

Perspectivas agroindustriales de las variedades de yuca cultivadas en el departamento de Sucre: una revisión

Agroindustrial perspectives of yucca varieties cultivated in the department of Sucre: a review

Yoseth David Blanquiceth Támara¹, Juan José Hoyos Sebá²,
José David Arias Teherán³, María José Tavera Quiroz⁴

Resumen

La Yuca es actualmente una fuente de energía alimentaria gracias a su aporte calórico. Esta raíz tuberosa forma parte de los sistemas agrícolas tradicionales de los países en desarrollo, contribuyendo a la seguridad alimentaria y generando ingresos. Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión científica con información indexada en revistas y bases de datos donde se presenta una perspectiva inmediata sobre variedades de Yuca que se cultivan en el Departamento de Sucre, mostrando las cifras estadísticas relacionadas con el cultivo de estas. Además, se destaca el uso potencial de este cultivo para la alimentación animal y la importancia que tienen los residuos de cosecha y la biomasa de alto valor energético disponible en las raíces y el follaje de la planta de Yuca, y que pueden aprovecharse para mejorar la producción de leche en rumiantes, engorde de corderos, el rendimiento en postura e incubabilidad de huevos en aves de corral; así como la mejora de la

1 Biólogo, Universidad de Sucre. Joven investigador del Grupo DESINPA de la Universidad de Sucre, Correo electrónico: yoseth.blanquiceth@unisucrevirtual.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7419-3496>

2 Candidato de maestría en ingeniería con énfasis en investigación, enfocada hacia el aprovechamiento de residuos. Ingeniero agroindustrial, Universidad de Sucre. Correo electrónico: juan.hoyos@unisucrevirtual.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8602-2160>

3 Candidato de maestría en ingeniería con énfasis en investigación, enfocada hacia el aprovechamiento de residuos. Ingeniero agroindustrial, Universidad de Sucre. Correo electrónico: jose.arias@unisucru.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3252-3116>

4 Doctora en Ingeniería, Msc. En Higiene y Tecnología de Alimentos, Ingeniero Agroindustrial. Docente investigadora del programa Ingeniería Agroindustrial de la facultad de ingeniería de la Universidad de Sucre. Correo electrónico: maria.tavera@unisucru.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9238-5865>

calidad de la carne en especies menores. También, se centran en explicar algunas particularidades del cultivo de Yuca en Sucre y resaltar el papel de las variedades de Yuca como la venezolana (MCol 2215), la Chiroso (MCol 2066), como fuente de alimento para vacas, cerdos, pollos y humanos, y el desaprovechado uso de la parte aérea de las variedades de Yuca en actividades de valor agregado en la agroindustria.

Palabras clave: alimentación animal, residuos, biomasa, hoja de Yuca, variedades de Yuca, agroindustria.

Abstract

Yuca is currently a source of food energy thanks to its caloric intake. This tuberous root is part of the traditional agricultural systems of developing countries, contributing to food security and generating income. The objective of this work is to carry out a scientific review with information indexed in magazines and databases where an immediate perspective on Yucca varieties that are cultivated in the Department of Sucre is presented, showing the statistical figures related to their cultivation. In addition, the potential use of this crop for animal feed and the importance of harvest residues and the biomass of high energy value available in the roots and foliage of the Yucca plant are highlighted, which can be used to improve the milk production in ruminants, lamb fattening, laying performance and hatchability of eggs in poultry, as well as the improvement of meat quality in minor species. They also focus on explaining some particularities of Yucca cultivation in Sucre and highlighting the role of Yucca varieties such as the Venezuelan (MCol 2215), the Chiroso (MCol 2066), as a source of food for cows, pigs, chickens and humans and the wasted use of the aerial part of the Yucca varieties in value-added activities in agro-industrial.

Keywords: animal feed, residues, biomass, cassava leaf, cassava varieties, agroindustry.

Introducción

La Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es un cultivo promisorio nativo de tierras bajas del neotrópico, de gran importancia en la ruta de desarrollo de la bioeconomía sostenible de muchos países africanos, asiáticos y americanos, siendo el cuarto producto básico (después del arroz, el trigo y el maíz) más importante de la dieta de más de 1000 millones de personas a nivel mundial (DANE, 2016; Guevara & Plaza, 2022). El cultivo de Yuca hace parte de los sistemas agrícolas tradicionales prometedores para garantizar la seguridad alimentaria y de generación de ingresos de alrededor de 105 países en vía de desarrollo, y ha sido culturalmente reconocida como una planta de aprovechamiento integral para el

consumo humano, empleada como verdura fresca (Latif & Müller, 2014; 2015). De este cultivo se utilizan las raíces y hojas como las principales fuentes de alimento, tanto para el consumo humano como para nutrición de animales, debido a sus elevados contenidos de hidratos de carbono, altos niveles proteínas, minerales y vitaminas (Oladunmoye *et al.* 2014; DANE, 2016; Guevara & Plaza, 2022). En la actualidad, también se utilizan como materia prima en los procesos de biorrefinerías para la obtención de energías renovables a partir de residuos agrícolas (cáscara, bagazo y el tallo) (Alcázar-Alay and Meireles 2015; Gao *et al.* 2020).

Las harinas que se derivan de la planta de Yuca son productos alimentarios que aportan nutrimentos importantes para la alimentación humana y animal. Estas son utilizadas en una amplia gama de productos de alto valor agregado como lo son: cárnicos, panes, tortas, helados, pastas y concentrados ricos en almidón. Gracias a este último componente del tubérculo y a sus propiedades tecnofuncionales de granulación, estabilidad térmica y capacidad de gelificación, se puede utilizar el almidón como coadyuvante de emulsificantes, espesante y agente texturizante. Las harinas de Yuca han tenido una buena recepción en la industria alimentaria y en los mercados de alimentos libres de gluten, cuya demanda se encuentra alrededor de los 5.600.000 de dólares anuales, y se han convertido en la segunda fuente más importante de almidón en el mundo, después del maíz, llegando a reemplazar las harinas de papa y trigo (Oladunmoye *et al.* 2014; Ingredion 2019).

En Colombia, en los últimos años, los cultivos de Yuca han alcanzado cifras significativas de producción en comparación con cultivos como la caña de azúcar, palma de aceite, naranja y zanahoria, los cuales han sido preponderantes en la bioeconomía nacional entre 2019-2021 (Agronet, 2023). El cultivo de Yuca para el año 2020, según Rivera *et al.* (2021) alcanzó una producción anual de 2.413.051 toneladas de Yuca fresca, de las cuales el 94% de la producción fue destinada para el consumo humano directo de más de 49.661.000 pobladores urbanos y rurales, y el 6% restante se destinó para procesos industriales (Parra, 2020, Canales & Trujillo, 2021; Rivera *et al.* 2021), donde se destacan la producción de almidones, harinas, alcohol carburante, pinturas y suplementos para la dieta de animales de fincas debido a su alto valor energético (1.460 cal/kg) (Rivero *et al.*, 2015; MADR, 2020).

De dichos cultivos se estima que el rendimiento total de ingresos por producción anual de Yuca en Colombia oscila alrededor de 43.971.795 a 217.000.000 de dólares (Canales & Trujillo, 2021; FAO, 2023). Esta planta se cultiva en las cinco regiones de Colombia, destacándose la Región Caribe, específicamente los departamentos de Bolívar, Córdoba, Sucre, Magdalena, Atlántico, Cesar y La Guajira, en donde se siembran alrededor de 148.124 hectáreas de Yuca anuales y se alcanza una producción de Yuca

fresca de 1.474.106 toneladas empleadas para el consumo humano, uso industrial y la alimentación animal. Estas cifras reportadas por el Ministerio de Agricultura (MADR, 2020), concuerdan con los más altos volúmenes de producción total de Yuca en Colombia. A nivel nacional, Sucre es considerado como el departamento de la Región Caribe con mayor producción de Yuca industrial, alcanzando aproximadamente las 241.975 toneladas anuales (MADR, 2020), que son empleadas para el consumo humano, animal y, sobre todo, para el sector industrial de producción de almidones (Aguilera-Díaz, 2012; MADR, 2020).

Con este trabajo, se busca dar a conocer una perspectiva inmediata sobre las cifras actuales de producción de Yuca en Colombia y el Departamento de Sucre, establecer las variedades de Yuca que se cultivan en este Departamento, sus características y usos potenciales. Simultáneamente, resaltar la importancia que tiene este cultivo para la alimentación animal y establecer una relación con el desaprovechamiento como alternativa alimentaria que tienen las variedades forrajeras en Sucre.

