

Estimación del rendimiento de harina seca de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en un luvisol férrico de Campeche, México

Estimation of dry cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour yield in a ferric luvisol from Campeche, Mexico

González-Valdivia, Noel Antonio; Matos-Pech, Gilberto; García-Acedo, Carlos; Arcocha-Gómez, Enrique; López-Hernández, Mónica; Puertovannetti-Arroyo, Alicia



ID González-Valdivia, Noel Antonio *

Instituto Tecnológico de Chiná. Cuerpo Académico en Agroecología y Desarrollo Sustentable. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná. CP 24520. Tel: +52 981 827 2082. Campeche, México

ID Matos-Pech, Gilberto

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. Cuerpo Académico en Agroecología y Desarrollo Sustentable. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná. CP 24520. Campeche, México

ID García-Acedo, Carlos

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. Cuerpo Académico en Agroecología y Desarrollo Sustentable. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná. CP 24520. Campeche, México

ID Arcocha-Gómez, Enrique

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. Cuerpo Académico en Agroecología y Desarrollo Sustentable. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná. CP 24520. Campeche, México

ID López-Hernández, Mónica

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. Cuerpo Académico en Agroecología y Desarrollo Sustentable. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná. CP 24520. Campeche, México

ID Puertovannetti-Arroyo, Alicia

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. Cuerpo Académico en Agroecología y Desarrollo Sustentable. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná. CP 24520. Campeche, México

Resumen: La yuca o mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.), es una planta originaria de la Amazonía, que se ha extendido como cultivo de importancia económica a otras regiones tropicales. En México se cultiva en distintas regiones, destacando el sureste del país, donde la raíz y, en menor proporción el follaje, es consumido por la población. En el estado de Campeche se tiene una amplia variedad de cultivares o variedades, aunque el consumo alimenticio es relativamente bajo. Permanece como una especie potencialmente relevante para la seguridad agroalimentaria ante el cambio climático. Con el propósito de ampliar la información sobre el rendimiento productivo de la yuca se cosecharon y pesaron las raíces frescas, así como de la harina seca obtenida a partir de 16 accesiones del banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de Chiná, en Campeche, que habían sido establecidas en un área con suelo identificado como luvisol férrico o k'an kab en la clasificación Maya. Se realizó análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis y prueba de rangos de Mann-Whitney para categorizar los rendimientos. Hay diferencias estadísticas entre los distintos germoplasmas. Las accesiones rindieron entre 0.13 y 5.87 kg/planta, con media en 2.59 kg/planta, que representan rendimientos de biomasa de raíces entre 1.3 y 58.7 t/ha, y un promedio de 25.9 t/ha, en marcos de siembra de 1 planta/m² (10000 plantas/ha). La harina seca obtenida de estas fluctuó entre 0.1 y 6.4 t/ha. Esto puede constituir una evidencia preliminar de que el germoplasma reunido en el banco está integrado por fenotipos o incluso potenciales variedades, que responden de manera distinta y algunas incluso sobresaliente, al ambiente, posibilitando procesos posteriores de selección e inclusión de los mejores cultivares en los sistemas de producción locales.

Palabras clave: Adaptación, cultivos tropicales, germoplasma, Mesoamérica, productividad, raíces.

Abstract: Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) is a plant native to the Amazon, which has spread as an economically important crop to other tropical regions. In Mexico it is grown in different regions, especially in the southeast of the country, where the root and, to a lesser extent, the foliage, is consumed

vol. 11, núm. 1, 2023
directoreditorbiosphere@gmail.com

Recepción: 01 Enero 2022
Corregido: 01 Marzo 2022
Aprobación: 01 Marzo 2023
Publicación: 01 Mayo 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/71/714420013/>

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.sab.2023.110100073>

Selva Andina Research Society



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional.

