

# La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), alimento base de pobladores en Guyana

## *Cassava (Manihot esculenta Crantz), basic food of settlers in Guyana*

 Premdat Beecham<sup>1</sup>  Ramnarace Sukhna<sup>1</sup>  Zulema Zalguero-Rubio<sup>2</sup>

 Eduardo Menéndez-Álvarez<sup>3</sup>  Daymara Rodríguez-Alfonso<sup>2</sup>

premdat18@yahoo.com 

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agrícola. Georgetown, Guyana

<sup>2</sup>Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba

<sup>3</sup>Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú

Recibido: 01/10/2022

Revisado: 03/11/2022

Aceptado: 02/12/2022

Publicado: 06/01/2023

### RESUMEN

La yuca es recurso fitogenético importante en Guyana, donde es el cuarto producto alimenticio de relevancia en cuanto a cantidad de calorías producidas, después del arroz, el trigo y el maíz. Forma parte importante de la alimentación de la población Guyanesa y es la dieta base de las comunidades indígenas. La población indígena depende de la diversidad de platillos y bebidas tales como la farinha, casabe, cassareep y piwari que se elaboran a partir de las raíces de las plantas tanto de la yuca dulce como amarga, ésta última es la de mayor relevancia en la gastronomía guyanesa. Este es un recurso que en el país se conserva tanto *in situ*, en la selva amazónica y otras áreas montañosas; como *ex situ*, en los bancos de germoplasma de Kairuni y Ebini pertenecientes al Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agrícola los cuales cuentan con 87 accesiones. El cambio climático y la disminución de las poblaciones de las comunidades indígenas afectan directamente en la conservación *in situ*, es por ello que el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agrícola tiene la misión de desarrollar actividades de capacitación para sensibilizar a los pobladores locales para salvaguardar la diversidad biológica de la especie y de las tradiciones culinarias.

**Palabras claves:** Yucas amargas, yucas dulces, conservación *in situ*, conservación *ex situ*.

### ABSTRACT

The cassava is an important phylogenetic resource in Guyana, where is the fourth nutritional product in order of importance according to the amount of calories that contains, following rice, wheat and corn. It takes part in the Guyanese populations' nutritional plans and is the primary agricultural product of the indigenous communities. The indigenous population depends on the



diversity of dishes and beverages such as farinha, casabe, cassareep and piwari which are made from the root of plants both sweet or bitter cassava, the latter being of paramount in guyanese gastronomy. This resource is preserved in the country either in situ, in the Amazonic jungle and other mountain areas; like ex situ, in the germplasm banks of Kairuni and Ebini belonging to the National Institute of Investigation and Agricultural Extension which accounts with 87 accessions. The climate change and the population decline of the indigenous communities endangers the preservation in situ, that is why the National Institute of Investigation and Agricultural Extension possesses the mission to develop the training activities to create sensibility to the local people to ensure the biological diversity of the Species and the culinary traditions are preserved.

**Keywords:** Bitter yuccas, sweet yuccas, *in situ* conservation, *ex situ* conservation.

## INTRODUCCIÓN

Acerca del origen de la yuca existen diversas teorías, la más antigua y hasta ahora sostenida, es la atribuida al botánico y geógrafo de plantas De Candolle alrededor de los 70. Quien propuso a la zona norte- oeste del Brasil como la primera área donde se cultivó. Se basó en la abundancia de especies silvestres y en la antigüedad del cultivo en la región (Hershey, 2017). Es por ello que se plantea como origen el trópico americano y su área de distribución se extiende desde Arizona, Estados Unidos, hasta la cuenca del Plata en Argentina, siendo la región norte de Brasil seguida del sur de México y Bolivia donde se han encontrado especies taxonómicamente más afines a la especie (Aguilar, 2017). Con la llegada de los europeos al continente americano el cultivo inicia a expandirse, primero como base de la dieta de poblaciones al servicio de la producción colonial americana, luego exportado a otros continentes, con especial impacto en África.

Atendiendo los centros de orígenes, la yuca podría ubicarse en una categoría llamada por Harlan en 1971, como cultivos “no-céntricos”, aquellos que parecen no tener un centro de origen ni de diversidad y

que pudo domesticarse en un área muy amplia (Tiago *et al.*, 2016). Aunque la domesticación de la especie se les atribuye a los grupos de cazadores recolectores que habitaban la región amazónica, fueron dados por los primeros hallazgos arqueológicos, que sugieren que la domesticación de la yuca como cultivo agrícola comenzó hace 5 000–10 000 años en la selva tropical amazónica siendo uno de los cultivos más antiguos de la civilización humana (Shigaki, 2016).

