasa, carbohidratos disponibles, ácidos orgánicos y alcohol.

En particular para fibra dietética, alcoholes azúcares, oligosacáridos, no hay aún acuerdo para estos componentes.

La expresión kilocalorías se sigue usando, a pesar que se recomienda el sistema internacional de kilo joule. El factor de conversión es 1 kcal = 4,184 kJ

Al expresar el valor de energía de un alimento deberá evitarse de usar más de tres cifras significativas. El método empleado cualquiera que sea debe ser descrito claramente.

- a. La energía bruta de diferentes proteínas, materia grasa y carbohidratos es constante para todos los alimentos.
- b. Las medidas de digestibilidad aparente dan una indicación exacta de la energía disponible.
- c. Los coeficientes de digestibilidad aparente son constante para todos los alimentos.
- d. La digestibilidad no varía significativamente entre los individuos.

Energía bruta

Es la energía liberada como calor cuando el alimento se quema en la bomba calorimétrica. Se puede obtener por cálculo en base a la composición química del alimento utilizando los siguientes factores de conversión:

- Proteína: 5,4 kcal o 23 kJ/g
- Carbohidrato: 4,1 kcal o 17 kJ/g
- Grasa: 9,3 kcal o 39 kJ/g

Energía disponible

Es la energía de los carbohidratos, grasas y proteínas menos la cantidad presente en las heces. A efectos de cálculo se utilizan los siguientes factores:

- Proteínas: $5,4 - 1,25 = 4,15$. Se aproxima a 4,0 kcal o 17 kJ/g
- Carbohidrato: 4,0 kcal o 17 kJ/g
- Grasa: 9,0 kcal o 38 kJ/g

7.16 Composición nutricional de la harina de yuca

Las raíces cultivadas son aquellas especies de plantas que poseen una extensa reserva de carbohidratos en sus tallos subterráneos (por ejemplo: tubérculos) o raíces. Las raíces cultivadas o tubérculos son pobres recursos de proteína (2–10% en peso seco; una gran proporción del nitrógeno se encuentra en la forma de nitrógeno no proteico), vitaminas, calcio y fósforo, pero estas son un recurso rico de potasio y carbohidratos digeribles; estos últimos pueden estar en la forma de azúcares dentro de las raíces y fructanos o almidones dentro de los tubérculos. Como en la mayoría de los productos y subproductos de plantas, las raíces también contienen una gran cantidad de factores antinutricionales endógenos, los cuales si no son destruidos o desactivados pueden reducir seriamente el valor alimenticio de estos productos para los peces y los camarones

La implementación o utilización de la harina de raíces de yuca constituye una alternativa adecuada para los productores. La importancia de la yuca como alimento para animales está relacionada directamente con la riqueza energética de sus

raíces, ya que la cantidad de calorías que se obtiene de ellas supera ampliamente la de los granos de cereales (Buitrago 2001; Gil y Buitrago 2002; CLAYUCA, 2004).

Algunos de los valores de composición química y valores nutricionales de la harina de yuca que han sido reportados en la literatura oscilan entre en 88 % de MS, 2.7 % de PB, 0.30 % de Ca, 0.20 % de fósforo total, 0.30 % de metionina y 0.23 % de cistina y 3.08 Mcal de EM/kg (Valdivié *et al*, 2008), 0.47 % de EE; 72.81 % de almidón; 5.26 % de azúcares simples y 10.7 ppm de ácido cianhídrico (Zacarías *et al*, 2012)