by the population. In the state of Campeche there is a wide variety of cultivars or varieties, although food consumption is relatively low. It remains a potentially relevant species for agrifood security in the face of climate change. In order to expand the information on the productive yield of cassava, fresh roots were harvested and weighed, as well as the dry flour obtained from 16 accessions from the germplasm bank of the Instituto Tecnológico de Chiná, in Campeche, which had been established in an area with soil identified as ferric luvisol or k'an kab in the Mayan classification. Non-parametric Kruskal-Wallis analysis of variance and Mann-Whitney rank test were performed to categorize yields. There are statistical differences among the different germplasms. The accessions yielded between 0.13 and 5.87 kg/plant, with a mean of 2.59 kg/plant, representing root biomass yields between 1.3 and 58.7 t/ha, and an average of 25.9 t/ha, in planting frames of 1 plant/m² (10000 plants/ha). The dry meal obtained from these ranged from 0.1 to 6.4 t/ha. This may constitute a preliminary evidence that the germplasm collected in the bank is composed of phenotypes or even potential varieties, which respond differently, and some even outstandingly, to the environment, making possible subsequent processes of selection and inclusion of the best cultivars in local production systems.

Keywords: Adaptation, germplasm, Mesoamerica, productivity, roots, tropical crops.

INTRODUCCIÓN

La yuca o mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.), especie originaria de la cuenca amazónica, cultivada en distintas regiones tropicales por sus raíces farináceas, rica en almidón y otros nutrientes¹, además de su fácil adaptación a diferentes condiciones en clima y suelo, la vuelve interesante para promover la seguridad alimentaria, más aún en zonas donde los escenarios del cambio climático (CC), provoquen dificultades para el crecimiento de cereales u otros cultivos de base. La industria de harinas y almidones de yuca ocupan importantes espacios económicos en Brasil, Paraguay y Colombia, mayores productores en Latinoamérica².

México reporta este cultivo como importante en algunas entidades estatales del sur y sureste de su territorio, destacando los estados de Tabasco, Veracruz y Oaxaca. En la Península de Yucatán, el consumo es limitado, pero la diversidad de germoplasmas es alta, lo que, evidencio ingreso al territorio desde distintas procedencias, y puede asociarse a la necesidad regional para contar con cultivos capaces de adaptarse a sequías recurrentes, un escenario históricamente reiterativo en la región, que parece agravarse con el CC³.

En los diferentes estados de México que cultivan la yuca, la extensión y producción total, han disminuido⁴, desaprovechando su potencial, en la mejora técnica de la alimentación humana y animal, en un contexto histórico ambiental dominado por la sequía, como escenario derivado del CC. Un escenario más preocupante para la Península de Yucatán, que incluye a Campeche, el estado con mayor diversidad de *M. esculenta* reportada en la región⁵.

NOTAS DE AUTOR

* Dirección de contacto: Noel Antonio González-Valdivia. Instituto Tecnológico de Chiná. Cuerpo Académico en Agroecología y Desarrollo Sustentable. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná. CP 24520. Tel: +52 981 827 2082. Campeche, México. E-mail: siankaan2003@gmail.com

En la alimentación animal, por ejemplo, la inclusión de harina de yuca puede incrementar la ganancia de peso o al menos dar resultados semejantes a los obtenidos con dietas convencionalmente utilizadas en la engorda de cerdos rústicos a menor costo, con la mejora en su rentabilidad de este tipo de ganadería en México, para el año 2015 represento 1.32 millones de toneladas de carne en canal con un crecimiento promedio anual de 2 %⁶. Todo esto puede considerarse como evidencia de que la yuca puede fortalecer las estrategias de seguridad alimentaria regionales y nacionales.

Los altos rendimientos de yuca en el trópico y su potencial industrial posibilitan se la emplee, en la elaboración de alimentos para humanos y ganado. Por su potencial energético y bajo costo relativo, puede sustituir algunos suplementos alimenticios procesados en forma de harina⁶⁻⁸. Lo antes mencionado da lugar a la necesidad de conocer su potencial rendimiento en harinas, que pueden producirse en los distintos germoplasmas de yuca presentes en Campeche, como un paso necesario e inicial en el impulso de esta planta dentro de las estrategias de adaptación y procura de resiliencia de los sistemas productivos regionales y locales al CC.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo por investigadores Laboratorio de Agroecología y Agricultura Orgánica Sustentable del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Chiná en la localidad de Chiná, estado de Campeche, sureste de México, en un área de luvisol férrico, mismo que es conocido regionalmente por la nomenclatura Maya como K`an kab. Este tipo de suelos están entre los más utilizados para agricultura en el estado, y se caracterizan por ser moderadamente fértiles, arcillosos, pero con buen drenaje interno⁹.