Al momento de la colonización española, cerca de 140 cultivos con algún grado de domesticación eran propagados por los nativos de Sudamérica, de los cuales 83 eran propios de la Amazonía y áreas adyacentes en el norte de este subcontinente (Clement *et al.*, 2016). Aunque muchas sociedades anteriores a la conquista estaban más orientadas a la gestión de especies productoras de alimentos en bosques domesticados, especialmente árboles, que a los sistemas de producción con cultivos. La estrategia de domesticación, subsistencia y sedentarismo más importante en la Amazonia fue el cultivo de la yuca (Pérez *et al.*, 2019).

El área destinada al cultivo es muy extensa se encuentran las isoyetas de 1 270 mm y las isotermas de 15,50 °C, lo que

la convierten en una planta de clima tropical y subtropical (Dixon *et al.*, 2021). Actualmente la yuca es cultivada en todas las regiones tropicales del mundo, dando un gran aporte a la seguridad alimentaria (Clement *et al.*, 2016, Lombardo *et al.*, 2020).

### Taxonómica

La yuca pertenece a la familia *Euphorbiaceae* la cual está constituida por aproximadamente 7 200 especies que se caracterizan por su notable desarrollo de vasos laticíferos y la secreción lechosa provenientes de los galactocitos. El género *Manihot* es el único que solo se encuentra en las Américas y es uno de los más importantes de las tribus que conforman la familia. Está integrado por aproximadamente 200 especies de las cuales solo la yuca es cultivada comercialmente (Núñez *et al.*, 2018). El Sistema Integrado de Información Taxonómica (2020) ubica taxonómicamente a la especie en el Reino: Plantae, Subreino: *Viridiplantae*, Supe división: *Embryophyta*, División: *Tracheophyta*, Clase: *Magnoliopsida*, Suborden: *Rosanae*, Orden: *Malpighiales*, Familia: *Euphorbiaceae*, Género: *Manihot*, Especie: *Manihot esculenta* Crantz.

El nombre científico fue dado por Crantz en 1766 y posteriormente Pohl en 1827 y Pax en 1910 la reclasificaron en dos especies diferentes: *Manihot utilissima*, la yuca amarga y *Manihot aipi*, la yuca dulce. Finalmente, en 1938, el agrónomo y botánico italiano Raffaele Ciferri reconoció el trabajo de Crantz y se aceptó su clasificación inicial, actualmente vigente (Brañas *et al.*, 2019).

En dependencia de la concentración de ácido cianhídrico (HCN) en la raíz la especie se agrupa en: yucas amargas HCN (>50 mg·L<sup>-1</sup>) mayor rendimiento y mejor calidad

de almidón y yucas dulces que tienen bajas concentraciones de HCN (<50 mg·L<sup>-1</sup>) y son las preferidas para el consumo humano.

## DESARROLLO

### Características botánicas y anatómicas

Es un arbusto perenne que llega alcanzar entre 1-5 m de altura. El tallo se ramifica a una altura variable, según los cambios de suelo y fertilización y las condiciones climáticas. Presenta forma cilíndrica y diámetro entre 2-6 cm y está directamente relacionado con el rendimiento, mayores valores rendimientos elevados y viceversa. El color es variable puede ser desde gris hasta rojo, ya que es un carácter que depende de la edad de la planta y de la variedad (Tironi *et al.*, 2019).

Los nudos y entrenudos se pueden observar a lo largo del tallo, en donde sobresalen un tipo de protuberancias que marcan la presencia anterior de las hojas. Su longitud depende el medio ambiente y oscila entre 1 y 30 cm (Osuna y Fierro, 2016).

Las hojas son simples, el tamaño depende de la variedad y el ambiente. Están constituidas por un pecíolo y la lámina foliar, se caracterizan por ser palmeada y presentar un número variable de lóbulos entre tres y nueve en dependencia de la variedad, por lo general impar (Borrero, 2019). Los pecíolos son largos, delgados y pueden ser rojos, rojos verdosos, verdes rojizos y verdes en dependencia de la variedad (Barragán, 2018).

