



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

**Instituto Tecnológico de Chiná**

**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE  
YUCA (*Manihot esculenta* CRANTZ.) RECOLECTADOS  
EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, REPRODUCIDOS EN  
CAMPO E *IN VITRO***

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES**

PRESENTA  
**Gustavo Alfonso Salinas Cach**

**FEBRERO, 2021**



Calle 11 s/n entre 22 y 28, C.P. 24520  
Chiná, Campeche. Tel.  
(981) 82-72052 y 82-72082  
E-mail:  
dir01\_china@tecnm.mx  
tecnm.mx | china.tecnm.mx





**EDUCACIÓN**

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

**Instituto Tecnológico de Chiná**

**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE  
YUCA (*Manihot esculenta* CRANTZ.) RECOLECTADOS  
EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, REPRODUCIDOS EN  
CAMPO E *IN VITRO***

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES**

PRESENTA  
**Gustavo Alfonso Salinas Cach**

**FEBRERO, 2021**



Calle 11 s/n entre 22 y 28, C.P. 24520  
Chiná, Campeche. Tel.  
(981) 82-72052 y 82-72082  
E-mail:  
dir01\_china@tecnm.mx  
tecnm.mx | china.tecnm.mx







División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Chiná, Campeche **22/Febrero/2021**  
Oficio Tesis MCAGS-04  
ASUNTO: Aprobación

**C. GUSTAVO ALFONSO SALINAS CACH  
PRESENTE**

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo del trabajo de tesis denominado "Caracterización morfológica de accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) recolectados en la Península de Yucatán, reproducidos en campo e *in vitro*". Es aprobado como requisito parcial para obtener el Grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES**.

Sin otro particular, recibe un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica  
Aprender Produciendo*

**JOSE JAVIER PEJALTA COSGAYA  
DIRECTOR**

JJPC/MGRA/JFMP



S.E.P.  
I.N.M.  
INSTITUTO  
TECNOLÓGICO  
DE CHINÁ  
CLAVE:  
84010002



## COMITÉ REVISOR

"Este trabajo fue revisado y aprobado por este Comité y presentado por el C. Gustavo Alfonso Salinas Cach como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles el día 22 del mes de febrero del año 2021 en Chiná, Campeche".

M.C. Noel Antonio González Valdivia

Presidente



MC. Enrique Arcocha Gómez

Secretario



Dra. Norma Laura Rodríguez Ávila

Vocal



Dra. Mónica Beatriz López Hernández

Suplente



## DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en el presente documento deriva de los estudios realizados para alcanzar los objetivos planteados en mi trabajo de tesis, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Chiná. De acuerdo a lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná. Por otra parte, de acuerdo a lo manifestado, reconozco de igual manera que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de la información generada en el desarrollo del presente estudio, le pertenecen patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná de manera que si se derivasen de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se registrarán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.

Firma: \_\_\_\_\_

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Gustavo', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Nombre: Gustavo Alfonso Salinas Cach

El presente trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Chiná, ubicado en el ejido de Chiná, Campeche, México, con la finalidad de caracterizar morfológicamente las accesiones de yuca *Manihot esculenta* Crantz, procedentes de la Península de Yucatán, se estructuró en 5 capítulos: El capítulo 1, tiene como nombre “Tecnologías de micropropagación en *Manihot esculenta*, Crantz. evaluadas en Latinoamérica”, donde se menciona las principales vías de reproducción, técnicas y tipo de reguladores utilizadas para la micropropagación, en el capítulo 2, trata acerca de la caracterización morfológica de accesiones de yuca *M. esculenta*, respondiendo a la diversidad genética que presentan, que por sus características cualitativas y cuantitativas, incluyen posibles variedades, mismas que pueden emplearse para investigaciones sobre adaptabilidad y rendimiento, aplicadas a la solución de problemas en la producción de alimentos, dentro de una zona cada vez más afectada por la sequía. El capítulo 3, zonificación agroecológica para el cultivo de *M. esculenta* en el estado de Campeche, México, donde se obtuvo como resultado que la entidad cuenta con condiciones que determinan las localizaciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de yuca, con altas posibilidades de alcanzar rendimientos adecuados. El capítulo 4, hace mención a un protocolo de sanitización en la propagación *in vitro* de yuca, donde las NPsAg jugó un papel importante permitiendo obtener una mejora en su calidad y libres de enfermedades que afectan su producción. El quinto y último capítulo habla sobre las diferencias sobre la respuesta que tiene el cultivo de yuca *in vitro*.

**Palabras clave:** Banco de germoplasma, Zonificación, Adaptabilidad, Diversidad Genética, Alimento

# **Morphological characterization of yucca accessions (*Manihot esculenta* Crantz.) collected in the Yucatán Península, reproduced in field and in vitro**

## **Abstract**

The present work was carried out at the Chiná Technological Institute, located in the Chiná ejido, Campeche, Mexico, with the purpose of morphologically characterizing the accessions. The accessions of cassava *Manihot esculenta* Crantz, coming from the Yucatan Peninsula, were structured in 5 Chapters: Chapter 1 is named “Micropropagation Technologies in *M. esculenta* evaluated in Latin America”, where the main reproductive pathways, techniques and type of regulators used for micropropagation are mentioned, in Chapter 2, talks about the morphological characterization of accessions of cassava *M. esculenta* responding to the genetic diversity that they present, which due to their qualitative and quantitative characteristics, include possible varieties, which can be used for research on adaptability and performance, applied to solving problems in food production, within an area increasingly affected by drought. Chapter 3, agroecological zoning for the cultivation of *M. esculenta* in the state of Campeche, Mexico, where it was obtained as a result that the entity has conditions that determine favorable edaphoclimatic locations for the cultivation of cassava, with high possibilities of achieving yields suitable. Chapter 4 mentions a sanitization protocol in the in vitro propagation of cassava, where NPsAg played an important role allowing to obtain an improvement in its quality and free of diseases that affect its production. The fifth and last chapter talks about the differences in the response of cassava cultivation in vitro.

**Keywords:** Germplasm Bank, Zoning, Adaptability, Genetic Diversity, Food



## Agradecimientos

Al CONACYT por la beca asignada con registro para completar mis estudios de maestría.  
Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por financiar esta investigación con los fondos aportados al proyecto “Diversidad genética de *Manihot esculenta* en la Península de Yucatán: Caracterización de la calidad de la harina y su potencial para alimentación humana y animal”.

## **Dedicatoria**

A Dios por la oportunidad de estar aquí y por esta nueva meta alcanzada en mi vida.

A mi Esposa Ana Luisa González Ramírez por su amor y por su necesario apoyo para emprender este camino.

A mis padres Gustavo E. Salinas Ix y Reyna M. Cach Puc por las primeras y más importantes enseñanzas de mi vida, respetando cada una de mis decisiones tomadas a lo largo de este camino.

A los hermanos Ricardo E, Salinas Cach y Juan D. Salinas Cach por ser los pilares de mi vida, y en el cual por ellos siempre he luchado.

Al Lic. Luis A. Nah Cahuich y su esposa Genny Esther Chim Huchin que siempre jugaron un papel importante en mi vida profesional, al brindarme su gran apoyo.

A mi prima María del Rosario Echazerreta Cab, por sus consejos y su apoyo para que se pueda culminar este trabajo.

A mi Director de Tesis Noel Antonio González Valdivia por la orientación objetiva, por su confianza y por su amistad.

A mi Co-director Enrique Arcocha Gómez por su gran apoyo en este proyecto, sus consejos y su confianza puesta en mí.

A mi asesora Dra. Norma Laura Rodríguez Ávila, por su gran apoyo en todo momento, confianza y sobre todo su esfuerzo puesto en mí.

Al Laboratorio de Agroecología y Agricultura Orgánica Sustentable (LAAOS) del Instituto Tecnológico de Chiná, por el esfuerzo dedicado a planificar, financiar y atender todas las actividades ejecutadas en beneficio de mi proyecto, desde la recolecta del germoplasma, el establecimiento de plantaciones y toma de datos, así como análisis de información y químicos realizados, que son la base que garantizó la culminación de este trabajo. Al Laboratorio de Biotecnología Vegetal y cada uno de las personas que lo integran.

Al Tecnológico Nacional de México Campus Chiná que a través de su programa de Maestrías en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles, pudieron brindar ese apoyo de instalaciones y laboratorios.

A mi amigo de la Maestría, José Adán Jiménez Vázquez por estar siempre presente en los buenos momentos. A mis amigos Richard Baizabal Zapata y Adriana Sarahí García Sánchez, por su gran apoyo y dedicación puesta en este trabajo.

A la Fundación Pablo a cargo del Lic. Jorge Esquivel Ruiz, por el apoyo financiero a través de la beca concedida, al iniciar mis estudios.

## Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	7
<b>Dedicatoria</b> .....	8
<b>Resumen</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Introducción</b> .....	10
<b>Antecedentes</b> .....	11
<b>Justificación</b> .....	13
<b>Hipótesis o pregunta</b> .....	13
<b>Objetivos</b> .....	13
<b>Objetivo general</b> .....	13
<b>Objetivos específicos</b> .....	14
<b>Referencias</b> .....	14
<b>Capítulos</b> .....	19
<b>Capítulo 1</b> Tecnologías de micropropagación en <i>Manihot esculenta</i> Crantz, evaluadas en Latinoamérica.....	17
<b>Capítulo 2</b> Caracterización morfológica de accesiones de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz.) en la Península de Yucatán, México.....	25
<b>Capítulo 3</b> Zonificación agroecológica para el cultivo de DE <i>Manihot esculenta</i> Crantz en el estado de Campeche, México.....	40
<b>Capítulo 4</b> Control de contaminantes y hormesis por nanopartículas de plata en yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) <i>in vitro</i> .....	50
<b>Capítulo 5</b> Diferencias en la respuesta morfológica durante el cultivo <i>in vitro</i> de diferentes accesiones de <i>Manihot esculenta</i> Crantz. ....	53
<b>Conclusión</b> .....	64

## I. INTRODUCCIÓN

En la familia Euphorbiaceae constituida por 7,200 especies (Rivera *et al.*, 2012), se ubica el género *Manihot* reconocidas 98 especies y se concentran en cuatro regiones de diversidad en Brasil y América Central (Nassar, 2001). La especie cultivada más conocida del género es la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), que es un arbusto perenne procedente de Suramérica y difundido en muchos países de zonas tropicales y subtropicales de América, Asia y África, incluidas muchas islas del Pacífico (García, *et al.*, 2014).

Es la principal fuente de energía para el consumo humano y la cuarta fuente de calorías para aproximadamente 500 millones de personas, solo superado en importancia por el arroz, el azúcar y el maíz. En lo referente a cantidad de calorías producidas, la yuca puede convertirse en una fuente de ingresos y de empleo tanto para hombres como para mujeres (Bokanga, 1999). Se cultiva fundamentalmente en los trópicos y en terrenos considerados marginales, infértiles, ácidos y con largos períodos de sequía (Suarez & Mederos, 2011).

Como alimento, la yuca es uno de los más estudiados debido a que, por su contenido energético, puede sustituir algunos granos como el maíz, en procesados de harina para una dieta en animales (Lezcano *etal.*, 2014). Por ser una fuente de almidón de bajo costo es utilizada para una amplia gama de usos industriales (Martínez *et al.*, 2007).

En México, se reporta una producción de 1,712 ha (SIAP, 2016). En Campeche se desconoce la diversidad de variedades de yuca y por tanto, no se conoce mucho sobre su importancia para la alimentación local o la economía. En esta diversidad además se pueden encontrar genotipos con un alto valor agronómico, que pueden utilizarse en programas de mejoramiento genético.

Un problema a evitar, respecto a los esfuerzos por reconocer la diversidad de germoplasma de yuca en una región, es la duplicidad de materiales dentro de las mismas accesiones que causa la sobreestimación de la diversidad (Torres, 2010), lo que hace necesario aplicar descriptores estandarizados a las colecciones de germoplasma.

El método de propagación asexual es frecuentemente utilizado para multiplicar los materiales de yuca porque permite un rápido crecimiento y su almacenamiento es sencillo y barato. No obstante este método suele presentar problemas de transmisión de patógenos sistémicos y de plagas, generando bajas tasas de multiplicación (Buechsel & Carlos, 2012).

Ante esta posibilidad de daño, la propagación *in vitro* se considera una alternativa eficiente para la multiplicación masiva por métodos de embriogénesis somática, permitiendo obtener una mejora de plantas y el saneamiento contra enfermedades que afectan en su producción (Marín *et al.*, 2009).

Este trabajo está orientado a la caracterización morfológica de las accesiones de yuca recolectadas en la Península de Yucatán establecidas en bancos de germoplasma en campo e *in vitro*.

## II. ANTECEDENTES

El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) ha sido documentado desde épocas precolombinas para Mesoamérica, no obstante, el origen de esta especie permanece en discusión. Colombo *et al.* (2000) dan evidencia de que el origen de las variedades cultivadas tiene ancestros silvestres tanto sudamericanos (*M. peruviana*) como norteamericanos (*M. flavelliforme*). 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, donde se encuentran los principales países productores y consumidores (Ballesteros-Patrón *et al.*, 2011).

En la actualidad la yuca ocupa el primer lugar en importancia entre todos los cultivos de raíces y tubérculos del planeta (Elibariki *et al.*, 2014). Incluso rivaliza con algunos cereales, constituyendo uno de los cultivos base para la alimentación de al menos un sexto de la población mundial (Aristizábal & Sánchez, 2007).

En México, seis estados cultivan yuca en escala comercial, entre los que se encuentran en orden de importancia Tabasco, Chiapas, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Guerrero. No obstante su importancia, es un cultivo que ha visto limitada su expansión en México, donde, en las últimas décadas, incluso ha disminuido en área y volumen producido (Rivera-Hernández *et al.*, 2012).

Como en otros estados del sureste y sur de México, en la región de la Península de Yucatán, el cultivo ha sido implementado como uno de subsistencia, presente en numerosos ejidos y pequeñas explotaciones agrícolas, donde ocupa un lugar dentro de los múltiples cultivos que integran la producción del pequeño y mediano productor rural

(Poot-Matuét *et al.*, 2002). En esta región su consumo además se relaciona con actividades religiosas, particularmente con la celebración del día de difuntos, cuando es parte de los alimentos que distinguen esta tradición.

La yuca no solo es una excelente fuente alimentaria para humanos sino que tiene potencial como alimento para el ganado, en particular en regiones secas o semiáridas, donde los pastos no se adaptan y la ganadería no puede sustentarse sobre estos. Ha sido evaluada como forraje complementario en ganado bovino, porcino y ovino, mostrando un alto potencial para el mejor desempeño del hato y su rentabilidad (INIFAP, 2010; Suárez & Mederos, 2011).

Algunas iniciativas de gobierno y privadas han impulsado el cultivo, tratando de llevarlo a escalas comerciales de alto rendimiento y rentabilidad, pero por diferentes causas esto no ha sido posible de alcanzar. La diversidad de variedades, aun cuando su reproducción es clonal, evidencia un potencial genético que puede aprovecharse para la mejora (Elías *et al.*, 2001), más cuando la especie enfrenta la amenaza de erosión genética (Peroni&Hanazaki, 2002; Pujol *et al.*, 2005; Sardos *et al.*, 2008).

Por razones relacionadas con la cultura y el tipo de mercado, la yuca no ha sido cultivada extensivamente en la Península de Yucatán, sin embargo el cultivo está ampliamente extendido en las distintas regiones que conforman el territorio y su uso en la alimentación de la familia rural ha sido persistente. La importancia del cultivo puede incrementarse y cambiar de uno de subsistencia a otro de mayor impacto e interés económico, si se diversifican sus usos y se aprovecha su alto valor alimentario, no solamente para la dieta humana, sino en la preparación de alimentos para el ganado.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

En la Península de Yucatán, los agricultores multiplican continuamente al cultivo de la yuca, sin haber caracterizado sus materiales distinguiendo cultivares. Para la reproducción emplean la propagación vegetativa, utilizando semillas asexuales (estacas o pedazos de tallos). Esta práctica constituye un riesgo, debido a que es posible diseminar plagas y enfermedades, principalmente organismos sistémicos (virus y micoplasmas), constituyendo una de las principales limitantes en los rendimientos y la expansión del cultivo. Por ese motivo se pretende la implementación de un banco de germoplasma representativo de la

región, que una vez descrito por sus características y agrupado según su afinidad o similitud morfológica, sea depurado por procesos de multiplicación *in vitro* garantizando plantas libres de virus y otros patógenos sistémicos.