Metodología

Para realizar la revisión bibliográfica sistemática, se utilizó información de estudios científicos publicados en idioma español e inglés, sin restricción en el horizonte temporal, dado que se busca documentar el conocimiento general y actual sobre el cultivo de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), las variedades de esta especie liberadas para la Región Caribe y el Departamento de Sucre, Colombia, y las características de interés agroindustrial de estos cultivos. Se consultaron, además, cifras estadísticas de producción por toneladas y áreas cultivadas de Yuca en Colombia, información global y local sobre el estado de conocimiento de las aplicaciones del cultivo de Yuca, uso de los residuos en la alimentación animal y en procesos industriales. Se utilizó información de artículos científicos, tesis, libros y documentos de trabajos publicados en buscadores y bases de datos como Google, Google Scholar, Springer Link, Scielo, Scopus, redalyc.org, Dialnet, Agris, Doab; como fuentes de datos que contienen artículos de revistas de alimentación y nutrición animal, agricultura, gestión y sostenibilidad ambiental, manejo y tecnología postcosecha, manejo de sistemas productivos, sistemas de información zonificación y georreferenciación, transformación y agroindustria y variedad de reportes sobre los cultivos de *Manihot esculenta* en muchos países de América, África y Asia.

Para realizar la búsqueda adecuada de la información se implementaron términos y combinaciones, tanto en español como en inglés, de palabras claves junto con conectores boléanos. Las opciones de búsqueda fueron: “Yuca”, “alimentación animal”, “variedades”, “uso industrial”, “Sucre”, “evaluación agropecuaria”, “rendimiento de cosecha”, “características fisicoquímicas” y los nombres de las variedades o clones de Yuca que

predominan en Colombia y la Región Caribe. Una vez revisada y estudiada la información consultada, cada uno de los documentos leídos y seleccionados, se organizaron en una base de datos teniendo en cuenta el título del trabajo, autoría, año de publicación, enfoque de trabajo, base de datos donde se publicó (revista científica, libro y repositorio universitario) y tipología de estudio (artículo científico, revisión sistemática, tesis de pregrado o postgrado, y otros) y finalmente se eliminaron los estudios duplicados. Por otro lado, se obtuvo información directa de la Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial de la Gobernación de Sucre. Se utilizaron 62 referencias bibliográficas a lo largo de toda esta revisión, de los cuales 31 fueron artículos científicos, 15 capítulos de libros, 6 tesis de pregrado, 5 páginas web y 5 boletines de Corpoica y Agrosavia que equivalen al 60% de la información sobre variedades de Yuca sembradas en Sucre y sus propiedades.

Resultados y discusión

Potencialidades y limitación de los cultivos de yuca para la alimentación animal

Teóricamente la Yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) está compuesta por un 45% de raíces, 35% de tallo y un 20% de follaje el cual posee en concepto 25% de peciolo, 30% de tallo tiernos y un 45% de hoja (Ravindran, 1993; Suárez Paternina *et al.* 2022). Estas últimas contienen alrededor de 21% de contenido proteico, lo cual se traduce en aproximadamente 210 g de proteína cruda. Este valor puede disminuir o aumentar a más de 300 g dependiendo del manejo agrícola, los nutrientes del suelo, disponibilidad de luz, estado de madurez, condiciones agroclimáticas entre otros aspectos que influyen en el desarrollo de los cultivos (Fernández *et al.* 2020; Guevara & Plaza, 2022).

El sector agroindustrial de muchos países del mundo como Nigeria, Tailandia, Indonesia, Brasil y Colombia se han enfocado en la valorización de residuos agrícolas de Yuca, especialmente la hoja, para su aprovechamiento como potencial industrial en alimentación (Fernández *et al.* 2020; Guevara & Plaza, 2022). La hoja de Yuca constituye una fuente rica en proteínas. En diferentes trabajos de investigación se han evaluado los rendimientos de materia seca de la hoja de Yuca en distintos meses de cosecha y después de la siembra, donde se han evaluado las propiedades fisicoquímicas de las hojas en sus diferentes etapas de desarrollo fisiológico de la planta y determinar el tiempo adecuado para el aprovechamientos de la hoja para alimentar animales de corral (Ravindran & Ravindran, 1988; Ravindran, 1993; Hué *et al.* 2012; Vieira *et al.* 2015; Fernández *et al.* 2016; Salles *et al.* 2016; Fernández *et al.* 2020). Estos autores han determinado que los diversos clones de Yuca en diferentes regiones del mundo presentan divergencia en los grados de tolerancia a la defoliación y el rendimiento del contenido proteico de la materia

seca del forraje, que tiende a ser menor cuando el forraje se obtiene como subproducto de la cosecha de las raíces. Esto, debido a que luego de los 120 días después de la siembra, las hojas empiezan a experimentar un estado de senescencia que conlleva al deterioro estructural de las láminas foliares (Hué *et al.* 2012). Del mismo modo, estos investigadores reportan en sus trabajos que conforme avanza la edad fisiológica de la planta de Yuca, en la parte aérea (láminas foliares) aumentan los porcentajes de compuestos orgánicos de baja digestibilidad (celulosa, hemicelulosa y lignina) y se reducen los porcentajes de carbohidratos, minerales solubles, vitaminas y proteínas que son de nutrientes potencialmente digeribles por los animales y el hombre (Van Soest, 1994; Guevara & Plaza, 2022).

Asimismo, estudios como el de Buitrago (1990), Giraldo *et al.* (2006), Aristizábal *et al.* (2007) y Suárez Paternina *et al.* (2022), establecen que los cultivos de Yuca por sus características de adaptabilidad geográfica y la gran cantidad de biomasa de alto valor energético disponible en las raíces, han sido empleados por muchos años para la alimentación animal. Estas raíces son ricas en carbohidratos y aportan una ganancia de calorías (12-34 Mcal/kg) por medio de la ingesta de la pulpa, la cual es suministrada en forma de alimento fresco, hojuelas secas, en forma granulada o paletizada, y además puede ser procesada para la elaboración de harinas, que suplementan los concentrados para aves, porcinos, caprinos y rumiantes (DANE, 2016).

Igualmente, los residuos de cosecha de los cultivos de Yuca como el bagazo, la cáscara y la mancha se han destinado a la alimentación animal por su alto contenido de proteína (13,3 y 26,0 g/kg) (Giraldo *et al.* 2006; Canales & Trujillo, 2021), almidón, grasa, fibra, azufre, carotenos, calcio, fósforo y aminoácidos como la metionina y lisina que son importantes para la producción de leche en rumiantes (Prachumchai *et al.* 2022; Winarti *et al.* 2022), engorde de corderos (Odile *et al.* 2022; Silva *et al.* 2022) y mejoramiento del rendimiento en la postura e incubabilidad de huevos en patos y gallinas (Sumiati *et al.* 2020; Villaver *et al.* 2022), al igual que el mejoramiento de la calidad de la carne de gansos (Li *et al.* 2020) y peces (Mulyasari *et al.* 2021).

Dichas características nutricionales de la planta de Yuca se han tenido en cuenta por expertos en la línea de nutrición, tanto animal como humana, para la creación de una amplia diversidad de suplementos alimenticios a base harinas de hojas de Yuca, las cuales —según sus perfiles proteicos y vitamínicos— han reemplazado el uso de harina de trigo en alimentos tradicionales. Investigadores como Ambarsari *et al.* (2018), evaluaron el efecto que tiene la sustitución de harinas de trigo en las características de un aperitivo a base de hoja de Yuca, preparado con diversos niveles de sustitución de harinas de trigo en rangos de 15, 30 y 45%. En este estudio se logró determinar que, con un grado de sustitución del 45% con hoja de Yuca verde, se obtienen aperitivos con bajo contenido

de lípidos, alto contenido proteico y con buenas propiedades organolépticas, adecuadas para reemplazar las harinas de trigo y maíz tradicionales y tener un producto comercial de hoja de Yuca con valor agregado.

Del mismo modo, investigadores como Winarti *et al.* (2022), han explorado dentro de la industria alimentaria de peletizados una estrategia para aumentar la ganancia diaria de peso en rumiantes, en especial toros mestizos de la raza Ongole, a partir del uso de sistemas agrícolas de Yuca y otras especies que conforman los cultivos tradicionales de la región especial de Yogyakarta, en Indonesia, que son de bajo costo y de alta rentabilidad económica para pequeños agricultores. Estos investigadores han desarrollado por medio del proceso de la peletización, alimentos granulados a base de mezclas de harina de hoja de Yuca, hoja de *Gliricidia sepium* y harinas cáscara de soya. Debido a que son plantas que poseen perfiles proteicos entre 13% y un 50% de proteína cruda y favorecen la ganancia de peso diario de los toros, en intervalos del 54 a un 62 %. En esta investigación, se priorizó el cultivo de Yuca como parte de una estrategia de suplementación de animales de granja como una alternativa para sustituir productos comerciales y crear suplementos concentrados que mejoren el crecimiento, el peso y el perfil sanguíneo de los rumiantes que sean alimentados *ad libitum* por estas especies vegetales.