La filotaxia típica observada en los tallos es de 2/5, las hojas se ubican en espiral, alrededor del tallo. La fracción 2/5 implica que se tienen que dar dos vueltas al tallo hasta en-

contrar una hoja perfectamente superpuesta con la hoja 1 (Ceballos y De la Cruz, 2002)

Es una especie monoica cuenta con flores femeninas (pistiladas) y masculinas (estaminadas), monoperiantadas, agrupadas en 50-60 flores por inflorescencia en una proporción de 6:10 flores masculinas: femenina. Las femeninas están en la base de la inflorescencia y son pocas y las masculinas se localizan en la parte alta y son abundantes. Las flores son sencillas, no presentan ni cáliz, ni corola y solo cinco tépalos. Los tépalos pueden ser amarillos, rojizos o morados y en las flores femeninas se encuentran totalmente separado el uno del otro hasta su base, cosa que no sucede en las masculinas (Ramos *et al.*, 2019). No todas las variedades florecen en las mismas condiciones ambientales, y en los casos que ocurren se nota una marcada diferencia en cuanto al tiempo de floración y la cantidad de flores que producen.

El fruto es una cápsula tricarpelar de forma ovoide y globular, su tamaño varía entre 1-5 cm de diámetro con seis aristas longitudinales, estrechas y prominentes que se abren en la madurez, el color depende de la variedad y puede ser blanco o amarillento. El pericarpio es leñoso y contiene tres semillas y en cada uno de sus lóbulos se encuentra una semilla que es liberada cuando el fruto alcanza su madurez sobre cinco meses (Tironi *et al.*, 2019). La semilla es de forma ovoide y mide aproximadamente 10 mm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. La testa es lisa, de color café con moteados grises o negros (Borrero, 2019).

Las raíces son tuberosas de aproximadamente 20 a 40 cm de largo por 5-8 cm de diámetro, la forma y color de la pulpa y la corteza pueden variar según la variedad: 1) irregular,

cónica y cilíndrica; 2) blanquecinas, rosadas, cremosas o amarillentos y hasta naranjas y 3) blanco cremosas, amarilla, rosada y púrpuras; respectivamente. (Njoku, *et al.*, 2015). Es el órgano de la planta de mayor interés agronómico y económico dada su capacidad de almacenamiento de almidones (Borrero, 2019).

### Producción mundial

La producción mundial se ubica en un lugar importante pues el producto llega a más de 3 000 millones de consumidores, de ellos, 1 000 millones pertenecen a países en vías de desarrollo. Se producen alrededor de 300 millones de toneladas de raíces frescas, en un total de más de 28 millones de hectáreas. Entre los principales países productores se destacan Nigeria con más de 60 millones de toneladas, el Congo con más de 41 millones de toneladas, Tailandia superando los 28 millones de toneladas, Ghana aproximadamente 21 millones de toneladas; y Brasil que logra alcanzar los 18 millones de toneladas, situándose en el sexto lugar (Garcés y Rosario, 2020; FAOSTAT, 2022).

La cantidad de tierra per cápita para la producción agrícola ha declinado dramáticamente en el mundo durante las últimas décadas, y se espera que continúe reduciéndose debido a los efectos del cambio climático. Se calcula que la población mundial en los próximos 25 años sea alrededor de 8 mil millones, 2 mil millones más que la población actual; todo esto unido a la crisis mundial de alimentos y al aumento del uso de los cultivos para la producción de biocombustibles (Marx, 2019), requiere que los rendimientos de los cultivos por unidad de tierra continúen incrementándose.

En Guyana, se destinan para la plantación del cultivo más de 3 mil hectáreas con rendimientos que varían en función de la variedad

que se emplee. En los últimos años se trabaja por lograr un incremento de la producción de 20 % debido a la demanda nacional y regional (NAREI, 2018; FAOSTAT, 2022).

### Importancia económica y usos

La yuca, está catalogada como una de las más importantes en el grupo de alimentos provenientes de raíces, rizomas y tubérculos tropicales, en Guyana, tiene su principal valor económico en su órgano de reserva o almacenamiento de energía, las raíces. El alto precio de los cereales hoy día la convierte en una alternativa atractiva para remplazar alimentos como el trigo y el maíz, debido a que la raíz se puede transformar en una harina de alta calidad que puede sustituir parcialmente a la harina de otros cereales.