Además de su uso en la alimentación de pobladores de la Península de Yucatán, la yuca puede emplearse como alternativa para enfrentar sequías recurrentes y prolongados periodos de escasez de alimento en la época seca, en esta región productora de ganado bovino, porcino, ovino y aviar. Puede llegar a convertirse en un producto que abastezca la demanda nacional e internacional, como parte de las estrategias de adaptación al cambio climático. Con este objetivo se propone una iniciativa de rescate de germoplasma y su micropropagación masiva, con pruebas de adaptación y preliminares de rendimiento, a partir de las cuales se desarrolle una estrategia para su implementación en las explotaciones pecuarias de la región.

#### **IV. HIPOTESIS DE ESTUDIO**

Existe diversidad morfológica entre los cultivares de *Manihot esculenta* Crantz., colectados en la Península de Yucatán, que pueden representar grupos lo suficientemente diferentes entre sí, como para considerarlos variedades distintas.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar las accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), procedentes de la Península de Yucatán reproducidos en campo e *in vitro* en el Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, para identificar posibles variedades o grupos de accesiones semejantes a estas en la Península de Yucatán

##### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Caracterizar morfológicamente las accesiones de yuca recolectados en la Península de Yucatán, con base en una guía de descriptores estandarizados para plantas en campo, determinando potenciales cultivares.
- b) Establecer la distribución geográfica de los cultivares de yuca obtenidos con base en la caracterización de germoplasma (accesiones) recolectados en la provincia biótica de la Península de Yucatán.

- c) Optimizar un protocolo de multiplicación *in vitro* que permita obtener plántulas sanas de *Manihot esculenta* para los cultivares identificados.
- d) Caracterizar la morfología y comportamiento de los cultivares de *M. esculenta*, cuando se aplica el protocolo optimizado para su multiplicación *in vitro*.

## V. REFERENCIAS

- Aristizábal, G. & M. Sánchez. 2007. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de Servicios Técnicos Agrícolas de la FAO 163, Roma, Italia. 153 p.
- Ballesteros-Patrón, G., L.A. Rodríguez-Páez, F. Zavala-Hernández, F. Puche-Acosta, M. Urieta-Pérez, N. Ballesteros-Nova & L. Flores-López. 2011. La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivo promisorio para Guerrero. Manual técnico No. 1 Agricultura. Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano, Guerrero, México. 17 p.
- Bokanga, M. (1999). Cassava: Post-harvest Operations. Tomado de <http://www.cgiar.org/iita/>
- Buechsel, R., & Carlos, D. (2012). Establecimiento *in vitro* de yuca-variedad valencia mediante domos meristemáticos y evaluación de tres medios de cultivo para la producción de brotes (Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012.).
- Colombo, C., G. Second & A. ChARRIER. 2000. Genetic relatedness between cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and *M. flabellifolia* and *M. peruviana* based on both RAPD and AFLP markers. *Genetics and Molecular Biology* 23(2): 417-423.
- Elias, M., L. Penet, P. Vindry, D. McKey, O. Panaud & T. Robert. 2001. Unmanaged sexual reproduction and the dynamics of genetic diversity of a vegetatively propagated crop plant, cassava (*Manihot esculenta* Crantz), in a traditional farming system. *Molecular Ecology* 10: 1895–1907.
- Elibariki, G, M. Lupembe, K.Hosea & J.Nunguru 2014. Evaluation of regeneration potentials of farmer preferred cassava (*Manihot esculenta* Crantz) landraces to unlock cassava transformation barriers. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 7(9): 560-568. Disponible en [www.ijagcs.com](http://www.ijagcs.com)



- García, & .B., Jiménez, M. D., Arbelo, O. C., Cabrera, A. R., Pérez, M. B., Pino, A. S., López, J. T., Medero, V. V., Cruz, J. A. A., Ruiz, E. D. y Rodríguez, D. P. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de cultivares cubanos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Cultivos Tropicales* 35(2): 43-50.
- Lezcano, P. P., Berto, D. A., Bicudo S. J., Curcelli, F., Gonzáles P. F. & Valdivie, M. N (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18(3): 41-47.
- Marín, A., Albarrán, J. G., Fuenmayor, F., & Perdomo, D. (2009). Evaluación del efecto de los reguladores de crecimiento en la regeneración *in vitro* de cinco cultivares élites de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *UDO Agrícola* 9(3): 556-562.
- Martínez, F. B., López, M. S., San Martin, E. M., Zazueta, J. M. & Velez, J. M. (2007). Effects of high energy milling on some functional properties of jicama starch (*Pachyrrhizuserosus* L. Urban) and cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Food Engineering* 78: 1212–1220.
- Nassar, N. (2001). Cassava, *Manihot esculenta* Crantz and wild relatives: Their relationships and evolution. *Genetic Resources and Crop Evolution*,48(5), 429-436.
- Peroni, N. & N. Hanazaki. 2002. Current and lost diversity of cultivated varieties, especially cassava, under swidden cultivation systems in the Brazilian Atlantic Forest. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 92: 171–183.
- Poot-Matu, J.E, D. Centurión-Hidalgo, J. Espinosa-Moreno, J.G. Cázares-Camero & M.A. Mijangos-Cortés.2002. Rescate e identificación de raíces y tubérculos tropicales subexplotados del estado de Tabasco, México. *Etnobiología* 2: 59-73.
- Pujol, B., P. David & D. McKey. 2005. Microevolution in agricultural environments: how a traditional Amerindian farming practice favours heterozygosity in cassava (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae). *Ecology Letters* 8: 138–147.
- Rivera, B. H., Aceves, L. N., Juárez, J. L., Palma, D. L., González, R. M. & González, V. J. (2012). 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* 16(1): 29-47.

- Sardos, J., D. McKey, M.F. Duval, R. Malapa, J.L. Noyer & V. Lebot. 2008. Evolution of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) after recent introduction into a South Pacific Island system: the contribution of sex to the diversification of a clonally propagated crop. *Genome* 51: 912–92.
- Servicio de Información, Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. 2016. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/ientidad/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp). Consultado el 10 de Septiembre del 2019.
- Suárez, G. E. & Mederos, V. V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales* 32(3): 27-35.
- Torres, V. (2010). Caracterización morfológica de 37 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

## **Tecnologías de micropropagación en *Manihot esculenta*, Crantz. evaluadas en Latinoamérica**

Gustavo Salinas-Cach, Norma Laura Rodríguez-Ávila, Noel González-Valdivia\* & Enrique Arcocha-Gómez

Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 s/n entre 22 y 28 Chiná, Campeche, C.P. 24520.  
Autor de correspondencia (Siaankan2013@gmail.com)

### **RESUMEN**

En la agricultura se han implementado métodos para la propagación de plantas, una de ellas es la aplicación de la biotecnología con técnicas de micropropagación, en el cultivo de yuca es utilizada con el fin de mejoramiento genético, sanidad para su exportación y para la obtención de semillas. Por tal motivo en la actualidad se han creado una variedad de protocolos que encaminan a dicho propósito. El objetivo de esta investigación fue realizar una revisión de literatura de esta temática. Se realizó mediante la búsqueda de artículos publicados en revistas científicas desde el año 1970, en especial aquellos que hacen referencia los sistemas, técnicas y tipo de reguladores utilizadas para la micropropagación con énfasis en *Manihot esculenta*, Crantz. Por otro lado los Sistemas de inmersión temporal (SIT), es un sistema novedoso pero aun poco implementado en técnicas de micropropagación de yuca, la organogénesis directa es la técnica con mayor uso en un 60%, y la combinación de reguladores más utilizada es BAP+ANA+AG3. Todo esto conlleva a que sean sistemas costosos y no se encuentren al alcance del investigador.

Palabras clave: Micropropagación, Tecnologías, Fitoreguladores, *Manihot esculenta*, Crantz, Latinoamérica.

### **Introducción**

La biotecnología se ha desarrollado ampliamente, permitiendo el estudio de plantas desde a nivel celular como molecular, en condiciones de laboratorio que permiten el crecimiento y desarrollo de las plantas de interés económicos (Castillo, 2004). El cultivo *in vitro* se ha ido modernizando extendidamente para abarcar tanto el cultivo séptico de tejidos, como el de células y órganos (Villalobos & Thorpe. 1991), Esto se cumple con el principio de totipotencialidad propuesto por Haberlandt en año 1902, debido a que todas las células vegetales tienen la capacidad de formar plantas completas (Litz & Jarret., 1991). El cultivo

*in vitro* de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), se realiza con el fin de obtener plantas vigorosas y productivas (mejoramiento genético), libre de virus y de cualquier otro patógeno y a su vez, contribuye a la producción de semilla de alta calidad y su conservación (Suárez & Mederos, 2011).

Hasta la fecha la micropropagación se ha transcendido con éxito en sus avances experimentales (Villalobos & Thorpe, 1991). Los pioneros que rindieron esfuerzos en los mejoramientos con bases científicas en el cultivo de yuca fueron el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia y el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) de Nigeria en la década de los 70', sus objetivos fueron con fines de exportación y adaptación de estas especies en sitios de clima templado (Arroyo, 1986).

México no ha logrado alcanzar los niveles mostrados por países como El Salvador, Honduras, Nicaragua, Brasil, Bolivia, Paraguay, Venezuela, Colombia o Ecuador, en la aportación de información biotecnológica acerca del cultivo *in vitro* de *Manihot esculenta* Crantz (Montaldo, 1985). El factor más importante es la infraestructura científica, debido a los elevados costos que estas requieren. Regalado, hace mención a que el factor más importante para comprender el poco avance de la investigación en la multiplicación de tejidos de *M. esculenta* en América Latina, es la falta de recursos económicos. Este autor expresa que “los financiamientos disponibles provienen en su mayoría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) porque carecemos de inversionistas privados que puedan fondar proyectos”.

Los niveles de micropropagación del cultivo están ligados a los tipos de métodos que utilice el investigador de acuerdo a las metas que pretende llegar (Roca & Beltrán, 1984), cabe mencionar que los factores importantes son la variedad de la planta, el explante que se esté utilizando, también influye el medio de cultivo donde se esté llevando este proceso y tipo de fitoreguladores que se esté manipulando (Roca & Ramírez, 2000; Cavallero, 2010).

Con los antecedentes mencionados, esta revisión tiene como objetivo examinar y reunir la información publicada sobre investigaciones en el área de la biotecnología y multiplicación *in vitro* de *M. esculenta* Crantz., enfatizando las descripciones sobre metodologías utilizadas, los reguladores hormonales incluidos así como las conclusiones a las que llegan los distintos autores.

## **Técnicas aplicadas para el cultivo *in vitro* de *Manihot esculenta*, Crantz**

Se menciona en aportaciones de (Fregene *et al.*, 2012) que existen dos tipos de técnicas micropropagación estipuladas para el cultivo de Yuca, que siguen el principio de la totipotencialidad (Pop, Sandu y Constantinovici, 1992). Las técnicas de micropropagación son mediante:

- Meristemas preexistentes en donde se utilizan los nudos.
- La formación de embriones somáticos estos inducidos a partir de hojas inmaduras y meristemas apicales ápices.

La primera técnica es la más común técnicamente y la segunda antes mencionada que se realiza mediante embriones somáticos resulta más eficiente siempre y cuando y se realice con éxito la conversión de embrión a planta y comprobar la estabilidad genética del material recuperado.

Anteriormente, Suarez & Mederos (2011), mencionan que en la década de los 70', ya existían algunas técnicas biotecnológicas para el cultivo de yuca como se describen en el siguiente cuadro que enlaza algunos trabajos con mayor uso y antigüedad.

Cuadro 1. Trabajos elaborados por los pioneros de la investigación en cultivo *in vitro* de *Manihot esculenta* Crantz.

<b>Técnica</b>	<b>Autor</b>	<b>Año</b>
El cultivo de callos	Tilquin	1979
Micropropagación mediante cultivo de un solo nudo	Roca W. M.	1980
Embriogénesis somática	Stamp y Henshaw	1982
Micropropagación mediante cultivo de brotes múltiples	Mireles y Páez	1984

Posteriormente a base de los avances que tenían en los años 70', se realizaron trabajos como la crio conservación en nitrógeno líquido (LN) para el almacenamiento de germoplasma de plantas a largo plazo con espacios reducidos y pronta manipulación ().

En la cuestión sanitaria existen técnicas para la eliminación de virus, que se transmite en el material de siembra por generaciones sucesivas, afectando el rendimiento de los cultivares

y no solo eso pues que también limitan el establecimiento de bancos de germoplasma. En los trabajos propuestos por Roca *et al.* (1991) menciona una técnica para la eliminación de virus utilizando puntas meristematicas en combinación con la termoterapia. En este proceso maneja una temperatura 40° con una duración de 3-4 semanas.

Dentro de la búsqueda de alternativas, que garanticen el incremento de la eficiencia en los métodos de propagación *in vitro*, para producir un material de alta calidad y en menor tiempo se emplearon los SIT (Sistemas de Inmersión Temporal), empleados en medios de cultivo líquidos sin tener efectos colaterales (Basail *et al.*, 2003). Estos basados en un contacto intermitente, es decir en tiempos o ciclos interrumpidos proporcionando de esta forma el medio de cultivo a los explantes y ser retirarlos cuando haya terminado (Medero *et al.*, 2001). Las técnicas que se utilizan en las presentes investigaciones en la biotecnología, en estos casos solo un 5% de los artículos mencionaban la utilización los sistemas de inmersión temporal (SIT) en biorreactores, aunque la mayoría de los protocolos de cultivos *in vitro* se encuentran establecidos en medio M.S. semisólido con resultados extraordinarios dando tasas bajas de contaminación (Segovia *et al.*, 2002). La poca utilización de la técnica de SIT, es debido a que apenas es una técnica novedosa implementada en la biotecnología. Es una nueva alternativa por sus grandes beneficios donde los coeficientes de multiplicación tienden a triplicarse, según el genotipo respecto al sistema tradicional *in vitro* (Scott, 2002).

El tipo de vía utilizada en la micropropagación es elegida de acuerdo al tipo de cultivo y material o explante que se esté trabajando, en el caso de la yuca el 60% apunta hacia el método de organogénesis directa, un 30% para el método de organogénesis indirecta y un 10% en embriogénesis somática.

### **Reguladores de crecimiento**

La selección del medio de cultivo es el segundo punto que hay que tomar para el éxito en el cultivo de tejidos, ya sea en su composición química y su forma física (Sólido o líquido) (Gamborg *et al.*, 1976).

Roca (1983) menciona que es posible inducir la diferenciación cuando el explante se encuentra enriquecido con citocininas/auxinas, así como de otras condiciones físicas y químicas del cultivo.

Los reguladores mayormente empleados en estos casos es 6-bencilaminopurina (BAP) en dosificación no mayores a  $1 \text{ mg L}^{-1}$  para la producción de microesquejes (Orella & Leonel, 2013). En otro estudio adicionando BAP en concentraciones arriba de  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de BAP y ácido 1-naftalenacético (ANA) se obtiene la inducción de callos (Buechsel, 2012). En algunos casos puede ser involuntaria la formación de callos que generalmente se encuentran en la multiplicación *in vitro* de algunas variedades de yuca, ya que se toma como desventaja dependiendo del estudio que se esté llevando a cabo (Owoseni *et al.*, 2006). Como es el caso de los estudios hechos por Nair *et al.*, 1979 que al tratar de inducir la regeneración de brotes a partir de callos derivados de segmentos internodales no tuvieron éxito.

La combinación de reguladores que más se frecuentaban es, BAP+ANA+AG<sub>3</sub> en un 30%, seguido de ANA+AG<sub>3</sub> y BAP+AG<sub>3</sub>, que comparten un 15%, ahora la combinación de reguladores que menor resaltaba en las investigaciones en un 5% es 2,4-D adicionado preferentemente con BAP o ANA. Se realizaron estudios de medios adecuados para la conservación de yuca en donde se usaban BAP+ANA+AG<sub>3</sub> y coincidieron con las que mayormente se usaron en los recomendados en las revistas (Rayas *et al.*, 2002). Esta última combinación de hormonas sustituyendo en ANA por el AIA propicia a dar fenómeno de floración *in vitro*, como es el primer caso que se dio del trabajo elaborado por (Tang *et al.*, 1983), suplementado con ácido 3-indolacético  $0.5 \text{ / } \mu\text{M}$  (IAA), bencilaminopurina (BA)  $5 \text{ / } \mu\text{M}$  y ácido giberélico (AG<sub>3</sub>)  $0.5 \text{ / } \mu\text{M}$ .

