



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, PROPIEDADES
NUTRICIONALES, COMPUESTOS FITOQUÍMICOS Y
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE VARIEDADES DE
CAMOTE (*Ipomoea batatas* L. Lam.) CULTIVADAS EN
MILPAS DEL ESTADO DE YUCATÁN**

TESIS

Que presenta:

Harumi Hernández Guzmán

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Rubén Humberto Andueza Noh

Conkal, Yucatán, México

Diciembre, 2021



TecNM



Conkal, Yucatán 09 de diciembre de 2021.

El comité de tesis del candidato a grado: Harumi Hernández Guzmán, constituido por los CC. Dr. Rubén Humberto Andueza Noh, Dra. Neith Aracely Pacheco López, Dr. Jaime Martínez Castillo y Dr. René Garruña Hernández, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Características fisicoquímicas, propiedades nutricionales, compuestos fitoquímicos y actividad antioxidante de variedades de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam) cultivadas en milpas del estado de Yucatán** que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Rubén Humberto Andueza Noh
Director de Tesis

Dra. Neith Aracely Pacheco López
Codirectora de Tesis

Dr. Jaime Martínez Castillo
Asesor de Tesis

Dr. René Garruña Hernández
Asesor de Tesis



Conkal, Yucatán 09 de diciembre de 2021.

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Harumi Hernández Guzmán

vi. ÍNDICE DE CONTENIDO

ix. RESUMEN	xi
x. ABSTRACT	xii
I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.2.1 Origen y domesticación del camote.....	2
1.2.2 Aspectos generales del camote	2
1.2.2 Cultivo y producción de camote a nivel mundial, nacional y local	3
1.2.3 Morfología del camote: raíces reservantes.....	5
1.2.4 Variedades de camote.....	6
1.2.5 El camote como alimento.....	7
1.2.6 Estudios sobre las características fisicoquímicas y nutricionales en Ipomoea batatas L. Lam.....	8
1.2.6.1 Características fisicoquímicas del camote.....	8
1.2.6.3 Características nutricionales en harina de camote	9
1.2.6.4 Compuestos fitoquímicos en variedades de camote	10
1.2.6.5 Actividad antioxidante de los compuestos fitoquímicos en variedades de camote.....	11
1.2.7 Beneficios a la salud.....	12
1.2.8 Usos y potencial en la industria alimentaria.....	13
1.3 HIPÓTESIS.....	13
1.4 OBJETIVOS.....	14
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	15
1.6 LITERATURA CITADA	16
II. CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, NUTRICIONALES Y CONTENIDO DE ALMIDÓN EN VARIEDADES DE CAMOTE CULTIVADAS EN EL ESTADO DE YUCATÁN	21
2.1 RESUMEN.	21
2.2 ABSTRACT.....	22
2.3 INTRODUCCIÓN.	23
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.	24

2.4.1 Material vegetal y sitio de colecta.....	24
2.4.2 Procesamiento de las muestras colectadas	27
2.4.2.1 Análisis fisicoquímicos	27
2.4.2.2 Determinación de pH	27
2.4.2.3 Acidez total titulable (ATT) y sólidos solubles (°Brix).....	27
2.4.2.4 Grado de madurez	28
2.4.2.5 Contenido de NaCl.....	28
2.4.2.6 Color.....	28
2.4.2.7 Pruebas de textura (fuerza máxima).....	29
2.4.3 Análisis bromatológicos.....	29
2.4.3.1 Determinación de glucosa.....	29
2.4.3.2 Determinación de humedad	29
2.4.3.3 Determinación de cenizas	30
2.4.3.4 Determinación de proteínas por el método de Kjeldahl-Gunning	30
2.4.3.5 Determinación de fibra.....	31
2.4.3.6 Determinación de grasas por el método de Soxhlet.....	31
2.4.3.7 Porcentaje de carbohidratos totales.....	32
2.4.4 Extracción de almidón.....	32
2.4.4.1 Evaluación del color en almidón.....	33
2.4.4.2 Determinación de proteína por el método de Kjeldahl-Gunning.....	33
2.4.4.3 Solubilidad y poder de hinchamiento.....	34
2.4.5 Análisis estadísticos de los datos	34
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
2.5.1 Peso y longitud de las raíces de camote.....	34
2.5.2 Características fisicoquímicas	36
2.5.3 Determinaciones bromatológicas.....	40
2.5.4 Rendimiento de almidón y contenido de proteína en almidón de camote	43
2.5.4.1 Color en almidones de camote	44
2.5.4.2 Solubilidad e hinchamiento del almidón.....	45
2.6 CONCLUSIÓN.....	47
2.7 LITERATURA CITADA.....	48
III. CAPÍTULO 3. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD	
ANTIOXIDANTE DE VARIEDADES DE CAMOTE COLECTADAS EN EL	
ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO.....	53

3.1 RESUMEN	53
3.2 ABSTRACT	54
3.3 INTRODUCCIÓN.....	55
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
3.4.1 Material vegetal y procesamiento de muestra	56
3.4.2 Extracción de compuestos fitoquímicos	57
3.4.3 Extracción de carotenoides	58
3.4.4 Extracción de antocianinas por UAE	58
3.4.5 Cuantificación de compuestos fitoquímicos por técnicas espectrofotométricas	58
3.4.5.1 Determinación del contenido de fenoles totales (CFT).....	58
3.4.5.2 Contenido de antocianinas por diferencia de pH (CTA).....	59
3.4.6 Determinación de perfiles cromatográficos, contenido de fenoles y carotenoides	59
3.4.6.1 Análisis de polifenoles por el método UPLC-PDA	59
3.4.6.2 Análisis de carotenoides por el método UPLC-PDA.....	60
3.4.7 Actividad antioxidante (AA)	60
3.4.7.1 Actividad captadora de radicales ABTS	60
3.4.7.2 Método DPPH	61
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
3.5.1 Contenido total de polifenoles (CTP)	61
3.5.2 Contenido Total de Antocianinas (CTA).....	63
3.4.3 Perfil cromatográfico y cuantificación de compuestos fenólicos específicos.....	64
3.4.4 Contenido de carotenoides	67
3.4.5 Actividad antioxidante	68
3.4.5.1 ABTS y DPPH	68
3.5 CONCLUSIONES.....	71
3.6 LITERATURA CITADA.....	72
IV. CONCLUSIONES GENERALES.....	76

vii. ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CAPÍTULO 1.

Cuadro 1.1. Principales países productores de camote a nivel mundial para el 2019.

Cuadro 1.2. Principales estados con mayor área cosechada de camote en México para el 2019.

Figura 1.1 Producción de camote por región de 1994 a 2019 (fuente FAOSTAT, 2020).

CAPÍTULO 2.

Cuadro 2.1. Aspectos generales de las variedades de camote colectadas en tres sitios de Yucatán, México.

Cuadro 2.2. Peso y características morfológicas de ocho variedades de camote cultivadas en Yucatán.

Cuadro 2.3. Variables fisicoquímicas de las variedades de camote cultivadas en Yucatán.

Cuadro 2.4. Valores de color de la cáscara y pulpa de la raíz de variedades de camote estudiadas.

Cuadro 2.5. Determinaciones de humedad y cenizas en camote fresco y harina.

Cuadro 2.6. Determinaciones bromatológicas de camote colectadas en Yucatán.

Cuadro 2.7. Rendimiento de almidón de las variedades de camote.

Cuadro 2.8. Valores de color en almidones de las variedades de camote colectadas.

Cuadro 2.9. Resultados de la solubilidad e hinchamiento de almidón a diferentes temperaturas.

Figura 2.1 Variedades de camote colectas en el estado de Yucatán. a) camote blanco (nombre en maya sak iis); b) camote amarillo (nombre en maya xk'an iis); c) y d) camote morado (nombre en maya Xmóorado iis); e) camote mamey (nombre en maya (Xchakal ja'as iis); f) Xiulub; g) camote morado (nombre común); h) Xiulub púrpura.