En el área se estableció en junio de 2021, un banco de germoplasma de yuca (*M. esculenta*) con 39 accesiones, de las cuales fueron elegidas 16 para su cosecha, una vez que cumplieron con un periodo mayor a 12 meses de crecimiento (Julio 2022), que garantizaban la obtención de raíces comerciales en todas las plantas¹⁰, Tabla 1, se describen estas accesiones y procedencia.

TABLA 1
Descripción de la procedencia de 16 accesiones *Manihot esculenta* cultivadas en un luvisol férrico de Chiná Campeche México

Accesión	Nombre común	Procedencia	Características principales
ITCHY001	Pomuch 1	Pomuch, Hecelchakan, Campeche	Dulce, raíz crema con estrias. Frutos.
ITCHY002	Chiquini	Miguel Alemán, Campeche	Dulce, raíz blanca
ITCHY003	Clemente 1	Candelaria, Campeche	Dulce, raíz blanca. Frutos y semillas. Apícola.
ITCHY004	Pata de paloma	Chiná, Campeche	Dulce, raíz blanca. Frutos.
ITCHY005	Chenerita	Poste, Hopelchen, Campeche	Dulce, raíz amarilla. Hojas lineares delgadas. Susceptible a trips.
ITCHY006	Escárcega 1	Escárcega, Campeche	Dulce, raíz crema con estrias.
ITCHY007	Yuca Blanca	Hool, Campeche	Dulce, raíz blanca. Frutos.
ITCHY008	Pancho Villa	Pancho Villa, Othón P. Blanco, Quintana Roo	Dulce. Raíz crema con estrias. Frutos.
ITCHY009	Hondureña	Othón P. Blanco, Quintana Roo	Dulce. Raíz blanca.
ITCHY010	Uayamon	Santa Genoveva, Pich, Campeche	Dulce. Raíz crema con estrias, Frutos.
ITCHY011	Calkini	Calkini, Campeche	Dulce. Raíces blancas muy grandes.
ITCHY012	Tenabo	Tenabo, Campeche	Dulces. Raíces blancas pequeñas.
ITCHY013	Pomuch 2	Hecelchakan, Campeche	Dulce. Raíz crema.
ITCHY014	Cambeña	Carmen, Campeche	Dulce, Raíz amarilla. Frutos.
ITCHY015	Cascarita Rosada	Jesús González Ortega, Othón P. Blanco, Quintana Roo	Dulce. Raíz blanca.
ITCHY016	SN	Campeche, Campeche	Dulce. Raíz blanca.

códigos: accesión= número de ingreso del germoplasma a una colección.
procedencia= lugar donde fue recolectado el germoplasma de una accesión.

Para hacer los estimados de cosecha se seleccionaron al azar 4 plantas por cada accesión, fueron removidas del suelo, extrayéndose todas las raíces que portaban, una vez lavadas, fueron etiquetadas para su traslado,

luego fueron llevadas a laboratorio, ahí nuevamente fueron lavadas, descascaradas y secadas al aire por 4 h, esto último para reducir el sesgo por la eliminación el agua superficial producto del proceso de lavado. Una vez secas se pesó individualmente en una balanza Advance I-PCA, para registrar su masa en kg por planta.

Completada esta etapa, se prosiguió con la estimación de la producción de harina por planta, realizada mediante el fragmentado de 1 kg de raíces por planta y acesión, por medio de un molino eléctrico de uso semi-industrial Arenas Tlaxcal Mex, llevando las piezas a un tamaño procesable en licuadoras Osterizer, hasta consistencia de papilla. Esta fue vertida en cubetas plásticas de 12 L, tamizada en el vertido por manta de algodón y envuelta en esta para su prensado.

La masa de sólidos fue drenada por comprensión, con apoyo de prensa para quesos, hasta extraer la mayor parte del agua. La pasta resultante fue llevada a secado en un horno de secado digital HS60-ED a una temperatura de 45° C, durante 110 h, alcanzó 14 % de humedad, requerido para su almacenamiento prolongado¹¹. La harina seca (HS) obtenida fue pesada mediante una balanza digital Velab Ve-204. De esta manera se estimó el rendimiento de harinas gruesas que podían obtenerse por planta.

