

Capítulo 1.

El cultivo de la yuca en Colombia

Este capítulo contiene información básica sobre el cultivo de la yuca en Colombia, a partir del reconocimiento de la importancia de sus diferentes usos y sistemas de producción.

En Colombia se reconoce la importancia de este cultivo debido a que los 2,8 millones de toneladas de raíces producidas al año provienen de los 32 departamentos, donde la región Caribe participa con más del 52 % del total nacional, seguida por las regiones Andina, Orinoquía, Pacífico y Amazonía, en su orden (MADR, 2021). La yuca presenta una alta capacidad de adaptación y defensa, debido a su fisionomía, encontrándose en diferentes pisos térmicos y regiones, donde puede tolerar periodos secos y diferentes condiciones climáticas (Aguilera, 2012). La yuca es originaria de América tropical, específicamente del noreste de Brasil. Viajeros de Europa identificaron las bondades de esta especie como cultivo y rápidamente la distribuyeron en África y Asia (Olsen & Schaal, 2001).

Las raíces contienen un gran porcentaje de carbohidratos, y las hojas frescas, que contienen vitaminas, minerales y proteínas, pueden ser usadas para el consumo humano y animal; sin embargo, en Colombia solo las raíces son usadas como alimento humano, y una limitada fracción, para alimentación animal. Como se mencionó anteriormente, la región Caribe es el principal núcleo de producción a nivel nacional, tanto por área cultivada como por producción de raíces frescas, ya sea de yuca de consumo fresco o para uso industrial, y en los últimos diez años se ha incrementado el área sembrada; sin embargo, los rendimientos son muy bajos en comparación con el promedio nacional, ya que el manejo agronómico requiere de la aplicación de nuevas tecnologías (Aguilera, 2012).

Centros de origen y diversidad

Diversos estudios han reconocido el origen americano de la yuca; específicamente, en la región norte de Brasil se han encontrado especies taxonómicas relacionadas con *M. esculenta*, por lo que esta región se reconoce, junto con la zona sur de México, como centro de diversidad de la especie (Suárez & Mederos, 2011).

Clasificación botánica

La clasificación taxonómica de la yuca la ubica en el reino vegetal, división Spermatophyta, subdivisión Angiosperma y clase Dicotyledoneae. Se encuentra clasificada en el orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, tribu Manihotae y género *Manihot*. Este género está conformado por al menos 98 especies, de las cuales solo la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es reconocida como cultivo y especie con importancia económica (Suarez & Mederos, 2011).

Importancia del cultivo

La yuca es un cultivo tropical de gran relevancia socioeconómica a nivel mundial y es una especie altamente rústica, que alcanza buenos niveles de adaptabilidad y productividad bajo condiciones climáticas y edáficas desfavorables, características que hacen que la yuca se considere un cultivo tropical distintivo de pequeños y medianos productores, con recursos económicos limitados (Rivas & Herrera, 2003).

El principal uso de las raíces de yuca, tanto frescas como procesadas, es la alimentación humana y animal, por lo que estas representan un recurso importante en la seguridad alimentaria en todas las regiones de Colombia. La alta eficiencia en la producción de carbohidratos y su posterior traslocación

y almacenamiento en las raíces es una de las principales características por las que este cultivo aventaja a los cereales producidos en el trópico, ya que incluso bajo condiciones de baja disponibilidad de agua y nutrientes del suelo es posible cultivar yuca (Faostat, 2011, 2012; Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2014).

Importancia del cultivo de yuca industrial en Colombia

Aunque el cultivo de yuca se cultiva en los 32 departamentos del país, se destacan las regiones Caribe y Orinoquía, junto con Cauca, como los principales núcleos productivos. Su uso se reconoce en dos segmentos amplios de mercado: consumo fresco y uso industrial. La principal diferencia radica en la calidad que exige cada uno de los mercados: la yuca apta para consumo humano requiere de una calidad culinaria y sensorial adecuada a los consumidores locales, mientras que la yuca industrial debe mantener un contenido de materia seca alto, ya que esta es la primera evidencia de un buen contenido de almidón en las raíces. De esta forma, el 94,4 % del total de la producción de yuca a nivel nacional se produce para satisfacer el mercado de consumo humano (cocción), y solo el 5,6 % se destina a la producción de almidón nativo y fermentado (Parra, 2020). La diferenciación de estos dos sistemas de producción evidencia una mayor tecnificación en el cultivo de yuca industrial, ya que en general se maneja en monocultivo. Sin embargo, el sistema de producción se desarrolla generalmente en áreas menores de 10 ha (85 %), con prácticas tradicionales y niveles de tecnificación que podrían ser mejorados (MADR, 2017).