CAPÍTULO 3.

Cuadro 3.1. Contenido total de polifenoles y antocianinas en variedades de camote.

Cuadro 3.2. Principales compuestos fenólicos y contenido total de compuestos fenólicos presentes en las diferentes variedades de camote.

Cuadro 3.3. Carotenoides presentes en las variedades de camote.

Figura 3.1 Variedades de camote colectadas en milpas del estado de Yucatán: a) camote blanco (nombre en maya sak iis); b) camote amarillo (nombre en maya xk'an iis); c) y d) camote morado (nombre en maya Xmóorado iis); e) camote mamey (nombre en maya (Xchakal ja'as iis); f) camote amarillo colectado en Xiulub; g) camote morado (nombre común); h) camote rosado colectado en Xiulub.

Figura 3.2. Cromatograma UPLC-PDA de los principales compuestos fenólicos en las variedades de camote colectadas. a) camote Xchakal ja'as iis; b) camote Xkan iis; c) camote morado; d) camote Xiulub púrpura (camote rosado); e) camote Xiulub (camote amarillo); f) camote Sak iis; g) camote Xmóorado iis 1; h) camote Xmóorado iis 2.

Figura 3.3. Cromatograma de carotenoides obtenido por UPLC-PDA de la variedad Xiulub.

Figura 3.4. Actividad antioxidante de las variedades de camote colectadas. A) Actividad antioxidante por ABTS; B) Actividad antioxidante por DPPH. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas entre las variedades ($p \leq 0.05$).

ix. RESUMEN

El camote es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia de las Convolvulaceas. Para Yucatán se han descrito ocho variedades que se diferencian en el color de la cáscara y la pulpa de la raíz. Sin embargo, los estudios sobre estas variedades son nulos para la entidad. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar las características fisicoquímicas, el contenido nutricional, compuestos fitoquímicos, contenido de almidón y actividad antioxidante de extractos de diferentes variedades de camote cultivadas en el estado de Yucatán. Las características fisicoquímicas evaluadas fueron: pH, acidez titulable (ATT), sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), grado de madurez y color. Los aspectos nutricionales evaluados fueron: humedad, cenizas, proteína, fibra, grasas, carbohidratos, NaCl y glucosa. Además, se determinó el rendimiento, color, proteína, solubilidad e hinchamiento de almidón extraído de las variedades evaluadas. Los compuestos fitoquímicos evaluados fueron fenoles totales, carotenoides y antocianinas. La actividad antioxidante se determinó por el método ABTS y DPPH. Obteniendo que las variedades Xiulub púrpura, Xk'an iis, Xmoorado iis 2, Xchakal ja'as iis, Xiulub y camote morado tuvieron el mayor contenido de carbohidratos, grasas, proteína, fibra y cenizas. Las variedades Xmóorado iis 1 e Xmóorado iis 2 obtuvieron el mayor contenido de polifenoles y antocianinas (10.08 y 8.80 mg GAE/g-1.21 y 1.50 mg/gr). Mientras que las variedades Xiulub, Xchakal ja'as iis e Xkan iis presentaron el mayor contenido en carotenoides (27.74, 20.15 y 12.98 μ g/100 g). La actividad antioxidante fue mayor en las variedades Xchakal ja'as iis, Xiulub púrpura, Xmóorado iis 1 e Xmóorado iis 2 por el método ABTS (69.21, 57.75, 48.64 y 58.42 μ mol Trolox/g) y para DPPH las variedades Xiulub, Xchakal ja'as iis e Xkan iis tuvieron el mayor contenido (27.74, 20.15 y 12.98 μ g/100 g). Variedades con características nutricionales importantes para la alimentación, y gran potencial en la salud y la industria.

x. ABSTRACT

Sweet potato is a dicotyledonous plant that belongs to the Convolvulacea family. Eight varieties have been described for Yucatán that differ in the color of the skin and the pulp of the root. However, studies on these varieties are null for the state. The objective of this work was to evaluate the physicochemical characteristics, nutritional content, phytochemical compounds, starch content, and antioxidant activity of extracts of different sweet potato varieties grown in the state of Yucatan. The physicochemical characteristics evaluated were: pH, titratable acidity (ATT), soluble solids (°Brix), degree of maturity and color. The nutritional aspects evaluated were: moisture, ash, protein, fiber, fat, carbohydrates, NaCl and glucose. In addition, the yield, color, protein, solubility and swelling of starch extracted from the varieties evaluated were determined. The phytochemical compounds evaluated were total phenols, carotenoids and anthocyanins. Antioxidant activity was determined by the ABTS and DPPH methods. It was found that the varieties Xiulub purple, Xk'an iis, Xmoorado iis 2, X chakal ja'as iis, Xiulub and purple sweet potato had the highest content of carbohydrates, fats, protein, fiber and ash. The varieties Xmóorado iis 1 and Xmóorado iis 2 obtained the highest content of polyphenols and anthocyanins (10.08 and 8.80 mg GAE/g-1.21 and 1.50 mg/gr). The Xiulub, Xchakal ja'as iis and Xkan iis varieties had the highest carotenoid content (27.74, 20.15 and 12.98 µg/100 g). The antioxidant activity was higher in the varieties Xchakal ja'as iis, Xiulub purple, Xmoorado iis 1 and Xmoorado iis 2 by the ABTS method (69.21, 57.75, 48.64 and 58.42 µmol Trolox/g) and for DPPH the varieties Xiulub, Xchakal ja'as iis and Xkan iis had the highest content (27.74, 20.15 and 12.98 µg/100 g). Varieties with important nutritional characteristics for food, and great potential in health and industry.

I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

El camote pertenece a la familia Convolvulaceae y se considera un cultivo de subsistencia especialmente en países en vías de desarrollo, su centro de origen y diversidad ha sido establecido en Centroamérica (Zhang *et al.* 2001; Srisuwa *et al.* 2006; Loebenstein, 2009). Sin embargo, actualmente Asia es el continente con mayor producción (FAOSTAT, 2020). El camote es una especie de la que se puede hacer uso en su totalidad, ya que tanto raíces como hojas aportan beneficios a la salud y a la alimentación. Sus raíces son ricas en carbohidratos y β -carotenos precursores de la vitamina A, contiene vitamina C, complejo B y E, potasio, calcio y hierro, así como antocianinas. Por otro lado, sus hojas mayormente aprovechadas en países de Asia y África son ricas en proteínas, lo cual le confiere gran potencial en la alimentación, la salud y la industria alimentaria y aunque su principal uso es para consumo humano, el camote también es empleado para la alimentación animal y recientemente para la producción de etanol como biocombustible (Estes, 2009) Otra ventaja es su rusticidad que la hace una especie altamente resistente y versátil a diferentes condiciones edáficas y climáticas óptima para sitios en donde las condiciones ambientales no son favorables para la producción de alimentos o son más propensos a desastres naturales (Srisuwan *et al.*, 2006; Bovell-Benjamin, 2007; Bradshaw, 2010; Sun *et al.*, 2014; CIP, 2020).