Cabe mencionar que la adicción de Pertiform (mezcla de oligogalacturónidos), utilizados por (Suarez & Hernandez, 2015), como posible complemento o sustituto de los reguladores del crecimiento empleados tradicionalmente en el medio de cultivo para el crecimiento de ápices meristemáticos de yuca teniendo resultados favorables.

## **Conclusión**

En los últimos años la yuca ha sido expuesta a diferentes tipos de experimentos biotecnológicos, esto para lograr un mayor volumen de producción en Latinoamérica, han resultado con logros exitosos, dejando en evidencia que países poco desarrollados han podido estudiar un recurso que se utiliza como fuente alimenticio.

## Referencias

- Cavallero, M. I. (2010). Micropropagación de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de interés para Argentina. de Repositorio Institucional Unne Sitio web: <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/>
- Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo *in vitro*: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Unidad de Biotecnología, INIA Las Brujas, Uruguay.
- Haberlandt, G, (1902). Kulturversuchem itisoliertenPflanzenzellen. SitzgsberAkadWissWien, Math-naturwiss, 111: 69-92
- Pop, IV, Sandu, C., y Constantinovici, D. (1992). Resultados sobre el desarrollo y experimentación de un sistema para la producción de material de propagación "libre de virus" en el clavel. En el VIII Simposio Internacional sobre Enfermedades de Virus de Plantas Ornamentales 377 (pp. 335-340).
- Morales, S. R., Montiel, M. F., Romero, L. M., & Concepción, O. M. Desarrollo del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Cuba.
- Buechsel, R. (2012). Establecimiento *in vitro* de yuca variedad valencia mediante domos meristemáticos y evaluación de tres medios de cultivo para la producción de brotes (Bachelor'sthesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012.).
- Orellana, U., & Leonel, E. (2013). Efecto de tres concentraciones de Bencilaminopurina en multiplicación *in vitro* de yuca—genotipo CM 6119-3—.
- Rayas, A., Mederos, V., García, M., López, J., Cabrera, M., Ventura, J. D. L. C., &Bauta, M. (2002). Estudio de medios de cultivo para la conservación *in vitro* de la yuca. Biotecnología Vegetal, 2(4).
- Fregene, M. A., Tohme, J. M., Roca, W. M., Chavarriaga Aguirre, P., Escobar Pérez, R. H., & Ceballos, H. (2002). Biotecnología para la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano para la Investigación y el Desarrollo de la Yuca; Proyecto IP-3 de Mejoramiento de Yuca.



- Suárez Guerra, L., & Hernández Espinosa, M. M. (2015). Efecto del Pectimorf® en el cultivo de ápices de plantas *in vitro* de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), clones CMC-40' y Señorita'. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 55-62.
- Suárez, L., & Hernández, M. M. (2008). Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en la propagación *in vitro* de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), var. CMC-40. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 47-52.
- Suárez, L., & Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Tendencias actuales. Cultivos tropicales*, 32(3), 27-35.
- Mroginski, L. A., & Roca, W. M. (1991). Establecimiento de cultivos de tejidos vegetales *in vitro*. *Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y Aplicaciones*, 19.
- Scott, S. (2002). La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. *La yuca en el Tercer Milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*, 327, 1.
- Basail, M., Medero, V., Martínez, M., Ventura, J. D. L. C., López, J., García, M., & Bauta, M. (2003). Efecto de la densidad de explantes y el volumen de medio de cultivo en la micropropagación de la yuca en Sistema de Inmersión Temporal. *Biotecnología Vegetal*, 3(2).
- Medero Vega, V. R., Rodríguez Morales, S., Borroto Nordelo, C., Gómez, R., López, J., De Fera, M., & Cabrera Jova, M. (2001). Sistema de inmersión temporal para producción intensiva de material de siembra de yuca. *Continente*, 3, 10-11.
- Owoseni, O., Okwaro, H., Afza, R., Bado, S., Dixon, A. y Mba, C. (2006). Radio sensibilidad y mutagénesis *in vitro* en accesiones africanas de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. *Plant Mutation Reports*, 1 (2), 32-36.
- Arroyo, G. (1986). La biotecnología y el análisis de las cadenas o sistemas agro-alimentarios y agroindustriales. *ESLAC, Association d'études sociales latino-américaines et caraïbes*, 1-20.
- Montaldo, A. (1985). *La yuca o mandioca* (Vol. 38). IICA.

- Litz, R. & Jarret, R. (1991). Regeneración de Plantas en el Cultivo de Tejidos: Embriogénesis Somática y Organogénesis. In CIAT. Roca, W; Mroginski; eds. Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Colombia. p 111-120.
- Roca, W. (1980) Cultivo de tejidos en yuca. Guía de estudio. Serie SE-07-80. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p. 16.
- Segovia, R. J., Bedoya, A., Triviño, W., Ceballos, H., Gálvez, G., & Ospina, B. (2002). Metodología para el Endurecimiento Masivo de 'Vitroplantas' de Yuca. B. Ospina y H. Ceballos, 572-583.
- Gamborg, O. L.; T. Murashige; T. A. Thorpe y I. K. Vasil. (1976). Plant tissue culture media. *In vitro Cellular and Developmental Biology Plant* 12: 473-478.
- Villalobos, V. M., & Thorpe, T. A. (1991). Micropropagación: conceptos, metodología y resultados. *Cultivo de Tejidos en la Agricultura*, 127-141.
- Roca, W. M., & Beltrán, J. (1984). El cultivo de meristemos para la conservación de germoplasma de yuca *in vitro*. CIAT.
- Roca, W. M., & Ramírez, H. (2000). Introducción a la biotecnología vegetal. CEDAF.
- Roca, W. (1983). Cultivo de tejidos en yuca. In: Yuca: Investigación, Producción y Utilización. Domínguez C. (Comp.) Doc. N° 50. CIAT. Cali, Colombia. p.153-163.
- Roca, W. M., Nolt, B., Mafla, G., Roa, J., & Reyes, R. (1991). Eliminación de virus y propagación de clones en la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Publicación CIAT-Centro Internacional de Agricultura Tropical (Colombia). no. 151.
- Nair, NG, Kartha, KK y Gamborg, OL (1979). Efecto de los reguladores del crecimiento en la regeneración de las plantas a partir de meristemos apicales de brotes de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y en el cultivo de entrenudos *in vitro*. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 95 (1), 51-56.
- Tang, AF, Capadocia, M. y Byrne, D. (1983). Floración *in vitro* en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Cultivo de células vegetales, tejidos y órganos*, 2 (3), 199-206.

CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DE ACCESIONES DE YUCA (*Manihot  
esculenta* CRANTZ.) EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

(Artículo científico sometido el 26 de noviembre de 2019 a la Revista Fitotecnia Mexicana  
(JCR) publicada por la Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C.)

CHARACTERIZATION OF YUCA ACCESSIONS (*Manihot esculenta* CRANTZ.) IN  
THE PENINSULA OF YUCATÁN, MEXICO

G.A. Salinas-Cach<sup>1</sup>, A.S. García-Sánchez<sup>2</sup>, R. Baizabal-Zapata<sup>2</sup>, N. A. González-  
Valdivia<sup>3\*</sup>, N. L. Rodríguez-Avila<sup>3</sup>, E. Arcocha-Gómez<sup>3</sup>, M.A. Burgos-Campos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en ciencias en Agroecosistemas Sostenibles. <sup>2</sup>Estudiante de  
Ingeniería en Agronomía con especialidad en Agricultura Tropical Sustentable.

<sup>3</sup>Profesor, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, Departamento  
de Ingenierías, Calle 11 s/n, entre 22 y 28, CP. 24520, Chiná, San Francisco de Campeche,  
Camp., México.

\*Autor para correspondencia ([siankaan2003@gmail.com](mailto:siankaan2003@gmail.com).)

RESUMEN

La diversidad genética y varietal de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) en la Península de Yucatán, representa un recurso útil para enfrentar los efectos del cambio climático global y fortalecer la seguridad alimentaria humana, constituyendo además una opción para la alimentación animal en épocas secas, cada vez más frecuentes en la zona. Como objetivo de impulsar este cultivo por su potencial agroalimentario, en la Península de Yucatán, se

caracterizaron morfológicamente 30 accesiones del banco de germoplasma de yuca del Instituto Tecnológico de Chiná, en Campeche. La diversidad genética quedo evidenciada al analizarse mediante técnicas de agrupamiento por el método de Ward, la existencia de al menos cinco grupos de accesiones diferentes, que por sus características cualitativas y cuantitativas, incluyen posibles variedades, mismas que pueden emplearse para investigaciones sobre adaptabilidad y rendimiento, aplicadas a la solución de problemas en la producción de alimentos, dentro de una zona cada vez más afectada por la sequía.

**Palabras clave:** Diversidad genética, conservación, germoplasma, cultivos tropicales, Campeche

#### SUMMARY

The genetic and varietal diversity of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) In the Yucatán Península, represents a use ful resource to face the effects of global climate change and strengthen human food security, also constituting an option for animal feeding in dry times, more and more frequent in the area. As a goal to boost this crop because of its agri-food potential, in the Yucatán Península, 30 accessions of the cassava germplasm bank of the Technological Institute of Chiná, in Campeche, were characterized morphologically. The genetic diversity was evidenced when analyzed by grouping techniques by Ward'smethod, the existence of at least five different accession groups, which due to their qualitative and quantitative characteristics, include posible varieties, which can be used for adaptability and performance research, applied to the solution of problems in food production, with in anarea in creasingly affected by drought.

**Keywords:** Genetic diversity, conservation, germplasm, tropical crops, Campeche

## INTRODUCCIÓN

La Yuca (*Manihot esculenta* Crantz.: Euphorbiaceae) originaria de América, cultivada en muchas comunidades rurales de la Península de Yucatán con fines de subsistencia. En esta región, la extensión de tierra destinada al cultivo así como los rendimientos reportados resultan bajos, aun utilizando variedades seleccionadas como la Criolla Regional (INIFAP-Yucatán, s/f). Además de la importancia mundial por su valor alimenticio (Fonseca-Laurent-Mae y Saborío-Argüello, 2001), la yuca tiene potencial en la producción forrajera destinada para el consumo animal (Bendaña, 2004) así como otras aplicaciones industriales de interés nacional e internacional (Martínez-Bustos *et al.*, 2007).

En el sureste y centro de México, en los estados donde se cultiva de yuca, tanto la extensión como la producción total han disminuido (Rivera-Hernández *et al.*, 2012), desaprovechando el potencial que esta planta tiene para aportar en la soberanía alimentaria para la población en general y también olvidando incluir este cultivo para la mejora técnica de la alimentación pecuaria del ganado tanto mayor (bovino) como menor (ovinos, porcinos, aves). Por tanto, el uso de la yuca para este mercado potencial es alto, además de poder convertirse, con base en las condiciones edáficas y climáticas propias de la región, en un productor que abastezca la demanda nacional e internacional de este cultivo. Con este objetivo se propone una iniciativa de rescate de germoplasma y su multiplicación en masa, con pruebas de adaptación y preliminares de rendimiento, a partir de las cuales se desarrolle un estrategia para su implementación en las explotaciones pecuarias de la región.

La diversidad genética de la yuca en la Península de Yucatán (PY), México, puede contener una amplia variedad de materiales que han sido acumulados en procesos

sucesivos de colonización por productores, procedentes de distintas regiones e incluso países, las que posiblemente difieren en su morfología y color, así como en sus propiedades organolépticas, resistencia o tolerancia a condiciones ambientales diferentes así como a plagas y enfermedades.

El rescate de germoplasma de yuca en la PY implica, además de recolectar el material vegetativo, incrementar su disponibilidad para los productores, considerando que estas accesiones pueden contener rasgos adaptables al efecto del cambio climático. Las posibles variedades tolerantes a sequía y plagas, pueden ser útiles para ese fin, aunque no deben descartarse los demás materiales, por sus características de rendimiento o calidad nutricional, agroindustrial (Meneses *et al.*, 2014) o forrajera (Knowles *et al.*, 2012). El banco de germoplasma obtenido, será utilizado para la multiplicación y para investigación sobre descriptores varietales, su expresión y respuesta ante condiciones de clima inestables, dentro de los campos del IT de Chiná y la región.

Los bancos de germoplasma como el referido, permiten resguardar los recursos fitogenéticos, conservándolos *ex situ* para su futura reintroducción a los sistemas de producción. En el estado de Campeche no se tienen colecciones de especies cultivadas por sus raíces como lo es la yuca, por lo que la posibilidad de que se pierda este recurso se incrementa con el tiempo. Los recursos fitogenéticos de yuca deben ser conservados para poder incluirlos en los programas de adaptación de los sistemas de producción al cambio climático, y dado que la yuca es una especie tolerante a la sequía, merece atención por los planificadores del desarrollo rural sustentable.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las entidades que conforman la Península de Yucatán, han sido visitadas en giras de recolecta de germoplasma de yuca, la cual ha venido desapareciendo de las áreas rurales de la región, por lo que ahora están en riesgo de desaparecer y con ellas un patrimonio invaluable para México, tanto desde la perspectiva genética como la cultural. Las accesiones o procedencias ingresadas en 2017 al Banco de Germoplasma de Yuca del IT de Chiná (Tabla 2) incluyen materiales representativos de las zonas secas y húmedas de la región y por tanto, representan un acervo genético que puede incluir variedades adaptables a distintos ambientes y condiciones de suelo, manejo y clima. Se estudiaron 30 de estas accesiones, mediante datos observados o medidos en 33 variables, entre cualitativas y cuantitativas (Cuadro 1) según los descriptores propuestos por CATIE (1981) y Fukuda *et al.* (2010), para la caracterización de la yuca.

Se establecieron parcelas en la unidad de producción Rancho Xamantún, del IT Chiná, en suelos luvisol férrico (Kan Kab según la clasificación Maya), en las cuales se plantaron 10 plantas cada una de las accesiones, en un marco de siembra de 1 m x 1.5 m, a partir de esquejes de plantas recolectadas en la Península de Yucatán, en México. De estas plantas se tomaron datos estructurales y morfométricos para caracterizar todas las accesiones (Cuadro 2) y distinguir la presencia de posibles variedades.

### **Análisis de la diversidad genética mediante variables cualitativas**

Las variables cualitativas se analizaron utilizando la estadística descriptiva mediante el uso de análisis de frecuencias absolutas y relativas para cada una de las accesiones.

### **Análisis de la diversidad genética mediante variables cuantitativas**

Para de determinar las variables cuantitativas que más contribuyen a la variabilidad total en la colección, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) utilizando las herramientas del software PAST versión 3.25 (Hammer *et al.* 2001). A partir de los resultados de ese ACP, y teniendo en cuenta las variables de mayor contribución a la variabilidad, se construyó el dendrograma correspondiente mediante la realización de un análisis de agrupamiento con el método de Ward y la distancia euclidiana

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables medidas permitieron caracterizar a las accesiones distinguiendo su variación fenotípica y representando así la variación genética del acervo representado en el banco de germoplasma para la Península de Yucatán. Todas las accesiones fueron pubescentes en sus brotes apicales. Esta característica está relacionada con la resistencia a plagas según CLAYUCA (2012), lo que fue observado en campo, pues la mayoría de estas accesiones no fue afectada por plagas en la zona de establecimiento.

Al determinarse el color de la hoja desarrollada, del brote apical y de las nervaduras se encontró que predomina el color verde claro (77%), seguido del verde oscuro (3%). Por otro lado, proporciones altas de las accesiones (26.7%) presentaron peciolos de color verde con rojo, seguido en forma descendente por los tonos verde amarillento (10%), verde (7%) y verde con morado (7%). Del Rosario *et al.* (2017), mencionan que el color es característica varietal estable y altamente heredable en esta especie, por lo que contribuye a discriminar rápidamente los fenotipos. Lo anterior puede utilizarse para considerar que en el conjunto de accesiones se hallan genotipos distintos, que pueden considerarse como variedades.



El peciolo se observó inclinado hacia arriba en 53% de los materiales estudiados, mientras que la disposición horizontal se presentó en 37% de los casos. También hubo accesiones con peciolos inclinados hacia abajo (7%), así como orientación irregular (3%).