La agroindustria que usa las raíces de yuca para la producción de almidón se ha desarrollado enormemente en la región Caribe y el Cauca; sin embargo, enfrenta limitantes especialmente relacionadas con la estacionalidad climática en la producción. En el Caribe, las épocas del año que se relacionan con la presencia de lluvias marcan drásticamente las temporadas de siembra y cosecha de los cultivos. La oferta varietal de yuca presente en los campos, junto con la alta perecibilidad de las raíces, hace que las raíces cosechadas de forma tardía o almacenadas por largos periodos de tiempo pierdan calidad y sean rechazadas en el mercado, especialmente, por la pérdida de materia seca o pudrición (Aguilera, 2012). Por esta razón, los esfuerzos en la tecnificación del cultivo de la yuca industrial podrían apoyar

la estabilidad en la producción, ya sea desde la vía de nuevas variedades aptas para cosecha extendida, así como en el uso de riego y mecanización y, sobre todo, en el fortalecimiento de acciones y estrategias para incentivar la apropiación social de conocimiento y tecnologías obtenidos a través de la investigación.

Estadísticas de la yuca industrial en el país

En 2021 Colombia registró un área cosechada de 12.516 hectáreas de yuca industrial, y una producción de 219.433 toneladas, lo que representó un crecimiento en el rendimiento con respecto a 2018, año en que se cosecharon 9.119 hectáreas con una producción de 157.826 toneladas. Por su parte, el rendimiento promedio nacional fue de 17,05 t/ha en 2021. La producción nacional de yuca con destino a la industria se encuentra en 13 de los 32 departamentos del país, de los cuales Sucre (89.609 toneladas), Cauca (61.278 toneladas) y Córdoba (65.993 toneladas) son los que más aportan (tabla 1). En general, la dinámica a través del tiempo ha mostrado una tendencia de crecimiento, en especial en los departamentos con mayor producción, lo que evidencia el fortalecimiento que ha tenido la cadena de valor de la yuca industrial en estas zonas y la importancia económica y social del sistema productivo.

Tabla 1. Producción de yuca industrial en Colombia en toneladas (2014-2021)

Departamento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Sucre	39.467		47.098	57.203	57.343	78.490	74.037	89.609
Córdoba	5.285	7.560	40.859	38.925	44.574	52.680	67.920	65.993
Cauca	3.122	7.600	5.722	44.796	50.870	74.914	71.430	61.278
Chocó		40.653	6.750					
Atlántico				660	4.820	3.130	5.778	2.373
Vichada	7.560		5.569					
Guainía			7.347					
Antioquia		3.101	105					

(Continúa...)

(Continuación tabla 1)

Vaupés	3.030							
Cesar						1.250		
Magdalena						75		180
Nariño					200	15		
Boyacá					20	12		
Total	55.434	58.914	116.480	141.584	157.826	210.566	219.165	219.433

Fuente: Elaboración propia con base EVAS (MADR, 2021)

Usos de la yuca industrial

La yuca es una especie altamente eficiente en el almacenamiento de almidones en ambientes de producción con baja disponibilidad de agua y nutrientes, en comparación con otros cultivos amiláceos, como el maíz, el trigo, etc., cuyo desempeño en las condiciones tropicales y subhúmedas es limitado. El interés por parte de la industria de usar la materia prima de la yuca en alimentos procesados (animal), su uso como combustible o bioetanol, la amplia gama de usos del almidón de yuca y los productos derivados de su modificación, entre otros, definitivamente sugieren la necesidad de continuar mejorando tecnológicamente el sistema de producción del cultivo (Ceballos, 2002).

En la costa Caribe, el establecimiento de las industrias de producción y comercialización de almidón de yuca ha fomentado el cultivo de yuca industrial, especialmente de variedades como Corpoica Tai, Corpoica Verónica (Ceballos, 2002) y la recientemente liberada Corpoica Belloti. En Colombia, las hojas son usadas principalmente en alimentación animal, especialmente de variedades diseñadas para tal fin (variedades forrajeras). Los análisis nutricionales han reportado un alto contenido de proteínas (entre el 18% y el 22%) y un buen contenido de precursores de vitamina A y minerales como calcio, potasio, magnesio, hierro y otros (Aguilera, 2012).