En México existen variedades criollas de camote de las que poco se conoce, generalmente su consumo es en dulce. En Yucatán, el camote se cultiva principalmente en milpas como un sustituto de la papa. Para el estado se han reportado ocho variedades nativas, las cuales tienen características que difieren en el color de la piel y pulpa, el tamaño de la raíz y el ciclo de cultivo (ciclo corto o largo) (Terán *et al.* 1998). En la actualidad el camote se aprovecha y consume en menor medida que en épocas pasadas, debido a diversos factores socioambientales, cambios en la dieta o escasas de las variedades que impiden un adecuado aprovechamiento y utilización de la especie. Además de que sus propiedades y beneficios son desconocidos para quienes las cultivan. Los estudios dedicados a la especie en el estado son nulos. Sin embargo, es notable el potencial que presenta por sus propiedades y beneficios

por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las diferencias existentes en las características fisicoquímicas, el contenido nutricional, compuestos fitoquímicos y actividad antioxidante de diferentes variedades de camote cultivadas en el estado de Yucatán.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Origen y domesticación del camote

Los primeros análisis realizados en camote sugirieron que su origen pudo haberse dado entre la región de la Península de Yucatán y el Río Orinoco en Venezuela (Austin, 1998). Pero análisis más precisos utilizando marcadores moleculares demostraron que la mayor diversidad se encuentra en Centroamérica, apoyando la hipótesis de que Centroamérica es el sitio primario de diversidad y el posible centro de origen de esta especie (Huamán, 1999; Zhang *et al.*, 2001; Srisuwan *et al.*, 2006; Loebenstein, 2009). Mientras que Ecuador y Perú en Latinoamérica, así como China, el sureste de Asia, Nueva Guinea y África del Este son considerados centros secundarios de diversidad (Zawedde *et al.*, 2014; Monteros-Altamirano *et al.*, 2020).

Sobre su domesticación, los estudios de Roullier *et al.*, (2011), combinando marcadores microsátélites de cloroplasto y de núcleo determinaron dos pools genéticos restringidos, uno en el noreste de Suramérica y otro en el Caribe y Centroamérica. Lo que indica dos procesos de domesticación independientes que pudieron haberse iniciado aproximadamente hace 5,000 años atrás en América Tropical (Loebenstein, 2009; Monteros-Altamirano *et al.*, 2020).

1.2.2 Aspectos generales del camote

El camote es una de las especies tradicionales más antiguas cultivadas en México y América, que presenta características morfológicas muy variables (Huamán, 1999; Basurto *et al.* 2015). Es una de las 13 especies pertenecientes a la sección Batatas y la única hexaploide ($2n = 6x = 90$ cromosomas), lo que la hace altamente polimórfica (Huamán, 1992; Firon *et al.* 2009; Yang *et al.* 2017). Se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Convolvulacea
Tribu	Ipomoeae
Género	Ipomoea
Sub género	Eriospermum
Sección	Batatas
Especie	<i>Ipomoea batatas</i> L. Lam

(Huamán, 1999; Bovell-Benjamin, 2007)

1.2.2 Cultivo y producción de camote a nivel mundial, nacional y local

Se cultiva en más de 100 países (Firon *et al.*, 2009; Alam, 2021), principalmente en países subdesarrollados los cuales aportan más del 95% de la producción mundial (Monteros-Altamirano *et al.*, 2020). Tanto en los trópicos, como en regiones templadas desde el nivel del mar hasta los 2,000 msnm, en suelos ricos en materia orgánica (Mukhopadhyay *et al.* 2011) pero puede desarrollarse en condiciones poco favorables como baja disponibilidad de agua, altas temperaturas y en suelos poco fértiles (Tottappilly, 2009).

De acuerdo con el FAOSTAT (2020) para el 2019 la producción mundial de camote fue de 91,820,929 t. con 80.7% Asia fue el continente con mayor producción, seguido de África (16%), América (2.6%), Oceanía (0.6%) y Europa (0.1%) (Figura 1 FAOSTAT, 2020). En cuanto a los países con mayor producción mundial en el 2019 fueron: China Continental, seguido de Malawi, Nigeria y Uganda (Cuadro 1). A nivel mundial las raíces y tubérculos ocupan el sexto lugar en alimentos básicos más producidos, por arriba de los 700 mil millones de t (FOASTAT, 2020).

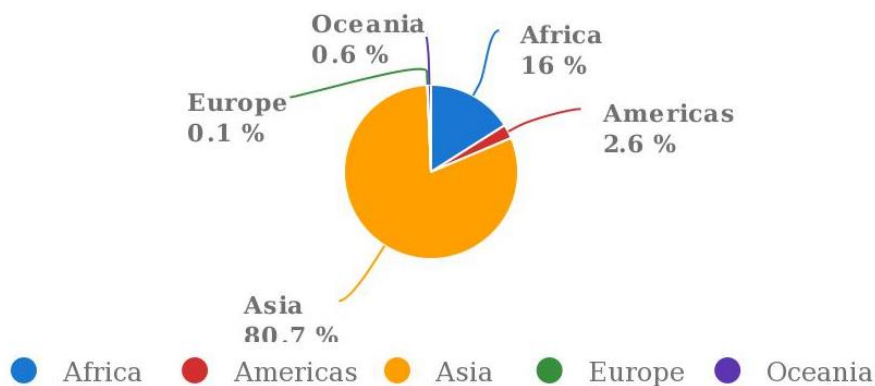


Figura 1. Producción de camote por región de 1994 a 2019 (fuente FAOSTAT, 2020).

Cuadro 1. Principales países productores de camote a nivel mundial para el 2019.

Países con mayor producción	Toneladas de camote producidas
China	85,456,260.19 t
Malawi	3,673,490.12 t
Nigeria	2,904,503.73 t
Uganda	2,144,962.23 t
Indonesia	1,990,399.08 t
Republica Unida de Tanzania	1,969,425.04 t
Vietnam	1,495,292.69 t
India	1,159,399.23 t
Japón	979,853.85 t
Estados Unidos	920,720.35 t

(FAOSTAT, 2020)

En México en el 2019 se produjeron 52,383.19 t de camote (FAOSTAT, 2020). Los tres estados con mayor área cosechada fueron Jalisco, Veracruz y Chiapas (Cuadro 2). Para Yucatán las cifras de área cosechada y sembrada para ese mismo año fueron de 692, 962.73 y 698, 698.07 ha, respectivamente, con una producción de 59, 358.18 t (SIAP, 2020).

Cuadro 2. Principales estados con mayor área cosechada de camote en México para el 2019.

Estados productores	Ha
Jalisco	1,584,684.85
Veracruz	1,383,893.58
Chiapas	1,308,286.68
Tamaulipas	1,253,593.96
Oaxaca	1,175,699.97
Michoacán	1,055,222.34
Sinaloa	1,041,488.46

(SIAP, 2020)

1.2.3 Morfología del camote: raíces reservantes

El camote se describe como una planta herbácea, perenne y dicotiledónea, con hábito de crecimiento principalmente postrado, con tallos que se expanden horizontalmente en el suelo. Sus hojas son de tipo cordada a lobulada con flores en forma de campanilla, las cuales varían de color dependiendo de la variedad (Yamaguchi, 1983; Huamán, 1999). A diferencia de los tubérculos, que son propiamente tallos engrosados, el camote, es una raíz verdadera de almacenamiento, que se desarrolla a partir de raíces adventicias, la cual carece de nodos y está asociada a tejido meristemático preformado (Firon *et al.*, 2009; CIP, 2020).

La estructura de la raíz es típica pero no todas las raíces tienen la capacidad de generar brotes adventicios para dar lugar a las raíces reservantes. De manera general el sistema radical consiste en dos tipos de raíces: 1) raíces fibrosas no carnosas, que absorben y dan sostén a la planta; y 2) raíces reservantes o carnosas, que son raíces laterales que almacenan productos fotosintéticos, las cuales surgen directamente del nudo. (Huamán, 1992; Firon *et al.*, 2009). Después de unas semanas, entre un 8 a 15% de las raíces del sistema radicular muestran crecimiento secundario, con un número de raíces reservantes que varía entre 4 a 10 por planta (Yamaguchi, 1983).

