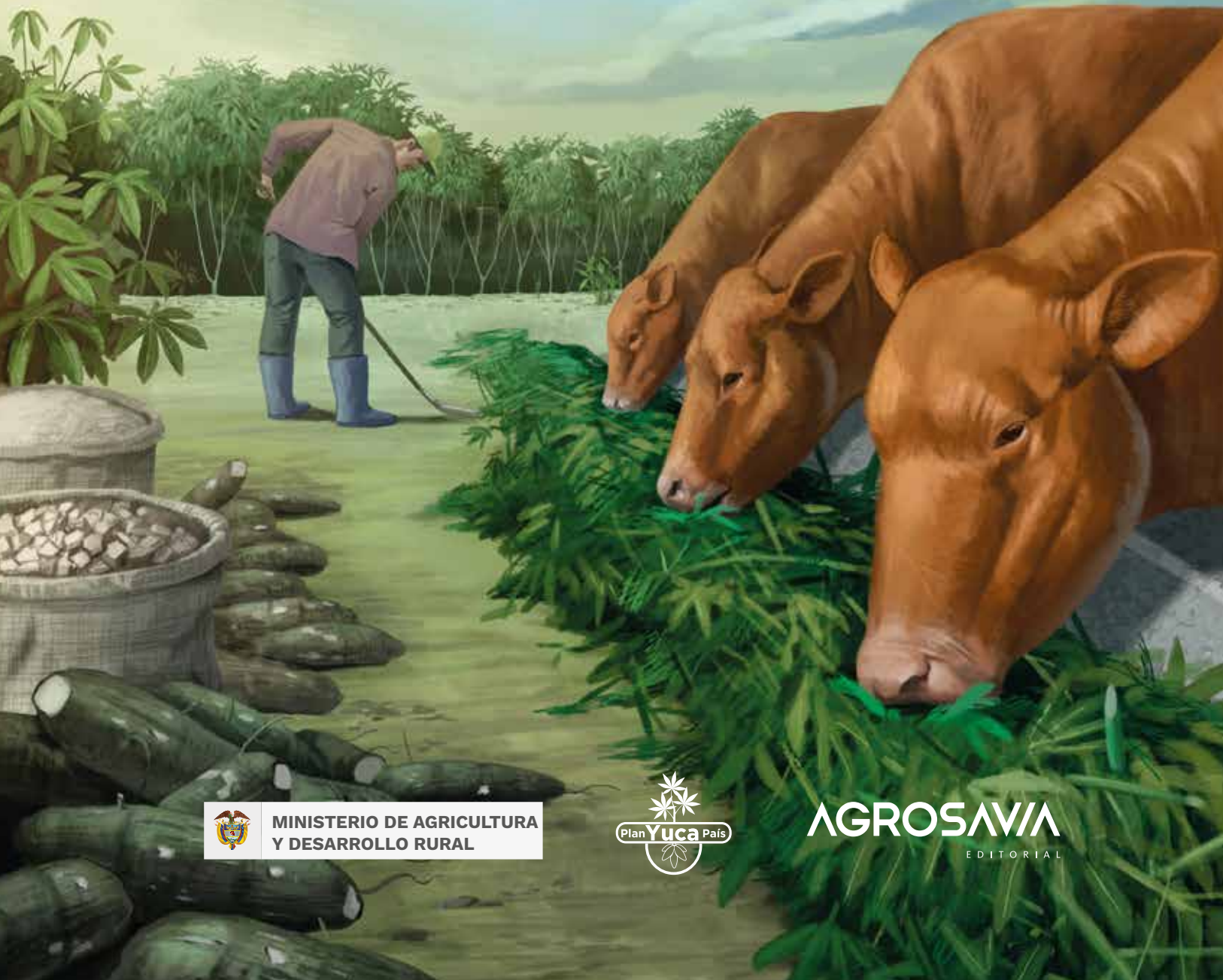


Yuca para la alimentación animal en la región Caribe:

# manejo, conservación y uso eficiente



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL



AGROSAVIA  
EDITORIAL



Yuca para la alimentación animal en la región Caribe:

# manejo, conservación y uso eficiente

Emiro Andrés Suárez Paternina | Lorena Inés Mestra Vargas  
Yacerney Paternina Paternina | Érica Salcedo Carrascal  
Lily Lorena Luna Castellanos | Hernando Alberto Araújo Vásquez



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL



**AGROSAVIA**

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Yuca para la alimentación animal en la región Caribe: manejo, conservación y uso eficiente. / Emiro Andrés Suárez Paternina [y otros cinco] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2022.

92 páginas (Colección Transformación del Agro)  
Incluye referencias bibliográficas, tablas e ilustraciones.  
ISBN: 978-958-740-564-4  
ISBN e-Book: 978-958-740-565-1

1. Mandioca 2. *Manihot esculenta* 3. Forrajes 4. Alimentación de los animales 5. Suplementos alimentarios 6. Desempeño animal 7. Costos de producción.

**Palabras clave normalizadas según Tesoro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc**  
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

**Corporación Colombiana de Investigación  
Agropecuaria - AGROSAVIA**

Centro de Investigación Turipaná. Kilómetro 13 vía Montería - Cereté.  
Código postal 687527, Colombia.

Esta publicación es producto del macroproyecto "Evaluación adaptativa de clones élite de yuca para producción intensiva de forraje y harinas como materias primas con mayor valor nutricional para la cadena avícola-porcícola" y "Modelo de adaptación y prevención a cambios climáticos" de la agenda de AGROSAVIA. Así mismo, contó con el apoyo financiero del proyecto "Plan Yuca País", del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

**Colección Transformación del Agro**

**Tipología:** Manual

**Primera edición:** 1000 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, 2022

*Printed in Bogota, Colombia*

editorial@agrosavia.co

**Líder editorial:** Astrid Verónica Bermúdez Díaz

**Edición:** Jorge Enrique Beltrán

**Corrección de estilo:** Amalia Tapiero

**Diseño y diagramación:** Mónica Cabiativa Daza

**Ilustración de cubierta:** Juan Felipe Martínez Tirado

**Citación sugerida:** Suárez Paternina, E. A., Mestra Vargas, L. I., Paternina Paternina, Y., Salcedo Carrascal, E., Luna Castellanos, L. L., & Araújo Vásquez. *Yuca para la alimentación animal en la región Caribe: manejo, conservación y uso eficiente*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA.

**Doi:** <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405651>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

[www.agrosavia.co](http://www.agrosavia.co)



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



# Contenido

Agradecimientos	9
Presentación	10
Introducción	12

---


## **Capítulo 1. Generalidades del cultivo de yuca** 14

---

## **Capítulo 2. Establecimiento y manejo agronómico del cultivo de yuca para la alimentación animal** 17

---

Definición de áreas para conservar	18
Época de siembra	20
Análisis fisicoquímico del suelo	21
Procesamiento de la semilla	25
Posición del cangre al momento de sembrar	26
Siembra manual	26
Siembra semi-mecanizada	27
Densidad de siembra	28
Manejo de arvenses	28
Fertilización del cultivo de la yuca	32



Enfermedades y plagas causantes de pérdidas en variedades de yuca forrajera	35
Frecuencia, época, altura y calidad en la producción de forraje	40
Cosecha	42

### **Capítulo 3. Técnicas para la conservación de forraje de yuca y subproductos obtenidos de la cosecha de las raíces**

43

Ensilaje	44
Proceso para la elaboración del ensilaje de yuca forrajera	45
Heno de forraje de yuca	49
Harina y chips de yuca: subproductos principales de la raíz de yuca	51
Cosecha de raíces	51
Lavado de las raíces	53
Picado de raíces	54
Secado de raíces	54
Valoración del contenido de humedad de raíces	56
Almacenamiento y conservación de los subproductos	56
Bloques multinutricionales	57

### **Capítulo 4. Rendimientos y composición nutricional del forraje de yuca**

61

Calidad nutricional de subproductos, chips y harina de yuca	65
Calidad nutricional del heno de yuca	66
Calidad nutricional de los bloques multinutricionales	67

Concentraciones de cianuro en la yuca: rangos seguros para la alimentación animal	68
---	----

## **Capítulo 5. Evaluación del forraje de yuca en la respuesta animal (carne y leche)**

---

# 70

Recomendaciones para el uso de raíces de yuca en la alimentación de rumiantes	70
Consumo del heno de forraje de yuca	75
Harina de raíz de yuca para alimentación de cerdos	75

## **Capítulo 6. Costos de producción asociados al establecimiento y conservación de yucas forrajeras**

---

# 77

Costos de producción asociados al cultivo de yuca forrajera para ensilaje	77
Costo de producción del heno de yuca forrajera	79
Costo de producción de BMN	80

**Conclusiones** 81

**Referencias** 82

**Los autores** 89



# Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	Remoción del material vegetal y orgánico de la superficie del suelo	21
<b>Figura 2</b>	Herramienta para la toma de muestra (palín)	22
<b>Figura 3</b>	Corte en “V” para la toma de submuestras de suelo	23
<b>Figura 4</b>	Homogenización de las submuestras de suelo	23
<b>Figura 5</b>	Mecanización de suelo	24
<b>Figura 6</b>	Procesamiento de semilla para la siembra	25
<b>Figura 7</b>	Siembra manual de la semilla de yuca	26
<b>Figura 8</b>	Siembra mecanizada de la semilla de yuca	27
<b>Figura 9</b>	Arvenses asociadas al cultivo de yuca	29
<b>Figura 10</b>	Control manual de arvenses en cultivo de yuca	30
<b>Figura 11</b>	Control químico de arvenses en el cultivo de yuca	31
<b>Figura 12</b>	Época de aplicación de fertilización del cultivo de yuca	33
<b>Figura 13</b>	Altura recomendada (20 a 30 cm) para el corte de la yuca	41
<b>Figura 14</b>	Cultivo de yuca forrajera para corte	45
<b>Figura 15</b>	Preparación del forraje para la elaboración de ensilaje	46
<b>Figura 16</b>	Aplicación de aditivos para promover el proceso fermentativo	47
<b>Figura 17</b>	Formaleta metálica circular para la elaboración de ensilaje	48
<b>Figura 18</b>	Compactación del ensilaje	48
<b>Figura 19</b>	Elaboración del heno	50
<b>Figura 20</b>	Cosecha de las raíces	52
<b>Figura 21</b>	Lavado de las raíces	53
<b>Figura 22</b>	Picado de raíces de yuca	54
<b>Figura 23</b>	Secado de yuca en carpa plástica y pista de concreto	55
<b>Figura 24</b>	Proceso de elaboración de BMN	60

<b>Figura 25</b>	Condición corporal de vacas doble propósito suplementadas durante la época de sequía con ensilaje de yuca, sorgo y BMN	71
<b>Figura 26</b>	Condición corporal de vacas romosinuano suplementadas con concentrado conformado por harina de yuca	73
<b>Figura 27</b>	Cerdos suplementados con concentrado a base de harina de yuca	76

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b>	Ración diaria de ensilaje de yuca forrajera por categoría animal	18
<b>Tabla 2</b>	Departamentos y municipios productores de yuca agrupados en 5 núcleos	20
<b>Tabla 3</b>	Nutrientes extraídos por la yuca según su rendimiento	32
<b>Tabla 4</b>	Descripción de síntomas causados por enfermedades asociadas al follaje de yuca	36
<b>Tabla 5</b>	Plagas causantes de daños en el forraje y tallo de plantas de yuca	38
<b>Tabla 6</b>	Composición nutricional del forraje y de la raíz de yuca	41
<b>Tabla 7</b>	Materias primas y niveles de inclusión para la elaboración de BMN en la región Caribe de Colombia	58
<b>Tabla 8</b>	Fórmula para la elaboración de BMN con inclusión de harina de raíz y hoja de yuca	59
<b>Tabla 9</b>	Rendimiento de forraje verde (kg/ha) de variedad Mcol 2215 de yuca con tres densidades de siembra, en tres cortes en el municipio de Sahagún, Córdoba	62
<b>Tabla 10</b>	Rendimiento de forraje verde (kg/ha) de cuatro variedades de yuca con tres densidades de siembra, en cuatro cortes en el municipio de Corozal, Sucre	62
<b>Tabla 11</b>	Variación de los rendimientos de forrajes en tres variedades de yuca forrajera durante la época sequía y lluvia en Cereté, Córdoba	63
<b>Tabla 12</b>	Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y la composición nutricional de yucas forrajeras	64

<b>Tabla 13</b>	Calidad nutricional de subproductos, chips y harina de yuca	65
<b>Tabla 14</b>	Calidad nutricional del forraje de yuca según la parte aérea cosechada	66
<b>Tabla 15</b>	Composición nutricional del pasto <i>Bothriochloa pertusa</i> durante la época seca y de los VMN elaborados con forrajes de yuca	67
<b>Tabla 16</b>	Concentración de ácido cianhídrico HCN en variedades de yuca en diferentes zonas agroecológicas de Colombia	69
<b>Tabla 17</b>	Producción de leche de vacas doble propósito suplementadas durante la época de sequía con ensilaje de yuca, sorgo y VMN en el sur de Bolívar	72
<b>Tabla 18</b>	Efecto de la suplementación con chip de yuca sobre el consumo de materia seca y condición corporal de vacas romosinuano	73
<b>Tabla 19</b>	Ganancia de peso de bovinos de la raza limousin suplementados con diferentes niveles de harina de yuca	74
<b>Tabla 20</b>	Suplementación de vacas con heno de yuca	75
<b>Tabla 21</b>	Costos de producción del cultivo yuca para ensilaje del forraje	78
<b>Tabla 22</b>	Costo de producción de heno de yuca forrajera	79
<b>Tabla 23</b>	Costo de producción de VMN con inclusión de harina de hoja y raíz de yuca	80

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por financiar el proyecto “Plan Yuca País”. Igualmente, extienden su agradecimiento a los productores que participaron en los procesos de investigación de los proyectos “Evaluación adaptativa de clones élite de yuca para producción intensiva de forraje y harinas como materias primas con mayor valor nutricional para la cadena avícola o porcícola” y “Modelo de adaptación y prevención a cambios climáticos”. Gracias a la ejecución de estos proyectos, se obtuvo la información necesaria para realizar el presente manual. Asimismo, agradecemos a los investigadores y profesionales de apoyo que contribuyeron al levantamiento de la información.



# Presentación

El presente manual es uno de los documentos desarrollados en el marco del proyecto “Plan Yuca País”, el cual fue formulado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Para la ejecución del plan, los investigadores aunaron esfuerzos técnicos, científicos y tecnológicos con el objeto de impulsar el subsector productivo de la yuca industrial como polo de desarrollo local promocionando capacidades de producción, transformación y mercado en organizaciones de pequeños productores de yuca en Sucre, Bolívar y Córdoba.

Actualmente, la producción nacional de cereales es insuficiente para satisfacer la demanda de la industria de alimentos balanceados dirigidos a animales de interés zootécnico. Por este motivo, la industria ha incurrido en importaciones de maíz y oleaginosas, como la soya, para fabricar alimentos balanceados. Sin embargo, el costo de estas materias primas ha incrementado significativamente debido a la pandemia generada por el covid-19 y al cambio climático, que ha reducido notablemente las áreas de siembra (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya [Fenalce], 2021). En este contexto, las alianzas entre entidades públicas y privadas han visto en las variedades de yuca amarga o industrial una opción para sustituir el maíz como materia prima para elaborar alimentos concentrados para bovinos, aves y cerdos.