Tiene diversos usos y es comercializado tanto como raíz fresca o procesada, para consumo humano o animal, es insumo en la industria alimenticia, materia prima en la industria productora de alimentos balanceados para animales y como producto intermedio en la industria no alimenticia. (Gao *et al.*, 2020). Es uno de los alimentos energéticos de la dieta de más de 500 millones de personas en el mundo, especialmente de África Occidental y América del Sur (Muñoz *et al.*, 2020).

Los múltiples platillos y bebidas que se pueden elaborar a partir de sus raíces han permitido que las poblaciones indígenas a lo largo de la historia hayan contado con un sustento alimenticio, tal es el caso del casabe, mandioca, farinha, entre otros. Algunos de estos platos también formaron parte de la dieta de los colonizadores, quienes utilizaron el casabe como sustituto del pan en sus largas campañas terrestres

y travesías marítimas. Así como también, lo fueron las bebidas fermentadas preparadas a partir de tubérculos conocida por los indígenas como casire, piwari o chicha de yuca. El proceso de elaboración de esta bebida es cocinar la yuca, luego la mastican y escupen para después dejarla fermentar, obteniendo un líquido amarillo listo para ser bebido (Cox y García, 2015).

Un elemento a tener en cuenta al consumir la yuca es las concentraciones de ácido prúsico o ácido cianhídrico que poseen cada variedad. Este es un compuesto altamente venenoso, por lo ha sido necesario desarrollar procesos que reduzcan su toxicidad como pelar o quitar la corteza (cáscara) de las raíces, ya que la relación del contenido de glucósido entre la cáscara y la parte interna es de 5-10:1, respectivamente y el raspado, cocción, secado o fermentación después de peladas. El consumo pequeño de estas sustancias tóxicas puede acumularse provocando trastornos mentales, bocio y lesiones cutáneas. Dados los riesgos potenciales de comerla, los pueblos indígenas de la Amazonía desarrollaron técnicas de procesamiento efectivas que reducen el contenido de cianuro, como hervir, fermentar y rallar (Bulkan, 2019).

La generalidad de la población consume las raíces y solo una pequeña parte de la población (África y Brasil) incluye en la dieta las hojas tiernas cocidas como verduras dado a su alto valor proteico (18- 22 %) y valor nutricional (Díaz, 2021). En Guyana, al igual que en otros países el follaje se emplea en bancos de proteína para la ganadería vacuna y como sustituto en la confección de concentrados para la alimentación de cerdos y aves (Howeler *et al.*, 2013).

**Tabla 1.** Concentración promedio de elementos minerales en hojas y raíces de la planta de yuca.

| ELEMENTO | HOJAS | RAÍCES |
|----------|-------|--------|
| Fe       | 94,4  | 9,6    |
| Mn       | 67,9  | 1,2    |
| B        | 66,1  | 2,4    |
| Cu       | 7,3   | 2,2    |
| Zn       | 51,6  | 6,4    |
| Ca       | 12324 | 590    |
| Mg       | 7198  | 1153   |
| Na       | 11,4  | 66,4   |
| K        | 10109 | 8903   |
| P        | 3071  | 1284   |
| S        | 2714  | 273    |

Fuente: Díaz (2021)

El uso industrial se fundamenta en la transformación del almidón de las raíces para obtener: 1) dextrinas usadas en la preparación de gomas, papeles y adhesivos y en la elaboración de cerveza; 2) etanol como carburante; 3) productos utilizados en la elaboración de helados y postres y 4) productos farmacéuticos (Sonagua, 2018).

La raíz comestible es muy deficiente en proteínas, pero contiene apreciables cantidades de vitamina B, fósforo, hierro y casi el doble de calorías que las papas, el ñame y los plátanos (Olusola *et al.*, 2015). Sin embargo, al compararlo con otros tubérculos y raíces de almidón tropical, es uno de los de mayor valor calórico porque 100 g de raíz aportan 160 calorías. Su valor calórico proviene de la sacarosa, que representa más del 69 % de los azúcares totales de la raíz. Además, contiene alrededor del 16-17 % de amilasa, otra fuente importante de carbohidratos. El almidón que se obtiene es libre de gluten lo que favorece la las preparaciones alimenticias de pacientes celíacos.

### Variedades comerciales en Guyana

La yuca representa la diversidad varietal más amplia en raíces y tubérculos cultivados del país. Los recursos fitogenéticos (RFG) de yuca que se cultivan, en su mayoría, son variedades locales posiblemente endémicas dada a la cercanía con las fronteras de Brasil. También existen variedades comerciales (Tabla 2) de amplia distribución y uso por productores.