1.2.4 Variedades de camote

En México existe una gran diversidad de camotes con diferentes variantes criollas las cuales se cultivan en más de 100 municipios de 26 estados de México. Las variedades se identifican principalmente por el color de la epidermis o cáscara y por el color de la parte interna de la raíz o pulpa la cual puede ser de color rojo, púrpura, rosado, anaranjado, amarillo, pajizo o blanco, así como por la forma de las hojas que van desde acorazonada, hastada, dentada o tribulada (Basurto *et al.* 2015).

En Yucatán el camote es conocido como *iis* en maya y el único estudio que se tiene es el de Terán *et al.* (1998) realizado en Xocén, Yucatán donde se registraron 14 variedades de *Ipomoea batatas*: seis de ciclo corto de maduración y ocho de ciclo largo. De los cuales solo las siguientes variedades se han descrito por los milperos de la comunidad:

Camotes chicos (Terán *et al.*, 1998):

1. Xmejen móorado iis. Pueden ser grandes o pequeños, las hojas y bejucos o guías son de color morado y el camote tiene un sabor muy dulce.
2. Xmejen chak paach iis. De forma ovalada y larga, con un color verde en guías y hojas. Mientras que la raíz se distingue por el color de la cáscara de tonalidades rosa pero con la pulpa blanca o amarilla.

Camotes grandes (Terán *et al.*, 1998):

3. Chakal ja'as iis. Esta variedad se distingue por tener hojas redondas y de color verde, con muchas raíces de donde los camotes se forman.
4. Xroosado iis. La forma es como el mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) y el color de la cáscara de la raíz es rosada, mientras que la pulpa es de color blanco.
5. Sak iis. De forma redonda o larga, en la época de floración se distingue por sus flores blancas.
6. Xk'an iis. Hojas en forma ovalada y de color verde al igual que los bejucos. La raíz es redonda y la pulpa es de color amarillo.
7. Xmóorado iis. Esta variedad es una raíz grande en forma de anona y tanto la raíz como la planta de camote se distinguen por una coloración morada.
8. Xmóorado pach iis. Son camotes grandes, con guías de color verde. La raíz presenta una coloración morada en la cáscara mientras que la pulpa es de color amarillo.

De igual forma es común encontrar en los mercados locales de Yucatán algunas variedades que son conocidas por el color de la cáscara de la raíz nombrándose como: camote blanco, camote amarillo o camote morado. La alta diversidad presente en esta especie concuerda con su alta variación en composición y contenido nutricional siendo un producto potencial para su uso como cultivo alimenticio y forrajero (Mukhopadhyay *et al.* 2011).

1.2.5 El camote como alimento

El camote es una especie de importancia alimentaria y cultural poco estudiada a pesar de ser uno de los alimentos de mayor relevancia en los trópicos y subtrópicos. Este es un cultivo amiláceo y una buena fuente de calorías que proporciona gran energía para quienes lo consumen (Sanderson, 2005). Sin embargo, su aprovechamiento en México es escaso generalmente como un complemento en algunas comidas o preparado como dulce en la mayoría de los casos, además de que su producción se limita para autoconsumo (Basurto *et al.* 2015).

A nivel mundial de los 82 países en desarrollo, 40 incluyen al camote como uno de los cinco cultivos de importancia alimentaria (Elameen *et al.* 2008) y aunque la raíz es la mayor parte consumida del camote, las hojas y tallos también pueden aprovecharse ya que contienen nutrientes y compuestos bioactivos. Especialmente las hojas pueden usarse como hortalizas e incrementar la disponibilidad de alimento en ciertas regiones (Alam, 2021).

Por su disponibilidad, accesibilidad, estabilidad y uso, es un cultivo potencial para la seguridad alimentaria (Iese *et al.* 2018). Motivo por el que el CIP (2018) lo considera como una especie de importancia para ser incluida en estrategias de seguridad alimentaria ya que ha sido utilizado como un cultivo de subsistencia en países como Japón cuando los tifones arrasan los campos de arroz y en México, especialmente en Yucatán, cuando los desastres naturales o plagas generan pérdidas en los principales cultivos (Terán y Rasmussen, 2009).

En años recientes el consumo de esta especie ha disminuido debido a procesos como cambios en la dieta, a las dificultades que enfrentan los agricultores por las condiciones ambientales que impiden el cultivo, la escasez de variedades criollas, así como la falta de interés comercial o ausencia de comercialización de esta especie (Mukhopadhyay *et al.* 2011). No obstante, agricultores e investigadores se han interesado en cultivos sub-utilizados como el camote debido a su alta productividad, resistencia a enfermedades y calidad

nutricional siendo una especie de relevancia no solo para la agricultura sino para la alimentación (Loebenstein, 2009; Mekonen *et al.* 2015; Alam, 2021).

1.2.6 Estudios sobre las características fisicoquímicas y nutricionales en *Ipomoea batatas* L. Lam

1.2.6.1 Características fisicoquímicas del camote

Uno de los aspectos más notables en las variedades de camote es la coloración tanto de la piel como de la pulpa de la raíz. Autores como Aina *et al.* (2009) evaluaron el color obteniendo que los valores de L (Luminosidad) y +b (amarillo) fueron más altos en la pulpa que en la piel de las raíces. Para el caso de variedades naranjas los valores de a y b fueron positivos, mostrando un alto contenido en amilopectinas, azúcares reducidos y azúcares totales. Waramboi *et al.* (2011) indica también el amplio rango de colores notables en la morfología de las variedades de camote, así como en los valores de color $L^*a^*b^*$ y ΔE , siendo estos significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) entre las variedades evaluadas, concordando que las variedades de color naranja son las que presentan mayores valores de color en comparación con las variedades de pulpa blanca o crema.

1.2.6.2 Contenido nutricional del camote

Diversos estudios reportan como principales componentes de las diferentes variedades de camote (de mayor a menor proporción) a los carbohidratos, proteína, ceniza y grasas. También contienen azúcares, fibra, minerales, vitaminas y antioxidantes (Loebenstein, 2009; Mukhopadhyay *et al.* 2011; Sun *et al.* 2014; Wang *et al.* 2016; Alam, 2021).

Entre un 80 a 90% de la materia seca del camote son carbohidratos, los cuales están conformados por almidón, celulosa, hemicelulosa, pectinas y azúcares (Padmaja, 2009). Aproximadamente entre un 60 a 70% de los carbohidratos son almidones, los cuales se conforman a su vez por amilosa (30 a 40%) y amilopectina (60 a 70%) que al degradarse se transforma en azúcares simples como maltosa responsable del sabor dulce del camote. De todas las raíces, el camote contiene 3.8% más azúcares y dentro de los azúcares más abundantes en el camote esta la sacarosa, seguida de la glucosa y fructosa (Rubatzky y Yamaguchi, 1997; Padmaja, 2009; Wang *et al.* 2016).

Esta especie también contiene aproximadamente un 7% de fibra, constituida principalmente de celulosa, hemicelulosa, pectina y en menor medida de lignina (Padmaja, 2009; Martí, 2011). Todas las variedades de camote son ricas en vitamina C, E, otras del grupo B como B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B5 (ácido pantoténico) y B6 (piridoxina). Algunas variedades que contienen β -caroteno permiten la formación de la provitamina A y posteriormente de la vitamina A, esencial en la alimentación (Hill *et al.* 1992; Padmaja, 2009; Tottappally, 2009). Entre los principales minerales están el potasio, seguido de fósforo, calcio, magnesio y sodio. En menor medida también se han reportado hierro y zinc (Padmaja, 2009; Tottappally, 2009; Mohamad *et al.* 2016). Respecto al contenido de sodio se ha registrado una concentración baja de 13-30 mg/100g (peso fresco) (Padmaja, 2009).