El presente manual recopila información sobre las experiencias adquiridas por investigadores de AGROSAVIA adscritos a la red de raíces y tubérculos y la red de ganadería de la región Caribe. Este documento se centra, especialmente, en el manejo agronómico como herramienta para actualizar los conocimientos sobre el manejo del cultivo, así como en las estrategias para conservar el forraje y sus características productivas y nutricionales. Se evalúa el efecto de la suplementación con forraje de yuca tanto en la respuesta animal como en los costos de producción.



# Introducción

La estacionalidad de las lluvias en la región Caribe ocasiona variaciones significativas en los rendimientos y la calidad nutricional de las pasturas, lo cual afecta considerablemente los indicadores zootécnicos y económicos de los sistemas ganaderos. Así pues, uno de los retos a los que se enfrentan los productores es integrar las fuentes de alimentación de acuerdo con las condiciones biofísicas y socioculturales de las zonas de producción. Lo anterior fomenta la implementación de nuevas alternativas de alimentación no convencionales y disponibles en la zona que garanticen los requerimientos de materia seca y nutrientes, así como los márgenes de productividad de los animales, especialmente durante los periodos críticos.

Aparte de su utilización para el consumo humano, la yuca es aprovechada por la industria para la extracción de almidón, harinas integrales, alcohol carburante y, últimamente, como materia prima para elaborar alimentos balanceados para animales de interés zootécnico. La raíz es una fuente importante de carbohidratos, además, su follaje aporta altas concentraciones de proteína; ambos son nutrientes esenciales para la nutrición de los animales.

Convencionalmente, el ensilaje de maíz es la alternativa forrajera más utilizada para la suplementación de los bovinos en la región Caribe. Sin embargo, debido a la baja tolerancia del maíz a las sequías prolongadas, las producciones de forraje se ven comprometidas (Mejía et al., 2020). En este orden de ideas, el cultivo de yuca cobra

mucha importancia, ya que de sus diversos atributos resalta su tolerancia a extensos periodos de sequía, característica relacionada con el cierre de los estomas; mecanismo fisiológico que evita la pérdida de agua por transpiración (Ribeiro et al., 2019). Asimismo, el cultivo de yuca crece en suelos ácidos de escasa fertilidad (Aristizábal et al., 2007), produce mucho forraje (follaje y raíz), tiene excelentes contenidos de proteínas y carbohidratos y una alta digestibilidad (Da Silva et al., 2019; Salcedo et al., 2014). Sin embargo, la yuca posee cantidades variables de glucósidos cianogénicos, los cuales producen ácido cianhídrico (HCN), el cual, dependiendo de la cantidad consumida, puede causar intoxicaciones (Mello et al., 2010). A raíz de esta limitación, se ha demostrado que los métodos de conservación de forraje como el ensilaje y el heno pueden reducir la concentración de HCN a niveles seguros para los animales, ya que esta sustancia es altamente volátil y se elimina rápidamente a través del picado, el oreo y la fermentación de los glúcidos cianogénicos realizada por las bacterias anaeróbicas del silo (Silva et al., 2015; Da Silva et al., 2019).

El presente manual, dirigido a productores y asistentes técnicos de la región Caribe de Colombia, brinda los conocimientos necesarios para manejar el cultivo de yuca destinado a la producción de forraje y raíz para la alimentación de rumiantes durante épocas críticas. Esta alternativa contribuye a mantener los márgenes de productividad de los sistemas de producción.



# Capítulo 1.

## Generalidades del cultivo de yuca

La yuca (*Manihot esculenta*) pertenece a la familia Euphorbiaceae, grupo constituido, a su vez, por aproximadamente 7.200 especies. De estas, 98 son del género *Manihot* y solo la yuca tiene relevancia económica y es cultivada. Su reproducción alógama y su constitución genética heterocigótica constituyen la principal razón para propagarla por estacas y no por semilla sexual (Ceballos & De la Cruz, 2012). Los nombres comunes de esta especie varían en todo el mundo: en el norte de Suramérica, América Central y las Antillas se le conoce como yuca, en Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay como mandioca, en México como guacamote y en otros países como cassava (Montaldo, 1985).

La yuca es originaria de América del Sur y está muy extendida en los trópicos y subtropicos, incluidos los de África subsahariana y el sudeste asiático. Las principales áreas de producción se localizan dentro de los 30° norte y 30° sur y desde el nivel del mar hasta una altitud de 2.000 m dependiendo de la latitud (Heuzé & Tran, 2016). Es una planta arbustiva de tamaño y forma variables que puede alcanzar alturas de 1,5 a 2,5 m. De acuerdo con el tipo de ramificación, el tronco se divide a cierta altura en dos o tres ramas, las cuales, a su vez, se dividen en otras ramas que le dan a la copa forma redondeada.

Las condiciones óptimas de crecimiento son una temperatura media diaria anual superior a 20 °C, precipitaciones anuales que oscilan entre 500 mm y 3.500 mm, alta radiación solar y luz, y suelos bien drenados y ácidos. La yuca puede soportar heladas ligeras a altitudes más altas y condiciones nubladas, particularmente en el cinturón

ecuatorial húmedo y cálido de tierras bajas. Es altamente tolerante a las malas condiciones del suelo, la sequía y las plagas (Vongsamphanh & Wanapat, 2004) pero no crece bien en suelos pesados, rocosos y gravosos. Es susceptible a suelos anegados, salinos o alcalinos y la deficiencia de zinc debe evitarse, mientras que tolera muy bien los niveles muy bajos de fósforo (P).

Las hojas son simples y constan de una lámina foliar y peciolo palmados y lobulados. Dependiendo de la variedad, las hojas completamente desarrolladas son de diferentes colores (morado, verde y verde claro), los cuales varían según las condiciones ecológicas (Cock, 1989). El fruto es de tipo trilocular y al hacerle un corte transversal se observan el epicarpio, el mesocarpio y el endocarpio, tejidos bien diferenciados.

La semilla es ovoide-elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor; la testa es lisa de color café con moteado. En las plantas provenientes de material vegetativo, las raíces son adventicias y se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca y a partir de las yemas del tallo que están bajo tierra (Ceballos & De la Cruz, 2012).

Nutricionalmente, el forraje de yuca provee excelentes contenidos de proteína (que oscilan entre 22 y 25 %). Presenta, además, buenos contenidos de fibra detergente neutra (46,0-52 %) y fibra detergente ácida (34-41%), lo que garantiza un buen consumo y digestibilidad a los 90 días después de la siembra. A través de la raíz, la yuca puede ofertar entre 3 y 4 Mcal/kg, lo que la convierte en un subproducto energético. En términos de producción, cuando la yuca se destina para forraje, puede alcanzar rendimientos que oscilan entre 65 y 75 toneladas de forraje verde por hectárea en tres y cuatro cortes, respectivamente: uno de los cultivos que más ofrece forraje.

Por otra parte, la ganadería bovina representa una de las principales actividades económicas en Colombia, ya que representa el 1,4 % del PIB nacional y el 48,7 % del PIB pecuario. Esta actividad genera cerca de 1,1 millones de empleos directos (Fedegán, 2022). Actualmente, Colombia tiene 29.301.392 bovinos distribuidos en 633.841 predios, de los cuales el 80 % tiene menos de 50 cabezas (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2022). Esto indica que tal actividad se encuentra en manos de pequeños productores. En cuanto a la orientación productiva del hato, el sistema de cría es el que predomina en el país (39 %), seguido del sistema doble propósito (35 %), la ceba (20 %) y la lechería especializada (6 %) (Fedegán, 2022). La actividad ganadera se desarrolla en 22,9 millones de hectáreas establecidas en pastos y forrajes. Esta distribución, en relación con el inventario bovino, deja ver que los sistemas productivos son manejados de forma extensiva con baja adopción de tecnologías, lo cual hace que sean sistemas de baja productividad y sostenibilidad.

Particularmente, en la región Caribe, los suelos donde se desarrolla la ganadería presentan un alto nivel de degradación, lo cual limita los rendimientos de las pasturas y, en consecuencia, la producción animal (Mejía-Kerguelén et al., 2019). Asimismo, los sistemas ganaderos de esta región enfrentan, año tras año, estacionalidad en las precipitaciones, principalmente en diciembre y a mediados de abril, lo que genera escasez de forraje y de los nutrientes necesarios para garantizar el mantenimiento y producción de los animales.

De acuerdo con lo anterior, y dadas las bondades productivas y nutricionales que ofrece la yuca, este material puede emplearse como estrategia para la alimentación y nutrición animal, especialmente durante los periodos de sequía, ya que provee excelentes contenidos de proteína y energía.

## Capítulo 2.

# Establecimiento y manejo agronómico del cultivo de yuca para la alimentación animal

En el presente capítulo se describe el comportamiento del sistema productivo de yuca industrial y forrajera con un sistema de prácticas de manejo adaptadas a este cultivo. Se ha demostrado que las prácticas de manejo descritas en esta sección contribuyen al aumento de los rendimientos en comparación con los obtenidos bajo prácticas de manejo agronómico tradicionales. Cabe aclarar que algunas de las prácticas de manejo agronómico descritas se pueden utilizar en la región Caribe, particularmente en los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar. No obstante lo anterior, también se resaltan experiencias de su aplicación en el país y el mundo.

Para empezar, se sugiere utilizar variedades industriales registradas ante el ICA como la variedad Corpoica Belloti, Corpoica Tai, Corpoica Ropain, Corpoica Sinuana, Corpoica Verónica y las variedades forrajeras Corpoica SM 2081-34, Corpoica SM 1511-6, Corpoica SM 2546-40 y Corpoica SM 1438-2, según las necesidades del mercado.

## Definición de áreas para conservar

Un aspecto importante que debe considerar el productor al momento de establecer un cultivo forrajero es definir el área a sembrar en función de las necesidades de alimento para sus animales, ya que esto evitará los sobrecostos de producción. En ese sentido, el productor debe considerar, en primera instancia, la duración del periodo crítico, la fase fisiológica de los animales, la ración diaria por animal (Mejía et al., 2013) y los rendimientos promedio del cultivo. Con base en lo anterior, se propone el siguiente ejemplo:

Se requiere suplementar 15 vacas en producción con sus respectivas crías, 7 vacas escoteradas, 6 animales de levante y 1 toro. La ración diaria de ensilaje de yuca por animal está contenida en la tabla 1. Considerando que en la región Caribe la época de sequía limita la producción durante aproximadamente 5 meses, es necesario producir alimento para suplir las necesidades de ese periodo.

**Tabla 1.** Ración diaria de ensilaje de yuca forrajera por categoría animal

Categoría animal	Ración diaria (kg)
Vacas paridas	10-20
Crías > 4 meses	2-5
Vacas escoteradas	5-15
Levante	5-10
Toro	5-15

Fuente: Elaboración propia con base en Mejía et al. (2013)

Con base en la información consignada en la tabla 1, se procede a cuantificar el consumo total de los animales durante el periodo indicado. Para efectos del ejemplo, se tomarán los valores medios.

**A. Consumo vacas paridas** = 15 kg/d \* 15 vacas \* 150 d = **33.750 kg**

**B. Consumo de las crías** = 3,5 kg/d \* 15 crías \* 150 d = **7.875 kg**

**C. Consumo vacas escoteradas** = 10 kg/d \* 7 vacas \* 150 d = **10.500 kg**

**D. Consumo levante** = 7,5 kg/d \* 6 levantes \* 150 d = **6.750 kg**

**E. Consumo Toro** = 10 kg/d \* 1 Toro \* 150 d = **1.500 kg**

**Consumo total durante el periodo =**

$$33.750 \text{ kg} + 7.875 \text{ kg} + 10.500 \text{ kg} + 6.750 \text{ kg} + 1.500 \text{ kg} = \mathbf{60.375 \text{ kg}}$$

Para suplementar a los animales durante el periodo crítico (150 d), el productor debe producir 60.375 kg de ensilaje. Sin embargo, debe estimar un margen de pérdidas cercano al 10 %, el cual debe contemplar y sumar a la cantidad estimada inicialmente. En este caso, se deben producir 66.412 kg o 66,4 t.

**Pérdidas** = 60.375 kg \* 10 % de pérdidas = **6.037 kg**

**Total de forraje por producir =**  
60.375 kg + 6.037 kg = **66.412 kg o 66,4 t**

Bajo las condiciones de la región Caribe, el rendimiento promedio de las variedades de yuca forrajera Corpoica SM 1511-6 y Corpoica SM 2081-34 oscila entre 47 y 62 t/ha/año en tres cortes, respectivamente, con valores medios de 54,5 t/ha/año (Rivero et al., 2015). Con estos datos, se procede a establecer una regla de tres simple para estimar el área requerida:

$$1 \text{ ha} \longrightarrow 54,5 \text{ t}$$

$$X \longrightarrow 66,4 \text{ t}$$

$$X = 66,4 \text{ t} * 1 \text{ ha} / 54,5 \text{ t} = \mathbf{1,2 \text{ ha}}$$

## Época de siembra

Entre 2015 y 2017, AGROSAVIA caracterizó el sistema productivo de yuca en diferentes zonas productoras conformadas por 5 núcleos (tabla 2), para lo cual tuvo en cuenta la zona agroecológica. Con base en los datos que arrojó la investigación, se concluyó que el 60 % de los productores de los núcleos 1, 2, 3 y 4 siembran durante los meses de abril y mayo. No obstante, algunos productores amplían el periodo de siembra hasta junio y otros siembran durante el segundo semestre del año (AGROSAVIA, 2017).

**Tabla 2.** Departamentos y municipios productores de yuca agrupados en 5 núcleos.

Núcleo	Descripción
1	Subregión Montes de María: integra los municipios Los Palmitos, Carmen de Bolívar y San Jacinto (Bolívar).
2	Subregión Sabanas Colinadas: integra los municipios Chinú y San Andrés de Sotavento (Córdoba) y Betulia, Sincé y Sampués (Sucre).
3	Subregión Sabanas Colinadas: integra los municipios Corozal (Sucre) y Chinú y Ciénaga de Oro (Córdoba).
4	Subregión Valle del Sinú (Medio Sinú): integra los municipios Cereté y San Pelayo (Córdoba).
5	Subregión Valle del Sinú (Alto Sinú): integra los municipios Tierralta y Valencia (Córdoba).

Fuente: Elaboración propia

# Análisis fisicoquímico del suelo

Antes de establecer cualquier cultivo forrajero, se recomienda hacer un análisis fisicoquímico del suelo con el fin de aplicar las recomendaciones de adecuación y fertilización en caso de requerirlas. Los pasos para la toma de muestras se describen a continuación:

- Realizar un recorrido del lote a intervenir para identificar zonas altas y bajas o que presenten diferencias palpables y, con base en esas observaciones, definir el número de análisis.
- Una vez identificada el área y sus características, se debe tomar la decisión del tipo de muestreo a emplear, el cual puede ser en cuadrícula, zigzag o diagonal.
- En cada punto a muestrear se remueve el material vegetal y orgánico que esté sobre la superficie (figura 1).