**Tabla 2.** Características de las principales variedades comerciales de yuca.

| VARIEDAD                           | NAREI 1                         | NAREI 2                         | Mmex                               | Smokey prolific                 | Uncle Mack        |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| <b>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS</b> |                                 |                                 |                                    |                                 |                   |
| Siembra hasta la cosecha           | 12 meses                        | 12 meses                        | 6-8 meses                          | 12 meses                        | 12 meses          |
| Color de la raíz                   | amarillenta                     | blanquecina                     | blanquecina                        | blanca cremosa                  | blanquecina       |
| Promedio de raíces/planta          | 9                               | 7                               | 7                                  | 8                               | 6                 |
| Rendimiento                        | alto (35 t/ha)                  | alto (36 t/ha)                  | alto (33 t/ha)                     | alto (34 t/ha)                  | bajo (12-18 t/ha) |
| Contenido de materia seca          | alto (35 %)                     | alto (36 %)                     | alto (33 %)                        | alto (34 %)                     | medio (27 %)      |
| Contenido de almidón               | alto (20 %)                     | alto (21 %)                     | alto (19 %)                        | alto (21 %)                     | medio (17 %)      |
| Poscosecha                         | alto < 3 días                   | alta < 3 días                   | media < 2 días                     | media < 2 días                  | alto < 3 días     |
| Uso                                | Producción de farinha y harina. | Producción de almidón y harina. | Procesamiento y el consumo fresco. | Producción de almidón y harina. | Consumo fresco.   |

## Conservación de los recursos fitogenéticos de yuca

La conservación *ex situ* es la mantención del germoplasma fuera de su hábitat natural, surge como una medida complementaria a los mecanismos de conservación *in situ*, y busca el resguardo de los recursos genéticos a través de operaciones de almacenamiento y propagación de colecciones de germoplasma representativos de la variabilidad que se desea preservar (Vara, 2021).

Esta alternativa de conservación facilita la viabilidad información del material almacenado, por lo que permite que se disponga de un efectivo resguardo del germoplasma obtenido en las campañas de recolección de las muestras representativas de la variabilidad genética que se desea conservar. Las colecciones, adecuadamente almacenadas permitirán la conservación de los recursos genéticos y mejorar el conocimiento de las características de los materiales (Genesys, 2021).

En la actualidad, el germoplasma de la yuca a nivel mundial se conserva especialmente en las grandes bancos de germoplasma y en las zonas de la Amazonía (CIAT, 2021). Las principales colecciones internacionales se encuentran en el Centro Internacional de Agricultura Tropical de Colombia (CIAT) y el Instituto Internacional de la Agricultura Tropical de Nigeria (IITA). La primera es la más importante y numerosa, está integrada por más de 6 000 accesiones, en su mayoría procedentes de América del Sur; y la segunda colección conserva más de 4 000 accesiones, en su mayoría procedentes de África subsahariana, más del 90 % de esta colección se origina en África Occidental. Aunque se estima que el posible centro de origen es Brasil, la colección ubicada en la Empresa Brasileira de Pesquisa Agro-

pecuaria (EMBRAPA), apenas cuenta con unas 4 000 accesiones. Existen otros bancos de germoplasma de relevancia, pero con una cifra menor de accesiones aproximadamente 100 y 1 000 tal es el caso del Instituto Central de Investigación de Cultivos de Tubérculos - India (de sus siglas en inglés CTCRI), Instituto Nacional de Innovación Agraria- Perú (INIA), Instituto Nacional de Investigación de Cultivos de Raíces-Nigeria (de sus siglas en inglés NRCRI), Organización Nacional de Investigación Agrícola-Uganda (de sus siglas en inglés NARO) y el Instituto de Investigación de Recursos Fitogenéticos -Ghana (de sus siglas en inglés PGRC/CRI) (Yepes, 2021).

En Guyana los RFG de la yuca son protegidos por el NAREI, en dos bancos de germoplasma que cuentan con 87 accesiones, uno está ubicado en la estación experimental de Kairuni y el otro en Ebini. Más del 80 % de las accesiones son procedentes de la selva amazónica del país y el resto de genotipos de la costa.