Aunque se ha reportado hasta un 10% de proteína bruta en camote (Padmaja, 2009), el rango oscila entre un 1.5 a 2.5%. Un porcentaje bajo en comparación con otros alimentos (Rubatzky y Yamaguchi, 1997), con un aporte de 0.5 a 2.1 g/100g, que se concentra principalmente en las capas más externas de la raíz. Los aminoácidos presentes en la raíz son de calidad, siendo las esporaminas (75-80%) las que se encuentran en mayor proporción, además de leucina (0.092 g/100g), isoleucina (0.055 g/100g), lisina (0.066 g/100g), metionina (0.029 g/100g), fenilalanina (0.089 g/100g), treonina (0.083 g/100g), triptófano (0.031 g/100g), valina (0.086 g/100g) e histidina (0.031 g/100g) esenciales para el buen funcionamiento del organismo (Padmaja, 2009; Vidal *et al.* 2018). En cuanto a las grasas se ha reportado un total de 0.4% (Rubatzky y Yamaguchi, 1997) y entre 0.29% a un 2.7% (base seca) de lípidos, del cual el ácido linoleico es el principal, concentrándose principalmente en la cáscara. La mayoría de los lípidos presentes en el camote se caracterizan por ser altamente insaturados (Padmaja, 2009).

1.2.6.3 Características nutricionales en harina de camote

Al evaluar las propiedades fisicoquímicas en harina de variedades de camote se obtuvo que el contenido de azúcares totales fue de 1.8 a 4.7%, el contenido de cenizas total fue de 1.9 a 3.6%. La humedad varió de 2.5 a 7.5% mientras que para la raíz fresca el porcentaje fue de 63.1 a 83.8% (base fresca). Respecto al contenido de grasas (0.23 a 1.83%) y de proteína (1.9 a 4.4%) los valores fueron muy bajos (Aina *et al.* 2009). Lo que concuerda con otros autores quienes indican un contenido de proteína menor al 8% (Kim *et al.* 2011; Waramboi *et al.* 2011). Los principales minerales registrados en mayor proporción en camote son el potasio, seguido de sodio, calcio y fósforo. Dado el alto porcentaje de carbohidratos

que aporta el camote, el contenido de almidón y amilosa también han dado valores significativos entre los cultivares variando de: 30-58 g/100g sólidos para el almidón y de 20 a 33% en amilosa (Waramboi *et al.* 2011). Osundahunsi *et al.* (2003), al estudiar variedades de camote rojo y blanco encontraron que el contenido de carbohidratos, humedad y fibra cruda fue mayor para la variedad roja (83.31, 77.87 y 0.20%) que para la blanca (77.87, 3.58 y 0.15%). Mientras que para la variedad blanca presentó los mayores valores para el contenido de proteína (8.75) y grasa (6.55).

1.2.6.4 Compuestos fitoquímicos en variedades de camote

Otros componentes presentes en las variedades de camote son los compuestos polifenólicos que se dividen en dos categorías: flavonoides y ácidos fenólicos. Los flavonoides generalmente se encuentran en las raíces como pigmentos y se clasifican de acuerdo con su color. Diversos estudios sugieren variaciones en el contenido total de polifenoles, en la composición de los fenoles individuales y la actividad antioxidante de estos entre las variedades (Wang *et al.* 2017; Andre *et al.* 2018; de Albuquerque *et al.* 2019).

En cuanto a los pigmentos reportados en el camote, se ha indicado hasta un rango de 17 a 531 mg/kg de antocianinas en las raíces (Teow *et al.* 2007). Mientras que para los carotenoides presentes en aquellas variedades de pulpa amarilla o naranja, un máximo de 16 mg/100 g (peso fresco) pero que puede variar de 0.4 a 72.5 µg/g. Siendo el camote una excelente fuente de carotenoides (Padmaja, 2009; Wang *et al.* 2016). Del total de carotenoides existentes el trans β-caroteno se encuentra en un 83.35% y destaca por ser el precursor de la vitamina A. Razón por la que se le ha dado mayor importancia al camote al considerarse uno de los mejores alimentos para la obtención de esta vitamina. Respecto a las variedades de coloración blanca o crema, entre los carotenoides más abundantes encontrados son beta-zeta-carotenos y también se pueden encontrar fitoeno, fitoflueno así como α y γ - carotenos (Bovell-Benjamin, 2007; Padmaja, 2009; Donado-Pestana *et al.* 2012).

1.2.6.5 Actividad antioxidante de los compuestos fitoquímicos en variedades de camote

Teow *et al.* (2007) al evaluar la actividad antioxidante de 19 camotes utilizando tres métodos (ORAC, DPPH y ABTS) así como las relaciones entre la actividad antioxidante de los extractos con las concentraciones de compuestos fenólicos y β -carotenos de camotes registró para el método ORAC que las variedades de pulpa blanca y amarilla obtuvieron la menor actividad antioxidante total (2.72-3.33 μmol), seguidas de las de pulpa naranja (15.89-10.3 $\mu\text{mol TE/base fresca}$) y las de pulpa morado oscuro quienes obtuvieron los mayores valores en todas las variables, lo que indica que la actividad antioxidante varía ampliamente entre los clones de camote y que aquellos de pulpa morada se relacionan con su alto contenido de actividad antioxidante. Con el método de DPPH se obtuvieron resultados similares a los ORAC, siendo aquellas variedades de pulpa morada las que tenían la mayor actividad antioxidante (>1.0 micromol TE/g base fresca), seguido de las variedades de pulpa naranja y de pulpa amarilla. Las de coloración blanca fueron nuevamente las que registraron los menores valores. Finalmente, el método de ABTS registró mejores valores que con el método DPPH, donde nuevamente el camote morado obtuvo la mayor actividad.

Las relaciones en el contenido de fenoles totales, antocianinas y β -carotenos fue el siguiente: variedades de pulpa morada y naranja obtuvieron valores de fenoles totales altos (0.949 mg CAE/g base fresca) mientras que los de pulpa blanca tuvieron el menor contenido (0.003 mg CAE/g base fresca). Respecto a las antocianinas también se observó una variación en el contenido de estas y para β -carotenos los clones de pulpa naranja tuvieron el mayor contenido (167 y 226 microg/g base fresca). Por lo que existió una variación entre la actividad antioxidante entre los diferentes clones, principalmente el alto contenido de antioxidantes de las variedades moradas se relaciona con su contenido en fenoles y β -carotenos. Siendo estas una buena elección en la alimentación, como buena fuente de pigmentos naturales que pueden usarse en la industria (Teow *et al.* 2007). Kim *et al.* (2011) encontró valores similares ya que el contenido de carotenoides fue significativamente diferente entre las variedades, siendo la variedad naranja la que obtuvo el mayor contenido de carotenoides (20.50 y 19.28 mg/100 g de las dos variedades). Mientras que el contenido de compuestos fenólicos para las variedades moradas fue el de mayor valor (638.79 y 454.13 $\mu\text{g/g}$), seguido de aquellas de pulpa naranja y de pulpa blanca/crema. La actividad antioxidante por el método DPPH mostró que todas las variedades presentan actividad antioxidante siendo las de color morado

la de mayor valor seguido de las de pulpa naranja y finalmente aquellas de pulpa blanca-crema.

1.2.7 Beneficios a la salud

Entre los beneficios a la salud están su actividad antioxidante, antibacteriana, antiinflamatoria, antidiabética, anticancerígena, antihepatóxica y antienvjecimiento (Wang *et al.* 2016; Alam, 2020; Alam, 2021). En Estados Unidos el consumo de esta especie ha ido en aumento debido a la difusión de los beneficios que tiene para la alimentación y la salud (Loebenstein, 2009). Al ser un alimento bajo en grasas y colesterol, que a pesar de su contenido en azúcares es recomendable para personas diabéticas que ayuda a estabilizar los niveles de azúcar y a disminuir la resistencia a la insulina (Tottappilly, 2009). Su contenido y relación sodio-potasio, reduce la presión arterial (Hill *et al.* 1992; Vidal *et al.* 2018).