**Figura 1.** Remoción del material vegetal y orgánico de la superficie del suelo.

Foto: Emiro Suárez Paternina

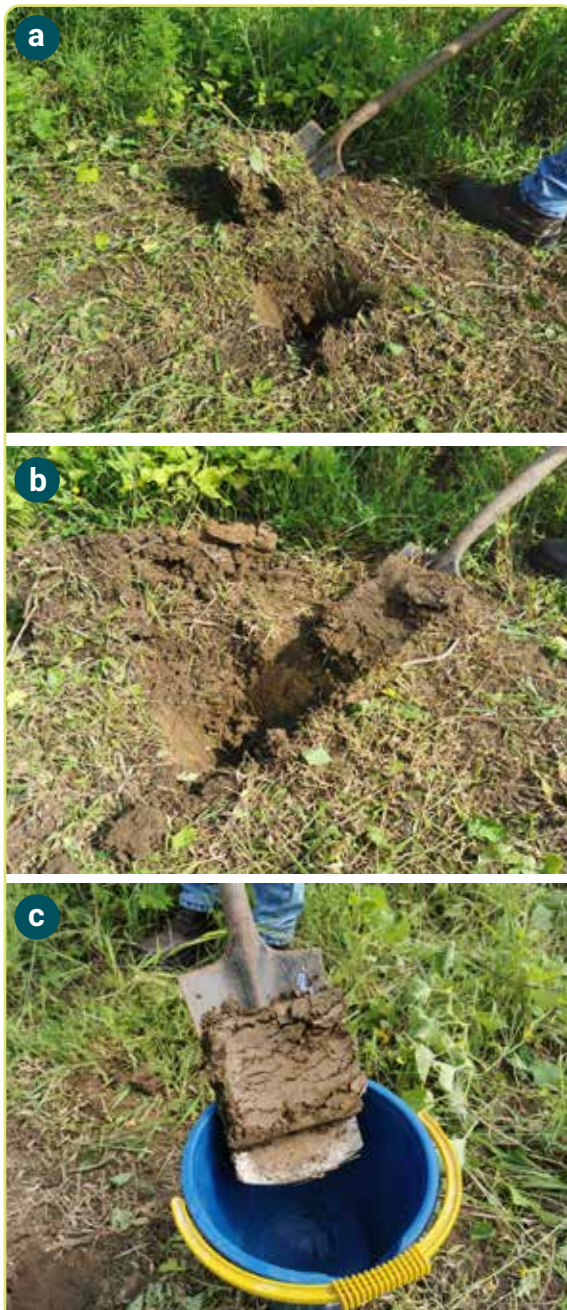
- Tomar las muestras de suelo a una profundidad de 0 a 25 cm.
- La muestra de suelo puede tomarse con la ayuda de un barreno holandés o, en su defecto, con pala o palín (figura 2).



**Figura 2.** Herramienta para la toma de muestra (palín).

Foto: Leonardo López

- En caso de que la muestra sea tomada con una pala o palín, se realiza un hueco en forma de "V". Posteriormente, se descartan los laterales del corte y solo queda la parte central, la cual se deposita en un balde plástico (figura 3). Este procedimiento se repite varias veces hasta tener un número de submuestras representativas del lote.
- Posteriormente, se homogenizan las submuestras, se toma un kilogramo de suelo y se deposita en una bolsa plástica (figura 4). Esta debe ir marcada con la identificación del productor, la dirección, el nombre de la finca, el municipio, el departamento, la altura sobre el nivel del mar, el nombre del productor, el cultivo a establecer, la profundidad de muestreo y el tipo de drenaje.



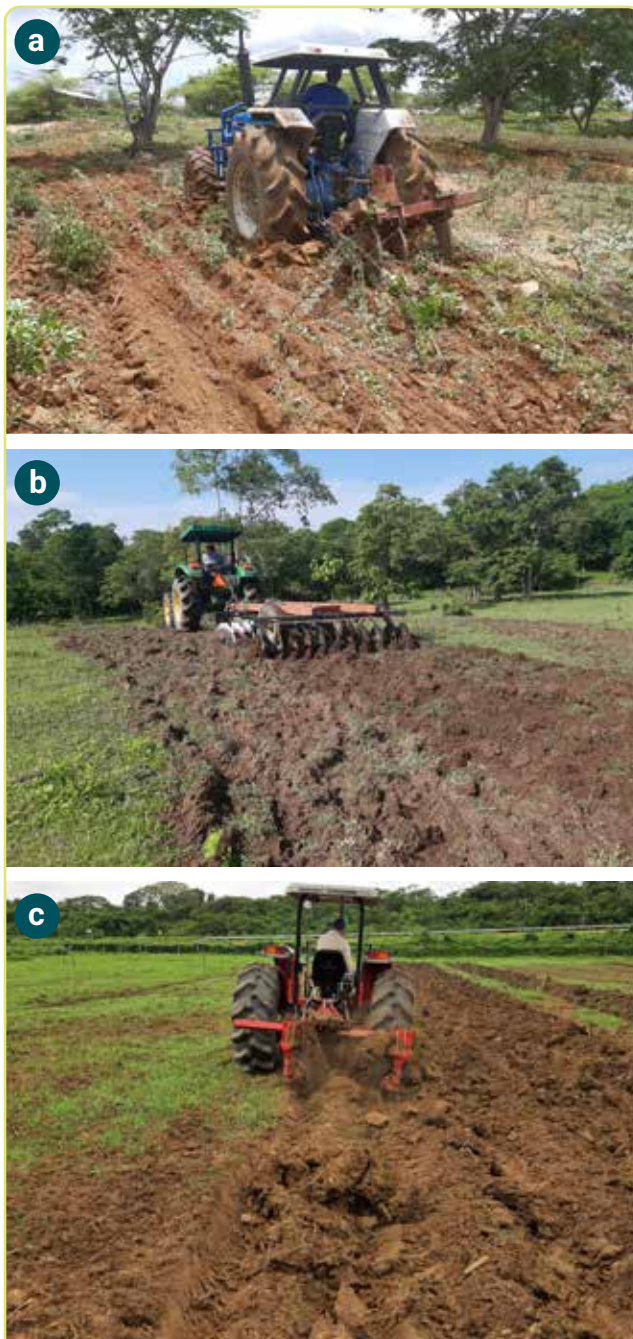
**Figura 3.** Corte en "V" para la toma de submuestras de suelo. a. Se realiza un hueco en "V"; b. Se descartan los bordes del corte y se toma solo la parte central; c. Se deposita la muestra en un balde.

Fotos: Leonardo López



**Figura 4.** Homogenización de las submuestras de suelo. a. Mezcla de las submuestras; b. Se toma 1 kg de la mezcla y se envía al laboratorio.

Fotos: Emiro Suárez Paternina



**Figura 5.** Mecanización de suelo. a. Pase de cincel para la descompactación del suelo; b. Pase de rastrillo para romper agregados y uniformizar el suelo; c. Elaboración de caballones para la siembra de yuca.

Fotos: Víctor de la Ossa y Emiro Suárez Paternina

En caso de que el suelo esté compactado, es necesario prepararlo con un arado de cincel a la profundidad de la capa realizando la labor en la dirección de los drenajes principales (figura 5a). Este procedimiento mejora considerablemente las condiciones de drenaje, aireación y penetración de las raíces, que pueden explorar un mayor volumen de suelo y formar una yuca de buen tamaño y sin deformaciones. Posteriormente, se debe realizar un pase de rastrillo con el fin de romper los agregados del suelo más grandes y lograr que el lote quede uniforme para la siembra (figura 5b). En suelos con problemas de humedad, se recomienda realizar caballones a 1,0 m de distancia (figura 5c) y adecuar el terreno con canales de drenajes. Una vez cosechado el cultivo, se recomienda realizar una rotación adecuada con cultivos leguminosos o cultivos con requerimientos nutricionales diferentes a los de la yuca con el fin de garantizar el buen estado físico-químico del suelo (Ospina & Ceballos, 2015).

## Procesamiento de la semilla

Para obtener material de siembra, se recomienda seleccionar plantas sanas y con buen vigor, fisiológicamente maduras, de tal manera que se garantice la calidad (figura 6a). Para la producción de estacas o canchales (semilla), las varas se deben cortar utilizando una sierra circular o segueta con ángulo de corte redondo a un tamaño de 15 a 20 cm, de tal manera que se garanticen, por lo menos, 6 nudos (figura 6 b y c). Previo a la siembra, el material de siembra debe ser tratado para prevenir el traslado de plagas y enfermedades a los nuevos cultivos. Para ello se recomienda sumergir durante 10 minutos las estacas en una solución de insecticida (de contacto y sistémico), fungicida a base de cobre y bactericida, para luego dejar escurrir a la sombra (figura 6d). Para el caso del sistema de siembra mecanizada, el corte de la estaca lo hace la sembradora con la ayuda de dos operarios, quienes introducen los tallos completos (varas) en la sembradora (Ospina & Ceballos, 2012).



**Figura 6.** Procesamiento de semilla para la siembra. a. Cultivo de yuca en buenas condiciones; b. Corte de semilla; c. Semilla de yuca; d. Desinfección de semilla.

Fotos: Emiro Suárez Paternina

# Posición del cangre al momento de sembrar

Estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) concluyeron que cortar el cangre en ángulo recto hace que las raíces se distribuyan uniformemente alrededor de la circunferencia del corte. Igualmente, plantar el cangre horizontalmente, hace que las raíces se separen más y la cosecha sea más fácil en comparación a cuando se planta en posición vertical o inclinada. Sin embargo, el enraizamiento y la emisión de brotes fue mayor cuando el cangre se sembró en posición vertical, factor que, además, redujo el volcamiento de las plantas (Ospina & Ceballos, 2012).

## Siembra manual



**Figura 7.** Siembra manual de la semilla de yuca.

Fotos: Emiro Suárez Paternina

Esta labor comprende aproximadamente el 5 % de los costos totales de producción correspondientes a mano de obra, sin embargo, este componente puede variar dependiendo del sistema de siembra (AGROSAVIA, 2017). Dentro del proceso de siembra se realiza una clasificación de operarios: unos se encargan de repartir las estacas a lo largo del surco y otros de sembrar las estacas de manera vertical introduciéndolas entre 5 y 10 cm en el suelo (figura 7).

## Siembra semi-mecanizada

Si bien en Colombia ya existen sembradoras de yuca —con las cuales se alcanzan a sembrar aproximadamente 6 hectáreas por día (Ospina & Ceballos, 2012)—, su eficiencia está ligada a la topografía, la buena preparación del suelo, la potencia del tractor y la pericia de los operarios. Estas sembradoras son fáciles de utilizar y su manejo en campo depende del operario, que debe calibrar la distancia entre surcos, el tamaño de la estaca y surtir los aleros de la máquina con tallos de yuca (varas) previamente desinfectados. A medida que avanza el recorrido, dos operarios alimentan un dispositivo que tiene la sembradora con las varas de yuca. Paralelamente a esta acción, la sembradora corta la estaca (semilla) y con el disco doble hace el surco en la línea de siembra donde la deposita horizontalmente. Finalmente, con ayuda de un patín, tapa la estaca y compacta el suelo sobre la estaca que ha quedado sembrada en el surco (figura 8).



**Figura 8.** Siembra mecanizada de la semilla de yuca.

Foto: Shirley Pérez Cantero

## Densidad de siembra

Uno de los parámetros que más incide en los rendimientos de los cultivos es la densidad de plantas por unidad de área. El área vital para un buen desarrollo y crecimiento de las plantas determinará la densidad óptima de población. Cuando la densidad de plantas no es la adecuada, el cultivo compite más con las malezas por luz, agua y nutrientes, factores que, a su vez, afectan su desarrollo (Gutiérrez, 2001).

La distancia entre surcos y plantas se define en función de parámetros como la arquitectura de la planta, la topografía del terreno, el sistema de siembra, el mercado hacia el que se destina la producción, entre otros. En Colombia, la distancia de siembra más utilizada en cultivos tradicionales es de 1 m entre plantas y 1 m entre surcos (Ospina & Ceballos, 2012). Sin embargo, en estudios realizados por AGROSAVIA (2017), los investigadores definieron que para las variedades industriales es más beneficioso usar densidades de población de 10.000 a 15.151 plantas/ha, las cuales corresponden a distanciamientos de 1,0 m entre surcos y 1,0 a 0,66 m entre plantas. Por su parte, para variedades forrajeras, se recomienda la utilización de densidades de 40.000 a 70.000 plantas/ha, que corresponden a distanciamientos de 1.0 a 0.7 m entre surcos y 0.20 a 0.25 m entre plantas.

## Manejo de arvenses

Las arvenses representan un problema de importancia económica para la mayoría de los cultivos comerciales y, en el caso de la yuca, suelen ser un aspecto definitivo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta (figura 9). La determinación del período crítico de competencia es un dato específico de cada ambiente agroecológico que permite planificar adecuadamente el manejo de malezas en el cultivo (Aldrich & Kremer, 1997; Radosevich et al., 1997).



**Figura 9.** Arvenses asociadas al cultivo de yuca.

Foto: Emiro Suárez Paternina

Aunque la yuca es un cultivo que se adapta a condiciones adversas, varias investigaciones realizadas en la región Caribe han determinado que la época crítica de competencia de las malezas ocurre, en el cultivo de yuca, entre los primeros 60 y 90 días del ciclo. Este factor ocasiona una disminución del 50 % en los rendimientos si se los compara con una yuca libre de arvenses durante todo el ciclo (Rubiano & Cordero, 2019).

## Métodos de control de arvenses

Para un control integrado de arvenses, a lo largo de los años se han implementado diferentes alternativas de manejo. Dentro de estas destacan los controles manual, mecánico y químico, que suelen combinarse, ya que no existe uno que sea la solución definitiva para el control de las malezas.

Debido a que la yuca es un cultivo de crecimiento lento, es necesario realizar varios controles manuales de arvenses hasta que el cultivo cierre completamente los espacios e impida la entrada de luz, la cual favorece el crecimiento y desarrollo de las arvenses (figura 10). Este es uno de los métodos más usados en Colombia cuando se trata de áreas pequeñas que no requieran mucha mano de obra. Sin embargo, en áreas un poco más grandes, el control manual se combina con el químico y se inicia cuando el cultivo tiene entre 15 y 30 días de sembrado hasta que la cobertura de este lo permita (Ospina & Ceballos, 2012).

Por su parte, el control químico consiste en realizar la intervención mediante la utilización de herbicidas preemergentes. Con la aplicación de estas moléculas químicas se busca impedir el desarrollo e incremento de las malezas por un período comprendido entre los 45 y 50 días, etapa en la cual el follaje de la yuca aún no ha cerrado los surcos (figura 11).



**Figura 10.** Control manual de arvenses en cultivo de yuca.

Foto: Érica Salcedo Carrascal



**Figura 11.** Control químico de arvenses en el cultivo de yuca.

Foto: Érica Salcedo Carrascal

Para garantizar eficiencia en la aplicación, es importante que el suelo tenga una humedad adecuada, por lo que los suelos deben prepararse de manera tal que tengan buena aireación y porosidad. Antes de la siembra se recomienda una aplicación de glifosato para el control de las arvenses que hayan emergido. Para las variedades de uso industrial, se recomienda la mezcla de herbicidas de hoja ancha y angosta, como diuron (0,5 a 1,0 kg/ha) y metolaclor (1,0 a 2,0 l/ha), respectivamente. En términos generales, el control de las arvenses por medio de mezclas de herbicidas preemergentes puede tener una duración que oscila entre 35 y 40 días después de la siembra. Posteriormente, se recomienda una limpieza manual a machete y, finalmente, aplicaciones “dirigidas” con un herbicida como el glufosinato de amonio para mantener un buen control de arvenses en cultivo hasta que se presente un traslape del follaje entre plantas que eviten el crecimiento de las arvenses.

Estudios realizados por AGROSAVIA en las subregiones de Valle del Sinú, Valle del Cesar y Montes de María concluyeron que la aplicación de la mezcla de los herbicidas metolaclor y atrazina resultó ser la mejor para el control de arvenses en la fase de preemergencia y, por otro lado, el glufosinato de amonio para controlar las arvenses en posemergencia.

## Fertilización del cultivo de la yuca

A continuación, se describen los aspectos fundamentales a tener en cuenta para la fertilización del cultivo de yuca.