La conservación *ex situ* no puede ser vista como la única forma de salvaguardar los RFG, como ha puntualizado Guillermo et al. (2021), se puede desarrollar una estrategia complementaria entre esta y la conservación *in situ*. En una plantación de yuca, en una comunidad amerindia Makushi en el sur de Guyana, se encontró mayor diversidad que en una submuestra de la colección *ex situ* del CIAT, centro que dispone de uno de los bancos de germoplasma más grandes del mundo (Elias et al., 2000).

La diversidad de la yuca no enfrenta ninguna amenaza inminente de erosión genética en Guyana, pero en los últimos años, las comunidades del interior, especialmente en la región sudoeste de las sabanas de Rupununi, han experimentado sequías e inundacio-

nes no estacionales que han causado escasez temporal del alimento básico. Las agencias de ayuda dirigidas por el Comisión de Defensa Civil (CDC) han sido oportunas para mitigar el impacto de estas emergencias. Pero se prefieren las propuestas de depósitos de seguridad, como las parcelas de "corte de semillas" administradas por la comunidad que se replican como piscinas de diversidad de yuca y fuentes frescas del producto.

El casabe, la farinha y el cassareep son los productos de valor agregado del procesamiento de las comunidades indígenas (Blair, 2010). Tienen una vida útil natural larga. Se recomienda el almacenamiento basado en la comunidad de estos productos básicos como una solución temporal para mitigar las consecuencias del cambio climáticos. La forma de arte tradicional del cultivo de yuca necesita ser preservada. Los estudios deberían evaluar y documentar el alcance de la diversidad de la raza terrestre. La investigación ecológica a largo plazo es fundamental para compren-

der y utilizar de manera más efectiva esta diversidad, y también lo es la financiación estratégica relacionada. Se deben proporcionar esquemas de incentivos para superponer bancos de genes administrados por la comunidad en cultivos de subsistencia existentes.

## CONCLUSIONES

La yuca es un recurso fitogenético para Guyana que por su importancia como sustento de alimentación de las comunidades indígenas debe protegerse.

La yuca, al igual que otros cultivos de importancia económica, puede sufrir los embates de los eventos relacionados con el cambio climático, por lo que debe trabajarse en su mejora frente a factores bióticos y abióticos.

La conservación *in vitro* como alternativa segura del germoplasma de yuca, complementaría los esfuerzos que se realizan de la conservación *ex situ* actual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E., Segreda, A., Saborío, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., Acuña, P., Torres, S., y Gómez, Y. (2017). Manual del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
- Blair, R. (2010). The actual and potential market for cassava in Guyana. AAACP paper series N.12. <http://agriperfiles.agri-d.net/individual/n25370>.
- Borrero, J. (2019). Intervención social y tecnológica a través de un sistema de un sistema productivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el municipio de Cartagena del Chairá Caquetá. Unisalle: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1156&context=ingenieria\\_a\\_gronomica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1156&context=ingenieria_a_gronomica).
- Brañas, M., Núñez, P., Zárate, G. R., Silverstein, S., y Del Aguila Villacorta, M. (2019). Conocimientos tradicionales vinculados a la "yuca" *Manihot esculenta* (*Euphorbiaceae*) en tres comunidades ticuna del Perú. *Arnaldoa*, 26(1), 339- 34.



- Bulkan, J. (2019). The Place of Bitter Cassava in the Social Organization and Belief Systems of Two Indigenous Peoples of Guyana. *Cult. Agric. Food Environ.*, 41, 117–128.
- Ceballos, H., y Cruz, G. (2002). Taxonomía y Morfología de la yuca. En: Ospina, B; Ceballos, H. La yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT. Col. Vol. 327. p. 17- 34.
- CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL). (2021). Diversidad de yuca. (online). <https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/conservacion-y-uso-de-cultivos/cassava-iversity/?lang=es>
- Clement, C., Denevan, W., Heckenberger, M., Junqueira, A., Neves, E., Teixeira, W., y Woods, W. (2016). The domestication of Amazonia before European conquest. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1812), 20150813.
- Cox, E., y García, P. (2015). Investigación y estudio de la yuca (*Manihot esculenta crantz*) y nuevas propuestas.
- Díaz, T., y López, C. (2021). Yuca: pan y carne, una alternativa potencial para hacer frente al hambre oculta. *Acta Biol Colomb.* 26(2):235-246.  
Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n2.84569>
- Dixon, B., Alamu, E., Maziya, B., Lawal, O., y Alfred, G. (2021). Assessment of Chemical Properties of Yellow-Fleshed Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) Roots as Affected by Genotypes and Growing Environments. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science.* 43(2): 409-421
- Elias, M., Rival, L., y Mckey, D. (2000). Perception and management of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) diversity among Makushi Amerindians of Guyana, South America. *J. Ethnobiol.* 20: 239–265.
- FAOSTAT (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Cultivos y productos de ganadería. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>.
- Gao, S., Song, W., y Guo, M. (2020). The integral role of bioproducts in the growing bioeconomy. *Industrial Biotechnology*, 16(1). 13–25. DOI: 10.1089/ind.2019.0033
- Garcés, J., y Rosario, Y. (2020). Estrategias de marketing para la internacionalización de la harina de yuca del departamento de Córdoba. Montería: Universidad de Córdoba.
- Genesys (2021). Accession browser. Explore passport data of selected accessions. Filter accessions. Cassava. <https://www.genesys-pgr.org/es/a/v2Okg8r144p>