Alimentación humana

En la gastronomía colombiana, la yuca industrial no se usa directamente como la yuca de consumo humano, que es usada posterior a su cocción. El almidón extraído de la yuca industrial se usa para la elaboración de una variedad de recetas locales que son consumidas a diferentes horas del día, como pasabocas, ya que el proceso de extracción de almidón elimina todas las trazas de ácido cianhídrico (HCN), al igual que el casabe (Mendoza Ortega et al., 2017).

Por otra parte, las características fisicoquímicas encontradas en la harina de yuca han mostrado la posibilidad de reemplazar hasta en un 15% la harina de trigo (tabla 2) en alimentos de panificación, pastas, espesantes, entre otros (Mendoza Ortega et al., 2017).

Tabla 2. Características fisicoquímicas de la harina de yuca comparada con la harina de trigo

Análisis	Yuca (variedad HMC-1)	Trigo
Humedad (porcentaje en base de humedad [BH])	8,4	11
Materia seca (porcentaje en BH)	91,6	89
Contenido de almidón (porcentaje en base seca [BS])	87,4	69
Proteína (porcentaje en BS)	1,3	14
Fibra cruda (porcentaje en BS)	1,2	0,9
Extracto etéreo (porcentaje en BS)	0,6	2,4
Cenizas (porcentaje en BS)	1,1	0,7
HCN total (ppm)	13	—
HCN libre (ppm)	0,6	—
Azúcares reductores (porcentaje en BS)	1,4	0,9
Amilosa (porcentaje en BS)	12,3	13,9
Amilopectina (porcentaje en BS)	87,7	86,1
Índice de absorción de agua (g de gel/g de harina)	4,1	3,1
Índice de solubilidad de agua (porcentaje)	8,8	13,3

Fuente: Bellotti et al. (2002)

Alimentación animal

Por ser una fuente de amplio valor energético rico en carbohidratos, la yuca es utilizada también como alimento balanceado para animales. A nivel mundial, algunos países, como Tailandia, están especializados en la elaboración de trozos secos, los cuales pueden procesarse para la producción de concentrado para animales. Como se mencionó previamente, el buen contenido de proteínas, fibras minerales y precursores de vitaminas (beta-caroteno) hace que el follaje de yuca sea un insumo altamente nutricional para los animales, junto con las raíces de descarte (Ceballos, 2002).

Para alimentación animal, la planta debe pasar por un proceso de limpieza, picado, secado y molienda, y la raíz transformada en trozos secos, por su parte, es utilizada para la formulación de alimentos balanceados. En ambos casos, las variedades industriales de yuca pueden ser usadas, y de todo el proceso se resalta el secado, ya que es este paso el que garantiza la disminución del contenido de HCN, llevándolo a un nivel apto para el consumo. Así mismo, con los residuos de la yuca también se pueden elaborar bloques nutricionales para el ganado (Mendoza Ortega et al., 2017).

Almidones

El almidón extraído de las raíces es usado en las industrias alimenticia, textil, de papel y cartón, cosmética y de limpieza, de construcción, farmacéutica, de refinería, de colorantes, y para hacer películas de plásticos biodegradables y baterías secas, entre otros (Aguilera, 2012).

El rendimiento en el proceso de extracción del almidón puede realizarse en plantas artesanales o en grandes plantas, con capacidades de hasta 400.000 t/año. El proceso consiste en separar, a través de diferentes sistemas de filtrado, el almidón y el agua, desde las fibras y la proteína. Luego, el agua y el almidón son separados por gravedad o centrifugado, con lo que el almidón queda listo para ser comercializado (Mendoza Ortega et al., 2017).

Alcohol

El almidón de la yuca puede ser transformado en alcohol etílico, utilizado para la generación de energía. En el Valle del Cauca, el biocombustible a base de yuca industrial a nivel experimental ha demostrado tener un bajo costo y ha sido utilizado eficientemente en algunos vehículos, estufas de cocina y plantas, entre otros artefactos, para generar energía eléctrica (Mendoza Ortega et al., 2017).