### Requerimientos nutricionales

La yuca es un cultivo altamente extractivo, principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). El orden de extracción de los nutrientes es el siguiente:  $K > N > Ca > Mg > P$  (Ospina & Ceballos, 2002). Los requerimientos de nutrientes del cultivo de yuca se muestran en la tabla 3.

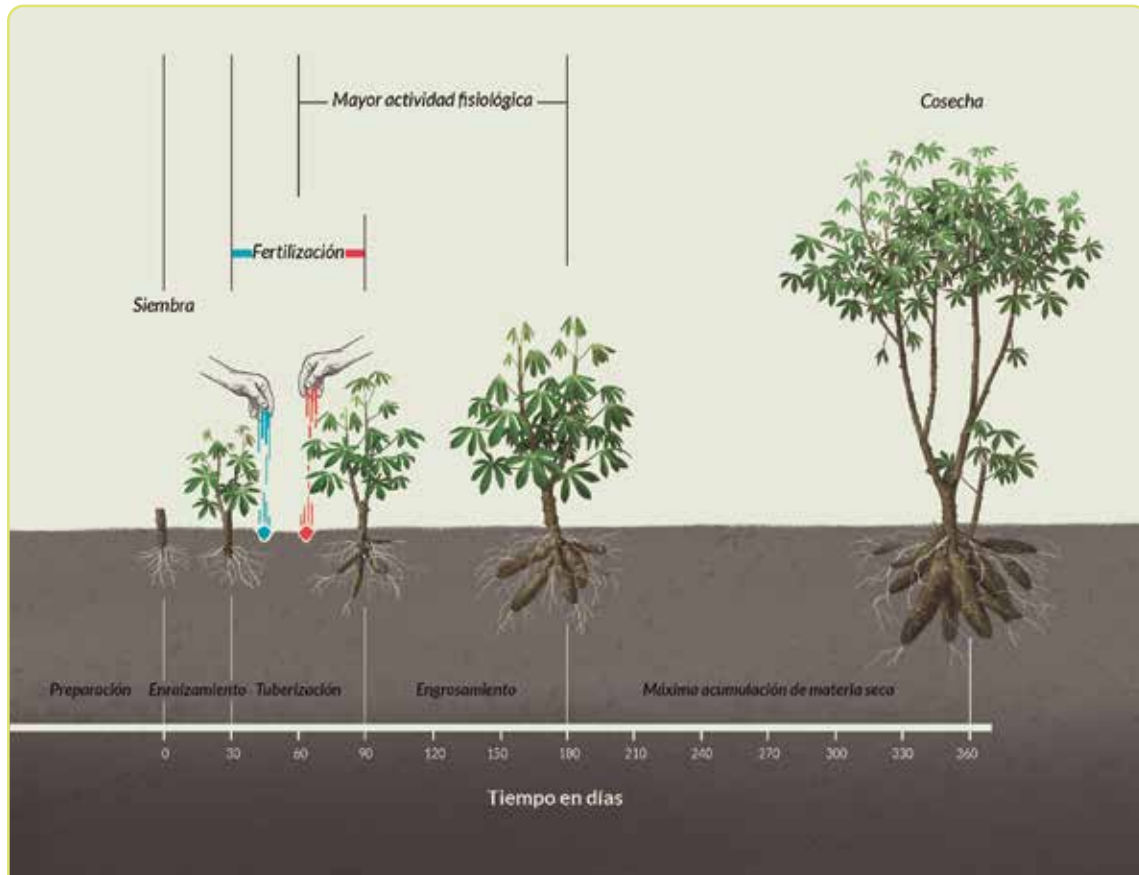
**Tabla 3.** Nutrientes extraídos por la yuca según su rendimiento

Nutriente	Extracción de nutrientes (kg/ha) para rrf	
	(15 t/ha)	(30 t/ha)
N	66,3	132,6
P	10,1	20,1
K	53,7	107,4
Ca	20,4	40,8
Mg	12,3	24,6

rrf: Rendimiento de Raíces Frescas

Fuente: Ospina & Ceballos (2002)

La aplicación de fuentes nitrogenadas y de potasio debe realizarse entre los 30 y 50 días después de la siembra. Por su parte, las aplicaciones de fósforo deben hacerse al momento de la siembra: en hoyos o al fondo de los surcos donde se posicionarán las estacas, esto puede facilitar su absorción (figura 12).



**Figura 12.** Época de aplicación de fertilización del cultivo de yuca.

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

En todos los casos, el plan de fertilización del cultivo se debe hacer con base en un análisis de suelo actualizado, de tal manera que se pueda establecer el balance entre la oferta nutricional del suelo y las necesidades del cultivo para determinar las cantidades de fertilizante a aplicar. Los diferentes estudios realizados sobre la respuesta a la aplicación de abonos químicos u orgánicos han sido de gran ayuda, lo cual se observa en sus resultados, a saber: el efecto benéfico y

altamente significativo sobre la producción y recuperación de la fertilidad del suelo.

En 2017, AGROSAVIA generó una oferta tecnológica que responde a las necesidades del cultivo de la yuca ante fertilizaciones realizadas con mezclas de fertilizantes químicos enriquecidos con fuentes de abono orgánico. Estas mezclas fueron desarrolladas en fincas de productores de los municipios de Chinú y Ciénaga de Oro, en Córdoba, y Sampués, en Sucre. Para aquellos productores que utilicen el sistema de producción de monocultivo para yuca industrial y consumo en fresco, AGROSAVIA recomienda la aplicación del 60 % del fertilizante químico requerido por el cultivo (150 kg/ha de urea, 80 kg/ha de fosfato diamónico y 83,5 kg/ha de KCl), más el 10 % del abono orgánico (500 kg/ha, 2 % N). En el sistema de producción de monocultivo con yuca industrial, cuando no se fertiliza se observa un incremento en el rendimiento promedio de 25,7 t/ha (26,2 t/ha en la localidad de Ciénaga de Oro y 25,2 t/ha en la localidad de Sampués). Adicionalmente, cuando se usa la tecnología recomendada mediante la aplicación de fertilización química y orgánica, el rendimiento se incrementó a 34,2 t/ha en promedio (32,9 t/ha en la localidad de Ciénaga de Oro y 35,5 t/ha en la localidad de Sampués).

Combatt et al. (2017), realizaron un estudio para determinar el rendimiento del cultivo de yuca con la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos tipo bocashi en el municipio de Ciénaga de Oro (Córdoba) utilizando la variedad ICA-costeña con una densidad de 12.300 plantas/ha. Con base en los resultados obtenidos, sugirieron que el tratamiento de 1.500 a 2.000 kg/ha de bocashi más 200 kg/ha de lombriabono, produce el mejor índice de cosecha (74,57 %) y valores más altos de raíces, masa seca de raíz y rendimiento.

# Enfermedades y plagas causantes de pérdidas en variedades de yuca forrajera




El forraje de la yuca constituye una fuente alternativa de proteínas y fibra para abastecer la demanda alimenticia animal durante las épocas críticas. Sin embargo, la producción, el rendimiento y la calidad del follaje pueden verse afectados por la incidencia de enfermedades y plagas.

## Enfermedades asociadas al follaje de la planta de yuca

Las enfermedades causadas por agentes bióticos (hongos, bacterias, virus, etc.) reducen el vigor de las plantas y la producción de biomasa y afectan enormemente la calidad nutricional del forraje. Algunos patógenos pueden causar afectaciones solo en el tallo de la planta, mientras que otros causan manchas, tizones, defoliaciones y secamiento del tallo. En la tabla 4 se describen las principales enfermedades que afectan a las variedades forrajeras.



**Tabla 4.** Descripción de síntomas causados por enfermedades asociadas al follaje de yuca

Enfermedad	Agente causal	Órgano que afecta	Síntomas	Manejo
<p><b>Mancha parda de la hoja</b></p> 	<i>Cercospora henningsii</i>	Hojas	Manchas de forma angular, y en algunos casos circular, limitadas por las nervaduras de color marrón oscuro en el centro de la lesión y halo amarillo (Álvarez et al., 2012).	Se recomienda emplear variedades resistentes y seleccionar para el establecimiento distancias de siembra tendientes a reducir excesos de humedad relativa.
<p><b>Añublo pardo fungoso o mancha café grande</b></p>  <p>Manchas grandes en las hojas</p>	<i>Cercospora vicosae</i>	Hojas	Mancha café grande, de forma irregular y sin bordes definidos que cubre gran parte de la hoja (Álvarez et al., 2012).	Sembrar variedades resistentes y emplear prácticas culturales para disminuir la humedad en el cultivo.
<p><b>Mancha blanca de la hoja de yuca</b></p> 	<i>Cercospora caribaea</i>	Hojas	Manchas pequeñas y circulares, con coloración blanca en el centro, borde café y halo amarillo de la lesión (Ceballos et al., 1977).	Sembrar variedades resistentes y prácticas culturales adecuadas para la regulación de las condiciones ambientales en el cultivo.

<p><b>Añublo bacteriano de la yuca</b></p> 	<p><i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>Manihotis</i></p>	<p>Hojas</p>	<p>Inicialmente se observan manchas angulares de consistencia acuosa. Usualmente, las lesiones cubren la mayor parte de la hoja y son de consistencia seca y color marrón, lo cual genera una apariencia de añublo o quemazón en las hojas. Finalmente, ocurre marchitez y muerte descendente de la planta (Zárate et al., 2021).</p>	<p>Para el manejo adecuado de la enfermedad se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplear para el establecimiento semilla de buena calidad genética y sanitaria, con tolerancia a la enfermedad.</li> <li>- Manejo adecuado de la plantación: desinfectar las semillas con solución de fungicidas, realizar buenos drenajes y fertilización, controlar malezas y erradicar plantas enfermas.</li> </ul>
---	---	--------------	---	---




Fuente: Elaboración propia




Fotos: Lily Luna Castellanos y Jorge García

## Plagas causantes de daños foliares y vasculares en yuca

Las plagas asociadas al cultivo de yuca forrajera pueden causar severas pérdidas en el rendimiento al disminuir la actividad fotosintética de la planta a partir del consumo directo del tejido foliar y el debilitamiento del tallo por ataques en este órgano. En la tabla 5 se detallan las principales plagas causantes de daños en yuca forrajera.

**Tabla 5.** Plagas causantes de daños en el forraje y tallo de plantas de yuca

Plaga	Nombre científico	Órgano que afecta	Daño
<p><b>Moscas de las agallas</b></p> 	<i>latrophobia brasiliensis</i>	Hojas	Las larvas de las moscas forman agallas que causan la deformación del tejido foliar (Cañarte et al., 2021).
<p><b>Trips</b></p>  <p>Deformación de folíolos por ataque de trips</p>	<i>Frankliniella williamsi</i> , <i>Scirtothrips manihoti</i> y <i>Corynothrips stenopterus</i>	Hojas	Al raspar y succionar la savia de las hojas, causan deformación de los folíolos y ocasionan la aparición de puntos cloróticos en las hojas (Belloti, et al., 1983).
<p><b>Ácaros</b></p> 	<i>Mononychellus</i> sp., <i>Tetranychus</i> sp. Y <i>Oligonychus</i> sp.	Hojas	Se alimentan de las hojas apicales, intermedias y bajas de la planta y dentro de los síntomas que producen, destaca la aparición de pequeños puntos amarillos a lo largo de las nervaduras centrales y zonas cloróticas que disminuyen la calidad del forraje (Belloti et al., 1983; Cañarte et al., 2021).

<p><b>Moscas blancas</b></p> 	<p><i>Bemisia spp.</i>, <i>Aleurotrachelus</i> spp. Y <i>Trialeurodes</i> spp.</p>	<p>Hojas</p>	<p>Ninfas y adultos se alimentan de la savia de las hojas, y causan amarillamiento desde el borde hacia el centro, reducción del tamaño foliar y en algunos casos deformación de hojas (Belloti et al., 1983).</p>
<p><b>Gusano cachón</b></p> 	<p><i>Erinnyis ello</i></p>	<p>Hojas</p>	<p>Las larvas consumen grandes cantidades de tejido foliar, tallos tiernos y brotes, lo cual causa defoliación (Belloti et al., 1983).</p>
<p><b>Barrenadores de tallo</b></p> 	<p><i>Chilomima clarkei</i></p>	<p>Tallo</p>	<p>Las larvas consumen grandes cantidades de tejido foliar, tallos tiernos y brotes, lo cual causa defoliación (Belloti et al., 1983).</p>

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Lily Luna Castellanos y Jorge García

## Frecuencia, época, altura y calidad en la producción de forraje

La frecuencia de corte del follaje de la yuca forrajera depende de la capacidad que tenga la planta para producir forraje y rebrotar. Estos aspectos dependen de factores como la variedad, la precipitación, la altura de corte y la fertilidad del suelo. Según Buitrago et al. (2001), cuando el cultivo se destina a la producción de forraje, es conveniente cosechar cada 2 meses en época lluviosa y cada 3 meses en época seca. Lo ideal es realizar cuatro cortes en un ciclo productivo al año y, de igual forma, mantener el cultivo durante 1 o 2 años, ya que con estas condiciones es posible obtener un producto de mejor calidad y máximo rendimiento.

En cuanto a la altura del corte, esta depende de la variedad, ya que algunas rebrotan más rápido que otras. El corte del follaje se debe realizar a una altura donde puedan mantenerse las reservas de la planta para el rebrote (figura 13). Se recomienda realizar el corte del follaje a la altura del tallo donde inicia el tallo verde (20 a 30 cm de suelo) (López et al., 2008).

La información bromatológica básica de las diferentes variedades muestra la amplia diversidad, que se expresa en un rango holgado de valores del contenido de materia seca, cenizas, proteína y fibra (tabla 6). En general, se evidencia la importancia de usar forraje de yuca como fuente de proteína y minerales (cenizas), mientras que la raíz tiene una alta importancia como fuente energética.



**Figura 13.** Altura recomendada (20 a 30 cm) para el corte de la yuca.

Foto: Emiro Suárez Paternina

**Tabla 6.** Composición nutricional del forraje y de la raíz de yuca

Ítem	Forraje (% mínimo-máximo)	Raíz (% mínimo-máximo)
Materia seca (%)	30,14 – 34,6	21,92 – 49,66
Proteína (%)	22,4 – 25,21	1,3 – 8,84
FDN (%)	36,48 – 50,55	
FDA (%)	20,54 – 33,53	
EM (Mcal/kg/ms)		1,33 – 9,25
Cenizas (%)	4,15 – 8,9	1,45 – 5,81

Fuente: Elaboración propia

## Cosecha

El ciclo de producción de un cultivo por lo general es de un año. Las raíces comienzan a engrosar a los tres meses y continúan incrementando su peso hasta los 9 o 15 meses. Las raíces de la yuca pueden cosecharse a los 7 meses de plantado el cultivo y permanecer en el suelo hasta tres años. Transcurrido el tiempo óptimo de cosecha, el contenido del agua y fibra aumentan y el porcentaje de almidón y su calidad disminuyen notablemente porque se produce gran cantidad de manchas. Las raíces recogidas o cosechadas se degradan en tres o cuatro días, por lo tanto, deben llevarse al lugar de almacenamiento y procesarse o consumirse sin demora. Es por este motivo que el deterioro de la postcosecha es una de las principales limitaciones de la producción, el transporte y el procesamiento de la yuca (Aguilera, 2012).