En el caso del tallo, para el descriptor color de la epidermis del tallo, existe poca variación entre las accesiones ya solo se encontraban de color crema (77%) y café claro (23%). En cuanto al color de la corteza joven se encontró que el verde claro se encontraba con mayor frecuencia (93%) siendo menos común el verde oscuro (7%). La superficie interna del epidermis del tallo es mayoritariamente café claro, y está presente en 27 accesiones (91%), seguido de café oscuro (3%), naranja (3%) y verde amarillado (3%). esta característica va ligada al tipo de variedad y de la edad de la planta.

Con respecto al hábito de ramificación se determinó una variación importante, con 60% de las accesiones erectas o no ramificadas, 33.3% con tallos con ramificación dicotómica, y 6.7% tricotómica. El tipo de ramificación es una variable de interés para el manejo agronómico, refiriéndose a plantas con nivel de ramificación monocotómico, esto que facilita las labores culturales, más sin embargo no se deben descartar las ramificaciones de tipo Dicotómico y Tricotómico estas tienen un área foliar mayor, por lo que podrían ser materiales promisorios para la alimentación animal, además de que proveerá tallos para las estacas y esto es importante, pues ayudan a cubrir más rápido el campo y con ello a limitar el desarrollo de las malezas (Beovides *et al.*, 2013). En cuanto al hábito de ramificación el carácter dominante es de tipo erecta con 18 accesiones, dicotómica con 10 y tricotómica presentes solo en 2 accesiones. Como se ha encontrado en casi todos los casos esta característica también posee gran variabilidad dentro de las accesiones evaluadas.

Para el mejoramiento genético se tienen establecido el tipo de hoja lineal, de menor área foliar, ya que disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades (Polanco, 1998). Dentro de las accesiones evaluadas se encontró solo el 3% de este tipo de hojas, predominando la forma oblongo lanceolada con un 47% seguido de la forma ovoide con un 23%.

Una de las principales características de las raíces es su capacidad de almacenamiento de almidón, adquiriendo formas y tamaños que se vuelven útiles para la identificación de genotipos (Paredes et al. 2006). En relación con la forma de raíz: 56.7% de forma cónica cilíndrica, el 26.7% forma cilíndrica, el 16.6% fusiforme. En su mayoría con un 76.7% presentaron constricciones en la raíz, quedando el 23.3% sin esta característica. En el color externo de corteza de raíz fue predominantemente café oscuro (50%), seguido por café claro (23.3%), blanco (23.3%) y amarillo (3.4%). Respecto al color de la corteza, el 20% fue blanco, 6.7% amarillo, 13.3% crema y 60% rosado. El color del cilindro central presentó tonalidad blanca (43.3%), crema (30%), crema con estrías (20%) y amarilla (6.7%). Esta última tonalidad representa potencialmente la presencia de pigmentos carotenoides, altamente valorados en la nutrición humana (Carranco-Jáuregui *et al.* 2011).

Las variables incluidas en el análisis de agrupamiento demuestran que, considerando una distancia euclidiana superior 40, al menos cinco grupos (G1-Rojo, G2-Amarillo, G3-Azul, G4-Verde, G5-Morado) pueden distinguirse en el dendrograma (Figura 1), pero, no obstante, es importante observar que estos grupos aún contienen en su interior una importante variación, lo que en conjunto, es evidencia de una amplia diversidad genética de *M. esculenta* en la Península de Yucatán, con posibles distinciones varietales. La cantidad de grupos principales formados es semejante al reportado por Beovides *et al.*

(2014) en germoplasma cubano de *M. esculenta*, país que edáfica y climáticamente presenta similitudes con la región estudiada en México.

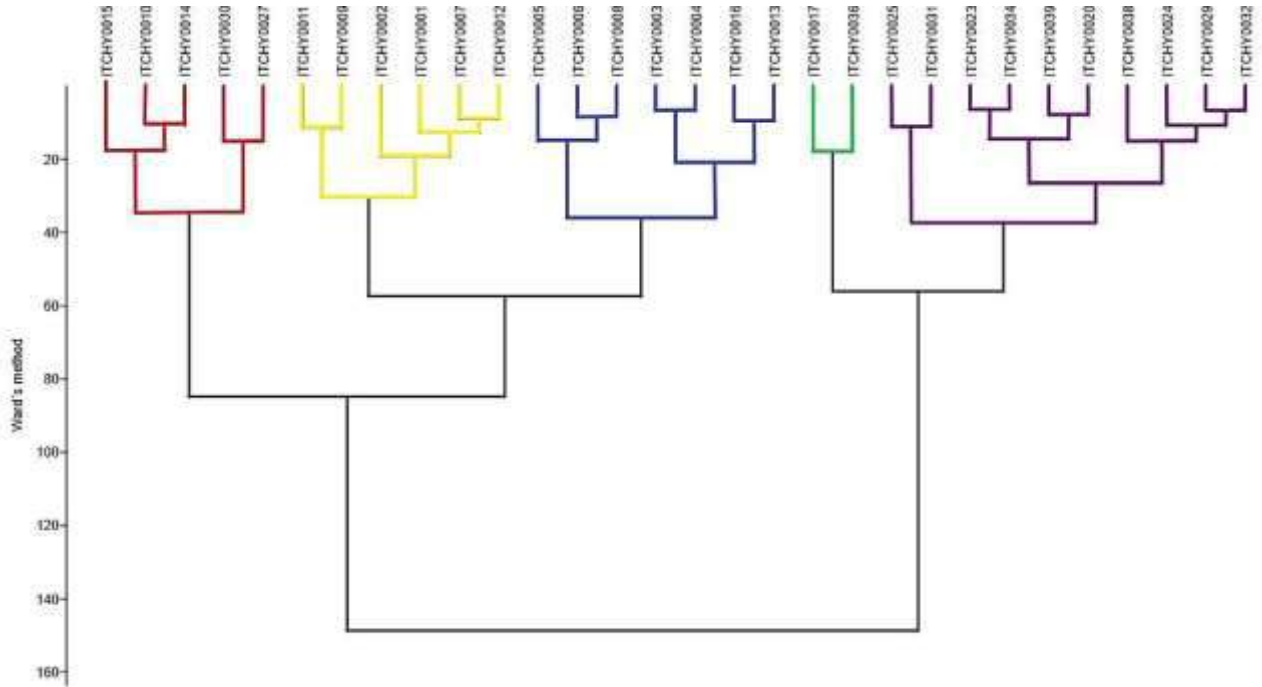


Figura 1. Análisis de agrupamiento expresado en un conglomerado jerárquico, usando el método de Ward y la distancia euclidiana, que demuestra la amplia variabilidad que existe entre las accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) estudiadas en la Península de Yucatán, México.

El análisis de agrupamiento demuestra la variabilidad en las accesiones de yuca estudiadas, al formar cinco grupos principales, internamente diversos. El primer grupo (Rojo) lo conforman dos subgrupos en su totalidad cinco accesiones, difiriendo del color de hoja apical purpura y verde-purpura en el primer grupo y en el segundo subgrupo cultivares con color de hoja apical verde claro, con tamaños de hoja grandes y longitudes de peciolo que varían desde los (19-44 cm).

El segundo grupo (Amarillo) lo conforma seis accesiones, donde el color rojo predomina en el peciolo y se encuentran en una posición inclinados hacia encima,

conformando una hoja compuesta por 7 lóbulos, también cuentan con un hábito de ramificación dicotómica, esta agrupación tiende a ser de interés económica debido a que los rendimientos tienden a ser adecuados para la producción se establecen entre un 7-14 kg en promedio por planta, mostrando raíces de 65-90 cm de longitud y 5-7 cm de diámetro.

Un tercer grupo (Azul), formado por siete accesiones, se caracteriza por tener hojas pequeñas y en cuanto a su longitud de peciolo los mantiene cortos (10-25cm), su nivel de ramificación es primaria, con número de lóbulos ente (3-5). El grupo cuatro (Verde) lo conforman dos accesiones que comparten hojas de forma oblonga lanceoladas y color verde en las nervaduras, su hábito de ramificación es de tipo erecta. Por último, está el quinto grupo (Morado) conformado por diez accesiones, predominantemente con hojas desarrolladas de color verde claro, con color de peciolo verde con rojo y purpura, hojas medianas y peciolos largos, este grupo carece de ramificaciones, algo que logra agruparlas es su forma de las raíces cónicas cilíndricas y presencia de constricciones.

## CONCLUSIÓN

Las diferencias entre los distintos materiales de yuca recolectados y ahora resguardados en la colección que conforma el Banco de Germoplasma de Yuca en el Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, demuestran la presencia de variedades bien definidas y distinguibles por sus fenotipos, distribuidas en todos los estados que constituyen la región de estudio, la Península de Yucatán en México. Estas constituyen un valioso recurso genético regional, que puede ayudar a diversificar los sistemas de

producción a nivel local, en un contexto de vulnerabilidad ambiental, una vez que se amplió la información agronómica correspondiente.

#### AGRADECIMIENTO

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP), de la Subsecretaría de Educación Superior, en México, por aportar los recursos financieros al proyecto “Diversidad genética de *Manihot esculenta* en la Península de Yucatán: caracterización de la calidad de la harina y su potencial para alimentación humana y animal”, que apoyo esta investigación.

#### BIBLIOGRAFÍA

**Bendaña, G. (2004).** Alternativas alimenticias para animales. Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua. 168 p.

**Beovides, Y., M. D.Milián, D. Rodríguez, L. Gálvez, K. Rodríguez, M.I. Fernández, My M. Oliva. (2013).** Cultivares cubanos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) con rendimiento y potencial genético para la agroindustria. Centro Agrícola, 40(3), 71-78.

**Beovides-García, Y., M.D. Milián Jiménez, O. Coto Arbelo, A. Rayas Cabrera, M. Basail Pérez, A. Santos Pino, J. López Torres, V.R. Medero Vega, J.A. Cruz Alfonso, E. Ruiz Díaz y D. Rodríguez Pérez. (2014).** Caracterización morfológica y agronómica de cultivares cubanos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Cultivos Tropicales 35(2): 43-50.

**Carranco-Jáuregui, M.A., Calvo Carrillo, M.C., Pérez-Gil Romo, F. (2011).** Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 61(3): 233-241.

**CATIE (Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza). (1981).** Catálogo de la colección de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 40 p.

**CLAYUCA (Corporación Latinoamericana y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca). (2012).** La yuca. Disponible en: <http://www.CLAYUCA.org>. [Consultado: 13 Julio2019].

**Del Rosario, J., I. Meneses, P. Andrés, X. Rosas, E. Becerra, O. Leyva, A. Vázquez, M. Galindo, M. Cebada y R. Núñez. (2017).** Caracterización morfo-agronómica de accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *En: Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-I.-* ©ECORFAN. F. Pérez, E. Figueroa, R. García y L. Godínez (eds.). Texcoco de Mora, México: pp: 60-71

**Fonseca-Laurent-Mae, J.M. y D. Saborío-Argüello. (2001).** Tecnología poscosecha de yuca fresca parafinada (*Manihot esculenta* Crantz) para exportación en Costa Rica. Ministerio de Agricultura, San José, Costa Rica. 56 p.

**Fukuda, W.M.G., C.L. Guevara, R. Kawuki, and Ferguson, M.E. (2010).** Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 19 pp.

**Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and Ryan, P.D. (2001).** Past: Paleontological Statistics Software Pack age for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9. Disponible en: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). [Consultado: 23 Julio2019]

**INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias).** (s/f). Raíces y tubérculos: Variedades de yuca para la península de Yucatán. Ficha Tecnológica. 1 p.

**Knowles, M.M., Pabón, M.L. y J.E. Carulla (2012).** Uso de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y otras fuentes de almidones no convencionales en la alimentación de rumiantes. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 25:488-499

**Martínez-Bustos, F., M. López-Soto, E. San Martín-Martínez, J.J. Zazueta-Morales, J.J. Vélez-Medina. (2007).** Effects of high energy milling on some functional properties of jicama starch (*Pachyrrhizuserosus* L. Urban) and cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz). Journal of Food Engineering 78: 1212–1220.

**Meneses, I., Vásquez, A., Rosas, X. y E.N. Becerra. (2014).** Contenido de materia seca y almidón en clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(3): 271-274.

**Paredes, A., F. I. A. Perrens y G. Alejo. (2006).** Diferencias cuanti-cualitativas entre clones de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) difundidos en Corrientes. (Tesis de maestría). Recuperado de <http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/TRABAJO%20FINAL%20DE%20GRADUACION%20marion%20garcia.pdf>

**Polanco, D. (1998).** Caracterización morfológica, agronómica, isoenzimática, contenido de cianuro y almidón en el banco de germoplasma *in vivo* de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de la Facultad de Agronomía de la UCV. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 32 p.

**Rivera-Hernández, B., L.A. Aceves-Navarro, J. Juárez-López, D.J. Palma-López, R. González-Mancillas y V. González-Jiménez. (2012).** 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* 16(1): pp. 29-47.

Cuadro 1. Variables cualitativas y cuantitativas incluidas en el estudio de las 39 accesiones de yucaprocedentes de la Península de Yucatán descritas morfo-anatómicamente por el Instituto Tecnológico de Chiná, en Campeche, México.

Código	Descripción variables cualitativas	Código	Descripción variables cuantitativas
CHA	Color de hoja apical	NL	Numero de Lóbulos
PBA	Pubescencia de brote apical	LoL	Longitud del Lóbulo
FLC	Forma del lóbulo central	AnL	Ancho del Lóbulo
CP	Color del peciolo	LP	Longitud del peciolo
CCJ	Color de la corteza joven	NR	Nivel de ramificación
LEN	Longitud de entrenudos	LE	Longitud de las estípulas
CHD	Color de hoja desarrollada	ME	Márgenes de las estípulas
CET	Color de epidermis del tallo	LR	Longitud de la raíz
HCT	Habito de crecimiento del tallo	DR	Diámetro de la raíz
CN	Color de nervaduras	NRC	Numero de raíces comerciales
PP	Posición del peciolo	PRA	Peso raíces por accesión
PCH	Prominencia de las cicatrices de la hoja		
HR	Habito de ramificación		
CLH	Campana lóbulo de las hojas		
CSIET	Color de la superficie interna de la epidermis del tallo		
FR	Forma de la raíz		
CR	Constricciones de la raíz		
TSR	Textura de la superficie de la raíz		
DC	Desprendimiento de la corteza		
CEC	Color externo de la corteza		
CC	Color de la corteza		
CCC	Color del cilindro central		



Cuadro 2. Procedencia de las 30 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), recolectadas en la Península de Yucatán, cultivadas en el banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, y descritas mediante variables cualitativas y cuantitativas.

ID Accesoión	Nombre	Estado	Municipio
ITCHY001	Yuca Pomuch	Campeche	Tenabo
ITCHY002	Chiquini	Campeche	Campeche
ITCHY003	Clemente 1	Campeche	Campeche
ITCHY004	Pata de paloma	Campeche	Campeche
ITCHY005	Yuca Hopelchén	Campeche	Hopelchén
ITCHY006	Yuca Escárcega	Campeche	Escárcega
ITCHY007	Yuca Blanca	Campeche	Champotón
ITCHY008	Yuca Blanca	Quintana Roo	Othon P. Blanco
ITCHY009	Hondureña	Quintana Roo	Othon P. Blanco
ITCHY010	Yuca Campeche	Campeche	Campeche
ITCHY011	Yuca Calkini	Campeche	Calkini
ITCHY012	Yuca Tenabo	Campeche	Tenabo
ITCHY013	Yuca HCHKN	Campeche	Hecelchakan
ITCHY014	Cambeña	Campeche	Carmen
ITCHY015	Cascarita rosada	Quintana Roo	Othon P. Blanco
ITCHY016	Yuca Chiná	Campeche	Campeche
ITCHY017	Yuca Ceiba	Tabasco	Emiliano Zapata
ITCHY020	Yuca Oxa	Campeche	Campeche
ITCHY023	Yuca Colorada o negra	Tabasco	Balancán
ITCHY024	7 Foliolos	Tabasco	Tenosique
ITCHY025	Yuca Conhuas	Campeche	Calakmul
ITCHY027	Matamoros 2 Amarga	Campeche	Escárcega
ITCHY029	ITZM (1-2)	Quintana Roo	Othon P. Blanco
ITCHY030	Matamoros 1 T'sii	Campeche	Escárcega
ITCHY031	Pata de paloma	Campeche	Calakmul
ITCHY032	Pascual2	Quintana Roo	Othon P. Blanco
ITCHY034	Yuca Muna 2	Yucatán	Muna
ITCHY036	Variegada	Yucatán	Tekit
ITCHY038	Vara blanca	Campeche	Hopelchén
ITCHY039	5 Foliolos	Tabasco	Tenosique

## **Zonificación agroecológica para el cultivo de *Manihot esculenta* crantz en el estado de Campeche, México**

G.A. Salinas-Cach<sup>1</sup>, N. A. González-Valdivia<sup>2\*</sup>, E. Arcocha-Gómez<sup>2</sup>, N. L. Rodríguez-Avila<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en ciencias en Agroecosistemas Sostenibles.