Por otra parte, a pesar de que los residuos agrícolas (hoja, tallo, bagazo) de la planta de Yuca han llamado la atención de muchos expertos en nutrición para la creación de suplementos alimenticios, muy pocos han puesto su mirada en los nutrientes que poseen otros residuos provenientes del tratamiento de las plantas de Yuca a nivel industrial. En vista de lo anterior autores como Silva *et al.* (2022) han caracterizado bromatológica y fisicoquímicamente las aguas residuales de Yuca (mancha) derivadas del procesamiento de tubérculos para la obtención de almidones y han estimado el grado de digestibilidad y el efecto que provoca el introducir este residuo en la ingesta diaria de ovinos.

En este estudio se logró establecer que este tipo de residuo, derivado de la planta de Yuca, posee una gran valor energético y nutrientes (ceniza, proteína bruta, lignina, polisacáridos) que satisfacen los requerimientos alimenticios de corderos y son óptimos para la suplementación de dietas comerciales y dietas básicas a base de forraje de Yuca, concentrado de maíz y soya suministradas a rumiantes en la etapa de engorde o levante en cantidades no mayor a 48 g/kg, para que el animal obtenga la mayor ganancia energética. Este tipo de estudio ha permitido ampliar las fronteras de conocimiento sobre el uso de otros residuos provenientes de diversas variedades de la planta de Yuca y que son de utilidad en la agroindustria.

Así, por ejemplo, en muchos países africanos y asiáticos los cultivos de Yuca han cobrado vital importancia como alimento en forma de forraje para animales, gracias a que

el cultivo puede alcanzar una densidad de 60.000 plantas por hectárea y la frecuencia de cosecha del follaje tiende a hacer más corta, aproximadamente 120 días (Hué *et al.* 2012; Vieira *et al.* 2015; Fernández *et al.* 2016; Salles *et al.* 2016). Esto favorece la obtención de un rendimiento promedio de materia seca de hoja, alrededor de 21 t/ha; el cual es menor que el promedio global de rendimiento de masa seca cuando la planta se encuentra en un estado maduro. Sin embargo, este contenido se traduce en una producción de más de 3 toneladas de proteína anual por hectárea (Ravindran & Ravindran, 1988) que resulta ser ventajosa en términos de ración proteica para los animales de corral (Fernández *et al.* 2020). Otros investigadores han utilizado residuos de cosecha Yuca como fuente primaria para generar una diversidad de productos comerciales para alimentación animal, en donde las hojas o el follaje de la planta de Yuca han sido utilizadas debido a su fácil obtención, bajo costo, alto contenido de materia seca, propiedades nutricionales, antioxidantes, antiinflamatorias e inmunomoduladoras; que inciden positivamente, reduciendo enfermedades metabólicas que afectan al hombre y los animales (Sumiati *et al.* 2020).

En algunos países latinoamericanos como Colombia y Argentina, la Yuca se cultiva de manera prominente en las regiones del noreste de ambos países, donde se estiman entre 30.000 y 50.000 ha de superficie cultivadas. En estos países, la Yuca se cultiva para el consumo en fresco de raíces, como parte de la dieta humana y el consumo del follaje para animales domésticos, especialmente rumiantes y herbívoros no rumiantes (Leguizamón *et al.* 2021). Las hojas de Yuca son utilizadas como alimento de forma exclusiva para animales, ya sea en forma de harinas o conservadas tipo ensilaje o heno (Leguizamón *et al.* 2021; Suárez Paternina, 2022), a diferencia de países africanos como el Congo y algunos países asiáticos como Indonesia y Filipinas, donde las hojas de Yuca representan un 60% de las verduras consumidas en la dieta de las personas (Guevara & Plaza, 2022; Leguizamón *et al.* 2021).

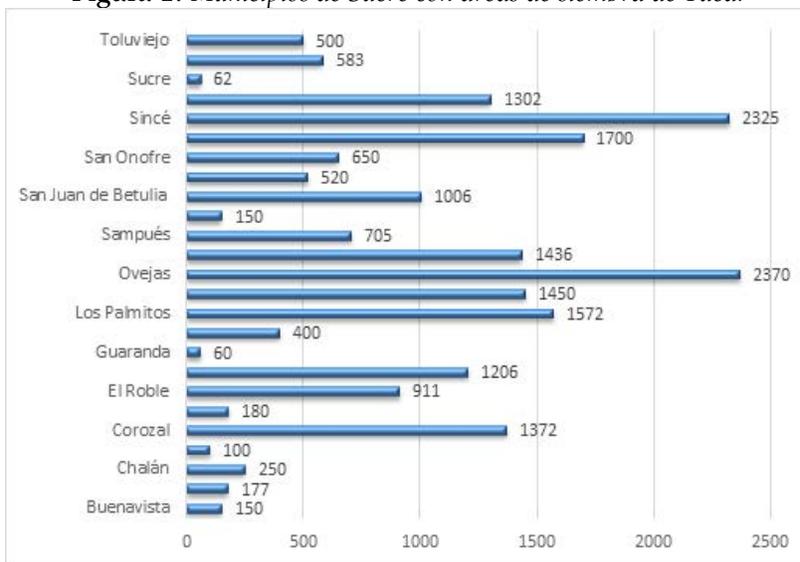
Cabe aclarar que la productividad y calidad nutricional de estos alimentos, donde la materia prima son las hojas y las raíces de la Yuca, depende exclusivamente de la variedad, edad de la planta y la densidad de siembra por hectárea, aunque muchas veces se incluyen factores como la época de corte y las condiciones edafoclimáticas (Leguizamón *et al.* 2021). Para la alimentación animal, se considera que las plantas de Yuca, en sus raíces y parte aérea, deben exhibir alta productividad de materia verde y seca, alto contenido de fibras en los tubérculos y alta capacidad de brotación después del corte, lo cual está sujeto a las propiedades del suelo y las características fisiológicas y genéticas propias de variedad de la planta, que permiten ofrecer cantidades de carbohidratos, minerales, proteínas, vitaminas y ácidos grasos como el omega-3 (Leguizamón *et al.* 2021).

Sin embargo, es importante aclarar que la utilización de follaje fresco de Yuca como alimento para los animales puede devenir un problema, dado los altos contenidos de cianuro de hidrógeno (HCN) presentes en hojas y raíces (Hué *et al.* 2010; 2012). Si bien, el promedio normal de contenido de HCN en el follaje de Yuca se encuentra entre 200 a 800 mg/kg en hojas frescas, estos valores dependen principalmente de factores de tipo genético. Las variedades de Yuca se diferencian principalmente por el contenido de HCN por lo que no todas pueden ser empleadas en estado fresco para la alimentación de animales (Ravindran, 1993). Según Hué *et al.* (2012) el follaje de la Yuca tiende a presentar más contenido de HCN cuando la planta se encuentra en un estado joven (periodo comprendido antes de los cinco meses) y cuando se cosecha repetidamente. Es por esta razón que no se recomienda el uso inmediato de la parte aérea de cualquier clon o variedad de Yuca en este estado fisiológico, sin antes ser transformada en heno o ensilaje, dado las elevadas concentraciones de glucósidos cianogénicos que resultan ser altamente tóxicas para los animales monogástricos y poligástricos, hasta el punto de conducir al envenenamiento por cianuro, la generación de síntomas: dolor de cabeza, náuseas, mareos, diarrea, vómitos y, en ocasiones, la muerte. Para contrarrestar este fenómeno, se recomienda el uso de elevadas temperaturas durante el secado, que provocan la descomposición de los glucósidos cianogénicos y reduce la concentración de HCN libre; de esta manera se puede reducir la limitación del uso de forraje de Yuca en la alimentación animal (Li *et al.* 2019).

Características y usos de las variedades cultivadas en el departamento de Sucre

Los Departamentos de la Región Caribe con mayor tradición en el cultivo de Yuca y mayor producción de toneladas anuales son Bolívar, Córdoba y Sucre (Aguilera-Díaz, 2012; MADR, 2020). De todos estos departamentos, Sucre, es el mayor productor de Yuca industrial a nivel nacional, dado que se cosechan 20.172 ha anuales en aproximadamente 21.172 ha (Agronet, 2023), distribuidas en 13 municipios (Figura 1), los cuales en conjunto generan el 78,8% de la Yuca industrial de toda la Región Caribe (Aguilera-Díaz, 2012). Por esta razón Sucre es visto como un núcleo productivo de Yuca en Colombia (MADR, 2020).

Figura 1. Municipios de Sucre con áreas de siembra de Yuca.



Fuente: Agronet. (2023).