7.17 Variación nutricional por efecto de la fertilización de la harina de yuca

No es un cultivo exigente en cuanto a suelo, se da desde en suelos muy pobres en elementos nutritivos hasta en aquellos con una alta fertilidad. Preferiblemente los suelos han de tener un pH ligeramente ácido, entre 6 y 7, con una cierta cantidad de materia orgánica y han de ser sueltos, porosos y friables, evitando suelos con excesos de agua o desérticos. El exceso de nitrógeno disminuye el contenido en almidón y aumenta las sustancias proteicas de las raíces reservantes, lo cual influye en la producción de harinas integrales de yuca para alimentación animal. Para evitar la lixiviación, el nitrógeno se aplica en dos veces: en el momento de la plantación y a los 2-3 meses de cultivo, siendo en esta última más recomendable la urea, aplicada vía foliar. Los abonos nitrogenados orgánicos son: abonos verdes, los estiércoles y los restos vegetales. La concentración de N₂ de distintos fertilizantes nitrogenados es: Sulfato amónico 20,5%, Nitrato amónico 33,5 %, Urea 42 - 46 %, y Amoniaco anhidro 82,0%. Todos en estado sólido, salvo el último que es en estado gaseoso. El fósforo se utiliza en el proceso de fosforilación, mediante el cual se sintetiza el almidón. Los síntomas de la deficiencia de fósforo son enanismo y un color de las hojas verde oscuro. Es preferible aplicar fosfatos de calcio insolubles, en vez de superfosfatos triples en cultivos de ciclo de 16-24 meses. La concentración de P₂O₅ de distintos fertilizantes fosfatados es: Superfosfato triple 44 - 48 %, Superfosfato simple 16 - 20 %, Harina de huesos 23 - 25 %. En estado sólido. El potasio influye en el rendimiento de las raíces reservantes y en el contenido en materia seca total. La deficiencia de este elemento provoca una coloración bronceada en las hojas con posterior quemadura de los bordes. Algunos autores lo han calificado como el principal elemento en el abonado. La concentración de K₂O de distintos fertilizantes potásicos es: Sulfato potásico 48 - 50 %, Cloruro potásico 45 %, Nitrato potásico 44 %. En estado sólido.

7.18 Utilización de la yuca en la alimentación animal

Para cualquier especie, animal o vegetal, el rendimiento reproductivo es un elemento decisivo para lograr buenos resultados en la producción.

Las mediciones y evaluaciones periódicas de los índices fundamentales en cualquier tipo de producción, son aspectos indispensables para identificar deficiencias y corregir errores mediante nuevos procedimientos y ajustes que

permitan incrementar los beneficios biológicos y económicos y garantizar resultados productivos positivos (Serres 1992)

Tewe O 1985 utilizaron raciones de harina producida a partir de cortezas de yuca para el acabado de cerdos, en niveles entre el 0 y el 15%, encontrando que todas las dietas que contenían harina fueron más eficientes y produjeron una tasa de crecimiento más rápida en los cerdos que la dieta testigo. La dieta que contenía 10 % de harina produjo la mayor tasa de ganancia de peso y la mayor eficiencia de conversión alimenticia. Al evaluar el desempeño de novillas alimentadas con raciones que contenían millo o cáscara de yuca como fuente de energía y torta de algodón o levadura como fuente de proteína, se concluyó que la sustitución parcial del millo en el suplemento por la cáscara de yuca no influyó en la ganancia media diaria de peso ni en la conversión alimenticia y en el rendimiento de las canales de las novillas.

Buitrago (2001) recomienda que una ración animal que tenga una alta cantidad de productos derivados de la yuca sea complementada con proteína de otras fuentes; casi siempre se hace necesaria la adición de metionina sintética o fuentes proteicas como harina de pescado, torta de ajonjolí, entre otros. En el caso de los cerdos, Serres (1992) recomienda suplementar la dieta con metionina sintética con valores hasta del 0.5%.

La yuca manejada como planta forrajera en sistemas integrados tiene un alto potencial para la producción de proteína de alto valor nutritivo. La hoja de yuca contiene altas cantidades de ácido cianhídrico que para los rumiantes no presenta problema gracias al proceso de desintoxicación de estos elementos por los microorganismos del rumen

VIII PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

8.1 Preparación del terreno

El área que utilizada fue de 2753 m², misma que se preparó mediante un paso de subsolador con la finalidad de eliminar las raíces u otro material residual del desmonte. Posteriormente se realizó un pase de rastra pesada y dos pases de rastra ligera cruzadas, con la finalidad de aflojar el suelo. Dichas labores se realizaron 30 días anteriores al comienzo de ciclo de siembra primavera - verano. Así mismo el terreno se surco mediante el pase de cultivador a una distancia de 1 m entre líneas y posteriormente se delimitaron las parcelas con rafia y varetas, para posteriormente asignar las parcelas por tratamiento repetición.