<sup>2</sup>Profesor, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, Departamento de Ingenierías, Calle 11 s/n, entre 22 y 28, CP. 24520, Chiná, San Francisco de Campeche, Camp., México.

\*Autor para correspondencia (siankaan2003@gmail.com.)

### **Resumen**

En México, la selección de cultivos por parte del productor está influenciada por los programas y políticas gubernamentales, las cuales han obviado el de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), no obstante que además de su importancia para la nutrición humana y animal, es un cultivo adaptable a una región afectada regularmente por la sequía. Para iniciar un cambio en esta situación, se desarrolló una zonificación agroecología auxiliada por SIG y datos de campo, para determinar las localizaciones óptimas en el estado de Campeche. Se obtuvo como resultado que la entidad cuenta con condiciones edafoclimáticas favorables para el desarrollo de yuca, ocupando una superficie de 3,201, 177 ha, de suelos óptimos para el desarrollo de la yuca, lo que representa cerca del 93% del estado de Campeche. Las condiciones climáticas se consideraron favorablemente para el 93% del estado de Campeche. Por tanto, en la mayor parte del territorio del estado puede cultivarse la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), con una alta posibilidad de alcanzar rendimientos adecuados.

**Palabras clave:** Zonificación Agroecológica, *Manihot esculenta* Crantz, condiciones edafoclimáticas, Campeche.

## Summary

In the state of Campeche, the cultivar of the producer is linked to the programs that supply them, without a doubt the programs have gone along the time, selecting some cultivars of their interest, leaving aside cassava (*Manihot esculenta* Crantz) that promotes some essential nutrients for human and animal intake. Campeche state, has favorable edaphoclimatic conditions for the development of cassava cultivation, therefore an agroecology zoning was developed to determine the optimal locations. As a result they have that the state of Campeche has favorable soils and subsoils for the good development and growth of cassava cultivation, occupying an area of 3,201, 177 hectares covering 93% of the state, climatic conditions favorably provided for 100% of the state, for this case it is concluded that Campeche has the appropriate soils and climates, in which cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) can be grown and achieve adequate yields.

**Keywords:** Agroecological Zoning, *Manihot esculenta*, Crantz, edafoclimatic conditions, Campeche.

## Introducción

En la Península de Yucatán la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se ha ido trabajando en pocas extensiones en comunidades rurales, con el único propósito de vender y poder alimentarse del mismo recurso obtenido (Hernández, 2010), utilizando variedades seleccionadas como la Criolla Regional (INIFAP-Yucatán, s/f). Parte de la producción está destinada a la alimentación de ganado como complemento alimenticio forrajero, por su gran consistencia y bajo precio, desplazando a algunas gramíneas (SIAP, 2016). En el país la yuca se cultiva en siete estados (Tabasco, Morelos, Michoacán, Yucatán, Veracruz, Guerrero y Jalisco) de los cuales cuentan con climas tropicales y subtropicales adecuados al cultivo, por lo tanto la extensión como la producción total han disminuido (Rivera-Hernández *et al.*, 2012), En el año del 2017 en México se reportó una producción nacional de yuca alimenticia, de 18.9 mil toneladas en una superficie cosechada de 1,509 hectáreas, destacando a Tabasco, Michoacán y Morelos con los altos niveles de producción con un total de 18.4 mil toneladas (SIAP, 2018). A nivel mundial se registra un total de 10 países (Nigeria, República Democrática del Congo, Vietnam, Tailandia, Indonesia, Brasil, Ghana,

Angola, Camboya, y Mozambique) con una producción total de 219,815, 547 toneladas obtenidas en el 2017(FAO, 2017).

La zonificación agroecológica se utiliza para lograr un adecuado crecimiento y producción de los cultivos, es imprescindible tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la región de que se trate, por lo que es catalogado como una de las principales herramientas para disminuir los riesgos en el que se encuentra sometida la agricultura (Soto, 2001).

Para mejorar e incluir de manera más efectiva el cultivo de yuca en la dinámica productiva de la región, es importante zonificar agroecológicamente el territorio en función de los requerimientos para el establecimiento de los distintos cultivares de yuca presentes en la Península de Yucatán. Para ello pueden emplearse distintas metodologías de zonificación agroecológica (ZAE), entre las que destacan las que emplean Sistemas de Información Geográfica (SIG) que integran coberturas edáficas (clases de suelos) y topográficas (relieve, pendiente) con otras de tipo climático como las de isoyetas o de isotermas (Pineda-Santos y Suárez-Hernández, 2014).

### **Materiales y Métodos**

Para la determinación de las zonas de alto potencial productivo para el cultivo de yuca, se utilizó la metodología de Zonificación Agroecológica propuesta por la FAO (1978).

### **Datos del cultivo**

Para que una zonificación agroecológica de un cultivo se realice con éxito, como primer punto se requiere definir sus requerimientos ecológicos y, a partir de ahí definir las bases para la zonificación (Tejeda, Hernández y Florido, 2001). Por este motivo se determinaron las zonas con alto potencial climático y edafológico se tomaran los valores óptimos establecidos por el Ecocrop (2007), para el cultivo de yuca (cuadro 1). Los valores de las variables climáticas se compararan con los valores de cada una de las 21 estaciones meteorológicas analizadas (Figura 1). Aquellas estaciones que cumplan con los valores óptimos se denominaran zonas con alto potencial climático.

Cuadro 1. Variables seleccionadas para definir zonas con alto potencial productivo para el cultivo de yuca.

	Optimo		Absoluto	
	MIN	MAX	MIN	MAX
Temperatura	20	29	10	35
Precipitación anual	1000	1500	500	5000
Latitud			25	30
Altitud				2000
PH del suelo	5.5	8	4	9
Luminosidad	Muy luminoso	Muy luminoso	Muy luminoso	Cielo nublado
Profundidad de suelo	50-150 cm		50-150 cm	
Textura del suelo	Medio, Claro		Oscuro, medio, luminoso, orgánico	
Fertilidad del suelo	Moderado		Bajo	
Salinidad del suelo	Bajo (<4ds/m)		Bajo (<4ds/m)	
Drenaje del suelo	Periodo de sequia		Bueno(Periodo de sequía) Excesivo (Seco/moderadamente seco)	

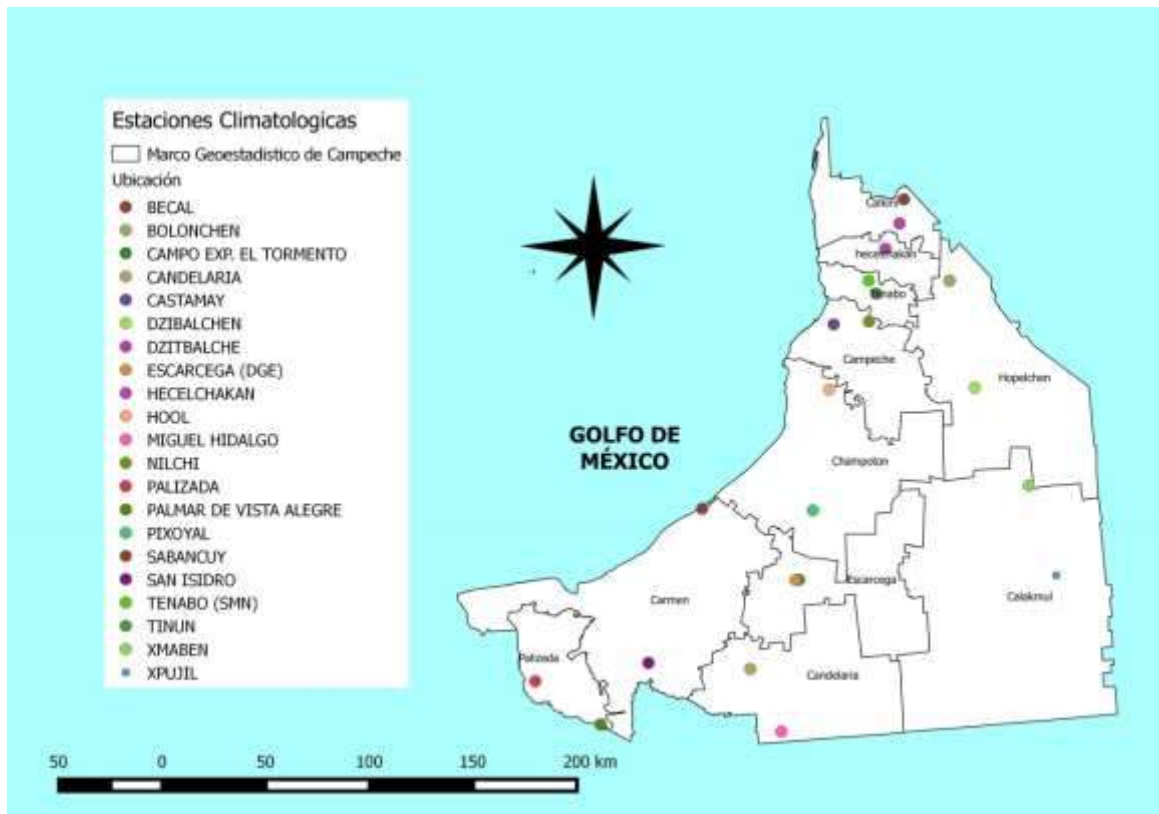


Figura 1. Ubicación de las estaciones climatológicas estudiadas en el estado de Campeche

## **Sistemas de Información Geográficos**

El método seguido para establecer relaciones entre los diferentes parámetros y la zonificación agroecológica se basó en el uso de Sistemas de Información Geográficos, los que constituyen una herramienta insustituible para la utilización de métodos cartográficos de superposición de los elementos naturales seleccionados. Mediante el software Qgis 2.2.0 Valmiera, se integró el mosaico cartográfico que abarcaba toda el área de estudio, para identificar las condiciones ambientales imperantes en la zona; así como el uso del suelo y vegetación, utilizando la serie V de INEGI.

## **Resultados y Discusión**

Los resultados obtenidos muestran que, edafológicamente, el estado de Campeche dispone de suelos y subsuelos favorables para el buen desarrollo y crecimiento del cultivo de yuca, ocupando una superficie de 3,201,177 has, distribuida entre los 11 municipios que conforma el estado de Campeche. En la figura 2 se observa la distribución espacial en el estado y en la 3, la superficie con alto potencial productivo por municipio. En donde la mayor parte de la superficie se concentra en los municipios de Calakmul (945,540 has), Hopelchén (605,394 has), Champotón (479,402 has), Escárcega (367,200 has), Candelaria (340,863 has) y Campeche (226,649 has).



Figura 2. Zona con alto potencial edafológico para el cultivo de yuca en estado de Campeche, México

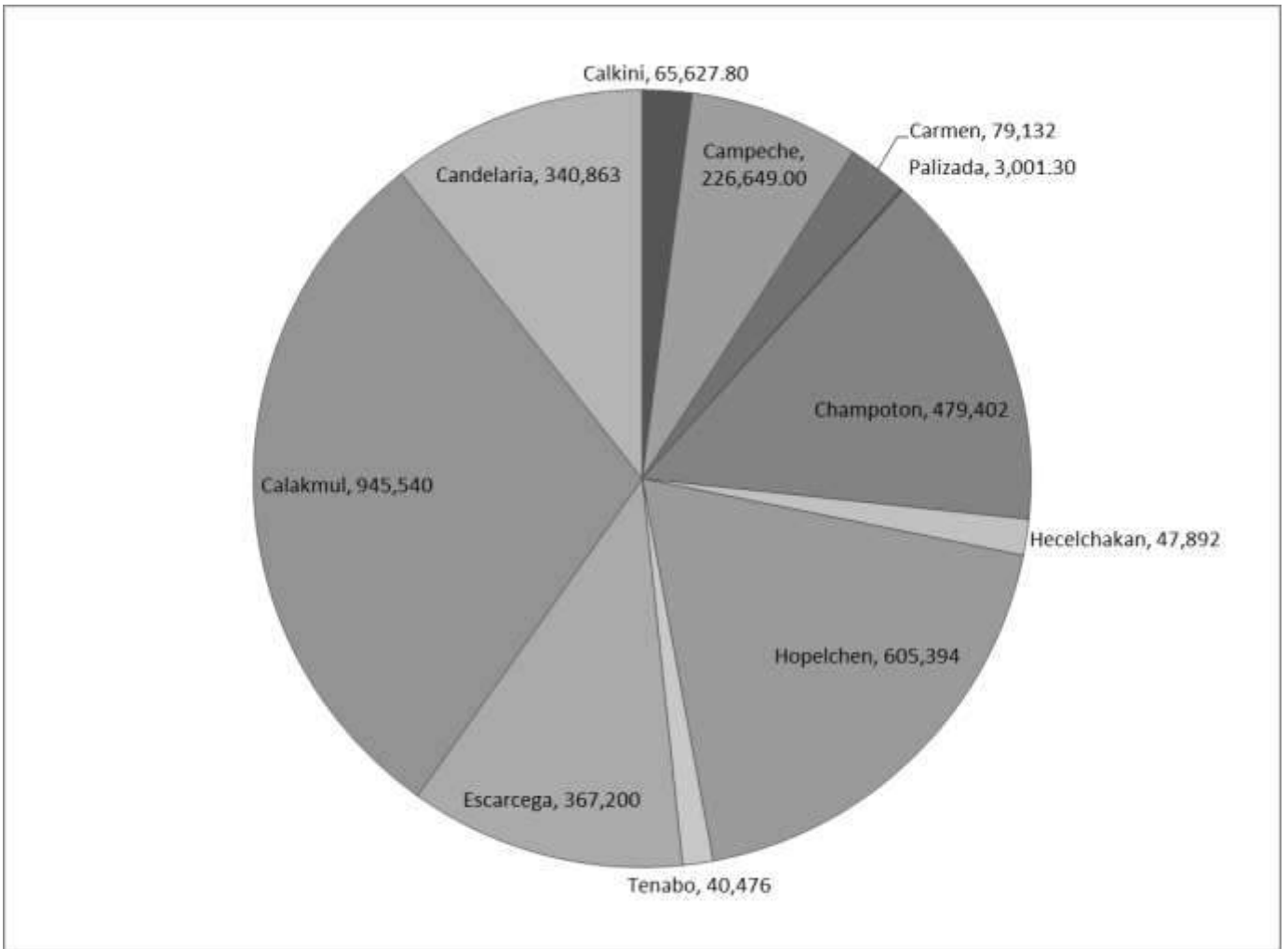


Figura 3. Superficie municipal con alto potencial edafológico para el cultivo de yuca en estado de Campeche, México.

El estado de Campeche dispone de temperaturas óptimas, para el buen desarrollo y crecimiento de yuca, pueden diferir mínimamente de acuerdo a las estaciones del año, como resultado muestran temperaturas promedio anual de 34.5°C máximas y mínimas 21.5°C en primavera-verano y 19°C máximas y mínimas 31°C presentes en otoño-invierno, por lo que todo el estado es apto para cultivar yuca.

En el caso de las precipitaciones, se comprobó que desde la parte superior de Calkini va ascendiendo la precipitación >800 mm, abarcando los municipios de Hecelchakan, Tenabo, Campeche, Hopelchén y descendiendo hasta el municipio de Calakmul. De igual forma se puede apreciar en el mapa Figura 4 las características climáticas, que va ascendiendo la precipitación <1000 mm de Champotón hasta parte del municipio de Palizada, cabe mencionar que una extensión de 7.58 has sobrepasa los límites de precipitación óptima para el buen desarrollo.