Las diferencias entre el rendimiento de raíces por planta, así como de harina, fue comprobada mediante análisis de varianza (ANVA) y pruebas *a posteriori*. En ambos casos, las pruebas de homocedasticidad de Levene (L) y normalidad de Shapiro-Wilkinson (W), realizadas en el programa PAST 4.17¹², demostraron incumplimiento de supuestos, por tanto, las pruebas debieron ser no paramétricas. En el primer caso por el ANVA no paramétrica de Kruskal-Wallis (H) y en el segundo, por la prueba de rangos de Mann y Whitney (U), ambas con 95 % de confianza y utilizando el programa Infostat¹³. Una vez obtenidos los valores de rendimiento por planta, el estimado de rendimiento por hectárea fue calculado utilizando el marco de siembra del banco de germoplasma, que tiene como distancia entre surco 1 m y entre planta 1 m, para una densidad de 10000 plantas/ha, que puede considerarse alta¹⁴.

RESULTADOS

TABLA 2
Rendimiento de raíces cosechadas en 16 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) en un suelo luvisol de Chiná Campeche México

Acesión	Rendimiento		Categoría
	KRP	TRP	
ITCHY002	5.87	58.7	a
ITCHY016	5.17	51.7	ab
ITCHY014	4.77	47.7	ab
ITCHY013	4.14	41.4	abc
ITCHY006	4.02	40.2	abc
ITCHY009	3.78	37.8	abc
ITCHY007	3.11	31.1	abc
ITCHY005	2.61	26.1	abc
ITCHY001	2.56	25.6	abc
ITCHY003	2.31	23.1	abc
ITCHY015	1.63	16.3	abc
ITCHY012	1.44	14.4	abc
ITCHY004	1.38	13.8	abc
ITCHY010	1.20	12.0	bc
ITCHY011	1.00	10.0	bc
ITCHY008	.13	1.30	c

medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), KRP kg raíz/planta, TRP t raíz/ha

Las accesiones de yuca expresaron diferencias estadísticamente significativas ($W = 35.16$, $p = 0.0023$), en el rendimiento de raíz por planta que pueden producir. El promedio de rendimiento supero las 25 t de biomasa de raíces frescas por hectárea, pero pueden La prueba de Mann-Whitney agrupó superar las 58 t en

algunos germoplasmas, mientras solamente 1 germoplasma produjo menos de 10 t/unidad de superficie. los materiales en 5 categorías diferentes (Tabla 2).

TABLA 3
Rendimiento de harina seca obtenido de raíces de 16 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), en un suelo luvisol de Chiná Campeche México

Accesión	Rendimiento			Categoría*
	HS ¹	HS ²	HS ³	
ITCHY004	.21	2.1	46.3	a
ITCHY014	.33	3.3	45.3	a
ITCHY011	.10	1.0	44.9	a
ITCHY013	.58	5.8	42.8	ab
ITCHY007	.57	5.7	42.0	ab
ITCHY002	.64	6.4	41.5	ab
ITCHY016	.42	4.2	39.2	ab
ITCHY008	.01	.1	38.7	ab
ITCHY003	.13	1.3	38.7	ab
ITCHY005	.28	2.8	37.6	ab
ITCHY015	.11	1.1	37.2	ab
ITCHY012	.13	1.3	36.8	ab
ITCHY006	.47	4.7	36.7	ab
ITCHY010	.62	6.2	35.0	ab
ITCHY001	.17	1.7	28.4	ab
ITCHY009	.24	2.4	26.5	b

*medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

solo se presentan categorías cuando el ANAVA demostró diferencias significativas. HS¹ harina seca por plata (kg/planta), HS² harina seca por hectárea (t/ha), HS³ harina seca por planta (%).

solo se presentan categorías cuando el ANAVA demostró diferencias significativas. HS. harina seca por plata (kg/planta), HS. harina seca por hectárea (t/ha), HS. harina seca por planta (%).