8.2 Establecimiento del cultivo

Para establecer el cultivo se utilizó material vegetativo (esquejes) de un cultivar de *Manihot esculenta Crantz*, procedente del Ejido Maya Balam, situado en el municipio de Bacalar, mismo que fue cortado de manera manual en una parcela en producción con un periodo de establecimiento mayor a 150 días. El material vegetativo se cortó en fragmentos de vara de aproximadamente 40 cm y se dejó secar por un periodo de 24 horas posteriores a su corte, no se aplicó ningún tipo de enraizador. Una vez preparado el terreno con los surcos de siembra el material vegetativo fue sembrado procurando enterrar tres cuartas partes de la estaca de manera vertical y tapado manual. Dicho procedimiento se repitió en el total de parcelas en estudio. A los 15 primeros días después de la siembra y a los 15 y 30 días después de la siembra, se registró el porcentaje de germinación del cultivo.

8.3 Densidades de siembra

El material vegetativo, se sembró a una distancia de 1m entre surcos y 1m entre plantas, en cada una de las parcelas experimentales a analizar, con un total de 100 plantas por parcela.

8.4 Manejo agronómico y experimental

El cultivo se estableció en el ciclo primavera-verano, con época de siembra a principios del mes de junio. El cultivo fue muestreado semanalmente durante un periodo de 0 a 150 días correspondientes a la cosecha de las parcelas experimentales, con la finalidad de detectar plagas y enfermedades. Para la prevención de plagas y enfermedades se aplicó "Malation 1000", (*Malation: 0,0-dimetil fosforoditioato de dietil mercapto succinato*) que es un insecticida y acaricida y "Horta 25" (*diazinon 0,0, diepil 0-(2-isopropil-4-metil-6pirimidinil) fosforotioato 25 ppm*) de igual manera es acaricida y/o insecticida. La aplicación se hizo de 25 mililitros disueltos en una bomba de 20 litros, se aplicaron 4 bombas de cada insecticida/acaricida para el total de las 20 parcelas. Cabe destaca que fue un

tratamiento preventivo, de igual manera es importante mencionar que el cultivo no tuvo ninguna incidencia ni afectación por plagas de ningún tipo.

8.5 Distribución del cultivo

Para la distribución del cultivo se establecieron 20 parcelas de 10m x 10m, dejando 1m entre callejones, en líneas y columnas, con la finalidad de evitar el efecto de orilla entre los diferentes tratamientos en estudio

8.6 Niveles de fertilización orgánica

Una vez determinado el porcentaje de germinación por cada parcela experimental, se le suministro al cultivo fertilización orgánica a base de composta de cachaza de azúcar obtenida en el ingenio azucarero San Rafael de Pucté del ejido Álvaro Obregón. Las aplicaciones se realizaron de manera manual, de acuerdo a los tratamientos en estudio, a los 15 y 45 días después de la siembra.

8.7 Cosecha de forraje

Para determinar las cantidades de forraje producido por parcela esta fue cosechada a los 180 días posteriores a la siembra, de manera manual. En la cual se retiró el forraje de la planta, se embolso y se pesó en bascula de plataforma de 120kg registrándose el total de forraje verde producido por parcela, Tal procedimiento se llevó a cabo por cada tratamiento y repetición. En cada parcela experimental se tomó una muestra de forraje en verde que fue pesada en campo en balanza de triple brazo marca Ohaus, embolsada e identificada por tratamiento y repetición correspondiente; posteriormente fueron transportadas al laboratorio de Bromatología del Instituto y congeladas a -4°C para su posterior análisis de contenidos de materia seca y composición nutricional.