Adicionalmente, la cosecha puede realizarse de dos formas: manual o mecánicamente. La cosecha manual involucra varios momentos. El primero es el corte y selección del forraje y la semilla, fase en la cual se deja una parte del tallo de 20 a 40 cm de longitud, aproximadamente, adherida a las raíces para facilitar la cosecha. La segunda parte es la cosecha de las raíces, que comprende la recolección, limpieza y empaque de estas. La cosecha manual se puede hacer de varias formas dependiendo del sustrato. En suelos arenosos se puede realizar con la mano, sujetando y moviendo de un lado a otro el tallo hasta que salgan las raíces; en suelos más pesados y arcillosos se pueden utilizar palancas y, finalmente, se puede usar un arrancador, caso en el que, a modo de tenaza, se sujeta el tallo mediante un implemento de enganche que va unido a un palo de 2.5 m de largo o más. Se engancha entonces el tallo por su parte inferior y se hace palanca hacia arriba (Ospina et al., 2012). Por otro lado, teniendo en cuenta la proyección de la yuca en los mercados nacionales e internacionales, la mecanización del cultivo es una de las principales necesidades de la agricultura colombiana. Este método es más efectivo en suelos arenosos o cuando el cultivo está en caballones o camas. La acción consiste en aflojar el suelo y, en algunos casos, en voltearlo trabajando a profundidades de aproximadamente 40 cm (Ospina et al., 2012).

## Capítulo 3.

# Técnicas para la conservación de forraje de yuca y subproductos obtenidos de la cosecha de las raíces

La parte aérea y las raíces de la planta de yuca son utilizadas para la alimentación humana y animal, especialmente en rumiantes y herbívoros no rumiantes (Buitrago, 1990). Algunas investigaciones han demostrado que la parte aérea de la yuca transformada en harina o conservada como ensilaje o heno puede ser incluida en la formulación de raciones para animales (Meyreles & Preston 1977; Preston et al., 1998; Modesto et al., 2004; Nunes-Irmao, 2007; Trompiz et al., 2007; Soares, 2009; Morrillo, 2009). Cabe aclarar que su productividad y calidad nutricional dependen de variables como la variedad, la densidad de siembra, la edad de la planta, la época de corte, la fertilización y las condiciones edafoclimáticas (Rosero, 2002; Nunes-Irmao, 2007).

Para la alimentación animal, se deben utilizar variedades cuyas raíces y parte aérea sean altamente productivas. Asimismo, la planta debe presentar alta productividad de materia verde y seca, alto contenido de proteína, buena retención foliar y bajos contenidos de compuestos cianogénicos en sus hojas (Fukuda et al., 2006). Otra característica deseable es una alta capacidad de brotación después del corte.

# Ensilaje

El ensilaje es un método de conservación de forraje que se obtiene por medio de la fermentación de los carbohidratos solubles. Mediante este método de conservación, se mantienen las características nutricionales del forraje presentes al momento del corte. Durante el proceso de ensilaje tienen lugar dos grandes fases que se describen a continuación: la aeróbica y anaeróbica.

**Fase aeróbica:** esta fase inicia cuando el forraje es cosechado y transcurre durante el picado, la compactación y horas después del sellado hermético del silo. El oxígeno presente en el forraje es consumido por los microorganismos aeróbicos que aún siguen respirando, los cuales también utilizan los carbohidratos solubles del forraje como fuente de energía para la respiración. Durante este proceso se genera dióxido de carbono y agua, los cuales incrementan la temperatura dentro del silo hasta los 60 °C. La duración de esta fase es variable y depende de las condiciones en que se llevó a cabo el proceso de llenado. Puede durar desde unas pocas horas hasta varios días. Por lo tanto, reducir esta fase lo más que se pueda es una buena práctica en el proceso de ensilaje, ya que los carbohidratos solubles se están consumiendo y, además, otros nutrientes están siendo desnaturalizados, razón por la cual el animal no los aprovechará. Es decir, el calor generado por una fase aeróbica de larga duración puede elevar la temperatura del forraje a tal grado que cause una disminución en la calidad nutricional del forraje (Mejía et al., 2013).

**Fase anaeróbica:** empieza cuando el oxígeno contenido en el silo se agota. Durante esta fase los microorganismos anaeróbicos (bacterias que crecen en ausencia de oxígeno) empiezan a multiplicarse. Estos microorganismos benéficos producen ácido láctico a partir de los azúcares del forraje conservado. El ácido láctico que es producido disminuirá el pH del ensilado, es decir, aumentará la acidez, que es lo que se quiere en esta fase del proceso. La fermentación cesará completamente después de 3 semanas, cuando el pH sea

tan bajo como para inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables (Mejía et al., 2013).

Se pueden implementar ciertas prácticas para reducir el tiempo en que los microorganismos aeróbicos y las enzimas oxidantes del forraje pueden funcionar. Dentro de estas se destacan: el tamaño adecuado de la partícula y realizar una buena compactación y sellado que garanticen la ausencia de aire.

## Proceso para la elaboración del ensilaje de yuca forrajera

Cuando se establece yuca para la producción exclusiva de forraje, este se debe cortar por primera vez a una altura de 15 a 20 cm del suelo tres meses después de haberse establecido el cultivo (figura 14). El mismo tiempo debe transcurrir para hacer uso de los rebrotes. Con este manejo se pueden realizar entre 3 y 4 cortes por año. Si embargo, cuando la yuca se siembra para aprovechar la raíz, el forraje disponible en el cogollo se puede utilizar a partir de los 8 meses.



**Figura 14.** Cultivo de yuca forrajera para corte.

Foto: Yacerney Paternina Paternina

Una vez cosechado el forraje de toda la parte aérea, se acarrea al lugar donde se disponga del triturador de pasto. En caso de que se tenga una máquina que funcione con combustible, el picado del material se realiza en el mismo lote, lo cual reduce el empleo de mano de obra (figura 15). Se debe procurar obtener un tamaño de la partícula del forraje que oscile entre 10 y 20 mm; con este tamaño se facilitará la compactación del material.



**Figura 15.** Preparación del forraje para la elaboración de ensilaje. a. Corte y acarreo de yuca forrajera; b. Picado del forraje de yuca para la elaboración de ensilaje.

Fotos: Emiro Suárez Paternina

Cuando se realiza ensilaje del forraje de yuca, para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos anaeróbicos es fundamental adicionar un aditivo como fuente energética, las cuales pueden ser melaza, salvado (maíz o trigo) o harina de la raíz de yuca (figura 16). En caso de que se utilice melaza, el nivel de inclusión de este aditivo podrá oscilar entre 0,05 y 2 % por tonelada; igualmente, se recomienda diluir la melaza en igual volumen de agua. Por otro lado, si se emplean salvados o harinas, el nivel de inclusión oscilará entre 2 y 4 % por tonelada. La adición de estas materias primas contribuirá a disminuir la humedad del ensilaje (Rivero et al., 2015).



**Figura 16.** Aplicación de aditivos para promover el proceso fermentativo. a. Aplicación de aditivos con regadera; b. Aplicación de aditivo con bomba de espalda.

Fotos: Emiro Suárez Paternina

Para los pequeños productores, se recomienda emplear formaletas circulares desarmables con capacidad de dos toneladas (figura 17). En caso de que se utilice esta estructura para elaborar el ensilaje, inicialmente se debe extender sobre el suelo un plástico (calibre 4) y sobre este armar la formaleta. Posteriormente, deben depositarse capas entre 15 y 25 cm del forraje picado y compactarlas. La compactación se puede realizar utilizando el peso corporal de los mismos trabajadores, sin embargo, se debe procurar que las botas estén lo suficientemente limpias con el fin de evitar contaminación. El proceso anterior se repite hasta completar el volumen total de la formaleta. Posteriormente, se desarma la formaleta y se procede a tapar la torta con un plástico calibre 4. Finalmente, se amarra con nylon de polipropileno. Se recomienda agregar tierra sobre la base del perímetro de la torta con el objetivo de evitar la entrada de aire (figura 18).

La compactación es uno de los factores que incide en la calidad del forraje conservado. La finalidad de esta fase es eliminar el oxígeno presente entre las partículas del forraje, lo que permitirá que se inicie rápidamente el proceso de fermentación.



**Figura 17.** Formaleta metálica circular para la elaboración de ensilaje.

Fotos: Emiro Suárez Paternina



**Figura 18.** Compactación del ensilaje. a. Compactación del material con el peso corporal; b. Torta de ensilaje sellada herméticamente.

Fotos: Emiro Suárez Paternina

## Heno de forraje de yuca

La parte aérea de la planta de yuca está compuesta por tallos, hojas y peciolos en proporciones variables. El heno de esta planta se caracteriza por sus altos contenidos de proteína y buena digestibilidad, asimismo, es una fuente considerable de vitamina A, C y complejo B. Además, contiene proporciones aceptables de minerales como Ca y Fe. Con base en las características nutricionales citadas anteriormente, el heno de yuca puede emplearse en sistemas de alimentación para bovinos, particularmente durante épocas de sequía.

El principio de la técnica de conservación consiste en cortar y picar el forraje para luego, a través de la exposición al sol por un periodo de 24 a 48 horas, deshidratar el material hasta alcanzar un grado de humedad entre 10 y 18 % con el fin de favorecer su conservación. Con el picado y la deshidratación se elimina el ácido cianhídrico a concentraciones seguras en caso de que se utilicen yucas industriales. Para el secado se debe disponer de una pista en concreto o utilizar polisorbras del 50 %, las cuales deben ser extendidas y fijadas en el suelo. Posteriormente, se esparce el material para conformar capas de 2 a 5 cm y se procura voltearlo varias veces al día con el fin de facilitar el secado. Otra estructura que se puede utilizar para el secado del material son las marquesinas, como se ilustra en la figura 19.

El almacenamiento se debe realizar en sacos o bolsas de polietileno para evitar que el material se humedezca. Asimismo, hay que transportar los sacos a un lugar de almacenaje, que puede ser una bodega o lugar con cobertizos, los cuales limitan el deterioro del material. Bajo estas condiciones el material conservado puede durar hasta un año sin perder sus características nutricionales.



**Figura 19.** Elaboración del heno. a. Secado del material en marquesina; d. Empaque del heno.

Fotos: Emiro Suárez Paternina

# Harina y chips de yuca: subproductos principales de la raíz de yuca

Las raíces de yuca procesadas tienen una amplia aceptación en forma de chips o harina; estos son los principales subproductos alimenticios obtenidos de las raíces de yuca. Se consideran alimentos alternativos con un excelente aporte energético, además, pueden reemplazar parcialmente algunos cereales utilizados tradicionalmente en los diferentes sistemas de producción animal principalmente por la constante oscilación en los precios de los cereales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) (2011), más de un tercio de la producción de yuca se destina a la alimentación animal. Comercialmente, la raíz de yuca es la parte más apetecida y valorada por la agroindustria nacional debido a sus múltiples usos, tanto culinarios como industriales. Para el proceso de elaboración de los subproductos, chips y harina de yuca, se indican los siguientes procedimientos:

## Cosecha de raíces

La cosecha de raíces de yuca se realiza alrededor de los nueve meses de haberse establecido el cultivo (figura 20). En el caso de las variedades liberadas por AGROSAVIA (Ropain, Belloti, Sinuana y Corpoica TAI), se han registrado rendimientos promedio de 35,37; 31,62; 31,13 y 19,29 (t/ha), respectivamente.





**Figura 20.** Cosecha de las raíces. a. Cosecha manual de yuca; b. Raíz de yuca.

Fotos: Lorena Inés Mestra Vargas

## Lavado de las raíces

Posterior a la cosecha, las raíces seleccionadas (raíz integral con cáscara) son lavadas a mano con agua a presión o lavadoras mecánicas para eliminar residuos de tierra y otras impurezas (figura 21).



**Figura 21.** Lavado de las raíces. a. Raíces de yuca con cáscara listas para ser lavadas; b. Raíces de yuca limpias y aptas para el picado.

Fotos: Emiro Suárez Paternina

## Picado de raíces

Acto seguido, las raíces deben cortarse manualmente con machete o mecánicamente con una picadora en rebanadas gruesas de 3 a 5 cm (figura 22).



**Figura 22.** Picado de raíces de yuca.

Foto: Emiro Suárez Paternina

## Secado de raíces

Este proceso tiene tres propósitos principales: eliminar la humedad de las raíces, garantizar la reducción de ácido cianhídrico (HCN) y concentrar los nutrientes presentes en las raíces de yuca frescas, especialmente el almidón, y facilitar la incorporación del producto final

en las raciones balanceadas para consumo de animales. El secado puede realizarse de manera natural, por radiación solar (secado al sol), o artificialmente mediante secadores, entre los que se indican los secadores estáticos, secadores de fondo movedizo, secadores de fondo fluidizado o secadores rotativos, que dependen de la viabilidad económica del productor.

El secado natural (secado al sol) se logra ubicando las raíces de yuca picadas con una densidad de  $8 \text{ kg/m}^3$  en carpas de polietileno ( $3,0 \times 3,0 \text{ m}$ ) sobre pistas de cemento (figura 23). El secado se logra en un tiempo máximo de 72 h de exposición siempre procurando voltear las raíces cada tres horas.



**Figura 23.** Secado de yuca en carpa plástica y pista de concreto. También se puede usar el secado en marquesina (figura 19a).

Fotos: Amaury Espitia y Bernardo Ospina

## Valoración del contenido de humedad de raíces

El punto óptimo de secado se logra cuando las raíces secas adquieren menos del 15 % de humedad, lo cual se confirma de manera práctica tomando un pedazo de la raíz seca: si rasga como una tiza en piso de cemento, indica que el grado o contenido de humedad es el adecuado (Sampaio et al., 1997)

Otra forma de determinar el contenido de humedad de las raíces e intrínsecamente el porcentaje de materia seca contenido (% ms) es mediante el cociente de la división entre el peso obtenido de las raíces completamente secas y el peso de las raíces frescas picadas antes del secado multiplicado por 100.

## Almacenamiento y conservación de los subproductos

Los chips o harina de yuca pueden almacenarse en lonas o sacos de fibra (61 × 93 cm) de 50 kg de capacidad debidamente cerrados con un nudo o un nylon en la boca del saco. Estos se disponen sobre tolvas de madera y bajo techo para protegerlos del ataque de roedores y de la lluvia. Bajo estas condiciones se puede conservar hasta por 6 meses.

# Bloques multinutricionales

Durante las épocas de sequía, la calidad nutricional de los pastos disminuye considerablemente, lo cual afecta el consumo de materia seca y nutrientes (proteína y energía) y, en consecuencia, reduce la producción de leche y las ganancias de peso de los animales. En ese sentido, una de las alternativas alimenticias que puede ser utilizada para suplir el déficit de nutrientes es la suplementación con bloques multinutricionales (BMN), los cuales proveen de forma concentrada energía, proteína y minerales: nutrientes necesarios para establecer un buen ambiente ruminal y, con ello, generar las condiciones adecuadas para un mejor aprovechamiento de la materia orgánica ingerida.

Para la elaboración de los BMN, pueden emplearse diferentes materias primas o subproductos de la agroindustria, como follaje de leguminosas, árboles y arbustos energético-proteicos. Sin embargo, al momento de suplementar, el productor debe seleccionar aquellas materias primas que estén disponibles en la región o la finca, ya que esto contribuirá a reducir los costos de producción. Algunas de las materias primas utilizadas en la fabricación de BMN, así como sus respectivos niveles de inclusión pueden observarse en la tabla 6. Se recomienda moler y secar el follaje proveniente de la yuca, las leguminosas, los árboles y los arbustos hasta convertirlos en harina, ya que este proceso facilitará la mezcla y la compactación del bloque.