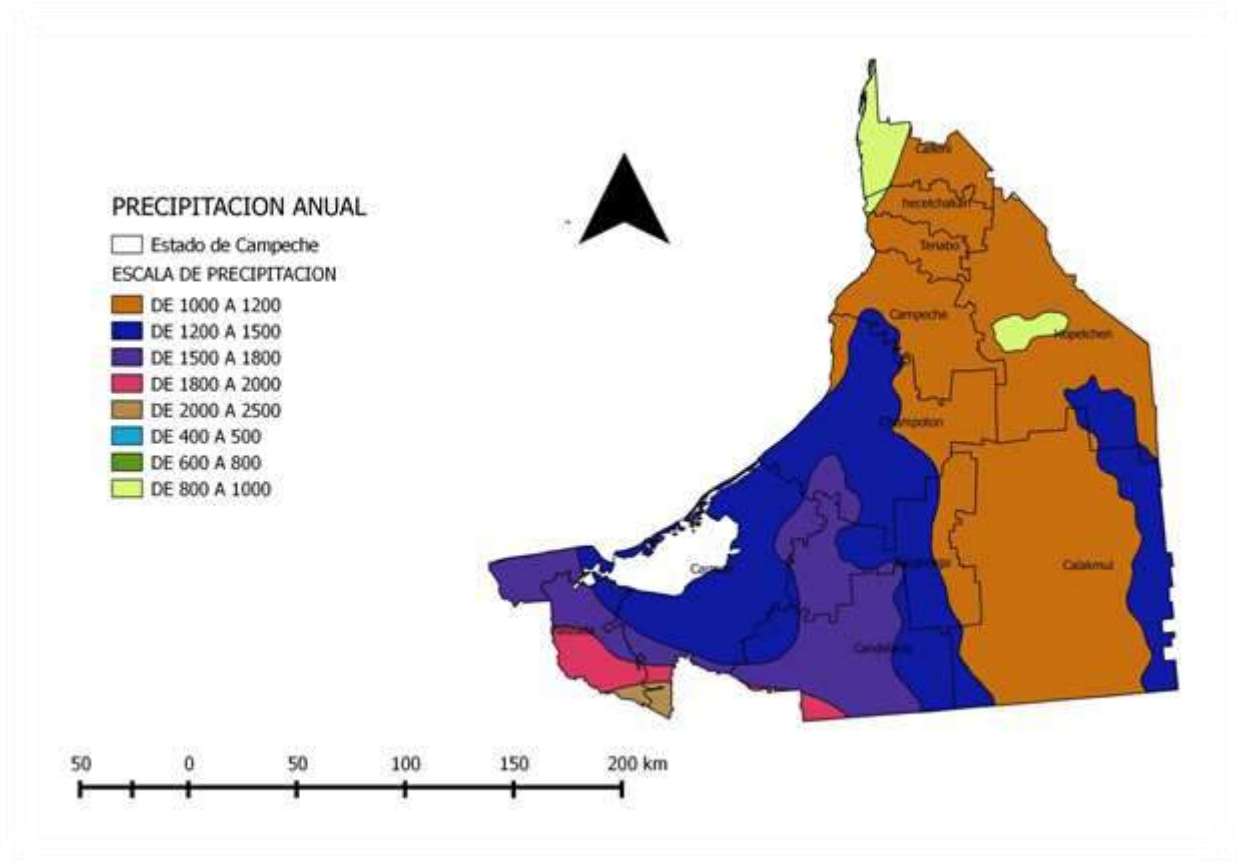


Figura 4. Características climáticas en escala de precipitación en el Estado de Campeche.

### Conclusión

Este estudio demuestra que el estado de Campeche abarca 3, 201, 177 has de condiciones edafológicas óptimas, distribuidas en sus 11 municipios, en las cuales puede cultivarse la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y alcanzar rendimientos adecuados. De esta forma cabe resaltar esta investigación podrían servir para la planificación del cultivo de yuca a futuro, debido al cambio climático que se vive diario y la seguridad alimentaria.

### Agradecimiento

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP), de la Subsecretaría de Educación Superior, en México, por aportar los recursos financieros al proyecto “diversidad genética de *Manihot esculenta* en la Península de Yucatán: caracterización de la calidadde la harina y su potencial para alimentación humana y animal”, que apoyo esta investigación.

## Referencias

**Ecocrop (2007).**The adaptability level of the FAO crop environmental requirements data base. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Versión 1.0. Agls. Rome, Italy: En: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home> (consultado el 12 de agosto del 2011).

**Hernández, G. (21 de abril de 2010).** Promueven cultivo de yuca entre ejidatarios. *Tribuna de Campeche*. Recuperado de <https://www.inforural.com.mx/promueven-cultivo-de-yuca-entre-ejidatarios/>

**INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias).** (s/f). Raíces y tubérculos: Variedades de yuca para la península de Yucatán. Ficha Tecnológica. 1 p

**Servicio de información, Agroalimentaria y pesquera. SIAP. (2016).** Recuperado de [http://infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap\\_gb/identidad/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/identidad/index.jsp). Consultado el 17 de Octubre del 2019.

**Servicio de información, Agroalimentaria y pesquera. SIAP. (2018).** Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/yuca-mandioca-o-guacamote-como-lo-llaman-donde-radicas?idiom=es> . Consultado el 17 de Octubre de 2019.

**FAO. (2017).** FAOSTAT. Recuperado de <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#anchor>

**Soto, F., Vantour, A., Hernández, A., Planas, A., Figueroa, A., Fuentes, P. y Alfonso, HM (2001).** La Zonificación Agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. Macizo Montañoso Sagua-Nipe-Baracoa. *Cultivos Tropicales*, 22 (3), 27-51.

**Pineda-Santos, L.D. y J.E. Suárez-Hernández. (2014).** Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Ingeniería Agrícola* 4(3): 28-32.

**Rivera-Hernández, B., L.A. Aceves-Navarro, J. Juárez-López, D.J. Palma-López, R. González-Mancillas y V. González-Jiménez. 2012.** 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* 16(1): pp. 29-47.

**Soto, F., Tejeda, T., Hernández, A., & Florido, R. (2001).** Metodología para la zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 22(4), 51-53.

# CONTROL DE CONTAMINANTES Y HORMESIS POR NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN YUCA (*Manihot esculenta* CRANTZ) *IN VITRO*

Salinas-Cach<sup>1</sup>, Gustavo-Alfonso; Gonzalez-Valdivia<sup>2</sup>, Noel-Antonio; Rodriguez-Avila<sup>2</sup>, Norma-Laura y Arcocha-Gomez<sup>2</sup>, Enrique

<sup>1</sup>Tecnologico Nacional de México. Estudiante de Maestría en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles, Instituto Tecnológico de Chiná,

<sup>2</sup>Tecnologico Nacional de México. Profesor, Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 s/n entre 22 y 28 Chiná, Campeche, C.P. 24520.

Autor para correspondencia: siankaan2003@gmail.com

Recibido: 31/agosto/2018

Aceptado: 30/septiembre/2018

Publicado: 31/octubre/2018

(Artículo *in extenso* publicado en la Revista del Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Mérida)

## RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una planta que presenta una raíz de acumulación de reservas alimenticias, que es considerada como la cuarta fuente de carbohidratos y calorías para aproximadamente 500 millones de personas. Es reproducida asexualmente mediante estacas obteniéndose buenos resultados, pero suele presentar problemas de transmisión de patógenos sistémicos y de plagas, generando bajas tasas de multiplicación. La propagación *in vitro* se considera una alternativa eficiente para la multiplicación masiva de plantas, permitiendo obtener una mejora en su calidad y libres de enfermedades que afectan su producción. Por su parte, las nanopartículas de plata (NPsAg) han sido empleadas eficientemente para el control de la contaminación en el cultivo de tejidos vegetales y su papel en la estimulación del desarrollo en plantas a bajas concentraciones (hormesis) ha sido descrito para diversas especies. Por tanto, en este estudio se propuso la utilización de NPsAg para la propagación *in vitro* de yuca a partir de explantes obtenidos dos accesiones que forman parte de un banco de germoplasma localizado en el rancho Xamantún. Se evaluaron tres tratamientos en medio semisólido MS adicionado con diferentes concentraciones de 6-bencilaminopurina (BAP), ácido indolacético (AIA) 100 mg.L<sup>-1</sup> de NPsAg y 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa. La adición de NPsAg se tradujo una disminución del porcentaje de contaminación durante el establecimiento *in vitro* respecto a los tratamientos con únicamente hormonas. Entre estas, además, se observó una respuesta diferencial durante la fase de inducción de brotes para las dos accesiones evaluadas.

Palabras clave: *Manihot esculenta* Crantz, propagación *in vitro*, yuca, nanopartículas de plata (NPsAg).

## ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) has a root of accumulation of food reserves, which is consider the fourth source of carbohydrates and calories for approximately 500 million people. Reproduced asexually by stakes, with good results, however, usually presents problems of transmission of systemic pathogens and pests, generating low multiplication rates. *In vitro* propagation is considered an efficient alternative for the massive multiplication of plants, improving their quality and allowing a free of diseases-plants. Ontheother hand, silver nanoparticles (NPsAg) have been used efficiently for the control of contamination in the cultivation of plant tissues and their role in stimulating the development in plants at low concentrations (hormones) has been described for several species. Therefore, in this study we proposed the use of NPsAg for the *in vitro* propagation of cassava from explants obtained from two accessions that are part of a germplasm bank located in the Xamantún ranch. Three treatments evaluated in semisolid MS médium added with different concentrations of 6-benzylaminopurine (BAP), indoleaceticacid (AIA) 100 mg.L<sup>-1</sup> of NPsAg and 30 g.L<sup>-1</sup> of sucrose. The addition of NPsAg resulted in a decrease in the percentage of contamination during *in vitro* establishment with respect to treatments with only hormones. Among these, in addition, a differential response observed during the shoot induction phase for the two evaluated accessions.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz, cassava, *in vitro* propagation, silver nanoparticles (NPsAg).

## INTRODUCCION

La yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), perteneciente a la familia Euphorbiaceae, se encuentra constituida por 7,200 especies (Rivera *et al.*, 2012), arbusto perenne procedente de Suramérica y difundido en muchos países de zonas tropicales y subtropicales de América, Asia y África, incluidas muchas islas del Pacífico (García, *et al.*, 2014).

Es la principal fuente de energía para el consumo humano y es considerada la cuarta fuente de calorías para aproximadamente 500 millones de personas, solo superado en importancia por el arroz, el azúcar y el maíz. En lo referente a cantidad de calorías producidas, la yuca puede convertirse en una fuente de ingresos y de empleo tanto para hombres como para mujeres (Bokanga, 1999).

Por ser una fuente de almidón y su bajo costo es utilizada para una amplia gama de usos industriales. (Martínez, *et al.*, 2007).

En la ganadería, la yuca es uno de los más estudiados por su potencial energético, sustituyendo algunos suplementos alimenticios, estos siendo procesados en harina para una dieta en animales, (Lezcano *et al.*, 2014).

Los materiales de yuca pueden ser multiplicados con frecuencia mediante estacas o segmentos de tallo, que tiene como ventajas un rápido crecimiento, el almacenamiento sencillo y barato, pero a su vez suele presentar problemas de transmisión de patógenos sistémicos y de plagas, generando bajas tasas de multiplicación (Buechsel, 2012). Ante esta posibilidad de daño, la propagación *in vitro* se considera una alternativa eficiente para la multiplicación, permitiendo obtener una mejora de plantas y el saneamiento contra enfermedades que afectan en su producción (Marín *et al.*, 2009).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto Tecnológico de Chiná, en donde se probaron estrategias experimentales para la obtención de brotes de explantes de yuca, extraídas de diferentes accesiones que forman parte del banco de germoplasma del rancho Xamantún. Para la obtención de material vegetal se empleó un bisturí y desinfección con etanol al 70%; los explantes así obtenidos fueron transportados en recipientes de polietileno en condiciones de esterilidad.

Para el saneamiento de los explantes se emplearon 15 ml de hipoclorito de sodio comercial (cloralex®), 8 ml de Microdyn® y 3 ml de detergente líquido Axion®, combinándolos y aforando a 250 ml, se le dio el tratamiento en tiempo propuesto por (Ochoa *et al.*, 2012). Dentro de la cámara de flujo laminar, se realizó la desinfección por inmersión en etanol al 70% por 60 segundos.

Para la producción de brotes se utilizó el regulador de crecimiento 6-bencilamino purina (BAP) en una concentración de 1.5 mg. L<sup>-1</sup>, ácido indolacético (AIA) en una concentración de 0.4 mg. L<sup>-1</sup>, nanopartículas de plata (NPsAg) en una concentración de 100 mg. L<sup>-1</sup> y 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa) adicionados al medio (MS) y combinados para obtener como resultado tres tratamientos (Tabla 1).

**Tabla.** Tratamientos para la producción de brotes *in vitro* a partir yemas axilares de *Manihot esculenta* Crantz de dos

Tratamientos	BAP mg.L <sup>-1</sup>	AIA mg.L <sup>-1</sup>	AgNP mg.L <sup>-1</sup>	SACAROSA g.L <sup>-1</sup>
1	1.5	0	100	30
2	1.5	0.04	100	30
3	1.5	0.04	0	30
Control	0	0	0	30

accesiones del rancho Xamantún.

Para la siembra este realizó en la cámara de flujo laminar, se colocó un segmento de yema por cada frasco con 20 ml de medio de cultivo que comprendían los tres tratamientos y un control posteriormente se sellaron los frascos y se procedió a colocarlos en el cuarto de crecimiento, a una temperatura de

22 °C, con un rango de humedad relativa de 70% a 80%, con 16

horas de luz y ocho horas de oscuridad, siendo la intensidad de la luz de 1800 Lux.

Las variables evaluadas fueron sobrevivencia, contaminación, producción de brotes por tratamiento. Las variables sobrevivencia, contaminación y producción de brotes por tratamiento fueron evaluadas los 30 días. La sobrevivencia de las yemas fue expresada en porcentaje, entendiéndose como segmento de yema muerto aquel que tenía una apariencia seca y coloración café y como segmento de yema vivo aquel que presentara una coloración verde. La determinación de la contaminación fue expresada en porcentaje; la determinación de los segmentos de yemas con brotes fue expresado en forma numérica.

### RESULTADOS Y DISCUSION

De las dos accesiones sembradas del 100% de las yemas, en medio (MS) suplementado con 1.5 mg.L<sup>-1</sup> de BAP + 30 g.L<sup>-1</sup>, el 60% dieron respuesta hacia la inducción de callos y el 40% se vio contaminado. (Fig.1) esto sucede sin agregar NPsAg como agente de control de contaminantes microbiológicos.

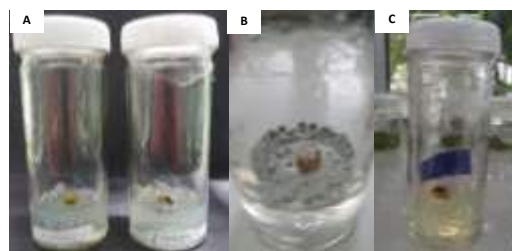


Figura 1. Accesiones de yuca con suplementadas con 1.5 mg.L<sup>-1</sup> de BAP + 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa, A) Inducción a callos en las dos accesiones, B) Yemas de yuca contaminadas, C) Explante de yuca fenolizado color café claro.

Se sabe que existe un gran número de trabajos científicos en Latinoamérica, elaborados con fines de inocuidad y producción mediante explantes de yuca por medio de distintas técnicas de micropropagación (Suárez & Mederos 2011). El primer tratamiento, donde se produjo la inducción de callos en los explantes de yuca con las concentraciones de 1.5 mg.L<sup>-1</sup> de BAP + 30 g.L<sup>-1</sup>, concuerda con el trabajo elaborado por (Buechsel, 2012), que en sus resultados menciona que adicionando una cantidad mayor a 0.5 mg.L<sup>-1</sup> de BAP genera la inhibición del desarrollo foliar la producción de brotes y raíces.

Accesión	Numero de frascos sembrados	Contaminación (%)	Brotes por planta	Características de desarrollo
ITCHY0010	20	10	2	Plantas con hojas sin presencia de raíces y pocos brotes y efecto de fenolización en explantes.
ITCHY0004	20	5	6	Plantas con brotes turgentes sin presencia de raíces, algunas con efecto de fenolización en explantes.

**Cuadro 2.** Respuesta morfométrica de accesiones de yuca en medio ms suplementado con 1.5 mg.L<sup>-1</sup> de BAP + 100 µl de NPsAg + 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa.

Accesión	Numero de frascos sembrados	Contaminación (%)	Brotos por planta	Características de desarrollo
ITCHY0010	20	10	8	Plantas con hojas sin presencia de raíces.
ITCHY0004	20	12	3	Plantas con pocos brotes sin presencia de raíces.