8.8 Determinación del rendimiento de tubérculo por hectárea

Para determinar las cantidades de tubérculo producido por parcela este fue cosechado a los 180 días posteriores a la siembra, mediante extracción manual. El tubérculo cosechado se colocó en rejas y se pesó en báscula de plataforma de 120kg registrándose el total de tubérculo verde producido por cada tratamiento y repetición. En cada parcela experimental se tomó una muestra de tubérculo en verde que fue pesado en campo en balanza de triple brazo marca Ohaus, embolsada e identificada por tratamiento y repetición correspondiente; posteriormente fueron transportadas al laboratorio de Bromatología del Instituto y congeladas a -4°C para su posterior análisis de contenidos de materia seca y composición nutricional.

8.9 Secado del tubérculo

El proceso de secado se realizó por parcela y tratamiento correspondiente, para tal efecto se tomó una muestra de 20 kg seleccionada al azar, misma que se lavó, y posteriormente se picó con cuchillo de cocina y machete en rodajas de aproximadamente 2mm de grosor. El material picado fue colocado en charolas de aluminio previamente pesadas. Se registró el peso de la charola más la muestra y se introdujeron en estufa de aire forzado a una temperatura a 60 °C por un lapso de 48 horas, con la finalidad de evitar el efecto Meller de fibra-proteína, garantizando la eliminación del ácido cianhídrico contenido en los tubérculos de la yuca. Al terminar dicho periodo las charolas con muestras, fueron pesadas para realizar los cálculos de materia seca y porcentaje de humedad, esto mediante el procedimiento propuesto por la AOAC (1990), el material resultante fue almacenado para su posterior conversión en harina.

8.10 Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos resultado de la aplicación de 4 niveles fertilización orgánica, 0, 500, 1000 y 1500 g/planta. En cada tratamiento se utilizó 5 repeticiones, haciendo un total de 20 unidades experimentales.

8.11 Variables a evaluar

Las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación por parcela (%), el rendimiento de forraje en materia verde (Ton/ha), el rendimiento de forraje en materia seca (Ton/ha) y el rendimiento de tubérculo en materia verde (Ton/ha)

8.12 Manejo experimental.

Para determinar el porcentaje de germinación se realizó un conteo de las plantas que retoñaron por parcela a los 15 y 45 días. Con dicho valor se estimó el porcentaje de germinación por parcela, toando como referencia los valores de las plantas sembradas y las germinadas

Para determinar el total del follaje en verde se cosecho el total de forraje producido por parcela, mismo que fue pesado en báscula de plataforma de 120kg. Con dicho valor se estimó el rendimiento de forraje verde en ton/ha, en el programa computarizado Excel. Para determinar el contenido de

Con el tubérculo cosechado se sacó una muestra de 20kg por parcela, misma que se lavó, se picó y se colocó en charolas, después se introdujo a la estufa de aire forzado para el cálculo de materia seca, teniendo los datos por parcela, se hizo el cálculo para el rendimiento por hectárea.

8.13 Diseño experimental

Los resultados de las variables a evaluar fueron sometidas a un análisis de varianza de un diseño completamente al azar con un nivel de significancia $P > 0.05$ ajustado

por covariable con el porcentaje de germinación de cada tratamiento y repetición. Así mismo se llevaron a cabo pruebas de medias mediante el procedimiento de la prueba de Dunca ($P > 0.05$) en el programa estadístico SAS (2008).

IX RESULTADOS

El rendimiento de forraje de materia verde (MV) del cultivo de yuca fluctúa de 6.80 a 19.84 Ton/ha, no existiendo diferencias significativas ($P>0.05$) por efecto del nivel de fertilización orgánica aplicada. Así mismo pudo encontrarse que el rendimiento de materia seca (MS) de forraje de yuca fluctúa de 1.50 a 4.0 Ton/ha; sin que existan diferencias significativas ($P>0.05$) por efecto del nivel de fertilización orgánica aplicada.

Dichas tendencias prevalecen en el rendimiento de tubérculo de yuca, pues los valores encontrados van de 4.57 a 13.25 Ton/ha, sin que existan diferencias significativas ($P>0.05$) por efecto del nivel de fertilización orgánica aplicada, lo anterior se puede observar en el cuadro 1, que a continuación se presenta:

Cuadro 1. Rendimiento de follaje y tubérculo de yuca bajo diferentes niveles de fertilización orgánica.