**Tabla 7.** Materias primas y niveles de inclusión para la elaboración de BMN en la región Caribe de Colombia

Fuente de nutriente	Forrajes	Porcentaje de inclusión (%)
Energía	Melaza	25 - 60
	Harina de raíz de yuca	20-30
	Salvado de maíz	20-30
	Salvado de trigo	20-30
Proteína	Harina de hoja de yuca	20-30
	Cratilia ( <i>Cratylia argentea</i> )	20-30
	Leucaena ( <i>Leucaena leucocephala</i> )	20-30
	Guandul ( <i>Cajanus cajan</i> )	20-30
	Matarratón ( <i>Gliricidia sepium</i> )	20-30
	Guácimo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )	20-30
	Jobo ( <i>Spondias mombin</i> )	20-30
	Campano ( <i>Albizia saman</i> )	20-30
Totumo ( <i>Crescentia cujete</i> )	20-30	
Nitrógeno no proteico	Urea	5-10
Mineral	Sales mineralizadas	3-5
	Azufre	3-5
Aglutinante	Cal hidratada	8-10

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, para la elaboración de los BMN debe tenerse en cuenta la disponibilidad de las materias primas y el costo de estas. Actualmente, en los departamentos de Córdoba, Bolívar y Sucre la yuca es cultivada a gran escala para su uso industrial. Sin embargo, esta puede utilizarse también para la alimentación de bovinos, pues con sus raíces y hojas se fabrica harina, la cual puede incluirse en las fórmulas para la fabricación de BMN (tabla 8).

**Tabla 8.** Fórmula para la elaboración de BMN con inclusión de harina de raíz y hoja de yuca

Materias primas	Nivel de inclusión (%)	Kg
Melaza	40	2
Harina de hoja de yuca	20	1
Harina de raíz de yuca	20	1
Cal	10	0,5
Urea	5	0,25
Sal Mineralizada	2,5	0,125
Azufre	2,5	0,125
Total	100	5

Fuente: Elaboración propia

Considerando la fórmula anterior, el proceso para la elaboración del BMN consiste, en primera instancia, en pesar cada una de las materias primas teniendo en cuenta el nivel de inclusión. Si la elaboración es manual, se recomienda elaborar bloques de 5 kg para facilitar la mezcla de los ingredientes. Se debe disponer de un balde para diluir la urea, la sal mineralizada y el azufre en la melaza (mezcla 1). Posteriormente, en otro recipiente cóncavo y amplio se deben mezclar las harinas de hoja y raíz de yuca con la cal hidratada (mezcla 2). Finalmente, se procede a mezclar homogéneamente ambas mezclas hasta lograr una consistencia firme, la cual puede ser comprobada empuñando una porción del material: si esta no se desmorona está lista para ser compactada en un recipiente plástico, de madera o metal, que debe lubricarse con aceite vegetal para facilitar la extracción del BMN. Se deben adicionar pequeñas cantidades de la mezcla y esparcir uniformemente en el molde. Finalmente, se pueden compactar con un mazo (figura 24).



**Figura 24.** Proceso de elaboración de BMN . a. Melaza; b. adición de melaza a la mezcla; c. Mezcla de ingredientes; d. Consistencia de la mezcla; e. Compactación del BMN; f. BMN elaborado.

Fotos: Érica Salcedo Carrascal

## Capítulo 4.

# Rendimientos y composición nutricional del forraje de yuca

La producción y calidad nutricional del follaje depende —como la de las raíces— de factores como la fertilidad del suelo, la edad de la planta, la variedad y la disponibilidad de agua (Buitrago, 1990; Montaldo 1991). Además, hay un factor que influye directamente en la calidad de cada uno de los subproductos que se obtienen de la parte aérea, a saber, la calidad del follaje original, que varía por la edad de la planta, la variedad y la proporción entre las hojas y el tallo (Buitrago, 1990; Trompiz et al., 2007; Nunes-Irmao, 2007).

Aunque cualquier variedad de yuca puede destinarse a la producción de forraje, es necesario identificar aquellas que brindan los más altos rendimientos, parámetro que contribuye a reducir los costos por unidad de producto. Por otro lado, factores como la densidad de la planta también pueden influir en los rendimientos del forraje.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, al evaluar la variedad Mcol 2215 a tres edades de cosecha (80, 90 y 100 días) y tres densidades de siembra bajo las condiciones edafoclimáticas del municipio de Sahagún, Córdoba, Paternina (2006) reportó que los factores evaluados no incidieron significativamente en los rendimientos de forraje verde durante la época de lluvia (tabla 9).

**Tabla 9.** Rendimiento de forraje verde (kg/ha) de variedad Mcol 2215 de yuca con tres densidades de siembra, en tres cortes en el municipio de, Sahagún, Córdoba

Edad de corte (d)	Kg forraje verde/ha
80	9564,0
90	9052,0
100	7905,0
Promedio	8840,0
Densidad de siembra (Plantas.ha-1)	Kg forraje verde/ha
42.840	9124,0
71.400	8665,0
99.960	8732,0
Promedio	8840,3

Fuente: Paternina (2006)

Como se mencionó anteriormente, la variedad es uno de los factores que influye en los rendimientos de forraje. Ensayos agronómicos realizados por AGROSAVIA (2008) en el municipio de Corozal, Sucre, indicaron que las densidades de siembra (48.000, 55.000, 60.000) y las variedades de yuca forrajera evaluadas (SM 2081-34, SM 2612-24, SM 1438-2, y SM 1511-6) influyeron en la producción de forraje. La variedad SM 2081-34 presentó los mayores rendimientos (73,3 t/ha) cuando se implementó una densidad de 60.000 plantas/ha (tabla 10).

**Tabla 10.** Rendimiento de forraje verde (kg/ha) de cuatro variedades de yuca con tres densidades de siembra, en cuatro cortes en el municipio de, Corozal, Sucre

Variedad	Densidad (plantas/ha)		
	48.000	55.000	60.000
SM 2081-34	56,6	42,4	73,3
SM 2612-24	44,3	52,0	52,1

SM 1438-2	37,1	52,8	51,3
SM 1511-6	40,7	49,1	47,1
Promedio por Densidad (t/ha)	44,7	49,1	56,0

Fuente: Elaboración propia

La época y edad de corte también influyen sobre el rendimiento de las yucas forrajeras. A este respecto, al evaluar la producción y calidad del forraje de tres variedades de yuca bajo tres densidades de siembra en el Caribe húmedo, Gómez et al. (2016) reportaron que los mayores rendimientos de forraje tuvieron lugar entre los meses de mayo y agosto. Este resultado era de esperarse ya que durante estos meses caen el 70 % de las precipitaciones que se registran en el año. Sin embargo, los rendimientos de forraje pueden disminuir en un 58,4 % durante la época de sequía en todas las variedades de yuca evaluadas (tabla 11).

**Tabla 11.** Variación de los rendimientos de forrajes en tres variedades de yuca forrajera durante la época sequía y lluvia en Cerete, Córdoba

Variedad	Sequía	Lluvia
SM 2546-40	8,68 a	21,49 b
SM 1511-6	9,66 a	24,7 ab
SM 2081-34	13,03 a	29,21 a

Nota: Letras diferentes en las columnas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5 %.

Fuente: Gómez et al. (2016)

La edad de corte afecta significativamente los rendimientos de forraje. En este orden de ideas, Gómez et al. (2016) reportaron que a la edad de 75 días se registraron los menores rendimientos de forraje, los cuales incrementaron en un 26,0 % y 43,4 % a la edad de 90 y 105 días, respectivamente (tabla 12). Los mayores rendimientos observados a la edad de 105 días pueden relacionarse con el contenido de materia seca del forraje, ya que a mayor edad los tallos van madurando, con lo cual incrementan los niveles de fibra y, en consecuencia, el contenido nutricional y la digestibilidad tienden a disminuir. Por lo

tanto, con base en los resultados expuestos por Gómez et al., (2016), la edad adecuada de cosecha de la yuca forrajera es a los 90 días, cuando el contenido de nutrientes es bueno.

**Tabla 12.** Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y la composición nutricional de yucas forrajeras

Edad de Corte (d)	kg/ha	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIGMS (%)
75	18,33 b	22,4 a	43,4 b	25,5 b	69,0 b
90	24,74 ab	19,3 b	44,6 b	27,9 b	67,1 b
105	32,36 a	19,3 b	50,1 a	30,3 a	65,2 a

Nota: Letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%.

Fuente: Gómez et al. (2016)



Foto: Emiro Suárez Paternina

# Calidad nutricional de subproductos, chips y harina de yuca

La calidad nutricional de los subproductos de yuca varía de acuerdo con factores como la variedad de la yuca, la edad de la planta, la época del año y el tipo de procesamiento. En la tabla 13 se presenta la concentración de nutrientes de la raíz de la yuca y sus subproductos. Con respecto al aporte de nutrimentos, las raíces de yuca contienen altas concentraciones de carbohidratos como el almidón: principal fuente de energía (70 a 85 % de la materia seca). El 5 % de este almidón escapa a la fermentación ruminal (Preston et al., 1999) y aporta glucosa. El resto sirve como sustrato fermentable y contribuye al incremento de la proteína bacteriana y la producción de ácidos grasos volátiles. Las raíces contienen sacarosa, maltosa, glucosa, fructosa y proteína (en cantidades limitadas) y altas concentraciones de aminoácidos de calidad, como lisina y triptófano, en su fracción proteica verdadera (Smith, 1988). De modo que, cuando las raíces se procesan adecuadamente, son una fuente de energía básica para la alimentación intensiva del ganado.

**Tabla 13.** Calidad nutricional de subproductos, chips y harina de yuca

Item	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	CHOT (%)	EB (Mcal/kg)	Fuente
Raíces sin cáscara	90	2,4	-	-	91,0	3,43	Buitrago (1990)
Chips de yuca	87,2	2,93	13,5	7,27	93,4	4,03	Mestra (2015)
Harina de raíz de yuca con cáscara	88,7	3,6	8,5	5,7	-	4,0	Marques et al. (2000)
	90	3,05	6,01	4,85	83,8	-	Buitrago (1990)

Fuente: Elaboración propia con base en Buitrago (1990) y Marques et al. (2000)

# Calidad nutricional del heno de yuca

Tras el proceso de deshidratación del forraje de yuca, la calidad nutricional guarda prácticamente las mismas características nutricionales que al momento en que fue cosechado. No obstante, se observan variaciones significativas en el contenido de materia seca, el cual pasa de un 25 % al momento del corte a un 93 % tras el secado (Tomich et al., 2009). De acuerdo con Gonçalves & Borges (1997), para favorecer el proceso de conservación del heno de yuca, este debe presentar menos del 18 % de humedad. Los autores citados anteriormente también afirmaron que las características nutricionales del heno de yuca tienden a variar de acuerdo con la parte de la planta cosechada: el primer tercio superior de la planta registra la mejor composición nutricional (tabla 14).

**Tabla 14.** Calidad nutricional del forraje de yuca según la parte aérea cosechada

Parte de la planta	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)	DIGMS (%)
1/3 parte aérea	93,3	21,1	52,7	42,2	7,3	55,6
2/3 de la parte aérea	93,2	19,2	53,4	45,0	8,1	54,8
Parte aérea completa	93,1	16,3	55,9	47,0	13,4	51,7

Fuente: Elaboración propia con base en Tomich et al. (2009)

## Calidad nutricional de los bloques multinutricionales

Nutricionalmente, los BMN se caracterizan por ser un suplemento concentrado de alta digestibilidad que proporciona de forma lenta y segura nitrógeno no proteico (NNP), proteína, energía y minerales (tabla 15). Estos nutrientes son necesarios para establecer un buen ambiente para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos ruminales, especialmente durante la época seca. Durante este periodo, la calidad nutricional de las pasturas —principal recurso forrajero empleado en la alimentación de los bovinos en condiciones tropicales— disminuye y no supe los requerimientos del animal, aspecto que limita su desempeño productivo.

**Tabla 15.** Composición nutricional del pasto *Bothriochloa pertusa* durante la época seca y de los BMN elaborados con forrajes de yuca

Forraje	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIGMS (%)	EM (Mcl. kg.MS)	Ca (%)	P (%)
<i>B. pertusa</i>	73,3	5,39	58,33	47,74	52,76	1,90	0,49	0,42
BMN	81,0	29,76	27,02	13,61	81,01	2,92	3,33	0,54

Fuente: Elaboración propia

## Concentraciones de cianuro en la yuca: rangos seguros para la alimentación animal

Uno de los principales obstáculos para utilizar raíces de yuca en la alimentación animal es el cianuro que contienen, el cual afecta la seguridad de los rumiantes. Los tejidos de la planta de yuca contienen glucósidos cianogénicos o cianoglucósidos (linamarina y lotaustralina), cuyas concentraciones varían considerablemente entre variedades y, también, de acuerdo con las condiciones climáticas. Al hidrolizarse, estos glucósidos cianogénicos liberan ácido hidrocínico (HCN), el cual tiene efectos tóxicos que pueden ocasionar daños crónicos o la muerte de los animales. En raíces frescas, el contenido normal de cianoglucósidos es de 15 a 400 mg/kg de peso húmedo, aunque existen variedades con contenidos de HCN de 10 mg/kg (muy bajo) o de 2.000 mg/kg (muy alto). La yuca a menudo se clasifica como “amarga” o “dulce” según la cantidad de cianuro presente, cuyo límite de seguridad es de 10 mg/kg de peso seco. Los niveles inferiores a 100 mg/kg de peso seco se consideran seguros en las hojuelas o chips de yuca para alimentar diferentes clases de ganado (International Fund for Agricultural Development [IFAD] & Food and Agriculture Organization [FAO], 2004).

El contenido de HCN no es igual en todas las variedades y, en muchos casos, los procesos de selección y adaptación de estas a ciertas regiones han hecho que se presenten niveles altos o bajos (tabla 16). De las variedades tradicionales que actualmente se encuentran en el banco de germoplasma del CIAT, se destacan las variedades de la región Andina y Orinoquía por tener los niveles de HCN más bajos tanto en las raíces como en las hojas. Sin embargo, las variedades de la región Caribe presentan niveles más bajos que en comparación con las variedades amargas usadas en el Amazonas.

**Tabla 16.** Concentración de ácido cianhídrico HCN en variedades de yuca en diferentes zonas agroecológicas de Colombia

Región	Variedades	HCN raíces (ppm base seca)	HCN hojas (ppm base seca)
Amazonas	COL2315, COL2316, COL2353, COL2469, COL2493	798	4.034
Andina	COL1108, COL2017, COL2019	88	1.633
Caribe	COL1722, COL22, COL474, COL638	385	3.118
Orinoquia	COL1292, COL1398, COL1505, COL1823, COL2215, COL2246	121	1.534

Fuente: Ospina et al. (2020)

## Capítulo 5.

# Evaluación del forraje de yuca en la respuesta animal (carne y leche)

Considerando que durante la época de sequía en la región Caribe los sistemas ganaderos registran disminuciones considerables en los volúmenes de producción de leche y carne, es pertinente emplear planes de alimentación con cultivos forrajeros o subproductos agroindustriales energético-proteicos que ayuden a mitigar la escasez de forraje para mantener los niveles de producción. En ese sentido, este capítulo recopila información sobre las experiencias de AGROSAVIA empleando forraje de yuca para la suplementación de bovinos.