Los camotes de pulpa amarilla y naranja proporcionan vitamina A que previenen la desnutrición y efectos resultado de la poca ingesta de esta vitamina, como la ceguera, especialmente en niños y mujeres embarazadas (Tottappilly, 2009). La vitamina A también funciona como antioxidante y el camote puede proporcionar las cantidades de ingesta diaria requeridas. El contenido en vitamina C ayuda a suplir las deficiencias y hemorragias ocasionadas por la misma. La vitamina B6 ayuda a limpiar los vasos sanguíneos y arterias, disminuyendo la presión y se le ha relacionado con el aumento de leche materna (Mohanraj y Sivasankar, 2014; Wang *et al.* 2016; Vidal *et al.* 2018).

En cuanto a los minerales el magnesio ayuda a combatir el estrés y proporcionar bienestar, favorece la buena presión arterial, sanguínea, ósea, muscular y nerviosa. A pesar de su bajo contenido en proteína los aminoácidos que contiene son esenciales para el buen funcionamiento del organismo (Vidal *et al.* 2018). Los compuestos bioactivos ayudan al sistema inmunológico, reduce el estrés oxidativo y el daño por radicales libres, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y disminuye el crecimiento de células anómalas (Johnson y Pace, 2000; Wang *et al.* 2016).

1.2.8 Usos y potencial en la industria alimentaria

La raíz es el principal órgano de aprovechamiento del camote, pero otras partes de la planta pueden usarse. Por ejemplo, en China y Japón se consumen los tallos y hojas en diversos platillos como un sustituto de las hortalizas (Sun *et al.* 2014). En México, el camote se consume en dulce como helado, gelatina, flan, pudín o cocido; en otros lugares se consume como puré o en botanas como las papas fritas.

Además de alimento humano y animal, recientemente se ha ampliado el uso de esta especie en la industria alimentaria para la elaboración de diferentes productos como comida para bebé, papas fritas, galletas, fideos, galletas, harina, colorantes, entre otros. De las raíces se puede obtener almidón que fermentado se usa para producir alcohol, a partir del camote también se obtiene combustible, textiles, papel y cosméticos. En China la producción de fécula de camote es una importante industria artesanal (Mukhopadhyay *et al.* 2011).

1.3 HIPÓTESIS.

Debido a la diversidad genética de las variedades de camote cultivadas en el estado de Yucatán estas presentarán diferencias significativas en sus características fisicoquímicas, contenido nutricional y actividad antioxidante, diferencias que también se relacionarán con el contenido de compuestos fitoquímicos como antocianinas, carotenoides y compuestos fenólicos.

Dada la diversidad de compuestos fitoquímicos presentes en las diferentes variedades de camote aquellas variedades de pulpa amarilla y naranja tendrán un mayor contenido de carotenoides, mientras que aquellas de coloración morada presentarán un mayor contenido de polifenoles y antocianinas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las propiedades fisicoquímicas, contenido nutricional, contenido de compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante de variedades de camote cultivadas en el estado de Yucatán.

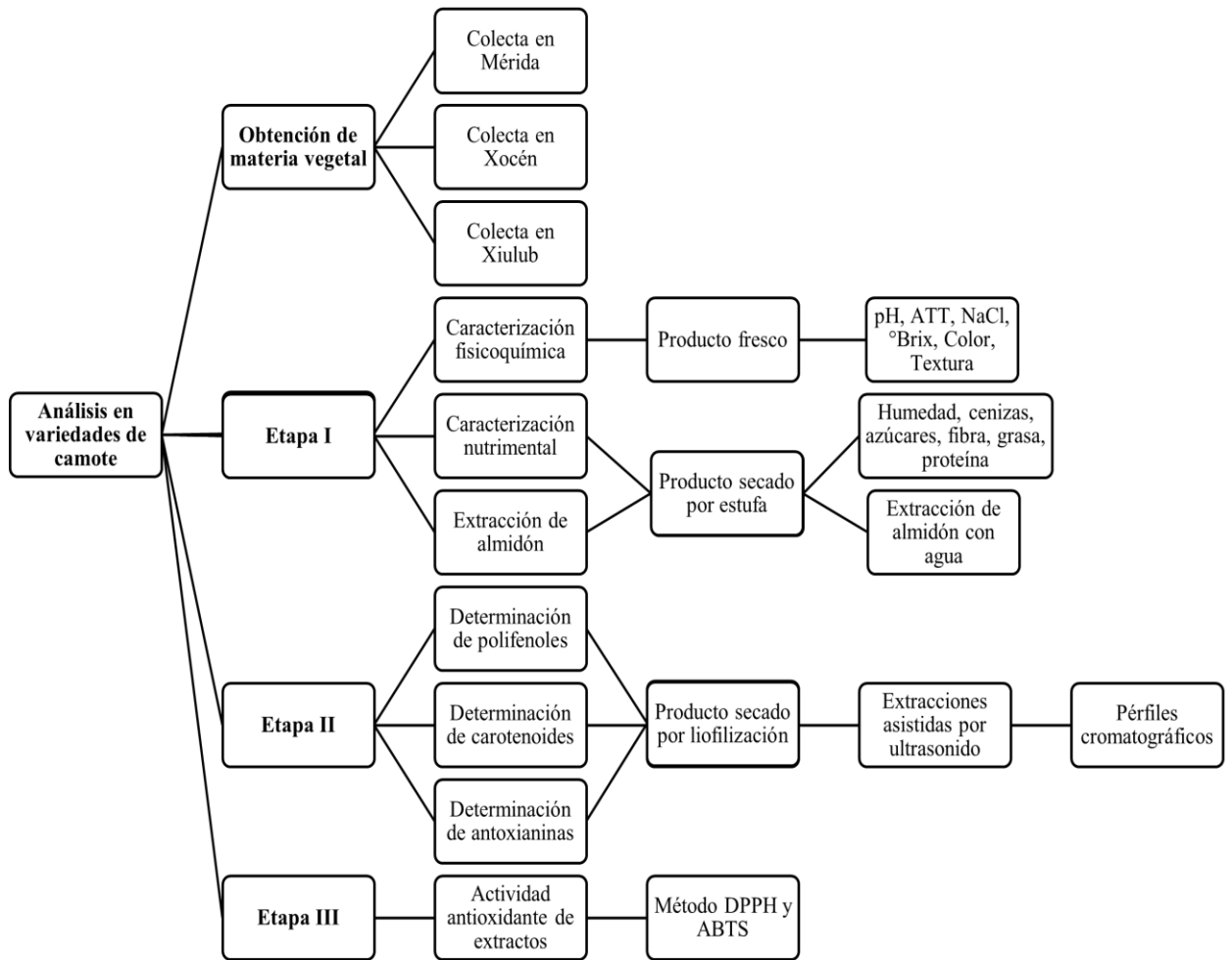
1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar el efecto de la variedad sobre las características fisicoquímicas, contenido nutrimental y cantidad de almidón de camotes cultivados en el estado de Yucatán.

Evaluar el efecto de la variedad sobre los compuestos fitoquímicos (polifenoles, carotenoides y antocianinas) de camotes cultivados en el estado de Yucatán.

Analizar la actividad antioxidante y su correlación con los diferentes compuestos fitoquímicos, encontrados en las diferentes variedades de camote cultivados en el estado de Yucatán.

1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.



1.6 LITERATURA CITADA.

Aina, A. J., K. O. Falade, J. O. Akingbala, and P. Titus. 2009. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *International Journal of Food Science and Thecnology*. 44: 1696-1704.

Alam, M. K. 2021. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology*. 115: 512-529.

Alam, M. K., Z. H. Rana, S. N. Islam, and M. Akhtaruzzaman. 2020. Comparative assessment of nutritional composition, polyphenol profile, antidiabetic and antioxidative properties of selected edible wild plant species of Bangladesh. *Food Chemistry* 320.