El impacto de la producción de Yuca industrial en Sucre se refleja en el mercado de materiales amiláceos que son multifuncionales dentro del sector industrial manufacturero, energético, biotecnológico y sobre todo en el sector de la industria alimentaria que se ha consolidado en la Región Caribe y en Colombia por la creación y uso de nuevas tecnologías que permiten la obtención de almidones mejorados que son empleados en la elaboración de alimentos horneados y que proporcionan propiedades tecnofuncionales adecuadas para sustituir grasas, espesar, aglutinar, estabilizar y edulcorar alimentos secos y mixtos para bebés, alimentos cárnicos, enlatados, bocadillos, embutidos, productos lácteos y alimentos congelados que cuentan con registro comercial en toda el país (Aguilera-Díaz, 2012; MADR, 2021).

A lo largo de las 5 subregiones que componen al Departamento de Sucre, se cultivan variedades de Yuca conocidas comúnmente como Venezolana, Chirosa, Ica negra, Verónica, Burrón, Corpoica Tai, Corpoica Belloti, Corpoica Sinuana y Corpoica Ropain (Tabla 1, 2), las cuales concentran un estimado de 21.092 hectáreas de siembra y un 41% de producción en comparación a otros cultivos como el arroz, maíz, ñame y patilla, que constituyen los principales cultivos que se siembran en Sucre y los cuales también cuentan con registros estadísticos sobre las áreas de producción de siembra (Figura 2) en las evaluaciones agropecuarias elaboradas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para el periodo de 2021 (MADR, 2021).

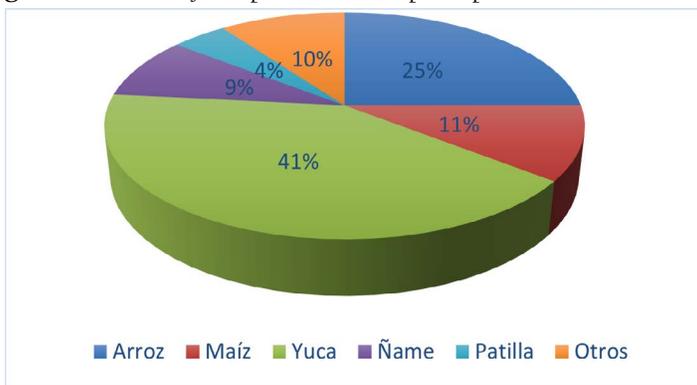
Tabla 1. Rendimiento de las variedades de Yuca actualmente cultivadas en el Departamento de Sucre.

Variedades de Yuca	Rendimiento de las raíces		Rendimiento del Follaje	
	Raíces frescas	Materia seca	Producción de follaje	% de proteína del follaje
Venezolana (MCol 2215)	33.5 t/h. ^a	12.5 t/ha. ^a	126 – 234 hojas/planta. ^j	17.5 -23.9 %. ^{h,i}
Chirosa (MCol 2066)	58.246–50.265 kg/ha. ^b	41,57%. ^c	157 – 246 hojas/planta. ^j	NR
Ica negrita (CM 3306-4)	24,6 t/ha. ^d	13. 1 t/ha. ^e	NR	NR
Burrona (SM 1433-4)	44.1-20.5 t/ha. ^f	24.8 t/ha. ^f	3,0 kg/planta. ^l	15,92%. ^k
Corpoica Tai (M TAI 8)	28,8 t/ha. ^a	34,9 %. ^a	143 – 185 hojas/planta. ^j	5.78 % tallo. ^l
Corpoica Bello-ti (SM 2775-4)	30,3 t/ha. ^g	10,8- 12,0 t/ha. ^g	2,36 kg/planta. ^g	17,43%. ^k
Corpoica Sinuana (SM 1411-5)	31,8 t/ha. ^g	10,3- 11,8 t/ha. ^g	2,18 kg /planta. ^g	NR
Corpoica Ropain (GM 273-57)	28,4 t/ha. ^g	8,7- 9,6 t/ha. ^g	3,18 kg/planta. ^g	NR

Nota. en esta tabla se puede apreciar información sobre el rendimiento de las variedades de Yuca más cultivadas en el Departamento de Sucre, reportadas por estudios realizados en la Región Caribe en donde se tienen en cuenta características de importancia agropecuaria. NR: no se reporta en literatura. ^aLópez *et al.* (2004). ^bGuevara & Plaza (2022). ^cMiranda & Avila (2020). ^dPastrana *et al.* (2014). ^eCeballos *et al.* (2002). ^fMeek Muñoz & Aldana (1998). ^gRosero *et al.* (2020). ^hPaternina (2006). ⁱSuarez *et al.* (2022). ^jSalcedo & Contreras (2017). ^kSerpa *et al.* (2014). ^lGómez *et al.* (2006).

Pese a conocerse cifras actuales de estadística de producción por hectárea y cosecha de Yuca a nivel departamental, no se registra información publicada detallada que valide la extensión por superficie de siembra de cada una de las ocho variedades de Yuca cultivadas en el territorio sucreño durante el periodo de tiempo entre 2008 y 2021, en el cual se encuentra la base histórica de las evaluaciones de oferta agropecuaria de los Municipios y Departamentos en Colombia (MADR, 2021; Agronet, 2023).

Figura 2. Porcentaje de producción de principales cultivos en Sucre.



Fuente: Agronet. (2023).

En relación con lo anterior, hoy en día solo existe un estudio realizado en el Departamento de Sucre por Lázaro Arrieta (2008), donde se reporta que el área de siembra de la variedad de Yuca MTAI 8 alcanza unas 978 hectáreas entre los municipios de Corozal, San Juan de Betulia, San Antonio de Palmito, Los Palmitos y Ovejas, seguida de la variedad SM 1433-4 que logra ocupar 300 hectáreas de cultivo y donde también la variedad CM 4919-1 prevalece con un área de siembra de aproximadamente de 120 hectáreas (Tabla 2). De acuerdo con este estudio la variedad Corpoica Tai (M TAI 8) es la más cultivada en estos municipios, debido al alto rendimiento en raíces que ofrece su siembra en términos de toneladas por hectáreas (Tabla 1), y que se debe gracias al mejoramiento genético del material de siembra y la adaptación de la planta a condiciones ambientales, a suelos de baja fertilidad, climas tropicales, temperaturas $> 24^{\circ}$ y rangos de Precipitación entre 700 a 1500 que persisten anualmente en las subregiones naturales del Caribe seco. Además, porque la fisiología de estas plantas presenta un alto grado de resistencia a plagas como insectos y ácaros barrenadores de tallo, al igual que ha enfermedades como bacteriosis y quemazón que es provocado por hongos fitopatógeno que afectan los sistemas agrícolas y forestales en Sucre, (Tabla 2) (López *et al.* 2004; Ceballos *et al.* 2002; Cadavid, 2006; Lázaro Arrieta, 2008; Rodríguez Henao *et al.*, 2021).

Tabla 2. Variedades de Yuca cultivadas en cinco municipios de Sucre.

Variedades de Yuca	Área cultivada (ha)	Relación a insectos y enfermedades	Zona de adaptación
Corpoica Tai (M TAI 8)	978 had	Resistencia a insectos Trips, Barrenador del tallo y al ácaro verde a.	Clima tropical entre semiárido y subhúmedo. Altura 0-300 msnm. Clima unimodal con estación seca prolongada. Temperatura > 24 °C, Precipitación 700 a 1500 mm/año c, e.
Burrona (SM 1433-4)	300 had	Enfermedad Chamusquina, quemazón y Bacteriosis b.	
Verónica (CM 4919-1)	120 had	Hongo fitopatógeno Diplo-dia spp., Phytophthora spp, Rosellinia spp b.	

Nota: en esta tabla se ilustra la extensión en área de siembra de las tres variedades de Yuca que más se cultivan en Corozal, San Juan de Betulia, San Antonio de Palmito, Los Palmitos y Ovejas, y se evidencian las características a las cuales estos cultivos se han adaptado en sus zonas de liberación en la región caribe y los insectos y enfermedades a los que son resistentes. ^a López *et al.* (2004). ^b Ceballos *et al.* (2002). ^c Cadavid (2006). ^d Lázaro Arrieta (2008). ^e Rodríguez Henao *et al.* (2021).