## Recomendaciones uso de raíces de yuca en la alimentación de rumiantes

En rumiantes, la sustitución del maíz o el sorgo por las raíces secas de yuca como principal fuente de energía ha dado resultados satisfactorios, principalmente en animales en fase de crecimiento o lactancia. En cuanto al manejo de la alimentación y los rendimientos productivos de animales alimentados con subproductos de yuca, estudios realizados por Smith (1988) y Mouro et al. (2002) han demostrado que cuando estos subproductos se complementan con nitrógeno no proteico, minerales, vitaminas y forrajes, se obtienen altos rendimientos en ganados bovino y ovino lechero (producción y calidad de la leche) y de carne. Este hecho estaría asociado al incremento en el consumo voluntario de materia seca del forraje y la

mayor tasa de digestibilidad de nutrientes, como ha sido reportado en las revisiones relacionadas con el efecto del uso de yuca en la alimentación animal.

Los subproductos en forma de harina o chips de yuca pueden incluirse en proporciones del 30 al 70 % de la ración. La harina integral y los chips de yuca pueden suministrarse en cantidades de hasta 4 kg de ms/animal/día siempre y cuando se complementen con fuentes de proteína o con nitrógeno no proteico (NNP), como la urea, en una proporción del 2 % de la ración. Es decir, por cada kilogramo de harina de yuca se pueden adicionar 20 g de urea.

Ensayos realizados por AGROSAVIA demostraron que al suplementar vacas doble propósito con 5 kg de ensilaje de yuca, 5 kg de ensilaje de sorgo y BMN con harina de hoja de yuca durante la época seca, alcanzaron una mejor condición corporal que las vacas no suplementadas (figura 25). Asimismo, se observó un efecto significativo de la suplementación sobre la producción de leche: la producción de leche en vacas suplementadas fue mayor en un 13,3 % en relación con las no suplementadas (tabla 17).



**Figura 25.** Condición corporal de vacas doble propósito suplementadas durante la época de sequía con ensilaje de yuca, sorgo y BMN.

Foto: Emiro Suárez Paternina

**Tabla 17.** Producción de leche de vacas doble propósito suplementadas durante la época de sequía con ensilaje de yuca, sorgo y BMN en el sur de Bolívar

Tratamiento	Condición Corporal (Escala 1 a 5)	Litros/vaca/día
Pastoreo	3,0 b	3,9 b
Pastoreo + ensilaje de yuca + ensilaje de sorgo + BMN	3,5 a	4,5 a

Escala de 1 a 5 donde 1 corresponde a un animal flaco y 5 a un animal gordo. Las letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en un estudio realizado en el Centro de investigación Turipaná (Cereté, Córdoba), se evaluó el efecto del consumo de sub-productos energéticos y proteicos en la respuesta productiva de vacas romosinuano hasta el día 60 postparto (tabla 18). Para dicho fin se implementaron dos tratamientos conformados por 10 animales. Al tratamiento 1 (T1) se le aplicó pastoreo y sal mineralizada y al tratamiento 2 (T2) pastoreo, sal mineralizada y concentrado conformado por chips de yuca (54 %) torta de algodón (38,4 %) y melaza (7,7 %). Las variables estudiadas fueron: consumo total de alimento, consumo de nutrientes digestibles totales y condición corporal (figura 26). Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con incrementos para el grupo de vacas del T2. Se concluyó que los chips de yuca suministrados en proporciones del 54 % a la ración de vacas en pastoreo constituyen una fuente alimenticia que influye positivamente en las variables productivas de animales durante el postparto.

**Tabla 18.** Efecto de la suplementación con chip de yuca sobre el consumo de materia seca y condición corporal de vacas romosinuano

Ítem	Tratamientos		Diferencia
	T1: Control (n=10)	T2: Suplementadas (n=10)	
CMST (kg/d)	11,1	13,0	1,9
CNDT (kg/d)	6,2	8,08	1,88
CC	5,0	7,0	2,0

CMST: consumo de materia seca total; CNDT: consumo de nutrientes digestibles totales; CNDT: condición corporal (escala de 1 a 9 puntos).

Fuente: Elaboración propia



**Figura 26.** Condición corporal de vacas romosinuano suplementadas con concentrado conformado por harina de yuca.

Foto: Mati Luz Doria

Estudios realizados por Pérez & Yepes (2009) también han documentado la respuesta de vacas doble propósito suplementadas durante 90 días con follaje y raíz de yuca fresca de la variedad venezolana (Mcol 2215). La ración diaria que recibieron las vacas fue de 5,6 kg, de los cuales el 70 % correspondió a follaje y 30 % a raíz fresca. Con un aporte nutricional de la dieta del 16 % de proteína y 0,566 Mcal de energía metabolizable, la suplementación favoreció el aumento significativo de 0,5 litros por vaca al día durante el periodo de la evaluación. Por su parte, al evaluar la suplementación con diferentes niveles de inclusión de harina de yuca sobre el desempeño productivo de bovinos de la raza limousin, Retnaningrum et al. (2021) reportaron que las mayores ganancias diarias de peso (1.350 g/animal/d) fueron registradas en los bovinos que recibieron 40 % de harina de yuca en la dieta (tabla 19). Esto sugiere que este nivel de inclusión es recomendable para productores locales.

**Tabla 19.** Ganancia de peso de bovinos de la raza limousin suplementados con diferentes niveles de harina de yuca

	Tratamientos				
	T1 n=6	T2 n=6	T3 n=6	T4 n=6	T5 n=6
<sup>1</sup> Inclusión (%)	30	40	50	60	70
GDP (g/animal/d)	1,270	1,350	1,050	0,760	0,30

<sup>1</sup> Porcentaje (%) de harina integral de yuca en el suplemento conformado por torta de palmiste, premezcla mineral y urea.

Fuente: Retnaningrum et al. (2021)

## Consumo del heno de forraje de yuca

Vera et al. (2019) también evaluaron las raciones de heno a base de follaje de yuca en vacas lecheras en pastoreo, a las que suministraron en la ración un 20 % de follaje de yuca. Los animales evaluados aumentaron la producción a 2,9 litros/vaca/día. Además, se obtuvieron niveles óptimos de sólidos totales.

**Tabla 20.** Suplementación de vacas con heno de yuca

Inclusión de heno de yuca kg /d	Leche (3,5 % grasa/kg /d)	Grasa %	Proteína %
0 - (8,8 kg de concentrado)	14,2 a	4,1 a	3,4 a
0,88 - (10 % de concentrado)	15,7 c	4,2 a	3,3 b
1,7 - (20 % de concentrado)	14,9 b	4,6 b	3,5 c

Fuente: Wanapat (2002)

## Harina de raíz de yuca para alimentación de cerdos

La utilización de harina de raíces de yuca en niveles de hasta un 48 % del total de la dieta mezclada con otros ingredientes (soya integral o torta de soya) constituye una alternativa para alimentación en cerdos. La harina de raíces de yuca contribuye a la disminución en los costos de producción, lo que se refleja en el kilogramo de cerdo producido (Ayerbe, 2002).

En estudios realizados en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA se evaluó la inclusión de harina de raíz de yuca en dietas para cerdos (figura 27). Para dicho fin se establecieron 2 tratamientos (dieta control y dieta con yuca) y se determinó que el consumo de alimento, la conversión alimenticia y la ganancia diaria de peso fueron similares en los dos grupos ( $p > 0,05$ ). Por lo tanto, la harina de yuca fortificada puede incluirse en formulaciones comerciales en proporciones de 10 a 25 % sin afectar la productividad en cerdos. Los resultados económicos muestran que la inclusión de harina de raíz de yuca fortificada en dietas para cerdos redujo significativamente ( $p < 0,05$ ) los costos del alimento por kilogramo. Sin embargo, el costo de cerdo por kilogramo de yuca fue USD 39,43 más bajo en comparación con el grupo de control.



**Figura 27.** Cerdos suplementados con concentrado a base de harina de yuca.

Foto: Natalia Herrera

## Capítulo 6.

# Costos de producción asociados al establecimiento y conservación de yucas forrajeras

## Costos de producción asociados al cultivo de yuca forrajera para ensilaje

El cultivo de yuca destinado a la producción de forraje trae consigo ciertas ventajas con respecto a cultivos forrajeros de ciclo corto como el maíz. Por ejemplo, con solo un establecimiento se pueden realizar entre 3 y 4 cortes por año con rendimientos promedio de 23 t/ha por cada corte. En ese sentido, los costos totales asociados al establecimiento del cultivo de yuca para ensilaje pueden ascender a 4.733.000 pesos en el primer corte. Sin embargo, en el segundo y tercer corte los costos de producción se reducen a la mitad debido al ahorro en la adecuación de suelo, compra de semilla y la siembra (tabla 21). En promedio, el costo de producción de una tonelada de ensilaje de yuca es de 145.555 pesos, valor que puede variar de acuerdo con los rendimientos de forraje por corte (aunque estos dependen de las condiciones edafoclimáticas de la zona y el manejo agronómico implementado).

**Tabla 21.** Costos de producción del cultivo yuca para ensilaje del forraje

Rubro	Cortes/ha/año		
	1	2	3
Maquinaria agrícola (pesos)	310.000	-	-
Insumos agrícolas (pesos)	2.893.000	1.640.000	1.625.000
Mano de obra (pesos)	1.530.000	1.020.000	750.000
Costo Totales * (pesos)	4.733.000	2.660.000	2.375.000
Rendimiento (t/ha)	25,0	25,0	20,0
Costo de producción por t (pesos)	189.320	106.400	131.944

\*Costo comercial de las materias primas para el año 2022

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que, actualmente, dentro de los costos totales de producción de ensilaje de yuca en la región Caribe, el rubro de insumos agrícolas es el de mayor participación, con cerca del 63 % de los costos totales. Este comportamiento es atribuido a la importación de la mayoría de los insumos, al alza del dólar, la pandemia y problemas políticos de orden mundial. Por lo tanto, una estrategia para reducir los costos consiste en implementar tecnologías con enfoque de crecimiento verde como abonos orgánicos (como compost, lombriabono, bochaschi y bioles) y extractos de plantas para controlar plagas. Así se pueden disminuir considerablemente los costos y desarrollar sistemas productivos sostenibles.

# Costo de producción del heno de yuca forrajera

La elaboración de heno de yuca es una alternativa que el productor puede implementar para la alimentación de los bovinos, ya que resulta económico producirlo. Para hacer heno, se requiere prácticamente la misma inversión que para el ensilaje. Por lo tanto, se tiene que establecer y manejar el cultivo hasta obtener la materia prima (forraje). No obstante, el costo de producción por unidad de producto resulta un poco más costoso que el ensilaje debido a que al forraje hay que eliminarle el 87 % de humedad. En este contexto, si se consideran las 70 t de forraje verde que se pueden producir en tres cortes y a estas se le descuenta el porcentaje de humedad, quedarían 9.100 kg/ha de materia seca. Así, al relacionar los costos de producción con el rendimiento de materia seca, el costo de una tonelada de heno se aproximaría a los 538.000 pesos (tabla 22).

**Tabla 22.** Costo de producción de heno de yuca forrajera

Rubro	Costos
Maquinaria agrícola (pesos)	310.000
Insumos agrícolas (pesos)	3.203.500
Mano de obra (pesos)	1.380.000
Costos totales (pesos)	4.893.500
Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> .MS)	9,1
Costo de producción por t (pesos)	537.747

\*Costo comercial de las materias primas para el año 2022.

Fuente: Elaboración propia

## Costo de producción de BMN

Al incluir el forraje de la yuca (hoja y raíz) en la elaboración de BMN, los costos de producción son competitivos en comparación con los disponibles comercialmente. Estos pueden equivaler a un 40 % más del valor calculado en la tabla 23, razón por la cual la suplementación de los bovinos con esta alternativa alimenticia resulta económica.

**Tabla 23.** Costo de producción de BMN con inclusión de harina de hoja y raíz de yuca

Materias primas	Nivel de inclusión (%)	Kg	Costo unitario* (kg) expresado en pesos	Costo total expresado en pesos
Melaza	40	2,0	1.233,33	2.466,67
Harina de hoja de yuca	20	1,0	201,00	201,00
Harina de raíz de yuca	20	1,0	201,00	201,00
Cal	10	0,5	1.700,00	850,00
Urea	5	0,25	5.825,00	1.456,25
Sal Mineralizada	2,5	0,125	3.375,00	421,88
Azufre	2,5	0,125	1.525,00	190,63
Mano de obra	-	-	-	857,14
Total	100	5	-	6.644,56

\*Costo comercial de las materias primas para el año 2022.

Fuente: Elaboración propia

# Conclusiones

La utilización del forraje y el aprovechamiento de los subproductos obtenidos del beneficio y la transformación de las raíces de yuca constituye una alternativa para los productores de este cultivo en Colombia, quienes pueden acceder al segmento de mercado de la yuca para consumo animal, incluso en fresco; gracias a lo cual es posible implementar mejores opciones de alimentación y de complementación de estas dos actividades agropecuarias.

La suplementación con ensilaje, heno, harina y BMN elaborados a partir del forraje y raíz del cultivo de la yuca permite mantener la producción de leche y la condición corporal de vacas doble propósito, especialmente, durante los periodos críticos. Asimismo, contribuye a aumentar las ganancias de peso en bovinos de carne y en porcinos.

El uso del heno de yuca en la alimentación de vacas prolonga la vida útil de la leche, lo cual reduce el uso de conservantes. De igual forma, permite incrementar los sólidos totales de la leche.

Económicamente, el establecimiento y conservación del forraje de la yuca es una alternativa alimenticia viable para los productores de la región Caribe, debido a sus costos de producción.



# Referencias

- Aguilera, M. (2012). *La yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial*. Banco de la República [Documentos de trabajo sobre economía regional]. <https://doi.org/10.32468/dtseru.158>
- Aldrich, R., & Kremer, R. (1997). Competitiveness of weeds. En R. J. Aldrich & R. J. Kremer (Eds.), *Principles in weed management* (pp. 15-34). Iowa State University Press.
- Álvarez, E., Llano, G.A., & Mejía, J.F. (2012). Cassava disease. En B. Ospina & H. Ceballos (Eds.), *Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems* (pp. 165-199). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Aristizábal, J., Sánchez, T., & Mejía, L. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. [Boletín de servicios agrícolas de la FAO]. Food and Agriculture Organization (FAO).
- Ayerbe, A. (2002). Efecto en el rendimiento productivo de cerdos en la etapa de acabado por el reemplazo del total del maíz por harina de yuca en la dieta. [Tesis de grado, Universidad de San Buenaventura]. Repositorio Universidad de San Buenaventura.
- Bellotti, A., Reyes, J., Vargas, O., Arias, B., & Guerrero, J. (1983). *Descripción de las plagas que atacan la yuca (Manihot esculenta Crantz) y características de sus daños*. [Guía de estudio]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Buitrago, J. (1990). *La yuca en la alimentación animal*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Buitrago, J., Gil, J. L., & Ospina, B. (2001). *La yuca en la alimentación avícola*. Cuadernos avícolas.
- Cadavid, L. F. (2012). Soils and Fertilizers for the Cassava Crop. En B. Ospina & H. Ceballos (Eds.), *Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems* (pp. 113-137). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