Al realizar comparaciones entre los rendimientos en harina gruesa, los resultados señalan que no existen diferencias en el rendimiento de HS ($F=1.72$, $p=0.0795$) pero sí en el porcentaje de HS obtenida por planta entre las accesiones ($F= 2.45$, $p= 0.0097$). El promedio de rendimiento de harinas fluctuó desde 0.1 hasta 0.64 kg/planta (0.1 a 6.4 t/ha), con porcentajes de aporte de HS por planta que estaban comprendidas entre 0.10 a 4.63 kg (Tabla 3).

La producción de raíces frescas además se correlaciona directamente con el contenido de harinas húmeda ($r^2= 0.54$) y, con menos relevancia, con el contenido de HS por planta ($r^2= 0.47$).

DISCUSIÓN

Los rendimientos obtenidos para la biomasa de raíces frescas de yuca pueden considerarse semejantes a los reportados en zonas productoras en el trópico mesoamericano, que se encuentran en un ámbito de 1 a más de 10 kg/planta (10 a 100 t/ha)^{10,15}. El rendimiento reportado por una tercera parte de las accesiones que supera las 30 t/ha y llegan en su máximo de 58 t/ha en raíces frescas, de la colección evaluada, hay germoplasmas altamente productivos, pueden recomendarse para la zona de estudio.

La amplitud de rendimientos en biomasa seca observada entre las accesiones estuvo, en la mayoría de los casos, por encima del rango alcanzado por distintos clones veracruzanos de yuca, para los cuales se reportaron valores de 24 a 34 % en biomasa, respecto al peso fresco de las raíces¹⁶. Esta situación representaría una ventaja productiva de los germoplasmas y las zonas establecidas promoviendo su cultivo, con fines de incrementar los niveles productivos de yuca y a la vez, representan un área de interés para las iniciativas que buscan alternativas para la mejora de la seguridad agroalimentaria de cara al CC en la región Neotropical¹⁷.

Los rendimientos de biomasa industrializable a HS obtenidos en al menos 6 accesiones yuca en Chiná, Campeche, igualan o superan a los de cultivos de grano importantes en la región, como el maíz, 4 t/ha¹⁸ o el sorgo, 5 t/ha¹⁹, lo que puede representar una oportunidad para impulsar este cultivo en la región. Es necesario mencionar que los rendimientos pueden variar en función de los cambios en el clima o ambiente y sus interacciones con los genotipos de yuca²⁰, pero representan un punto de partida para comparaciones subsecuentes.

Al reconocerse que la diversidad fitogenética de yuca estudiada, la existencia de cultivares mejor adaptados a las condiciones del luvisol férrico en Chiná, 15 accesiones produjeron más de 10 t/ha de raíces frescas, además en promedio el contenido de humedad en las raíces de yuca estuvo alrededor del 30 %¹⁰, la biomasa industrializable como harina representará una alta proporción de la cosecha. Esto es importante en la región, que enfrentará dificultades en las condiciones de producción de granos en el futuro, por causa del CC, particularmente al estrés hídrico por sequía, ante el cual la yuca es tolerante²¹.

Del total de accesiones que produjeron se puede señalar que, además de que conforman un conjunto de germoplasmas de alta adaptación a las condiciones de la zona, se evidencia la importancia de la conservación de estos clones en el banco de germoplasma, que persistió como cultivo a los casi 2 años de pandemia de COVID-19, lo que fue documentado en condiciones semejantes en otras zonas tropicales²², por otro lado, la capacidad de utilizar a la yuca como un cultivo adaptable a los efectos del CC²³ y, por tanto, de abastecer a la alimentación humana y animal, con recursos de seguridad altamente valorados en la actualidad²⁴.

Concluyendo, los resultados refieren que hay una respuesta diferenciada entre las distintas accesiones de yuca a las características del suelo luvisol férrico y condiciones edafoclimáticas de la localidad de Chiná, Campeche, México, donde fueron cultivadas. La mayoría de los materiales producen dentro de los rangos reportados para la especie, pero al menos una tercera parte de estos, presentan un desempeño sobresaliente en la producción de HS. Los rendimientos en raíces frescas y harinas registradas, pueden utilizarse para identificar germoplasmas o clones de mayor rendimiento tanto en raíces frescas como en HS, que pueden promocionarse como parte de las estrategias de adaptación de los sistemas productivos a los efectos del CC, a la vez que se fortalecen los sistemas y seguridad agroalimentarios que incluyan a la yuca como cultivo apto para estos suelos y ambientes de la región.