Andre, C. M., G. Burgos, J. Ziebel, C. Guignard, J. F. Hausman, and T. Z. Felde. 2018. In vitro iron bioaccessibility and uptake from orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) clones grown in Peru. *Journal of Food Composition and Analysis*. 68: 79-86.

Basurto F., D. Martínez, T. Rodríguez, V. Evangelista, M. Mendoza, D. Castro, J. C. González, y V. Vaylón. 2015. Conocimiento actual del cultivo de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) en México. *Agroproductividad*. 30-34

Bovell-Benjamin, A. 2007. Sweet potato: a review of its past, present and future role in human nutrition. *Advances in food and nutrition research*. Vol. 52

Bradshaw, J. E. 2010. Root and tuber crops. *Handbook of plant breeding*. Springer. New York Dordrecht Heielberg London. 295 p.

De Albuquerque T. M R., K. Brito Sampaio, y E. Leite de Souza. 2019. Sweet potato roots: unrevealing an old food as a source of health promoting bioactive compounds- A review. *Trends in Food Science and Technology*. 85: 277-286.

Donado-Pestana, C., J. Salgado, A. Oliveira Rios, P. Santos, and A. Jablonski. 2012. Stability of carotenoids, total phenolics and in vitro antioxidant capacity in the thermal processing of

orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivars grown in Brazil. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67, 262–270.

Estes, E. A. 2009 Chapter 13. Marketing Sweetpotatoes in the United States: A Serious Challenge for Small-to-Moderate Volume Growers. In Loebenstein, G and G., Tottappilly (eds). *The Sweetpotato*. Springer. 269-283

Elameen, A., F. Siri, A. Larsen, O. A. Rognli, L. Sundheim, S. Msolla, et al. 2008. Analysis of genetic diversity in a sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) germplasm collection from Tanzania as revealed by AFLP. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 55: 397–408.

FAOSTAT. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. Consulta en línea. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

Firon, N.; D. LaBonte, A. Villordon, C. MaccGregor, Y. Kfir, and E. Pressman E. 2009. Chapter 3. Botany and Physiology: Storage Root Formation and Development. In Loebenstein, G y Thottappilly, G (eds.). *The Sweetpotato*. 13-26

Hill, W.A., C. K. Bonsi, and P. A. Loretam. 1992. Sweetpotato research: Current Status and future needs. In: *Sweet potato technology for the 21st century*, pp.: xvii–xxv.

Huamán, Z. 1992. Botánica sistemática y morfología de la planta de batata o camote. *Boletín de Información Técnica* 25. Centro internacional de la papa (CIP). Perú. Pp. 22

Huamán, Z. 1999. Sweetpotato germplasm management (*Ipomoea batatas*). Training manual. International Potato Center (CIP).

Iese, V., E. Holland, M. Wairiu, R. Havea, S. Patolo, M. Nishi, T. Hoponoa,, R. M. Bourke, A. Dean, y L., Waqainabete. 2018. Facing food security risks: The rise and rise of the sweet potato in the Pacific Islands. *Global Food Security*. 18:48-56.

International Potato Center. CIP. 2018. Annual Report 2017. Harnessing Potato and sweetpotato's power for food security, nutrition and climate resilience. CIP. Perú. 11p.

International Potato Center. Roots and Tubers Improving the Lives of the Poor. Embracing the SDGs in 2015. (CIP, 2020). Consulta en línea <https://cipotato.org/site/ar2015/>

- Johnson M, y R. D. Pace. 2010. Sweet potato leaves: Properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. *Nutr Rev.* 68(10): 604–15.
- Kim, J. M., S. J. Park, C. S. Lee, C. Ren, S. S. Kim, and M. Shin. 2011. Funtional Properties of Different Korean Sweet Potato Varieties. *Food Science Biotechnoly.* Vol. 20 (6): 1501-1507.
- Kurata, R., H. N. Sun, T. Oki, S. I. K. Okuno, and T. Sugawara. Chapter 7. 2019. Sweet potato polyphenols. In Mu. T. H and J., Singh (eds). *Sweet Potato. Chemistry, Processing and nutrition.* Elsevier. pp. 177-195.
- Loebenstein, G. 2009. Chapter 2. Origin, distribution and economic importance. Pp. 9-12 En Loebenstein, G y G. Thottappilly (eds). *The sweet potato.* Springer. Dordrecht.
- Loebenstein, G. 2009. Chapter 2. Origin, distribution and economic importance. *The sweetpotato.* The sweetpotato. Loebenstein, G y Thottappilly, G (eds).
- Martí, H. R., G. B. Corbino, y H. D. Chlaudil. 2011. La batata: el redescubrimiento de un cultivo. *Ciencia Hoy.* 21: 17–23.
- Mekonen, B., S. Tulu, and J. Nego. 2015. Orange fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties evaluated with respect to growth parameters at Jimma in Southwestern Ethiopia. *Journal of Agronomy.* 14: 164–169.
- Mohamad Zahari, N. I., J. Karuppan, E. S. Shaari, K. Mohamad, R. Othman, and Y. Yaacob. 2016. Chapter 59. Quality Attributes of Dirrerent Purple sweet Potato Variety and Sensory Evaluation of Purple Sweet Potato Straight Drink. In Yacob *et al.* (eds.) *Regional conference on Sciencie, Technology and Social Science.* Springer. 587-593.
- Mohanraj R., y S. Sivasankar. 2014. Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - A Valuable Medicinal Food: A Review. *J Med Food.* 17(7):733–41.
- Monteros-Altamirano, A., D. Paredes, J. Buitrón-Bustamante, C.Tapia, y G. Peña. 2020. Genetic diversity of sweet potatoes [*Ipomoea batatas* (L). Lam.] in Ecuador. *Genetic Resources Crop Evolution.*
- Mukhopadhyay, S.K., A. Chattopadhyay, I. Chakraborty, and I. Bhattachary. 2011. Crops that feed the world 5. Sweetpotato. Sweetpotatoes for income and food security. *Food. Sec.* 3:283-305.

- Osundahunsi, O. F., T. N. Fagbemi, E. Kesselman, y E. Shimoni. 2003. Comparison of the Physicochemical of Flour and Starch from Red and White Sweet Potato Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 51(8):2232-2236.
- Padmaja, G. 2009. Chapter 11. Uses and Nutritional Data of Sweetpotato. In Loebenstein, G. and G. Tottappilly (eds.). *The Sweetpotato*.
- Padmaja, G. 2009. Chapter 11. Uses and Nutritional Data of Sweetpotato. In Loebenstein, G. and G. Tottappilly (eds.). *The Sweetpotato*.
- Rubatzky, V. E and M. Yamaguchi. 1997. *World vegetables: principles, production, and nutritive values*. Chapter 10. Sweet potato. Second edition. Springer Science+Business Media Dordrecht. p. 143
- Rubatzky, V. E and M. Yamaguchi. 1997. *World vegetables: principles, production, and nutritive values*. Chapter 10. Sweet potato. Second edition. Springer Science+Business Media Dordrecht. p. 143.
- Sanderson H. 2005. Roots and Tubers. *In: G. Prance and M. Nesbitt (eds.) The Cultural History of Plants*. Routedledge, London. pp. 61-76
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. Consulta en línea. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Srisuwan, S., D. Sihachakr, and S. Siljak-Yakovlev. 2006. The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). *Plant Science*. 171: 424-433
- Sun H., T. Mu, L. Xi, M. Zhang, y J. Chen. 2014. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. *Food Chemistry*. 156: 380-389.
- Sun, H; T. Mu, L. Xi, M. Zhang, y J. Chen. 2014. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and fuctional foods. *Food Chemistry*. No. 156: 380-389.
- Teow, C. C., V. D. Truong, R. F. McFeeters, R. L. Thompson, V. P. Kenneth, and G. C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*. 103: 828-838.