- Calle, F. (2012). Weed Control in Cassava. En B. Ospina & H. Ceballos (Eds.), *Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems* (pp. 157-162). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Cañarte, E., Navarrete, B., Muñoz, X., Hinojosa, F., & Valarezo, O. (2021). Reconocimiento y manejo de artrópodos asociados al cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Ecuador. [Manual No. 119]. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Ceballos, H. & De La Cruz, G. (2012). Cassava Taxonomy and Morphology. En B. Ospina & H. Ceballos (Eds.), *Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems* (pp. 15-28). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Ceballos, L., Domínguez, C., & Lozano, J. (1977). Guía de estudio: Descripción de enfermedades de la yuca. En L. Ceballos, C. Domínguez, & J. Lozano (Eds.), *Guía de estudio: Descripción de enfermedades de la yuca* (p. 36). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Cock, J. (1989). *La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Combatt, E. M., Polo Santos, J. M., & Jarma Orozco, A. D. J. (2017). Rendimiento del cultivo de yuca con abonos orgánicos y químicos en un suelo ácido. *Revista Ciencia y Agricultura*, 14(1), 57-64.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA] (2017). *Un modelo de manejo integrado del cultivo, validado para mejorar la sostenibilidad de los Sistemas de Producción de yuca en monocultivo y asocio*. [Informe final de producto 496]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Da Silva, P. T. G., Guim, A., De Lima Costa, C. R., Da Silva Memdes, C. H., Lopes, L. A., Cavalcante, O. E., Dos Santos, N. J. C., & Viana, L. B. (2019). Concentração de ácido cianídrico na maniçoba in natura e conservada. *Revista Agrária Acadêmica*, 2(4), 119-124. <https://agrariacad.com/wp-content/uploads/2019/07/rev-agr-acad-v2-n4-2019-p119-124.pdf>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya [Fenalce]. (2021). *En qué momento el maíz importado perdió su competitividad frente al maíz local: ahora sale más caro que el producido aquí*. <https://fenalce.co/en-que-momento-el-maiz-importado-perdio-su-competitividad-frente-al-maiz-localahora-sale-mas-carro-que-el-producido-aqui/>

- Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2022). *Cifras de referencia del sector ganadero Colombiano*. [https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Cifras\\_Referencia\\_2022\\_UV\\_.pdf&ildFiles=843](https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Cifras_Referencia_2022_UV_.pdf&ildFiles=843)
- Food and Agriculture Organization [FAO] (2011). *The State of Food Insecurity in the World*. Food and Agriculture Organization (FAO).
- Fukuda, W. (2005). Embrapa pesquisa mandioca para indústrias de amido. Desenvolvimento da industria de fécula de mandioca no Brasil tem demandado novas variedades com teores de amido mais elevados nas raízes e qualidade que agregue valores ao producto. Associação Brasileira dos Produtores de Mandioca. *Revista Eletrônica*, 3(11).
- Gómez, W., Cardona Ayala, C., & Rivero, S. (2016). Producción y calidad del forraje de tres variedades de yuca bajo tres densidades de siembra. *Temas Agrarios*, 21(2), 9-20. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.897>
- Gonçalves, L.C., & Borges, I. (1997). *Tópicos de forragicultura*. Copiadora Bredder.
- Gutiérrez, W. (2001). *Efecto de la densidad de plantas, la lámina de riego y el método de control de malezas sobre el lechoso (Carica papaya L.) bajo las condiciones de la altiplanicie de Maracaibo*. [Tesis de maestría, Universidad Central de Venezuela].
- Heuzé V., & Tran G. (2016). *Cassava leaves and foliage*. Feedipedia, a programme by inrae, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/528> <http://www.clayuca.org/clayucanet/ediciono6/cerdos.htm>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2022). Censos Pecuarios Nacional. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>.
- International Fund for Agricultural Development [IFAD] & Food and Agriculture Organization [FAO]. (2004). *Global cassava market study. Proceedings of the validation forum on the global cassava development strategy*. Food and Agriculture Organization (FAO). <http://www.fao.org/docrep/007/y5287e/y5287e00.htm>.
- López, A. J., Alban, A., Pérez Cantero, S., & Becerra, J. J. (2008). *Variedades de yuca para producir forraje en tres regiones de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Marques, J. D. A., Prado, I. N. D., Zeoula, L. M., Alcalde, C. R., & Nascimento, W. G. D. (2000). Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição

- ao milho no desempenho de novilhas confinadas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(5), 1528-1536. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000500035>
- Mejía, S. L., Suárez, E., Tapia, J. J., & Atencio, L. et al. (2019). Modelo productivo de carne bovina en la región Caribe colombiana Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA.
- Mejía, S. L., Suárez, E., Tapia, J. J., & Atencio, L. (2020). *Sorgo dulce forrajero Corpoica JJT-18 (Sorghum bicolor): alternativa forrajera para la alimentación de bovinos en la región Caribe*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Mejía, S., Cuadrado, H., & Rivero, T. (2013). *Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe colombiana*. Corpoica.
- Mello, G. W. S., Oliveira, D. M., Carvalho, C. J. S., Pires, L. V., Costa, F. A. L., Riet, C. F., Silva, S. M. M. (2010). Plantas tóxicas para ruminantes e equídeos no Norte Piauiense. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 30(1), 1-9.
- Meyreles, L. & Preston, T. R. (1977). Cassava forage as a protein source in sugar cane diets for cattle: effect of supplementation sulphur and dried cassava root. *Tropical Animal Production*, 2(3), 280-283.
- Modesto, E., Santos, G., Vilela, D., Silva, D., Faustino, J., Jobim, C., Detmann, E., Zambom, M., & Marques, J. (2004). Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. *Acta Scientiarum*, 26(1), 137-146.
- Montaldo, A. (1985). *La yuca o mandioca, cultivo o industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal y mejoramiento*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Montaldo, A. (1991). *Cultivo de las raíces y tubérculos tropicales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Morillo AC. 2009. Mapeo de regiones del genoma asociadas con el contenido de  $\beta$ -caroteno en yuca *Manihot esculenta* Crantz [Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia, Palmira].
- Mouro, G. F., Branco, A. F., Macedo, F. A. F. D., Rigolon, L. P., Maia, F. J., Guimarães, K. C., Damasceno, J., & Santos G. T. (2002). Corn replacement by cassava by-product meal in the lactating goat diets: effects on milk production and composition and nutrients digestibility. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(1), 475-483. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000200024>.

- Nunes-Irmao, J. (2007). *Efeito da idade de colheita sobre a produção e qualidade nutricional do feno da parte aérea da mandioca*. [Tesis de maestrado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil].
- Ospina, B. & Ceballos, H. (Eds.). (2012). *Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Ospina, B., & Ceballos, H. (2015). *Tecnologías modernas para la producción de yuca*. Corporación Clayuca.
- Ospina, B., Cadavid, L. F., García, M., & Alcalde, C. (2012). Mechanized Systems for Planting and Harvesting Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). En B. Ospina & H. Ceballos (Eds.), *Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems* (pp. 374-394). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Ospina, M. A., Pizarro, M., Tran, T., Ricci, J., Belalcazar, J., Luna, J. L., Londoño, L. F., Salazar, S., Ceballos, H., Dufour, D., & López-Lavalle, L. A. (2020). Cyanogenic, carotenoids and protein composition in leaves and roots across seven diverse population found in the world cassava germplasm collection at CIAT, Colombia. *International Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14888>.
- Paternina, Y. (2006). Efectos de la densidad de siembra sobre los parámetros de producción forrajera y el valor nutritivo de la variedad venezolana (*Manihot esculenta* Crantz) en el municipio de Sahagún – Córdoba. [Tesis de grado, Universidad de Sucre].
- Pérez, C., & Yépez, Á. (2009). *Suplementación con yuca y follaje de yuca (Manihot esculenta Crantz) en ganado doble propósito en época de verano*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/298>.
- Preston, T. R., Van, L., & Chau, L. (1998). *El follaje de la yuca (Manihot esculenta Crantz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales*. Thu Duc: FAO. [www.fao.org/AG/aGa/agap/FRG/AGROFOR1/presto24.htm](http://www.fao.org/AG/aGa/agap/FRG/AGROFOR1/presto24.htm)
- Radosevich, S., Holt, J., & Ghera, C. (1997). Associations of weeds and crops. En *Weed Ecology: Implications for Vegetation Management*. John Wiley & Sons.
- Retnaningrum, S., Harper, K. J., & Poppi, D. P. (2021). Formulating rations with cassava meal to promote high live weight gain in crossbred limousin bulls. *Animal*, 15(2), 100125. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100125>

- Ribeiro S., De Oliveira, J. S., Carvalho, S. M. T., De Lima Júnior, D. M., Lima, H. V., Romão, G. R. (2019). Ovines submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 1689–1697. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01863-9>.
- Rivero, S. T., Gómez, W. R., Salcedo, É. P., Tordecilla, L., & Ramos, E. R. (2015). *Nuevas variedades de yuca forrajera para la alimentación bovina*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Rosero, D. (2002). *Evaluación, producción y calidad del forraje de yuca (Manihot esculenta Crantz) con corte periódico manual* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira].
- Rubiano, J. & Cordero, C. (2019). Épocas críticas de competencias de arvenses en cultivo de yuca en el Caribe seco colombiano. *Temas Agrarios*, 24(2), 108-118. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.2117>
- Salcedo, É., Gómez, W. R., Arreaza, L. C., Rivero, E. T. (2014). *Cultivos Forrajeros para conservación y alimentación bovina en el sur del departamento del Atlántico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Sampaio, A. O., Silva, E., Oliveira, J., Costa, J. L., & Resende, H. (1997). Conservação de forrageiras e pastagens. En *Trabalhador na bovinocultura de leite: manual técnico* (pp. 67-100). EMBRAPA-CNPGL.
- Silva, T. G. P., Costa, C. R. L., Guim, A., Ferraz, L.V., Lira, J.T., Abreu, K. S. F. (2015). Efeito dos métodos de conservação de forragem sobre a concentração de ácido cianídrico na maniçoba. *Ciência Veterinária nos Trópicos*, 18(1), 135-138.
- Smith, O. B. (1988). *A review of ruminant responses to cassava-based diets Cassava as livestock feed in Africa. Proceedings of the IITA/ILCA/University of Ibadan. Workshop on the Potential Utilization of Cassava as Livestock Feed in Africa*. International Institute of Tropical Agriculture.
- Soares, A. (2009). *Avaliação das silagens da parte aérea de quatro variedades de mandioca cultivadas no norte de minas gerais*. [Tesis de maestría, Universidade Estadual de Montes Claros].
- Tomich, T. R., Nascimento, J. C., Tomich, R. G., Lisita, F., Branco, O. D., Feiden, A., & Morais, M. D. (2009). Feno da parte aérea da mandioca para a produção de ruminantes em sistemas orgânicos. EMBRAPA.

- Trompiz, J., Gómez, A., Rincón, H., Ventura, M., Bohórquez, N., & García, A. (2007). Efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 17(2), 143-149.
- Vera, T. A., Zambrano, M. I., & Muñoz, J. P. (2019). Raciones suplementarias con follaje de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la alimentación de vacas lecheras Brown Swiss. *Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(19), 10-15. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss19.2019pp10-15>
- Vongsamphanh, P., & Wanapat, M. (2004). Comparison of cassava hay yield and chemical composition of local and introduced varieties and effects of levels of cassava hay supplementation in native beef cattle fed on rice straw. *Livestock Research for Rural Development*, 16(8).
- Wanapat M. (2002). *Papel del heno de yuca como pienso en los trópicos*. Universidad de Khon Kaen.
- Wydra, K., & Verdier, V. (2002). Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. *Agriculture, ecosystems & environment*, 93(1-3), 211-226. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00349-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00349-8)
- Zárate, C. A., Gómez de la Cruz, D., Verdier, V., López, C. E., Bernal, A., & Szurek, B. (2021). Cassava diseases caused by *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* and *Xanthomonas cassavae*. *Molecular plant pathology*, 22(12), 1520-1537. <https://doi.org/10.1111/mpp.13094>

# Los autores

## **Emiro Andrés Suárez Paternina**

Correo: [esuarez@agrosavia.co](mailto:esuarez@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2271-7160>

Es zootecnista de la Universidad de Sucre y magíster en Ciencias Veterinarias del Trópico con énfasis en Alimentación y Nutrición de Rumiantes de la Universidad de Córdoba. Sus investigaciones se centran en alimentación, nutrición y producción de grandes y pequeños rumiantes; evaluación y manejo de gramíneas tropicales; conservación de cultivos forrajeros para suplementación animal en el Caribe húmedo y ganadería sostenible. Asimismo, es investigador máster de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

## **Lorena Inés Mestra-Vargas**

Correo: [lmestra@agrosavia.co](mailto:lmestra@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3717-0153>

Es médica veterinaria zootecnista, especialista en Alimentación Animal y magíster en Ciencias Animales con énfasis en Nutrición de Rumiantes de la Universidad Federal de Viçosa-Brasil. Sus investigaciones se enfocan en la evaluación de modelos de producción animal, particularmente en alimentación y exigencias nutricionales, evaluación de sistemas de formulación de raciones, evaluación de alimentos y eficiencia del uso de nutrientes para la producción sostenible del sistema de cría y ceba en pequeños y grandes rumiantes. Actualmente, es investigadora máster de la Red de ganadería y especies menores del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA.

## **Yacerney Paternina Paternina**

Correo: [ypaternina@agrosavia.co](mailto:ypaternina@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9046-5167>

Es zootecnista y cuenta con una especialización en Nutrición Animal de la Universidad de Sucre. Tiene experiencia en asesorar fincas con sistemas de producción de bovinos de doble propósito. Es instructor

en el SENA en el área de sistemas productivos de especies menores (aves y abejas) y bovinos. Sus investigaciones se centran en pastos, forrajes y transferencia de tecnología en los sistemas apícola y ganadero. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación de la Red de ganadería y especies menores del Centro de Investigación Turipaná sede Carmen de Bolívar de AGROSAVIA.

### **Erica Salcedo Carrascal**

Correo: [epsalcedo@agrosavia.co](mailto:epsalcedo@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7272-3257>

Es zootecnista de la Universidad de Sucre y tiene experiencia en la implementación de opciones de alimentación ganadera con cultivos forrajeros de alta productividad y calidad. Asimismo, es experto en elaboración de bloques multinutricionales para rumiantes y apoyo en investigación y transferencia de tecnología agropecuaria. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la red de ganadería y especies menores del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA.

### **Lily Lorena Luna Castellanos**

Correo: [llunac@agrosavia.co](mailto:llunac@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2172-7842>

Es ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Tiene experiencia profesional en la ejecución de proyectos de investigación agrícola sobre mejoramiento de la productividad de cultivos de raíces y tubérculos, seguimiento fitosanitario de enfermedades y plagas en plantas y evaluación y selección de biofertilizantes en cultivos de tubérculos y hortalizas. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la red de raíces y tubérculos del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA.

**Hernando Araujo Vázquez**

Correo: [haraujo@agrosavia.co](mailto:haraujo@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3679-3973>

Es ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Agronómicas con énfasis en fitomejoramiento. Tiene conocimientos en estadística aplicada al sector agrícola, conservación, manejo y caracterización de recursos fitogenéticos. Durante 7 años ha trabajado en investigación agrícola y otras áreas que incluyen la innovación, el desarrollo tecnológico y la vinculación de conocimientos y tecnologías, especialmente en raíces tuberosas (batata), hortalizas de clima cálido (berenjena y ahuyama), cultivos transitorios (maíz, algodón, frijol y tabaco) y cultivos permanentes (aguacate). Actualmente es investigador máster de AGROSAVIA.







MINISTERIO DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL

Este manual constituye una oferta de conocimiento actualizada, diseñada para aumentar las capacidades de los asistentes técnicos y productores de ganadería en el manejo agronómico del cultivo de yuca forrajera. Así, contiene estrategias para su conservación (ensilaje, heno y harinas) y su uso eficiente en la alimentación y nutrición animal, especialmente, durante los periodos críticos. El objetivo es desarrollar sistemas ganaderos sostenibles y competitivos que permitan mejorar la calidad de vida de los productores y de sus familias. Por tal razón, en este manual también se evalúa el efecto de la suplementación con forraje de yuca tanto en la respuesta animal como en los costos de producción.

**AGROSAVIA**

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Distribución gratuita  
Prohibida su venta