LITERATURA CITADA

1. Díaz-Tatis PA, López-Carrascal CE. Yuca: pan y carne, una alternativa potencial para hacer frente al hambre oculta. *Acta Biol Colomb* 2021;26(2): 235-46. DOI: <http://doi.org/10.15446/abc.v26n2.84569>
2. Canales N, Trujillo M. La red de valor de la yuca y su potencial en la bioeconomía de Colombia [Internet]. Estocolmo: Instituto de Ambiente de Estocolmo; 2021. [citado 04 de julio de 2023]. 30 p. Recuperado a partir de: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2021/05/workingpaperyucabioeconomia-canalestrujillo-mayo21.pdf>
3. Iglesias E. Atlas: Escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán. *Prob Des* 2012;43 (168):191-3. DOI: <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2012.168.28643>
4. Rivera-Hernández B, Aceves-Navarro LA, Juárez-López J, Palma-López DJ, González Mancillas R, González-Jiménez V. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 2012;16(1):29-47.
5. Salinas-Cach GA, González-Valdivia NA, Arcocha-Gómez E, Burgos-Campos MA, García-Sánchez AS, Baizabal-Zapata R. Caracterización de accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) en la Península de Yucatán, México. En: Cetzal-Ix W, Casanova-Lugo F, Chay-Canul AJ, Martínez-Puc JF, editores. *Agroecosistemas tropicales: conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria* [Internet]. Campeche: Tecnológico Nacional de México; 2019. p. 91-6. Recuperado a partir de: https://www.academia.edu/40607771/Agroecosistemas_tropic_ales_conservaci%C3%B3n_de_recursos_naturales_y_seguridad_alimentaria

6. Lezcano Perdigón P, Berto DA, Bicudo SJ, Curcelli F, Gonzáles Figueiredo P, Valdivie Navarro M. Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento Avances en Investigación Agropecuaria 2014;18(3):41-7.
7. López-Vázquez DA, Bautista-Rodríguez CF, Pech-May NJ, Gómez-García R, Arcocha-Gómez E, Burgos-Campos MA, et al Aceptabilidad de la inclusión de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en alimentación de cerdo ibérico. Rev Cent Grad Investig Inst Tecnol Mérida 2018;33 (73):34-7.
8. Estévez-Alfayate JA. Manejo alimentario en las etapas de preceba y ceba en una unidad integral de producción porcina. Rev Prod Anim 2016;28(2-3):12-9.
9. Matos-Pech G, Arcocha-Gómez E, López-Hernández MB, Garma-Quen PM, González-Valdivia NA, Echavarría-Góngora EJ. Effect of inoculated green manures on the chemical properties of an ferric luvisol from Campeche, México. Terra Latinoam 2022;40:e933. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.933>
10. Aguilar-Brenes E, Segreda-Rodríguez A, Saborío-Arguello D, Morales-González J, Chacón-Lizano M, Rodríguez-Rojas L, et al. Manual del cultivo de yuca *Manihot esculenta* Crantz [Internet]. San José: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria; 2017 [citado 22 de octubre de 2022]. 91 p. Recuperado a partir de: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
11. Miranda Lugo PJ, Martínez Padilla KA, Torres Gallo R, Mendoza Fandiño JM, Gómez Vasquez RD. Evaluación experimental del secado de yuca variedad venezolana por medio de un sistema híbrido de calentamiento de aire. Ingeniare Rev Chil Ing 2018;26(2):329-38. DOI: <http://doi.org/10.4067/S0718-33052018000200329>
12. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontol Electron 2001;72(3): 418-36. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022336000024161>
13. InfoStat Software Estadístico [Internet]. Universidad Nacional de Córdoba. 2008 [citado 5 de marzo de 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.infostat.com.ar/>
14. Jácome-Gómez LR, Cuenca-Tinoco AC, Martínez-Sotelo MC, Chica-Solorzano HF, Valencia-Enríquez, XP. Effect of stocking densities and tillage systems on the yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Pol Con 2021;6(10):335-46. DOI: <https://doi.org/10.23857/pc.v6i10>
15. Medina DR, Burgos AM, Michellod M, Cenóz PJ. Cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en invernadero: Efectos de sobre el rendimiento y la calidad de raíces tuberosas. INCI 2017;42(8): 515-21.
16. Meneses-Márquez I, Vásquez-Hernández A, Rosas-González X, Becerra-Leor EN. Contenido de materia seca y almidón en clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Rev Bio Agr Tux 2014;2 (1):107-10. DOI: <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v2i1.268>
17. Moreira-Mendoza DA. Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático [Internet]. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; 2015. [citado 04 de julio de 2023]. 44 p. Recuperado a partir de: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/3046>
18. Uzcanga-Pérez NG, Cano-González AJ, Ramírez-Silva JH, de la Cruz Tun Dzul J. Características socioeconómicas y rentabilidad de los sistemas de producción de maíz bajo condiciones de temporal en la Península de Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios 2015;37:173-83.
19. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, año agrícola 2017-2018 [Internet]. Gobierno de México - Comisión Nacional del Agua. 2022 [citado 5 de marzo de 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego>
20. Burns AE, Gleadow RM, Zacarias AM, Cuambe CE, Miller RE, Cavagnaro TR. Variations in the chemical composition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves and roots as affected by genotypic and environmental variation. J Agric Food Chem 2012;60(19):4946-56. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf2047288>
21. Njoku D, Mbah E. Assessment of yield components of some cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes using multivariate analysis such as path coefficients. Open Agric 2020;5(1):516-28. DOI: <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0051>
22. Medina RD, Dolce NR, Faloci MM, Schaller SC, Collavino AA, Chavez CA, et al. Evolución del banco in vitro de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE y del Instituto de Botánica del Nordeste (CONICET-UNNE) en tiempos prepandémicos y pandémicos por COVID-19. Bonplandia 2022;31(2):169-85. DOI: <http://doi.org/10.30972/bon.3125932>