Variedades mejoradas de yuca para la industria utilizadas en la región Caribe colombiana

En la región Caribe, el cultivo de yuca con fines industriales ha tenido un gran impulso por la extracción industrial de almidón de yuca en el departamento de Sucre, el cual ha encontrado en la transformación una salida comercial para potencializar el uso de esta materia prima en la elaboración de diferentes productos. Esto se ha visto reflejado en el auge del cultivo en la región, ya que los productores han encontrado una alternativa de negocio para impulsar la actividad agrícola allí y generar un impacto social relevante y positivo alrededor de este producto.

El resultado de la investigación conjunta entre AGROSAVIA y el CIAT ha logrado la identificación de materiales de yuca con fines industriales adaptados a las condiciones de la región Caribe, y se han logrado mejoras significativas en aspectos clave como el rendimiento, el contenido de almidón y la tolerancia a las principales limitantes fitosanitarias de la región.

A continuación se muestra una breve descripción de los materiales de yuca más usados con fines industriales:

Corpoica Belloti: variedad de uso industrial con una emergencia de los brotes entre los 10 y 15 días después del establecimiento en campo. La formación de almidones inicia aproximadamente a los 90 días, y la acumulación de materia seca se da después de los 150 días. Los tallos son de

crecimiento recto, y sus hojas apicales son de color verde oscuro. El color característico de la pulpa de la raíz es blanco, y su materia seca es mayor al 30%, característica apetecida por la industria, ya que es excelente como materia prima para la extracción de almidón. Esta variedad tiene un potencial de rendimiento superior a 28 t/ha. Además, presenta adaptación a las condiciones secas o húmedas de la región Caribe. En las diversas evaluaciones y lotes comerciales se ha evidenciado su tolerancia a problemas comunes en la costa Caribe (enfermedades de bacteriosis y superalargamiento) y a plagas como trips, barrenador y ácaro verde del cogollo. Sin embargo, se recomienda hacer monitoreos rutinarios con el fin de estimar el nivel de afectación y tomar medidas preventivas de manejo.

Corpoica Ropain: variedad de yuca para la industria con una emergencia de los brotes entre los 10 y 15 días después de la siembra (DDS). La formación de almidones se da después de los 90 días, y la acumulación de materia seca, a los 150 días. Los tallos son de crecimiento recto, con entrenudos cortos, y sus hojas apicales son de color verde claro. El color característico de la pulpa de la raíz es blanco, y su materia seca es mayor al 30%, lo que, como con la anterior, hace atractiva a esta variedad para la extracción de almidones. Esta variedad también tiene un rendimiento superior a 28 t/ha. Al igual que la variedad anterior, un buen nivel de tolerancia fue encontrado para las enfermedades y plagas antes mencionadas en la variedad Corpoica Belloti.

Corpoica Sinuana: variedad de yuca de uso industrial con una emergencia de los brotes entre los 10 y 15 DDS en campo. Los almidones inician su formación a partir de los 90 días, y la acumulación de materia seca, después de los 150 días. Los tallos son de crecimiento recto, con entrenudos cortos, y sus hojas apicales son de color verde claro. El color característico de la pulpa de la raíz es blanco, y su materia seca es mayor al 30%, lo que, como con las anteriores, hace atractiva a esta variedad para la extracción de almidones. Esta variedad también tiene un rendimiento superior a 28 t/ha. Al igual que la variedad anterior, un buen nivel de tolerancia fue encontrado para las enfermedades y plagas antes mencionadas en la variedad Corpoica Belloti.

Corpoica Tai: variedad de porte medio-alto, con una altura promedio de 2 m. Los tallos presentan un color verde grisáceo, y las raíces, blanco-crema. Esta variedad presenta un rendimiento promedio de raíces frescas de 25 t/ha, y el contenido de materia seca puede ser superior al 30%. Esta

es la variedad industrial más sembrada en la costa Caribe, con cerca del 90% del área actual sembrada. En las condiciones de evaluación y cultivo se ha observado baja afectación por insectos como trips, barrenador del tallo (*Chilomima clarkei*) y ácaro verde del cogollo. Esta variedad presenta una susceptibilidad moderada a la enfermedad conocida como chamusquina, quemazón, seca o bacteriosis, por lo cual la detección oportuna de la enfermedad permite generar planes de acción para evitar la diseminación de esta enfermedad en los lotes comerciales.

Para el establecimiento de los diferentes materiales, se deben tener en cuenta sus documentos de recomendación, con el fin de tener los argumentos necesarios para iniciar el establecimiento del cultivo.