Por esta razón es que estas variedades mencionadas de Yuca alcanzan altas densidades y vigor en su establecimiento en las diferentes zonas de estos cinco municipios (Lázaro Arrieta, 2008). En particular estas variedades por sus peculiaridades son utilizadas en el sector industrial de producción de almidón y ocupan la mayor cobertura geográfica que cualquier otra variedad de Yuca mejorada genéticamente por el Centro Internacional de Agricultura Tropical que haya sido liberada en estos municipios (Lázaro Arrieta, 2008; Rodríguez Henao *et al.* 2021). Esto se explica dado a que estas variedades brindan un alto rendimiento de raíces comerciales durante la cosecha. Con respecto a la variedad (SM 1433-4) se obtiene entre 44.1 y 20.5 toneladas de raíces frescas y 24.8 toneladas de raíces secas por hectárea, que son aprovechadas para la extracción de almidones. Simultáneamente es una variedad que arroja un rendimiento de follaje de 3,0 kg de hoja por planta las cuales proporcionan un 15,92% de proteínas disponibles para la alimentación animal (Meek Muñoz & Aldana, 1998; Cadavid, 2006; Gómez *et al.* 2006; Serpa *et al.* 2014). No obstante, de la variedad M TAI 8, que es la más cultivada en estos municipios y Sucre en general, dado a que de esta variedad obtiene el rendimiento más alto de raíces frescas, correspondiente a 28,8 a toneladas por hectárea, y un rendimiento promedio de follaje entre 143-185 hojas/planta con un porcentaje de proteína de 5,78% no tan llamativo para la formulación y uso alimentario, pero aun así es la variedad más rentable para producir almidón a grandes escalas (López *et al.* 2004; Salcedo & Contreras, 2017; Gómez *et al.* 2006).

Basándose en lo anterior se recomienda la realización de estudios y encuestas que permitan estimar el área de distribución, producción y rendimiento de cada una de las 8 variedades de Yuca cultivadas en Sucre, las cuales conforman los principales cultivos que sustentan la oferta y demanda de raíces de Yuca en todas las plazas mayoristas del departamento y aún más importante el mercado de almidón a nivel nacional por sus importantes características en cuanto al rendimiento de raíces como se evidencia en la Tabla 1 (Lázaro Arrieta, 2008; Agronet, 2023; MADR, 2020).

Prosiguiendo con nuestros resultados, se encontró que, a pesar de que en la Costa Caribe se liberaron 25 variedades mejoradas de Yuca, desarrolladas por la Alianza Bioersity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical en trabajo colaborativo con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Aguilera-Díaz, 2012; Rodríguez Henao *et al.* 2021), en el Departamento de Sucre solo se cultivan prolíficamente ocho variedades de Yuca con registro para comercialización de material de siembra en Colombia (Tabla 3), convenientemente porque son variedades mejoradas que poseen ventajas adaptativas de tipo genéticas, que les permiten en su fisonomía tolerar climas tropicales-subhúmedos con estación seca prolongada, alturas comprendidas entre 0-300 msnm, temperaturas mayores de 25 °C, y rangos de precipitación entre 700 a 1500 mm/año (Cadavid, 2006; Rosero *et al.* 2020), que perduran en los ecosistemas sucreños. Asimismo, porque son variedades capaces de producir altas cantidades de raíces frescas que oscilan entre 24,6 y 44.1-20.5 t/ha y cantidades de raíces secas que fluctúan entre 8,7 y 24.8 t/ha (Tabla 1) (Rodríguez Henao *et al.* 2021) y porque son cultivos rentables que no requieren de altos costos de producción para su establecimiento y producción. Por esta razón, estas variedades son las más cultivadas por los campesinos y empresarios locales del Departamento y son las que conforman los dos grandes segmentos de producción de Yuca en Sucre (Ospina & Ceballos, 2002; Aguilera-Díaz, 2012; Rodríguez Henao *et al.* 2021).

Tabla 3. *Variedades de Yuca liberadas en la Región Caribe y el Departamento de Sucre.*

Variedades de Yuca	Código de mejoramiento	Cultivadas potencialmente en Sucre	Segmentos de producción		
			Yuca dulce	Yuca industrial	Yuca de forraje
Venezolana	(MCol 2215)	★	★	-	-
ICA negrita	(CM 3306-4)	★	★	-	-
Chirosa	(MCol 2066)	★	★	-	-
Verdecita o P12	(MCol 1505)	-	★	-	-
Corpoica costeña	(CG 1141-1)	-	★	-	-
Corpoica rojita	(SGB 765-4)	-	★	-	-
Corpoica caribeña	(SGB 765-2)	-	★	-	-
Blanca mona	(MCol 2253)	-	★	★	-
Burrona	(Sm 1433-4)	★	-	★	-
Corpoica Tai	M TAI 8	★	-	★	-
Verónica	(CM 4919-1)	-	-	★	-
Corpoica colombiana	(CM 3306-19)	-	-	★	-
Corpoica Gines	(CM 4843-1)	-	-	★	-
Corpoica Belloti	(SM 2775-4)	★	-	★	-
Corpoica-Sucreña	(CM 3555-6)	-	-	★	-
Corpoica Sinuana	(SM 1411-5)	★	-	★	-
Corpoica Ropain	(GM 273-57)	★	-	★	-
Mven25	(Mven25)	-	-	★	-
Corpoica Orense	(SM 1278-2)	-	-	★	-
Corpoica Caiseli	(SM 1278-2)	-	-	★	-
Corpoica Sm	(2081-34)	-	-	-	★

Variedades de Yuca	Código de mejoramiento	Cultivadas potencialmente en Sucre	Segmentos de producción		
			Yuca dulce	Yuca industrial	Yuca de forraje
Corpoica Sm	(1438-2)	-	-	-	★
Corpoica Sm	(1511-6)	-	-	-	★
Corpoica Sm	(2546-40)	-	-	-	★
Corpoica Sm	(2612-24)	-	-	-	★

Nota. En esta tabla se muestra las 25 variedades de Yuca que fueron liberadas en la Región Caribe, las variedades que más se producen en el territorio sucreño y se señalan las variedades que son empleadas en el sector industrial y el sector de consumo en el departamento. La información citada en la tabla sobre los cultivares más empleados en Sucre fue suministrada por personal de CIAT y la oficina de desarrollo económico departamental de Sucre y complementada con información establecida en la tabla preparada por el investigador Fernando Calle, la cual es tomada de la base de datos del proyecto mejoramiento de la Yuca CIAT, 2004 e información expuesta en estudios de a Aguilera-Díaz (2012) y b Rosero *et al.* (2020); Ospina & Ceballos (2002); Cadavid (2006); Rivero *et al.* (2015); DANE (2016) y Rodríguez Henao *et al.* (2021).

Estos segmentos de producción son conocidos como el sector de Yuca de consumo o Yuca dulce, dirigida al sector de consumo fresco (Tabla 3). Estos cultivares se caracterizan por su bajo contenido de ácido cianhídrico tanto en raíces como en hoja y alto contenido de materia seca (Ospina & Ceballos, 2002). En este sector se encuentran las variedades Venezolana (MCol 2215), ICA negrita (CM 3306-4) y Chirosa (MCol 2066), que son consideradas como cultivares de doble propósito, dado que se usan para extraer almidón, follaje y raíces, tanto para el mercado de producto fresco, en donde se incluye la formulación de alimentos balanceados para animales y el consumo de derivados para humanos (Aguilera-Díaz, 2012; Rodríguez Henao *et al.* 2021).

De igual modo, se encuentra el segmento de Yuca amarga dirigida al sector agroindustrial (Tabla 3). Estos cultivos se definen con esa connotación debido a su alto contenido de glucósidos cianogénicos presente en el bagazo, la pulpa de sus raíces y como en hoja y tallo. En este sector se encuentran las variedades de Yuca, Burróna (SM 1433-4), Corpoica Tai (M TAI 8), Corpoica Belloti (SM 2775-4), Corpoica Sinuana (SM 1411-5), Corpoica Ropain (GM 273-57), que han sido empleadas por décadas en los escenarios de producción para satisfacer las necesidades industriales de obtención y demanda de almidón de las plantas almidoneras, y para la elaboración de harinas y diferentes tipos de

insumos para la industria alimenticia de horneados y cárnicos y la industria de carburantes (Giraldo *et al.* 2006; Aguilera-Díaz, 2012; MADR, 2021; Rodríguez Henao *et al.* 2021).

Por otra parte, existe un segmento del sector de producción de Yuca en la Región Caribe, al cual se le ha dado poca relevancia y corresponde al segmento de la Yuca de forraje (Tabla 3) conformada por cinco variedades Corpoica Sm (2081-34), (1438-2), (1511-6), (2546-40) y (2612-24), cuyo genotipo fue creado solo para satisfacer la demanda de procesos agroindustriales que involucran el follaje como materia prima que pueda incorporarse en los diferentes sistemas de producción de la industria alimentaria de bovinos. Estas variedades se caracterizan por la productividad de materia verde y seca, el rápido crecimiento foliar y un rendimiento de forraje de alrededor de 20,000 kg de materia seca por hectárea (Rosero *et al.* 2020).