23. Olivio-Ayala MY. Diseño de una planta productora de harina a partir del almidón fermentado de yuca como una nueva alternativa en la industria alimenticia. *J Boliv Cienc* 2016;11(35):25-40. DOI: <https://doi.org/10.52428/20758944.v11i35.689>
24. Knowles MM, Pabón ML, Carulla JE. Uso de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y otras fuentes de almidones no convencionales en la alimentación de rumiantes. *Rev Colom Cienc Pecua* 2012;25(3):488-99.

NOTAS

Fuente de financiamiento: Tecnológico Nacional de México, convocatoria de fortalecimiento a la investigación 2022 y financiamiento al proyecto clave 15147.22-P, “Rendimiento preliminar y de harinas en diferentes cultivares de yuca (*Manihot esculenta*) en Chiná, Campeche”.

Conflictos de intereses: Los autores expresan que en este documento no se tienen conflictos de interés con ninguna persona moral o física.

Agradecimientos: A la Directora Ejecutiva de la fundación FUNDAPIM, Ing. Elva Soledad Alejo Mamani. Al Laboratorio Biotecnología vegetal de la Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología de la EMI.

Consideraciones éticas: La información de los donantes de los materiales vegetales que fueron utilizados en este estudio ha permanecido bajo protección y secreto.

Limitaciones en la investigación: La investigación expresa resultados sobre rendimiento preliminar en las distintas accesiones de *Manihot esculenta* incluidas, que solamente representan un evento discreto, tanto en el tiempo como en el espacio, por lo que no puede asumirse como generalidad. Aporta evidencia puntual de componentes del rendimiento, limitados al sitio y condiciones de suelo, ambiente y manejo dados.

Contribución de los autores: Noel Antonio González-Valdivia y Gilberto Matos-Pech, han coordinado labores de campo y gabinete, particularmente en el diseño experimental, levantamiento de datos y su procesamiento estadístico, la redacción y edición del documento. Carlos García-Acedo, Enrique Arcocha-Gómez, Alicia Eugenia Puertovannetti-Arroyo y Mónica Beatriz López-Hernández, han contribuido a la adquisición y análisis de datos, discusión de los resultados, redacción del manuscrito, aprobación de la versión final del manuscrito.

ID del artículo: 127/JSAB/2023

Nota del Editor: *Journal of the Selva Andina Biosphere (JSAB)*. Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.

ENLACE ALTERNATIVO

http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592023000100076&lng=es&nrm=iso (html)