PROCEDIMIENTO	Trat. 0gr	Trat. 500gr	Trat. 1000gr	Trat. 1500gr	E.E.	Sig.
Rendimiento de follaje M.V. (Ton/Ha)	6.80 ^b	19.84 ^a	15.72 ^{ab}	14.60 ^{ab}	2.696	NS
Rendimiento de follaje M.S. (Ton/Ha)	1.50 ^b	4.00 ^a	3.32 ^{ab}	3.07 ^{ab}	0.533	NS
Rendimiento de tubérculo M.V. (Ton/H)	4.57 ^b	12.23 ^{ab}	10.18 ^{ab}	13.25 ^a	2.315	NS

NS= No existen diferencias estadísticamente significativas ($P>0.5$)

*= Existen diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$)

Medias con igual literal son estadísticamente iguales

X CONCLUSIONES

Con la presente investigación se puede concluir que no existe efecto de la fertilización orgánica sobre los parámetros agronómicos de la producción de yuca.

Sin embargo los valores de rendimiento de tubérculo encontrados en el presente trabajo, superan a simple vista el rendimiento promedio de los principales granos cultivados en la región, como el maíz y el sorgo.

Lo anterior resulta interesante, puesto que este cultivo podría ser utilizado como fuente de almidón y/o energía en las dietas para rumiantes y monogástricos.

Pudiéndose contemplar al cultivo de yuca como un posible sustituto de los cereales en la alimentación de animales en la región sur del estado de Quintana Roo

XI FUENTES DE INFORMACIÓN (COTRASTAR CON LA RESIDENCIA)

- Almaguel R E; Pilot J L; Cruz E; Mederos C M. 2011. Utilización del ensilaje artesanal de Yuca como fuente energética en dietas para cerdos de engorde. *Livestock Rsearch for Rural Development*. 23. 1. 46-58
- Álvarez- Sánchez E., Vázquez-Alarcón A., Cueto-Wong J.Z. (2006). Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo TERRA Latinoamericana. *Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. 24(2). 261-268
- Argamentria GA; De la Rosa B; Martínez A; Sánchez I. 1997. El ensilado en Asturias. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA). Editorial Catarsis. 2. 1-127
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1990. *Methods of analysis*. 15th Edition. Washington DC. pp. 20-44.
- Bermúdez J; Rodríguez J; Ocampo A; Peñula L. 1999. Ensilaje de víceras de pescado Cachama blanca (*piaractus Brachyponum*) como fuente de proteína para la alimentación de cerdos de engorde en una dieta con aceite crudo de palma. (*Elaeis Guineensis- Elaeis olcifera*). *Livestock Research for Rural Development*. 11. 2. 33-51
- Betancourt J C. Caracterización nutricional y productiva de material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pintoi*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*) a tres densidades de siembra. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica. 110
- Buitrago J. 2001. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional d Agricultura Tropical (CIAT).
- Cañete M V; Sánchez J L. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Editorial Lonet. 8. 1-260.
- Castillo A D. 2012. Evaluación comparativa de la composición nutricional del pasto mar alfalfa (*pennistum sp.*) en el municipio de Othón P. Blanco, Q. Roo. Tesis. 24-28
- Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA). 2004. Una alternativa en la alimentación para los cerdos. Yuca por maíz en dieta porcina. Edición 6. 23-29
- Conrad H R, Weiss W P, Odwongo W O, Schochey W L. 1984. Estimating NT energy lactation from components of cell solubles and cell walls. *Journal of Dairy Science*. 67. 427-436

- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA). 2010. Monografía de la yuca. Gobierno del Estado de Veracruz. pp. 1-21.
- García, M. 1973. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Koopen. México. UNAM. pp. 243.
- Gil JL; Buitrago J A. 2002. La yuca en el tercer milenio; Utilización de la yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura (CIAT). 590-620
- Gordillo F., Peralta E., Chávez V., Contreras A., Campuzano A., Ruiz O. (2011). Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar). Red de Revistas Científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal. 37(2). 140-149.
- Intermediate Technology Development Group, Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Mujer. 1998. Libro de Consultas sobre Tecnologías Aplicadas al ciclo alimentario. Procesamiento de tubérculos. Ed. Lima ITDG-Perú. 70p
- Makkar P S. 2014. Aumento sostenible de la productividad del ganado mediante la utilización eficiente de los recursos alimenticios en países en vías de desarrollo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Vol. 48. Núm. 1. 55-58
- Marcano J., Paredes F., Segovia P. 1998. Control de malezas en yuca. Fondo Nacional de Investigación Agrícola y Pecuaria Divulga No. 59: 1-3.
- Marmolejo L.F., Pérez A., Torres P., Cajigas A.A., Cruz C.H. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos generados en pequeñas Industrias de almidón agro de yuca.
- McDonald P. 1981. The biochemistry of silage. John Wiley & Sons. Chichester, University of Edinburgh. 226 pp.
- Mederos CM; Rodríguez S; Mazas N; Almaguel R. 2009. Utilización de diferentes niveles de proteína en dietas de miel B o harina de Yuca y NUPROVIN basado en torta de soya para cerdos en crecimiento-ceba. Livestock Research for Rural Development. 21(8). 12-17
- Minson D. 1982. The chemical composition and nutritive value of tropical grasses. In: Tropical grasses. Ed. P. J. Skerman. Rome. Fao. 163-173
- National Research Council (NRC). 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. Ed. Washington D.C. National Academy of Science-National Research Council. 70p
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2006. Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a10285/a102850.pdf>

- Preston T.R., Rodríguez L., Nguyen Van Lai., Le Ha Chau. (1999). Yuca en la alimentación de rumiantes. UTA Foundation, Collage of Agriculture and Forestry Thu Duc; Vietnam. 15 (9). 1-4.
- Rivera H. B., Aceves N. L. A., Juárez L. J. F., Palma L. D. J., González M. R y González J. V. 2012. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16 (1): 29-47.
- Santos M V; Gómez A G; Pérez M; Perera J M; Fernández G M; Ferreira R C L. 2009. Composicao química de silagens obtidas em microsilos encobertos por plástico confeccionados com diferentes produtos. XVII Congreso de zootecnia. UTAD- Villa Real Portugal. 462-465.
- Secretaria de Ganadería Agricultura y Pesca (SAGARPA). 2003. Evaluación de los programas de fomento ganadero de la Alianza para el Campo. Available at <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/ganind2.htm> (Junio 2010).
- Secretaria de Desarrollo Rural e Indígena (SEDARI). 2011. Programas de Concurrencia en Coejercicio con SAGARPA. Chetumal Quintan Roo México. pp. 34-65.
- Serres H. 1992. Manual of Pig Production in the Tropics Technical Contr for Agricultural and Rural. Cooperation. CTA CAB International UK. 262-270
- Tejeda H. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México AC. Editorial Pantera. 8. 89-102
- Tewe O. 1985. Desintoxicación de los productos de la mandioca y de los efectos de toxinas residuales en animales que consumen.
- Tobia C; Rojas A; Villalobos E; Soto H; Uribe L. 2004. Sustitución parcial del alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 28. 27-35
- VanSoet P J, Robertson. 1985. Analysis of Forages and fibrous Foods. Cornell University. Ithaca, New York. 165p
- Valdivié M., Leyva Coralia., Cobo R., Ortiz A., Dieppa oraida., Artilles Febles Milagros. (2008). Sustitución total de maíz por harina de yuca (*Manihot esculenta*) en las dietas para pollo de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 42(1). 61-64.

- Weiss W P, Conrad H R, Saint Pierre N. 1992. A Theoretically-based model for predicting TND values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*. 39: 95-110
- Zacarías JB; Valdivié M; Bicudo S J. 2012. Harina de follaje de yuca como pigmentante d dietas con harina de yuca y aceite de palma africana para gallinas ponedoras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Vol. 46. Núm. 2. 187-191
- Zavaris R. B. M. 2010. Bioetanol de yuca. *Secretaria de Educación Pública* 20:51.