Estas variedades de uso forrajero fueron introducidas por el CIAT y Corpoica dentro del marco del proyecto de investigación y transferencia de tecnología “**Desarrollo de sistemas de producción de raíces y parte aérea de la planta de Yuca para ser utilizada como suplemento energético proteico en la producción y mejora de la calidad de la carne bovina en el departamento de Córdoba**”, financiado por MADR, en 2010. Estas variedades se liberaron exclusivamente para los Departamentos de Córdoba, Magdalena y Sucre, debido a caracteres como alta producción de follaje (hojas, pecíolos y ramas tiernas) con alto contenido nutritivo de fibras, minerales, vitaminas y proteínas, que superan el 21% y que las cualifica como una alternativa de alimentación para complementar la dieta de los animales (Rivero *et al.* 2015). No obstante, estos cultivares no son representativos en términos de siembra en el Departamento de Sucre. Actualmente no se cuenta con registros verificados e información que date exactamente en qué zonas de Sucre se cultivan estas variedades (Rosero *et al.* 2020).

El follaje de yuca, un alimento alternativo desaprovechado en Sucre

En este punto, es importante resaltar que en Sucre el sector yuquero ha priorizado por décadas el cultivo robusto de variedades de Yuca de uso industrial (Tabla 3) para la producción convencional de raíces (MADR, 2020), antes que el aprovechamiento zootécnico del follaje de la planta para la alimentación animal y la creación de alimentos balanceados (Suárez Paternina *et al.*, 2022). Sin embargo, el campesino natural de Sucre ha empleado por tradición las raíces y el follaje de dos variedades de Yuca (venezolana–MCol 2215 y Chiroso–MCol 2066) para alimentar el ganado bovino, porcino y hasta aves (Rosero *et al.* 2020), debido a que la biomasa de estas partes de las plantas de dichas variedades poseen un alto valor nutricional que proporciona a estos animales grandes fuentes de carbohidratos, minerales como el hierro, potasio, calcio y magnesio, bajos

niveles de grasa, vitaminas como el Acido ascórbico, el caroteno, y perfiles proteicos entre 18% y 22% (Aguilera-Díaz, 2012).

Específicamente de las variedades (MCol 2215) y (MCol 2066) se obtiene en términos de rendimiento de raíces una alta disponibilidad de pulpa con elevado contenido de almidón adecuado para alimentar a vacas y cerdos en las etapas fisiológicas de gestación, lactancia y levante que corresponden a las fases más importantes para la asimilación de grandes cantidades de hidratos de carbono, ideales para la ganancia de energía y producción de leche (Rivero *et al.* 2015). Simultáneamente, el rendimiento de las raíces juega un papel sustancial para los productores de Yuca y de almidones nativos de los diferentes municipios de Sucre, donde la economía de muchas familias depende de la elaboración de subproductos horneados, constituidos principalmente por harinas y almidones de Yuca (Rosero, 1972; CIAT, 2004; Aguilera-Díaz, 2012; Rosero *et al.* 2020). En efecto, de la variedad (MCol 2215) se obtiene una producción de raíces frescas de 33.5 t/ha y un 12.5 t/ha de raíces secas (Tabla 1) ((López *et al.* 2004; Paternina, 2006; Suarez *et al.* 2022), mientras que en el caso de la variedad (MCol 2066) se obtiene un aporte significativo de raíces frescas en un intervalo de 50.265 a 58.246 kg/ha y un porcentaje de 41,57% de raíces secas (Tabla 1) (Salcedo & Contreras, 2017; Miranda & Ávila, 2020; Guevara & Plaza 2022). Por lo que se refiere al uso del follaje para alimentación animal, la variedad (MCol 2215) proporciona una producción de follaje entre 126 y 234 hojas por planta y brinda niveles de proteína entre 17.5 a 23.9 %, ideales para la creación de bloques multinutricionales y concentrados. Y, en cuanto a (MCol 2066), se alcanza una producción de follaje de 157 a 246 hojas/planta, en cuanto a la variedad (MCol 2066).

En realidad, en Sucre el uso del follaje de Yuca para la alimentación animal es vista como una práctica convencional a la que el ganadero recurre para satisfacer la ingesta diaria de pastos en periodos donde la baja precipitación y la sequía prolongada genera la pérdida parcial de gramíneas, y cuando no existe la capacidad de movilizar el ganado en estos periodos a tierras bajas con presencia de humedales y afluentes hídricos que permiten el crecimiento perenne del pasto de corte (Suárez Paternina, 2022). No es desconocido que en los cultivos de Yuca en Sucre la parte aérea de la planta de Yuca es utilizada comúnmente como materia seca de aporte orgánico el ciclo de nutrientes en el suelo (Rivero *et al.* 2015; Guevara & Plaza, 2022), y en ciertas ocasiones un porcentaje de estas hojas y tallo son provistas a los animales en tiempo de cosecha cuando la planta ha alcanzado una madurez fisiológica entre los 9 y 11 meses (Yandia *et al.* 2018); periodo donde ya la lámina foliar ha perdido un 18,4 % de su contenido de proteína y el aporte proteínico que se le ofrece a las especies es bajo y no supera los 120 gramos de proteína (Ravindran & Ravindran, 1988; Ravindran, 1993).

Definitivamente, como en Sucre la mayor parte de los cultivos de Yuca son destinados para la producción de raíces, no se le da el grado de importancia a la cosecha de la parte aérea de la planta antes de los 11 meses, como sucede en otros países como Brasil, Indonesia, Asia y África, donde los cultivos de Yuca son destinados exclusivamente a la producción de hojas, puesto que se prevé que la cosecha del follaje afecta en el desarrollo fisiológico de las raíces y por ende se busca evitar la reducción en el contenido de almidón (Buitrago, 1990; Pérez & Yépez, 2009; Guevara & Plaza, 2022; Fernández *et al.* 2016; Fernández *et al.* 2020). Es por esta razón que la parte aérea de las plantas de Yuca nunca ha estado en primer plano de producción en Sucre, y se ignora su potencial comercial y su importancia como suplemento nutritivo para animales (Ospina & Ceballos, 2002; Rodríguez Henao *et al.*, 2021).

Dicho de otra manera, en todo el territorio sucreño persiste un vacío de información sobre la composición nutricional que tiene la parte aérea de los cultivos de Yuca de las variedades de consumo fresco (Yuca dulce) y de forraje. Esto se evidencia por la falta de información científica actualizada sobre variedades de Yuca producidas en Sucre (Tabla 1), y la falta de industrias y asociaciones enfocadas en el aprovechamiento y uso sostenible de la hoja de Yuca, como material para producir suplementos alimenticios para animales. Por esta razón en Sucre no se cuenta con sistemas de cultivos de Yuca de forraje los cuales son implementados en otros departamentos como en Córdoba en donde se tienen cultivos tecnificados que prometen densidades de plantas por hectáreas mayores a 40.000 y de los cuales se saca un rendimiento promedio de materia seca de hoja de alrededor de 21 t/ha del cual se deriva una producción de 4 toneladas de proteína anual por hectárea disponible para el ganado (Ravindran & Ravindran, 1988).

Probablemente la falta de implementación de cultivos de Yuca de forraje en el Departamento de Sucre, y el desaprovechamiento de los perfiles proteicos, vitamínicos de la parte aérea de la planta Yuca, está en relacionada en general con diversos factores, tales como la falta de investigaciones, transferencia de conocimiento científico y acompañamiento técnico a los pequeños y medianos ganaderos y agricultores, quienes carecen de conocimiento sobre los beneficios nutricionales y fisiológicos que aportan las hojas de Yuca, y desconocen las formas en la que estas pueden ser ofrecidas a los animales es decir desconocen de suplementos como los bloques multinutricionales y concentrados a base de hoja y del heno, y ensilaje a partir de hoja, peciolo y tallo de Yuca, que son dos fuentes de alimentos que se debería incorporar siempre en la dieta de los animales de corral dado a la contribución de proteína, vitamina A, C, complejo B y minerales como el calcio y hierro que estos ofrecen y porque son alimentos de rápida elaboración y rentables que pueden sustituir alimentos comerciales y el pasto de corte (Suárez Paternina *et al.*, 2022).

Adicionalmente, la población rural que conforma más del 50% de los productores de Yuca departamental, ha estado sujeta por muchos años al cultivo de variedades de Yuca tradicionales, lo que hace que la implementación de algunas variedades liberadas como las de forraje (Tabla 3) sean despreciada por estos mismos actores, al igual que la implementación de innovaciones y tecnologías que se traducirían equívocamente en mayores costos para el manejo integrado de estos cultivos (Ospina & Ceballos, 2002). Factores como el mal manejo de las propiedades de los suelos, el insuficiente apoyo económico al sector productor de la Yuca, son además otros factores no menos importantes que conforman el conjunto de limitantes para la siembra de variedades de Yuca de forrajeo mejoradas, en el Departamento de Sucre (Rodríguez, 2021; Santos *et al.*, 2019).