**Cuadro 3.** Respuesta morfométrica de accesiones de yuca en medio ms suplementado con 1.5 mg.L-1 de BAP + 0.4 mg.L-1 de AIA +100 µl de NPsAg + 30 g.L-1 de sacarosa.

## DISCUSION

Con base a la contaminación de los explantes, se logró un bajo índice de contaminación, cuando se le implementaba NPsAg al medio teniendo así resultados similares con los que redacta (Bello & Castillo), en sus estudios de *Stevia rebaudiana*, Bertoni. De igual forma la adición de NPsAg al medio (MS) tuvo un efecto contrario al T3, ya que en vez de guiarnos a la producción de callos, nos proporcionó la inducción de brotes.

Las dos accesiones sembradas tuvieron valores distintos con diferentes reguladores, comportándose mejor la accesión ITCHY0010 con el T1, y la accesión ITCHY0004 con el T2, estos resultados remarcan similares a los obtenidos por (Marín *et al.*, 2009) cuando evaluó el efecto de los reguladores en el crecimiento en la regeneración *in vitro* de cinco cultivares élites de yuca.

## CONCLUSIONES

Las dos accesiones de yuca adaptas en el rancho Xamantun, del Instituto Tecnológico de Chiná responden de manera muy distinta a las condiciones del cultivo *in vitro*.

Los mejores resultados en la producción de brotes se obtuvieron suplementando 1.5 mg.L-1 de BAP + 100 µl de NPsAg + 30 g.L-1 de sacarosa para la accesión ITCHY0010 y 1.5 mg.L-1 de BAP + 0.4 mg.L-1 de AIA +100 µl de NPsAg + 30 g.L-1 de sacarosa para la accesión ITCHY0004.

La suplementación de las nanopartículas de plata jugó un papel importante en los índices de contaminación, de esta manera teniendo un resultado mayor de contaminación cuando estos no habían sido aplicados en los tratamientos.

## REFERENCIAS

Ochoa, J. C., Chavarriaga, P., & López, C. (2012). Embriogénesis somática y producción de callo embriogénico friable de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Colombiana de Biotecnología, 14(2), 20-27.

Buechsel, R. (2012). Establecimiento *in vitro* de yuca-variedad valencia mediante domos meristemáticos y evaluación de tres medios de cultivo para la producción de

brotos (Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012.).

Bokanga, M. (1999). Cassava: Post-harvest Operations. Tomado de <http://www.cgiar.org/iita/>.

Marín, A., Albarrán, J. G., Fuenmayor, F., & Perdomo, D. (2009). Evaluación del efecto de los reguladores de crecimiento en la regeneración *in vitro* de cinco cultivares élites de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). UDO Agrícola 9(3): 556-562.

Rivera, B. H., Aceves, L. N., Juárez, J. L., Palma, D. L., González, R. M. & González, V. J. (2012). 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 16(1): 29-47.

García, & .B., Jiménez, M. D., Arbelo, O. C., Cabrera, A. R., Pérez, M. B., Pino, A. S., López, J. T., Medero, V. V., Cruz, J. A. A., Ruiz, E. D. y Rodríguez, D. P. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de cultivares cubanos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Cultivos Tropicales 35(2): 43-50.

Suárez, G. E. & Mederos, V. V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. Cultivos Tropicales 32(3): 27-35.

Martínez, F. B., López, M. S., San Martín, E. M., Zazueta, J. M. & Velez, J. M. (2007). Effects of high energy milling on some functional properties of jicama starch (*Pachyrrhizus erosus* L. Urban) and cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz). Journal of Food Engineering 78: 1212-1220.

Lezcano, P. P., Berto, D. A., Bicudo S. J., Curcelli, F., Gonzáles P. F. & Valdivie, M. N (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. Avances en Investigación Agropecuaria 18(3): 41-47.

Bello, J. J. B., & Castillo, J. L. S. (2015) El cultivo *in vitro* de Estevia (*Stevia rebaudiana*, Bertoni) mediante el uso de nanopartículas de plata (NPsAg). El Agro Veracruzano.

## **Diferencias en la respuesta morfológica durante el cultivo *in vitro* de diferentes accesiones de *Manihot esculenta* Crantz.**

G.A. Salinas-Cach<sup>1</sup>, N. L. Rodríguez-Avila<sup>2\*</sup>, N. A. González-Valdivia<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en ciencias en Agroecosistemas Sostenibles.

<sup>2</sup>Profesor, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná,  
Departamento de Ingenierías, Calle 11 s/n, entre 22 y 28, CP. 24520, Chiná, San  
Francisco de Campeche, Camp., México.

\*Autor para correspondencia ([norma\\_rgzavila@yahoo-com.mx](mailto:norma_rgzavila@yahoo-com.mx))

(Artículo científico a someterse bajo las normas de la revista científica indizada Biotecnología Vegetal)

### **Resumen**

La yuca es una planta cultivada originaria de América como fuente de calorías, con aportes semejante a cereales como el maíz, el arroz y el trigo. Existe una gran diversidad del género *Manihot*, y este germoplasma, posibilita al agricultor superar las limitaciones que ahora enfrenta de producir alimentos, con diferentes destinos en uso y mercado, que le ayuden a adaptar sus sistemas a los escenarios del cambio climático. En la Península de Yucatán existe diversidad genética que está en peligro de desaparecer. Urge su rescate, caracterización y reproducción. Como parte de estas acciones, se realizó una investigación con el objetivo de evaluar la respuesta de diferentes accesiones que forman parte del banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de Chiná, a nivel cultivo *in vitro*, en medio de cultivo de iniciación de yemas axilares. Al evaluar las variables cualitativas se pudieron observar la presencia de caracteres distintivos entre las diferentes accesiones, como es el caso de las coloraciones presentes en diversas partes de la planta, principalmente en pecíolos y tallos, en pocas ocasiones en el nivel de coloración de la hoja. El análisis de componentes principales, explica el 77% de la variación, formando 5 grupos de acuerdo a sus características principales. Los análisis permitieron caracterizar a las accesiones distinguiendo su variación fenotípica, esto dio medidas para evaluar y representar el comportamiento *in vitro* de los genotipos que componen la diversidad de este cultivo en la Península de Yucatán.

**Palabras clave:** Diferencias, germoplasma, cultivo de tejidos, *Manihot esculenta* Crantz.

### **Summary**

Cassava is a cultivated plant native to America as a source of calories, with contributions similar to cereals such as corn, rice and wheat. There is a great diversity of the genus *Manihot*, and this germplasm enables the farmer to overcome the limitations he now faces in producing food, with different destinations in use and market, which helps adapt his systems to the changes of climate change. In the Yucatán Península there is genetic diversity that is in danger of disappearing. Their rescue, characterization and reproduction are urgent. As part of these actions, an investigation was carried out with the objective of evaluating the response of different accessions that are part of the genebank of the Technological Institute of Chiná, a level of *in vitro* culture, in an axillary bud initiation culture medium. When evaluating the qualitative variables, the presence of distinctive characters between the different accessions could be observed, as is the case of the colorations present in various parts of the plant, mainly on petioles and stems, rarely on the level of leaf coloration. The principal components analysis, explains 77% of variation, forming 5 groups according to their main characteristics. The analyzes allowed characterizing the accessions distinguishing their phenotypic variation, this gave measures to evaluate and represent the *in vitro* behavior of the genotypes that make up the diversity of this crop in the Yucatán Península.

**Key words:** Differences, germplasm, tissue culture, *Manihot esculenta* Crantz.

### **Introducción**

La yuca es una planta originaria de América cuyo uso se remonta desde antes de la llegada de los españoles (Suarez y Mederos, 2011), representa una fuente importante de calorías semejante a los cereales básicos, como el maíz, el arroz y el trigo (Matheus *et al.*, 2004). Además de su reconocida utilidad como alimento para muchas familias campesinas, particularmente de escasos recursos, también es útil como materia prima para elaborar concentrados comerciales para animales, fibra para los fabricantes de papel y textiles, y almidón para la industria de alimentos y la farmacéutica (Suarez *et al.*, 2005). El cultivo puede adecuarse exitosamente en suelos ácidos y de baja fertilidad



en donde otros cultivos básicos tienen un alto índice de riesgo (Padilla, 1991). Asimismo, resiste al déficit hídrico (sequía), actuando como plantas C3-C4 (Pacheco *et al.*, 2014). Su propagación vegetativa es a través de estacas, aunque se presentan variedades que producen semillas viables, de alto valor genético por que la especie posee reproducción alógama y por tanto, su constitución genética, cuando procede de semilla sexual, es altamente heterocigótica (Flores-Meza, 2014).

En el mundo existe una gran diversidad del género *Manihot*, que es resguardado en algunos bancos de germoplasma importantes a nivel mundial, como lo es la colección *in vitro* del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Calí, Colombia. Estos centros realizan investigaciones sobre las características agronómicas y productivas, considerando variables que permitan al agricultor superar las limitaciones naturales y así obtener mayores beneficios de su actividad (Demey *et al.*, 2003). Su importancia actual se vincula a la capacidad de la yuca de adaptarse a condiciones más rigurosas de sequía, situación que se prevé será más frecuente en amplias zonas tropicales (González-Valdivia *et al.* 2017).

En la actualidad el cultivo de tejidos se ha utilizado en cultivos hortícolas, dando resultados propicios en la propagación *in vitro* (Suarez y Hernández, 2015). Se utilizan principalmente estas técnicas para mantener las plántulas en bancos de germoplasma *in vitro*, libres de patógenos en espacio reducido, a bajo costo y condiciones controladas que facilitan el manejo a corto y largo plazo de material vegetal (Macgayver *et al.*, 2015).

Escobar *et al.* (1997), da énfasis que el material vegetativo de *Manihot esculenta* Crantz se vuelve un ideal candidato para las aplicación biotecnológicas *in vitro*, positivamente por su fácil propagación vegetativa y por otro lado mantiene un riesgo de erosión genética cuando se cultiva consecutivamente.

El Banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de Chiná alberga una colección de 27 accesiones, caracterizadas en campo, que motivan el interés de incrementar el conocimiento de las capacidades de multiplicación para este acervo genético, mediante técnicas que posibiliten producir plantas sanas, libres de patógenos, que además pueden conservarse en menos espacio que los bancos *in situ* o *ex situ* en campo, que resultan

costosos y difíciles de mantener. Este es el objetivo de evaluar la respuesta de estos germoplasmas a su cultivo en medio de iniciación de yemas axilares.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto Tecnológico de Chiná, del estado de Campeche, México. En donde se evaluaron las respuestas morfológicas de diferentes accesiones de *Manihot esculenta* Crantz. que forman parte del banco de germoplasma del rancho Xamantún, del Instituto Tecnológico de Chiná.

El material vegetal se obtuvo directamente de la parte aérea de la planta formando varetas de 10-20 cm. En la etapa de la extracción y disección del material vegetal se desinfectó estas con etanol al 70%, los explantes fueron transportados en recipientes de polietileno en condiciones de esterilidad. Para el saneamiento se aislaron yemas de 1 a 2 cm de altura, fueron desinfectadas con jabón líquido desinfectante Axion®, frotándolos con un cepillo y enjuagando con agua estéril, seguidamente en un vaso de precipitado de 1lt. se añadió 8ml de detergente Axion®, 8 ml de Microdyn®, 10 ml de hipoclorito de sodio comercial, centrifugándolo a 200 rpm por 20 minutos, al término se enjuagó en la cámara de flujo laminar con etanol 70% durante 10 segundos removiéndose los desinfectantes con 3 enjuagues. Se utilizó medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), adicionado con reguladores de crecimiento 6-bencilamino purina (BAP) en una concentración de 0.04 mg.L<sup>-1</sup>, ácido naftalenacético (ANA) en una concentración de 0.02 mg.L<sup>-1</sup>, combinado con nanopartículas de plata (NPsAg) en una concentración de 75mg.L<sup>-1</sup> y 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa). Estas nanoparticulas resultan eficientes para mantener la sanidad de los explantes de yuca durante su cultivo (Salinas-Cach *et al.* 2018). El pH se ajustó a 5.8±0.1 con KOH y HCl 0.1N, antes de incorporar el agar, y luego de dispensarse en tubos sellados herméticamente, fueron esterilizados en autoclave vertical a 125 °C de temperatura y 15 lb pulg<sup>-2</sup> de presión. Para la siembra este realizó en la cámara de flujo laminar, se colocó un segmento de yema por cada frasco con 20 ml de medio de cultivo que comprendían los tratamientos, posteriormente se sellaron los frascos y se procedió a colocarlos en condiciones ambientales de incubación ajustándolos una temperatura de 22 °C±2, con un rango de humedad relativa de 70% a 80%, con 16 horas de luz y ocho horas de oscuridad, siendo la intensidad de la luz de 1800 Lux.

Se colocaron 10 frascos por cada accesión (número de entrada asignado a una particular recolecta dentro de la colección de germoplasma o banco), en el cual cada frasco contenía una explante, fueron evaluados transcurrido los 30 días de incubación, En el cuadro 1 se observan las variables que se analizaron estas fueron tomadas de CATIE (1981) y Fukuda *et al.* (2010), utilizando los parámetros de los descriptores modificados por (Flores-Meza *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Parámetros de evaluación en el estudio *in vitro* de las 25 accesiones procedentes del Banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de Chiná, en Campeche, México.

Código	Descripción
EPNXV	<b>Evaluación porcentual del número de explantes vivos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Muy bajo (0 a 20%)</li> <li>• 2 Bajo (21 a 40%)</li> <li>• 3 Intermedio (41 a 60%)</li> <li>• 4 Alto (61 a 80%)</li> <li>• 5 Muy alto (81 a 100%)</li> </ul>
NB	<b>Número de brotes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Normal (1 brote por plántula)</li> <li>• 4 Óptimo (&gt;1 brote por plántula)</li> </ul>
TB	<b>Tamaño del brote (mm)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Muy bajo (&lt;5.4)</li> <li>• 2 Bajo (5.5-10.4)</li> <li>• 3 Intermedio (10.5-15.4)</li> <li>• 4 Alto (15.4-20.4)</li> <li>• 5 Muy alto (&gt;20.4)</li> </ul>
NH	<b>Número de hojas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Muy bajo (1 hoja)</li> <li>• 2 Bajo (2 hojas)</li> <li>• 3 Intermedio (3 hojas)</li> <li>• 4 Alto (4 hojas)</li> <li>• 5 Muy alto (5 hojas)</li> </ul>
TH	<b>Tamaño de hojas (mm)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Muy bajo (&lt;5.4)</li> <li>• 2 Bajo (5.5-10.4)</li> <li>• 3 Intermedio (10.5-15.4)</li> <li>• 4 Alto (15.5-20.4)</li> <li>• 5 Muy alto (&gt;20.4)</li> </ul>
PR	<b>Presencia de raíces</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Ausencia</li> <li>• 4 Presencia</li> </ul>
NR	<b>Número de raíces</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Normal (1 a 2 raíces)</li> <li>• 4 Óptimo (&gt;2 raíces)</li> </ul>
TR	<b>Tamaño de raíces</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Normal (hasta 20 mm)</li> <li>• 5 Óptimo (&gt;20 mm)</li> </ul>

Se levantó una base de datos con características cualitativas y cuantitativas en el programa Excel® y para precisar las variables que permitieran la mejor asociación y agrupamiento de los materiales de yuca, se hizo un análisis multivariado de componentes principales, con lo valores promedio de las 11 variables.

## **Resultados y Discusión**

Las variables medidas permitieron caracterizar a las accesiones distinguiendo su variación fenotípica, esto dio medidas para evaluar y representar el comportamiento *in vitro* de las accesiones que alberga el banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de Chiná. Los resultados de la evaluación *in vitro* de 25 accesiones de yuca, muestran que difieren entre si estando en un mismo medio homogéneo, donde el 100% de las accesiones fueron muy alto (> 80-100%) en el número de explantes vivos, comprobando nuevamente que la adicción de las NPsAg juegan un papel importante dentro la parte aséptica del explante (Salinas-Cach *et al.* 2018). Se obtuvo un brote por cada explante en la mayoría de los casos a excepción de la accesión 4 resultando 2 brotes por explante, solo el 40% de las accesiones tuvieron tamaños de brotes intermedios (10.5-15.4mm).

El mayor número de hojas formadas fueron 2 (32%) con un tamaño de 10.5 a 15.4 mm (44%), el menor tamaño < 5.4 mm lo obtuvo solo el 4% de la población. El 56% de las accesiones no formaron raíces y del 40% que sí las formaron, solamente mostraron de 1 a 2 raíces por plántula. Solamente el 4% presentó un enraizamiento óptimo, teniendo el 60% con un normal (20.0 mm). En general, 56% de las accesiones evaluadas formaron brotes sin raíces (condición normal) mientras que solamente 44% formaron plántulas completas (condición óptima).