- Guillermo, A., García, M., y Prieto, R. (2021). Recursos fitogenéticos de importancia alimenticia existentes en la empresa de cultivos varios la cuba. Institución: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba. 10 (2) P, 121-131.
- Hershey, C., (2017). Breeding, delivery, use and benefits of bio-fortified cassava Elizabeth Parkes and Olufemi Aina, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Nigeria. In *Achieving sustainable cultivation of cassava (Volume 2)*. Burleigh Dodds Science Publishing, pp. 191-203.
- Lombardo, U., Iriarte, J., Hilbert, L., Ruiz-Pérez, J., Capriles, J., y Veit, H. (2020). Early Holocene crop cultivation and landscape modification in Amazonia. *Nature*, 581(7807), 190-193.
- Marx, S. (2019). Cassava as feedstock for ethanol production: a global perspective. *Bioethanol production from food crops* (pp. 101– 113). Academic Press.
- Muñoz, J., Marie, L.V., Jordan, J., García, M., Cristhian, D., y Verduga, L. (2020). Planta procesadora de chifle de yuca (*Manihot esculenta*). *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*. 6, (6).
- Njoku, D., Gracen, V., Offei, S., Asante, I., Egesi, C., Kulakow, P., y Ceballos, H. (2015). Parent-offspring regression analysis for total carotenoids and some agronomic traits in cassava. *Euphytica*. 206:657-666. DOI 10.1007/s10681-015-1482-4
- Núñez, C., Martín, M., Del Aguila, M., y Zárata, R. (2018). Tüxe: conocimientos tradicionales vinculados a la yuca (*Manihot esculenta*) en el pueblo Ticuna. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/342>
- Olusola, A., Adebisi, O., y Riyaad, K. (2015). Evaluation of new cassava varieties for adhesive properties. *Starch/Staerke* 67: 561–566.
- Osuna, F., y Fierro, A. (2016). *Manual de Propagación de Plantas Superiores*. UAM-Xochimilco.
- Pérez, D., Mora, R., y López-Carrascal, C. (2019). Conservación de la diversidad de yuca en los sistemas tradicionales de cultivo de la Amazonía. *Acta Biol Colomb:24(2):202-212*. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.75428> [ Links ].
- Ramos, L., Pineda, L., Wasek, I., Wedzony, M., y Ceballos, H. (2019). Reproductive biology in cassava: stigma receptivity and pollen tube growth. *Communicative and Integrative Biology*. 12: 96-111.

Shigaki, T. (2016). Cassava: The Nature and Uses. *Encyclopedia of Food and Health*, 687–693. doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00124-0.

Sonagua, C. (2018). Todos con Bolivia. Obtenido de <https://todosconbolivia.org//19/10/2022/60-variedades-de-yuca-en-el-vallecito>

Tironi, L., Zanon, A., Alves, C., Freitas, A., Santos, P., Cardoso, G., Tonel, L., Rodrigues, B., Tagliapietra, M., y Streck, N. (2019). *Eco-fisiología da mandioca visando altas produtividades*. Editora GR.

Vara, E. (2021). Prospección y caracterización morfológica *in situ* de germoplasma de *yuca* *Manihot esculenta* Crantz en cuatro distritos de San Martín y Ucayali.

Yepes, M. (2021). Banco de Germoplasma y Semillas del Futuro. Científica, Banco Digital, Programa de Recursos Genéticos. #Alliance4Science.