Conclusiones

El Departamento de Sucre, de acuerdo con sus características geográficas, se caracteriza por ser un gran productor agropecuario a nivel nacional, destacándose en la oferta alimentaria como una de las zonas de mayor producción de Yuca industrial y dulce. La Yuca, como cultivo, juega un papel primordial a nivel socioeconómico, agroindustrial y cultural dentro del Departamento, al ser el sustento de un sinnúmero de familias campesinas, constituyéndose como el cultivo principal de sostenibilidad económica de la población agricultora del departamento.

El tubérculo de Yuca reviste una gran importancia para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en regiones de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos periodos de sequía. Además, el uso de la planta de Yuca ha cobrado vital importancia en la actualidad, dado que en muchos países se ha convertido en un cultivo emergente que brinda un aporte calórico y proteico a personas y animales de granja, que pueden asimilar en forma de alimento hojas, tallos y raíces, y de los cuales se podría obtener un producto aceptable dentro de los segmentos del mercado local. Sin embargo, a nivel de la región, existe un gran vacío de información sobre el sistema de manejo y especificidad de las distintas variedades de Yuca para la producción de forraje y la creación de suplementos alimenticios para la alimentación animal, por lo que se hace necesario desarrollar investigaciones que permitan caracterizar las potencialidades que ofrecen las variedades autóctonas y liberadas, y adicionalmente desarrollar procesos y productos encaminados a suplir la demanda de alimento existente.

Referencias

- Aguilera-Díaz, M. M. (2012). *La Yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial*. Banco de la República de Colombia. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER)–Cartagena, No.158. <https://doi.org/10.32468/dtseru.158>
- Agronet (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano). (2023). *EVA Nacional y Departamental 2019–2021*. [online]. <https://experience.arcgis.com/experience/17859d5712b046fca6b0df5781e0b560/page/EVA-Departamental/>
- Alcázar-Alay, S. C. & Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(2). 215–36. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>
- Ambarsari, I., Endrasari, R. & Oktaningrum, G. N. (2018). The effect of cassava and corn flour utilization on the physicochemical characteristics of cassava leaves snack. Paper presented at the IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 102(1) doi:10.1088/1755-1315/102/1/012046 Retrieved from www.scopus.com
- Aristizábal, J., Sánchez, T. & Lorío, D. M. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca* (Vol. 163, p. 137). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm>
- Breuninger, W. F., Piyachomkwan, K. & Sriroth, K. (2009). Breuninger, W. F., Piyachomkwan, K., & Sriroth, K. (2009). Tapioca/cassava starch: production and use. In *Starch* (541-568 pp). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00012-4>
- Buitrago, J. (1990). *La Yuca en la alimentación animal*, pp. 67-71. CIAT. Cali, Colombia. (446 pp). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Yuca_Alimentacion_Animal.pdf
- Cadavid-López, L. F. (2006). Aspectos tecnológicos sobre producción de Yuca. Clayuca y CIAT. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. (29-35 pp). <https://hdl.handle.net/10568/54279>
- Canales, N. & Trujillo, M. (2021, May 4). *La red de valor de la Yuca y su potencial en la bioeconomía de Colombia*. Instituto de Ambiente de Estocolmo, 1-30. <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2021/05/workingpaperycubioeconomia-canalestrujillo-mayo21.pdf>
- Ceballos, H., Morante, N., Calle, F., Lenis, C., Lenis, J., Jaramillo, G. & Gustavo; Pérez, J. (2002). *Mejoramiento genético de la Yuca. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. (CIAT); Consorcio Latinoamericano para la Investigación y el Desarrollo de la Yuca; Proyecto IP-3 de Mejoramiento de Yuca, Cali, Colombia. (295-325 pp). <https://hdl.handle.net/10568/54117>
- DANE (2016, 16 de marzo). *El cultivo de la Yuca*. 46–89. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2016.pdf

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2023). Valor de la Producción agrícola. FAOSTAT. Consultado el 16 de marzo de 2023. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>
- Fernandes, F. D., Guimarães Júnior, R., Vieira, E. A., Fialho, J. D. F. & Malaquias, J. V. (2016). Yield and nutritional value of shoots and tuberous roots of eight industry cassava genotypes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17, 1-12. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000100001>
- Fernandes, F. D., Guimarães Júnior, R., Vieira, E. A., Fialho, J. D. F. & Malaquias, J. V. (2020). Pruning as a strategy to improve the nutritional value of the aerial parts of industry-purpose cassava clones. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 21. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402121082020>
- Gao, S., Song, W. & Guo, M. (2020). The Integral Role of Bioproducts in the Growing Bioeconomy. *Industrial Biotechnology*, 16(1), 13–25. <https://doi.org/10.1089/ind.2019.0033>
- Giraldo, A., Velasco, R. & Aristizabal, J. (2006). *Obtención de harina a partir de hojas de Yuca (Manihot esculenta Crantz) para consumo humano*. [Tesis de pregrado, Universidad del Cauca]. Repositorio de la corporación colombiana de investigación agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19219>
- Gómez, M., Arroyo, C. & Giraldo, M. (2006, September 11). *Utilización de la soca de cultivos de Yuca Clon (1433-4), hojas con tallos tiernos y tallos duros para suplementación en época de sequía en un hato Cebú*. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/utilizacion-de-la-soca-de-cultivos-de-Yuca-clon-1433-4-t26560.htm>
- Guevara, M. E. C. & Plaza, Y. J. P. (2022). Efecto del ácido 1-naftalenacético sobre algunos componentes de rendimiento en Yuca (*Manihot esculenta Crantz*) variedad MCol 2066. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(1), 62-72. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.1935>
- Hue, K. T., Ledin, I., Spörndly, E. & Wredle, E. (2010). Effect of feeding fresh, wilted and sundried foliage from cassava (*Manihot esculenta Crantz*) on the performance of lambs and their intake of hydrogen cyanide. *Livestock science* 131(2-3), 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.03.012>
- Hue, K. T., Ledin, I., Wredle, E. & Spörndly, E. (2012). Effect of harvesting frequency, variety and leaf maturity on nutrient composition, hydrogen cyanide content and cassava foliage yield. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(12), 1691. doi: 10.5713/ajas.2012.12052
- Ingredion (2019, 17 de Abril). *Tapioca starches high performance, clean taste and texture*. <https://www.ingredion.com/apac/en-au/ingredients/ingredient-types/tapioca.html>
- Latif, S. & Müller, J. (2014). Cassava—How to explore the ‘all-sufficient’. *Rural*, 21(48), 30-31. https://www.rural21.com/fileadmin/downloads/2014/en-03/rural2014_03-S30-31.pdf
- Latif, S. & Müller, J. (2015). Potential of cassava leaves in human nutrition: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.006>

- Lázaro Arrieta, R. (2008). *Evaluación de los rendimientos en litros de alcohol kilogramo de harina de Yuca de las variedades Mcol 2215 (venezolana) y Mtai 8, vía enzimática*. [Tesis de pregrado, Universidad de Sucre]. Repositorio de la Universidad de Sucre. <http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/78>
- Leguizamón, A. J., Rompato, K. M., Hoyos, R. E. & Audisio, M. C. (2021). Nutritional evaluation of three varieties of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) grown in Formosa, Argentina. *Journal of Food Composition and Analysis*, 101, 103986. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103986>
- Li, M., Zhou, H., Xu, T. & Zi, X. (2019). Effect of cassava foliage on the performance, carcass characteristics and gastrointestinal tract development of geese. *Poultry Science*, 98(5), 2133-2138. <https://doi.org/10.3382/ps/pey567>
- Li, M., Zi, X., Tang, J., Xu, T., Gu, L. & Zhou, H. (2020). Effects of cassava foliage on feed digestion, meat quality, and antioxidative status of geese. *Poultry Science*, 99(1), 423-429. <https://doi.org/10.3382/ps/pez522>
- López, J., Jaramillo, M. F., Panza, B. D., Mendoza, E., Delgado, R., Ceballos, H., Perez, J. C., Hernández, L. A., Lenis, J. I., Calle, F., Ortega, E., Iglesias, C., Morante, N. & Ramírez, J. (2004). *Nuevas variedades de Yuca para uso industrial en la Región Caribe colombiana: Corpoica-Caiseli, Corpoica-Orense, Corpoica-Tai, Corpoica-Veronica, Corpoica Gines*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2120>
- Ma, S., Wang, H., Li, J., Xue, M., Cheng, H., Qin, Y. & Blecker, C. (2021). Effect of the ratio of wheat flour and cassava and process parameters on the pellet qualities in low starch feed recipe extrusion. *Animal Feed Science and Technology*, 271, 114714. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114714>
- Meek Muñoz, E. & Aldana Navarrete, H. (1998). *Primer encuentro técnico nacional de producción y transformación de Yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/21410>
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). (2020). *Subsector Productivo de la Yuca. Minagricultura*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-12-31%20Cifras%20Sectoriales%20yuca.pdf>
- Miranda Cardona, C. & Avila Arciria, J. (2020). *Evaluación de materia seca y almidón de Yuca (manihot esculenta crantz) variedad mcol 2066 (chiroso) con inductor auxínico de enraizamiento aplicado en pre-siembra, cultivada en el sinú medio*. [Tesis pregrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio de la Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/3218>
- Mulyasari, Melati, I., Yosmaniar. & Subaryono. (2021). Evaluation of *Bacillus amyloliquefaciens* UG7 in improving cassava leaf meal as a raw material for fish feed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012002>