De igual forma, al evaluar las variables cualitativas se pudieron observar la presencia de caracteres distintivos entre las diferentes accesiones, como es el caso de las coloraciones presentes en diversas partes de la planta, principalmente en pecíolos y tallos, en pocas ocasiones en el nivel de coloración de la hoja como se aprecia en la Figura 1. Teniendo resultados semejantes a los obtenidos por Marín *et al.* (2008), quienes mencionan que al caracterizar distintos clones de yuca, estos diferían en las coloraciones de sus tallos y pecíolos.

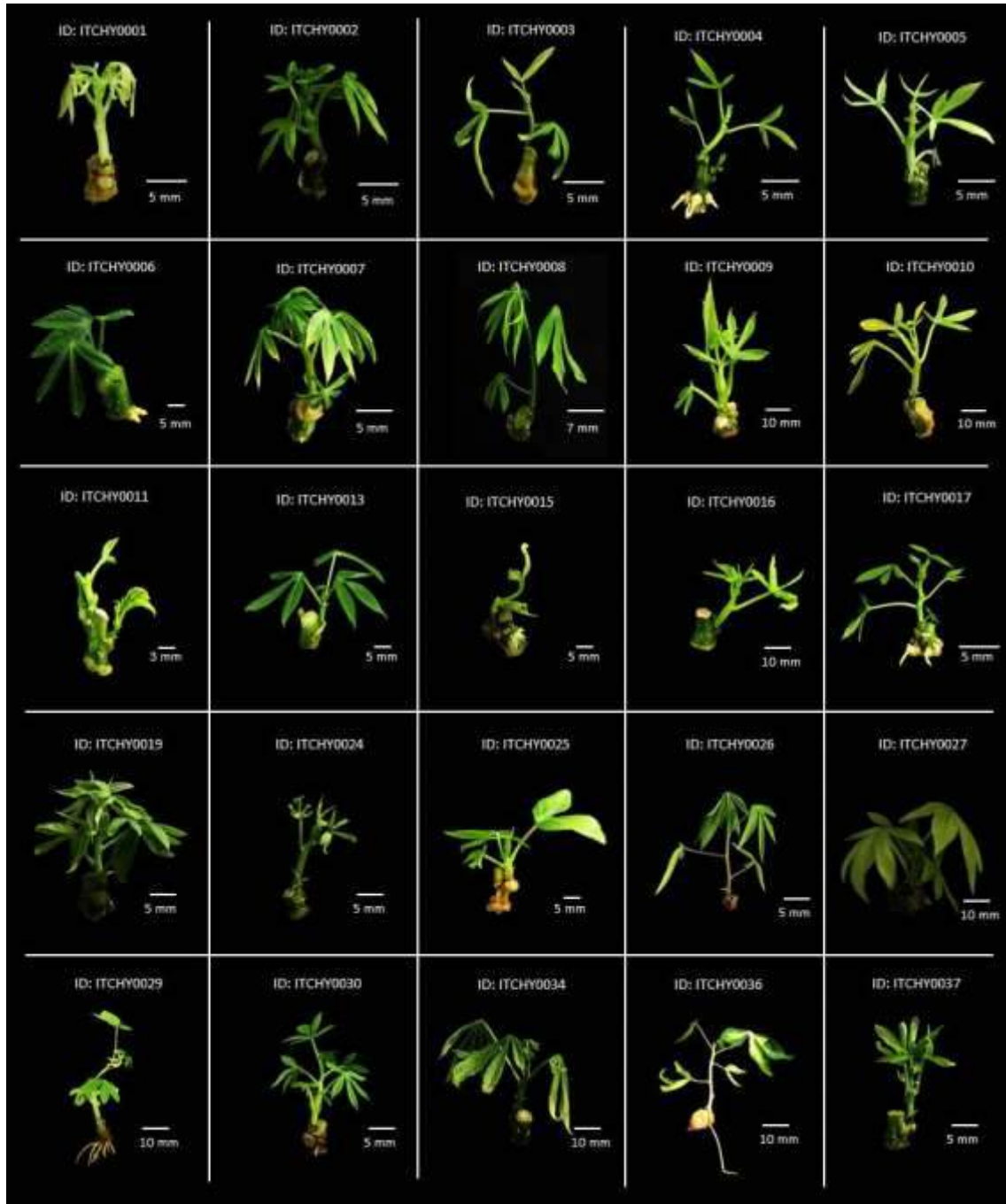


Figura 1. Comparación morfológica de las 25 accesiones evaluadas del banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de China.

Al determinarse el color de la hoja el 96% se encuentra dominado por el color rojo, solamente el 4% pertenece al color de hoja Variegada. Por otro lado, el color del peciolo

es poco apreciable entre las accesiones predominando el color verde (80%), presentaron tallos de color verde con rojo (2%) y verde amarillento (4%) y verde (94%).

El análisis de componentes principales, el componente 1 y el componente 2 explican el 77%. En la figura 2 se observan 5 grupos de acuerdo a sus características principales. El grupo 1 la conforman las accesiones (27, 8, 29, 36, 30), donde se incluyen accesiones con mayor número del tamaño del brote (TB). El segundo grupo está conformado por 4 accesiones (9, 3, 17, 4), que determinan en un menor tamaño de brotes (TB) y menor número de hojas (NH). Tercer grupo y más pequeño lo conforman 2 accesiones (7, 5) que existe la presencia de raíces y están determinadas de 1 a 2 raíces. El cuarto grupo y más grande se incluyen 7 accesiones (19, 10, 2, 34, 1, 16, 37) estas se difieren de las demás por tener ausencia de raíces. El quinto grupo que la conforman 6 accesiones (26, 13, 24, 25, 11, 15) que mantienen una ausencia de raíces y un número de hojas bajo entre 1 -2 hojas.

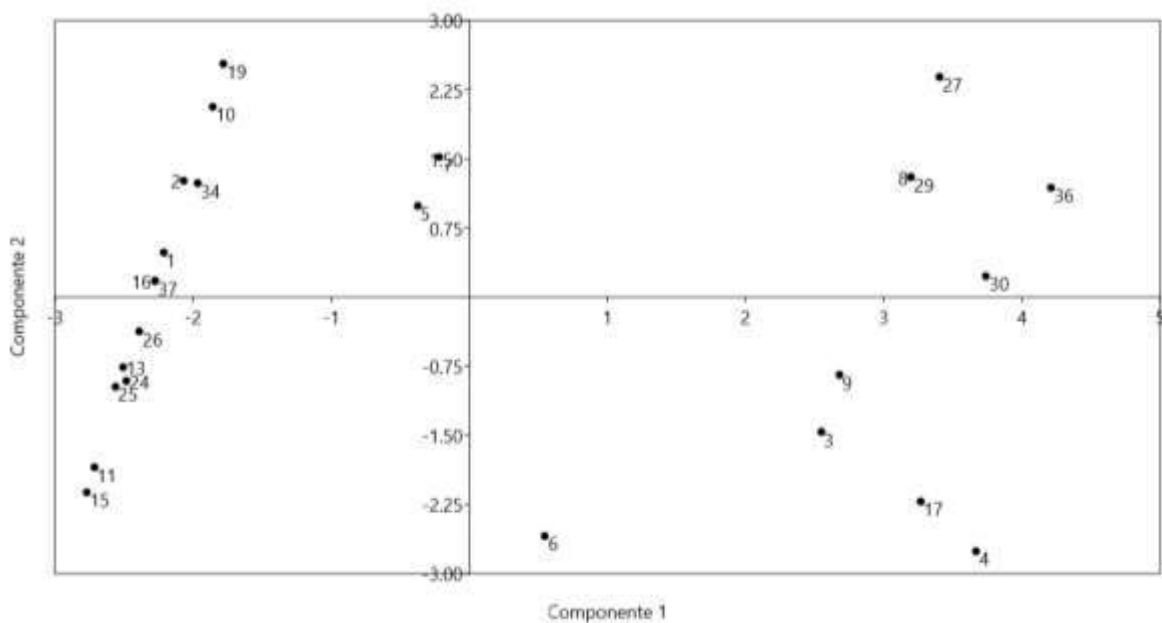


Figura 2. Análisis de componentes principales, que demuestra la relación existente y la agrupación por similitudes morfológicas entre las accesiones de yuca *in vitro* del banco de germoplasma del Instituto Tecnológico de Chiná. Cada número corresponde a una accesión.

Los resultados aquí descritos parecen demostrar que la aplicación de estos descriptores, permiten discriminar la existencia de distintas variedades en de yuca a nivel *in vitro*. También se muestran en los resultados que el comportamiento en el medio difiere en la adaptabilidad del medio de cultivo que se está utilizando. Ya que existe un comportamiento no homogéneo.

### **Conclusión**

Las diferencias entre los distintos materiales de yuca que se encuentran resguardados en la colección que conforma el Banco de Germoplasma de Yuca en el Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, demuestran la presencia de descriptores distinguibles por sus fenotipos.

### **Agradecimiento**

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP), de la Subsecretaría de Educación Superior, en México, por aportar los recursos financieros al proyecto “diversidad genética de *Manihot esculenta* en la Península de Yucatán: caracterización de la calidad de la harina y su potencial para alimentación humana y animal”, que apoyo esta investigación.

### **Referencias**

**CATIE (Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza). (1981).** Catálogo de la colección de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 40 p.

**Demey, J. R., Zambrano, A. Y., Fuenmayor, F., & Segovia, V. (2003).** Relación entre caracterizaciones molecular y morfológica en una colección de yuca. *Interciencia*, 28(12), 684-689.

**Escobar R.H., Mafla G., Roca W.M. (1997).** A methodology for recovering cassava plants from shoottips maintained in liquid nitrogen. *Plant Cell Reports* 16:474-478.

**Fukuda, W.M.G., C.L. Guevara, R. Kawuki, and Ferguson, M.E. (2010).** Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 19 pp.

**Flores-Meza, M. M., Rojas-Idrogo, C., & Delgado-Paredes, G. E. (2014).** Propagación clonal, conservación y transferencia internacional de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) *in vitro*, nativas del Perú. Revista latinoamericana de recursos naturales. 10 (2): 32-44.

**González-Valdivia, N.A., Cetzal-Ix, W., Martínez-Puc, J.F., Soria-Fregoso, M.J., Burgos-Campos, M.A., Arcocha-Gómez, E. (2017).** Razas y variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) en la península de Yucatán, México. Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México. pp. 29.

**Macgayver Bonilla Morales, M., Mancipe Murillo, C., & Aguirre Morales, A. C. (2015).** *Conservación in vitro*: una perspectiva para el manejo de los recursos fitogenéticos. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 6(1).

**Matheus, J., Romay, G., & Santana, M. A. (2004).** Efecto de tres herbicidas pre-emergentes en el establecimiento en campo de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Acta Científica Venezolana, 55, 191-197.

**Murashige T., Skoog F. (1962).** A revised médium for rapid growth and bioassays with to bacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15:473-497.

**Pacheco, R. L., Macias, M. P., Trocel, M. G., Izquierdo, A. R., Campos, F. C. F., & Rodríguez, C. M. (2014).** Caracterización ecofisiológica de cuatro clones de yuca del banco de germoplasma del INIA-CENIAP. Agronomía Tropical, 64(1), 97-105.

**Padilla, F. L. (1991).** EL CULTIVO DE LA YUCA EN MEXICO. Mejoramiento genético de la yuca en América Latina, (82), 83.

**Salinas-Cach, G.A., González-Valdivia, N.A., Rodríguez-Ávila, N.L., y Arcocha-Gómez, E. (2018)** Control de contaminantes y hormesis por nanopartículas de plata en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) *in vitro*. Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida, 33(73),69-72

**Suárez, L., Hernández, M. M., & Ríos, H. (2005).** Caracterización de los sistemas locales de manejo de la semilla de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en dos localidades del municipio La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 26(2), 59-63.



**Suárez Guerra, L., & Mederos Vega, V. R. (2011).** Revisión bibliográfica. Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales.

**Suárez Guerra, L., & Hernández Espinosa, M. M. (2015).** Efecto del Pectimorf® en el cultivo de ápices de plantas *in vitro* de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), clonesCMC-40´ y Señorita´. Cultivos Tropicales, 36(4), 55-62.

## CONCLUSIÓN

Con la investigación demostrada podemos demostrar que existen diferencias entre los distintos materiales de yuca recolectados, que actualmente se encuentran resguardados en la colección que conforma el Banco de Germoplasma de Yuca en el Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, demostrando la presencia de variedades bien definidas y distinguibles por sus fenotipos, distribuidas en todos los estados que constituyen la región de estudio, la Península de Yucatán en México.

Al realizar la zonificación agroecológica del cultivo de yuca, el estudio demuestra que el estado de Campeche abarca 3, 201, 177 hectáreas de condiciones edafológicas óptimas, distribuidas en sus 11 municipios, en las cuales puede cultivarse la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y alcanzar rendimientos adecuados. De esta forma cabe resaltar esta investigación podrían servir para la planificación del cultivo de yuca a futuro, debido al cambio climático que se vive diario y la seguridad alimentaria.

Se obtuvo un protocolo en el cual se añadieron a las dosis pequeñas cantidades de nanopartículas de plata, en el cual jugó un papel importante en el índice de contaminación y teniendo resultados favorables que el investigador busca.

El estudio demostró que los resultados aquí descritos parecen demostrar que la aplicación de estos descriptores, permiten discriminar la existencia de distintas variedades en de yuca a nivel *in vitro*. También se muestran en los resultados que el comportamiento en el medio difiere en la adaptabilidad del medio de cultivo que se está utilizando. Ya que no existe un comportamiento homogéneo.

## ANEXOS

### Anexo 1. Productores donadores de material vegetativo para su reproducción



## Anexo 2. Preparación de la parcela



## Anexo 3. Siembra del cultivo de yuca





Anexo 4. Colocación de rótulos para la identificación de las accesiones



Anexo 5. Manejo agronómico de la parcela





Anexo 6. Cosecha de raíces de yuca en el rancho Xamantún



Anexo 7. Recolección de datos





Anexo 8. Multiplicación *in vitro*



Anexo 9. Siembra de plantas de yuca *in vitro*



Anexo 10. Medición de plantas de yuca *in vitro*





Anexo 11. Recepción de artículo sometido a la revista Fitotecnia Mexicana

	<p>Revista <b>Fitotecnia Mexicana</b> PUBLICADA POR LA SOCIEDAD MEXICANA DE FITOGENÉTICA, A.C.</p>	
<p><b>CARTA DE RECEPCIÓN</b></p> <p>Chapingo, Estado de México, 02 de diciembre de 2019</p>		
<p><b>NOEL ANTONIO GONZÁLEZ VALDIVIA</b> INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS SAN FRANCISCO, CAMPECHE</p>		
<p>Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la REVISTA FITOTECNIA MEXICANA titulado:</p>		
<p><b>CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DE ACCESIONES DE YUCA (<i>Manihot esculenta</i> CRANTZ.) EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO</b></p>		
<p><b>Autores:</b> G. A. SALINAS CACH, A.S. GARCÍA SÁNCHEZ, R. BAIZABAL ZAPATA, N.A. GONZÁLEZ VALDIVIA*, E. ARCOCHA GÓMEZ, M.A. BURGOS CAMPOS, N.L. RODRÍGUEZ AVILA.</p>		
<p>Para su evaluación, el manuscrito con clave: <b>R2019146</b> será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto esté disponible.</p>		
<p>Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio y que nos proporcione su número telefónico, y correo electrónico.</p>		
<p>Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.</p>		
<p>Atentamente  Dr. Amalio Santacruz Varela Director</p>		
<p>ASV*gd</p>		
<p><small>Ubicación: Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carr. México-Texcoco, Edif. "Fernández Xolocozotl", Ofi. 319-3er Piso, 56230, Chapingo, Edo. de México. Dirección Postal: Apdo Postal No. 21, 56230, Chapingo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-1729 y 595 - 952-1500 ext.: 1729 y 5795. Desde la Ciudad de México al Tel. 01 (55) 5533-1108 ext. 1729 ó 5795. E-mail: revfitotecniamex@gmail.com Portal: <a href="http://www.revistafitotecniamex.org">http://www.revistafitotecniamex.org</a></small></p>		