- Odile Raphaëlle, N. D., Kwassi, T., Benjamin, A. M., Oke, O., Okanlawo, O. & Kokou, T. (2022). Use of manihot esculenta leaves on physiological and production parameters of sasso breeder hens. *Veterinary Medicine and Science*, 8(4), 1547-1552. DOI: 10.1002/vms3.797
- Oladunmoye, O. O., Aworh, O. C., Maziya-Dixon, B., Erukainure, O. L. & Elemo, G. N. (2014). Chemical and functional properties of cassava starch, durum wheat semolina flour, and their blends. *Food science & nutrition*, 2(2), 132-138. DOI: 10.1002/fsn3.83
- Ospina, B. & Ceballos, H. (2002). *La Yuca en el tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (Vol. 327). CIAT. <https://orcid.org/0000-0002-8744-7918>
- Parra, J. (2020, 30 de junio). *Cifras sectoriales: Subsector productivo de la Yuca*. <https://sioc.mina-gricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales%20yuca.pdf>
- Paternina-Paternina, Y. (2006). *Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros de producción forrajera y el valor nutritivo de la variedad de Yuca venezolana (Manihot esculenta Crantz)*. [Tesis de pregrado, Universidad de Sucre]. Repositorio de la Universidad de Sucre. <http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/395>
- Pastrana, F. E., Heraldo, A. & Salcedo, J. G. (2014). Respuesta de dos cultivares de Yuca (Manihot esculenta Crantz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. *Acta Agronómica*, 64(1), 48-53. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.43935>
- Pérez López, C. & Yépez Florez, Á. (2009). *Suplementación con Yuca y follaje de Yuca Manihot esculenta crantz en ganado doble propósito en época de verano*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. Repositorio de la universidad de la Salle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zoo-tecnia/298>
- Ravindran, V. (1993). Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61(2), 141-150. DOI:10.1002/jfsa.2740610202
- Ravindran, G. & Ravindran, V. (1988). Changes in the nutritional composition of cassava (Manihot esculenta Crantz) leaves during maturity. *Food chemistry*, 27(4), 299-309. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(88\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0308-8146(88)90014-3)
- Rivera, T., Andrade, R., Labarta, R., Calle, F. & Becerra Lopez-Lavalle, L. (2021) *Boletín informativo del sector yuquero Colombia 2007-2020*. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (5 pp). <https://hdl.handle.net/10568/116234>
- Rivero, S., Gomez, W., Salcedo, E., Tordecilla, L. & Ramos, E. (2015). *Nuevas Variedades de Yuca Forrajera para la alimentación Bovina*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13303/76988_66412.pdf?sequence=1
- Rodríguez Henao, E., Garavito Morales, L. V., Osorio Cardona, Ó., Aguilera Arango, G. A. & Cañar Serna, D. Y. (2021). *Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de Yuca por miniestacas en campo*. In Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de Yuca por miniestacas en campo. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37003/Ver_Documento_37003.pdf?sequence=4

- Rosero, D. (1972). *Evaluación, producción y calidad del forraje de Yuca, con corte periódico manual*. [Tesis de pregrado, Universidad nacional de Colombia]. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 65pp. <https://hdl.handle.net/10568/66154>
- Rosero, E. A., Ceballos, H., Calle, F., Lenis, J. I., Salazar, S. & García, J. L. (2020). Corpoica Belloti, Corpoica Sinuana y Corpoica Ropain: nuevas variedades de Yuca industrial para el Caribe seco y húmedo. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-agrosavia*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11550>
- Prachumchai, R., Cherdthong, A., Wanapat, M., So, S. & Polyorach, S. (2022). Fresh cassava root replacing cassava chip could enhance milk production of lactating dairy cows fed diets based on high sulfur-containing pellet. *Scientific Reports*, 12(1), 1-9. doi: 10.1038/s41598-022-07825-w.
- Salcedo Mendoza, J. & Contreras Lozano, K. (2017). *Agroindustria de productos amiláceos I. Yuca (Manihot esculenta Crantz) y ñame (Dioscorea spp)*. Universidad de Sucre. <https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/1101>
- Salles, M. S. V., Bonilha, S. F. M., Feltran, J. C., Valle, T. L., Rodríguez, M. M. F. C., Kanthack, R. A. D. & Junior, L. R. (2016). Characterization of cassava (*Manihot sculenta crantz*) aerial parts for ruminant feeding. *Ars Veterinaria*, 32(1), 42-54. <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2016v32n1p42-54>
- Santos, J. A., Narváez, L., Salcedo, S. M., Acevedo, A. N., Mercado, L. C. & Salcedo, J. G. (2019). Fisiología del cultivo de Yuca en el bosque seco tropical de Sucre-Colombia. *Temas agrícolas*, 24(1), 17-26. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i1.1774>
- Serpa Guerra, A. M., Hincapié Llano, G. & Álvarez López, C. (2014). Determinación del punto isoeléctrico de las proteínas presentes en cuatro fuentes foliares: Yuca (*Manihot esculenta Crank*) variedades verónica y tai, jatropha (*Jatropha curcas L.*) y gmelina (*Gmelina arborea*). *Prospectiva*, 12(1), 30-39. <https://doi.org/10.15665/rp.v12i1.148>
- Silva, P. A., Pires, A. J. V., Pina, D. D. S., Silva, R. R., Santos, S. A., Rodrigues, C. S. & De Carvalho, G. G. P. (2022). Cassava wastewater can be safely used in the diet of feedlot lambs. *Animal Production Science*, 62(7), 601-609. <https://doi.org/10.1071/AN20214>
- Suárez Paternina, E. A., Mestra Vargas, L. I., Paternina Paternina, Y., Salcedo Carrascal, E., Luna Castellanos, L. L. & Araújo Vásquez. (2022). Yuca para la alimentación animal en la Región Caribe: manejo, conservación y uso eficiente. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria agrosavia*. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405651>
- Suarez, L. M., Salcedo, J. G. & Zapata, J. E. (2022). Actividad biológica de hidrolizados de hoja de Yuca variedad venezolana obtenidos con diferentes enzimas microbianas. *Información tecnológica*, 33(2), 77-88. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200077>
- Suárez Paternina, E. A., Mestra Vargas, L. I., Paternina Paternina, Y., Salcedo Carrascal, E., Luna Castellanos, L. L. & Araújo Vásquez (2022). Yuca para la alimentación animal en la Re-

- gión Caribe: manejo, conservación y uso eficiente. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria agrosavia*. Doi: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405651>
- Sumiati, S., Darmawan, A. & Hermana, W. (2020). Performance and Egg Quality of Laying Ducks Fed Diets Containing Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Leaf Meal and Golden Snail (*Pomacea canaliculata*). *Tropical Animal Science Journal*, 43(3), 227-232. <https://doi.org/10.5398/tasj.2020.43.3.227>
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. Cornell university press. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. (2023). Google Books. (18-22 pp). https://books.google.com.co/books?id=-mwUu6PL1UgC&printsec=frontcover&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Vieira, E. A., Freitas Fialho, J. & Carvalho, L. J. C. B. (2015). Performance of cassava genotypes for industrial use in areas of the Urucuia River Valley region. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 58(3), 314-318. DOI:10.4322/rca.1843
- Villaver, J. P., Zacal, A. L., Gabaya, N. E. & Cantila, M. L. (2022). Egg production, quality, and hatchability rates of Philippine ducks (*Anas luzonica*) in response to low-cost cassava-based rations. [http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v18_n2_2022_March/38_IJAT_18\(2\)_2022_Villaver,%20J.%20P.pdf](http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v18_n2_2022_March/38_IJAT_18(2)_2022_Villaver,%20J.%20P.pdf)
- Winarti, E., Gunawan, Sofyan, A., Wirasti, C. A., Noviandi, C. T., Panjono, Agus, A., Harper, K. J. & Poppi, D. P. (2022). Improving live weight gain in Ongole crossbred bulls through processing of *Gliricidia sepium* leaf meal and cassava in a supplement concentrate. *Animal Feed Science and Technology*, 292, 115401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds-ci.2022.115401>
- Yandia, S. P., Gandonou, C. B., Silla, S., Zinga, I. & Toukourou, F. (2018). Response of four cultivars of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plantlets free of cassava mosaic virus to micropropagation in different media. *African Journal of Biotechnology*, 17(1), 9-1. <https://doi.org/10.5897/AJB2016>