- Terán S. y C. Rasmussen. 2009. La milpa de los mayas. La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noroeste de Yucatán. Segunda edición. UNAM. México. pp. 83-99.
- Terán, S., C. H. Rasmussen, y O. May-Cauich. 1998. Las plantas de la milpa entre los mayas. Etnobotánica de las plantas cultivadas por campesinos mayas en las milpas del noroeste de Yucatán. Fundación Tun Ben Kin A.C. México. Pp. 155-190.
- Tottappilly, G. 2009. Chapter 1. Introductory Remarks. En Loebenstein, G y Tottappilly G (eds.). The Sweetpotato.
- Vidal, A. R., A. L. Zaucedo-Zuñiga, y M de L. Ramos-García. 2018. Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Vo. 19 (2).
- Wang S., S. Nie, and F. Zhu. 2016. Chemical constituents and health effects of sweet potato. Food Research International. 89: 90-116.
- Wang, L., Y. Zhao, Q. Zhou, C. L. Luo, A. P. Deng, Z. C. Zhang, and J. L. Zhang. 2017. Characterization and hepatoprotective activity of anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L. cultivar Eshu No. 8). Journal of Food and Drug Analysis. 25: 607-618.
- Waramboi, J. G., S. Dennien, M. Gidley, and P. A. Sopade. 2011. Characterisation of Sweetpotato from Papua New Guinea and Australia: Physicochemical, pasting and gelatinization properties. Food Chemistry. 126: 1759-1770.
- Yamaguchi, M. 1983. Sweet potato. World Vegetables: 123-131
- Yang, J., M. Moeinzadeh, H. Kuhl, J. Helmuth, P. Xiao, S. Haas, G. Liu, J. Zheng, Z. Sun, W. Fan, G. Deng, H. Wang, F. Hu, S. Zhao, A. Fernie, S. Boerno, B. Timmermann, P. Zhang, y M. Vingron. 2017. Haplotype-resolved sweet potato genoma traces back its hexaploidization history. *Nature plants*. Vol. 3: 696-703.

II. CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, NUTRICIONALES Y CONTENIDO DE ALMIDÓN EN VARIEDADES DE CAMOTE CULTIVADAS EN EL ESTADO DE YUCATÁN

Harumi Hernández Guzmán, Rubén Humberto Andueza Noh

arumiernandezg@hotmail.com

ruben.andueza@itconkal.edu.mx

2.1 RESUMEN.

El camote (*Ipomoea batatas* L. Lam) se ha propuesto como una alternativa a la falta de alimentos, debido a que contiene carbohidratos, almidón, proteína, fibra, vitaminas y minerales. El objetivo de este trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas, el contenido nutricional y de almidón de diferentes variedades de camote cultivadas en el estado de Yucatán. Para esto, en tres sitios del estado de Yucatán se colectaron siete variedades de camote (sak iis (camote blanco), xk'an iis (camote amarillo); xmóorado iis (camote morado), xchakal ja'as iis (camote mamey), camote amarillo (Xiulub), camote morado y camote rosado (Xiulub púrpura). Se evaluaron variables fisicoquímicas (pH, acidez titulable (ATT), sólidos solubles (°Brix), grado de madurez, NaCl, color y textura). Bromatológicas (humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra, carbohidratos totales y glucosa) y se determinó el rendimiento, color, proteína, grado de hinchamiento e índice de solubilidad del almidón. Como resultados se obtuvo que las variedades presentaron un pH de 6.10 a 6.64, los °Brix fueron de 10.33 a 14.33, el porcentaje de carbohidratos varió de 84.42 a 89.37%, la fibra de 3.61 a 5.08, la proteína de 2.75 a 4.97% y las grasas de 0.62 a 1.54%. El rendimiento de almidón fue 21.48 a 34.26%. Las variedades Xiulub, Xiulub púrpura e Xk'an iis obtuvieron los mayores valores en el contenido de sólidos solubles lo que corresponde a un mayor contenido de azúcares y mayor aceptación en su consumo. El color fue diferente en la cascara y pulpa de las raíces, con valores altos en L y b para las variedades de colores claros. Seis variedades (Xiulub púrpura, Xk'an iis, Xmoorado iis 2, X chakal ja'as iis, Xiulub y camote morado) registraron los porcentajes más altos en carbohidratos, grasas, proteína, fibra y cenizas. Las variedades Xchakal ja'as iis y Xiulub púrpura presentaron los mayores rendimientos.

2.2 ABSTRACT.

Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) has been proposed as an alternative to the lack of food, because it contains carbohydrates, starch, protein, fiber, vitamins, and minerals. The main objective of this work was to evaluate the physicochemical characteristics, nutritional and starch content of different sweet potato varieties grown in the state of Yucatan. For this purpose, seven sweet potato varieties (sak iis (white sweet potato), xk'an iis (yellow sweet potato); xmóorado iis (purple sweet potato), xchakal ja'as iis (mamey sweet potato), yellow sweet potato (Xiulub), purple sweet potato and pink sweet potato (purple Xiulub)) were collected at three sites in the state of Yucatán. Physicochemical variables (pH, titratable acidity (ATT), soluble solids (°Brix), degree of maturity, NaCl, color and texture) were evaluated. Bromatological (moisture, ash, protein, fat, fiber, total carbohydrates and glucose) and yield, color, protein, swelling degree and starch solubility index were determined. The results showed that the varieties had a pH of 6.10 to 6.64, the °Brix ranged from 10.33 to 14.33, the percentage of carbohydrates varied from 84.42 to 89.37%, fiber from 3.61 to 5.08, protein from 2.75 to 4.97% and fat from 0.62 to 1.54%. Starch yield was 21.48 to 34.26%. The varieties Xiulub, Xiulub púrpura and Xk'an iis obtained the highest values in soluble solids content, which corresponds to a higher sugar content and greater acceptance for consumption. The color was different in the peel and pulp of the roots, with high values in L and b for the light-colored varieties. Six varieties (Xiulub púrpura, Xk'an iis, Xmoorado iis 2, X chakal ja'as iis, Xiulub and camote morado) recorded the highest percentages in carbohydrate, fat, protein, fiber and ash. The varieties Xchakal ja'as iis and Xiulub púrpura showed the highest yields.

III. CAPÍTULO 3. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE VARIEDADES DE CAMOTE COLECTADAS EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO

Harumi Hernández Guzmán, Rubén Humberto Andueza Noh

arumiernandezg@hotmail.com

ruben.andueza@itconkal.edu.mx

3.1 RESUMEN

El camote se ha aprovechado en mayor medida en países como China y Japón en donde ha ganado popularidad debido a su contenido en compuestos fitoquímicos que no solo dan coloración a las raíces, sino que al tener actividad antioxidante captan radicales libres y protegen contra diversas enfermedades. El objetivo de este estudio fue evaluar la presencia y concentración de los principales compuestos fitoquímicos del camote tales como compuestos fenólicos, antocianinas y carotenoides, así como analizar la actividad antioxidante de dichos compuestos en diferentes variedades de camote colectadas en el estado de Yucatán. Como resultado se obtuvo que el contenido total de polifenoles fue de 2.15 a 10.08 mg GAE/g, siendo las variedades Xmóorado iis 1 y Xmóorado iis 2 las que tuvieron el mayor contenido (10.08 y 8.80 mg GAE/g respectivamente). Mismas variedades con las mayores concentraciones de antocianinas (1.21 y 1.50 mg/g respectivamente). Los principales compuestos fenólicos presentes en las variedades colectadas fueron el ácido clorogénico, el ácido ferúlico y ácido cafeico. En cuanto a los carotenoides totales las variedades Xiulub, Xchakal ja'as iis e Xkan iis presentaron el mayor contenido con 27.74, 20.15 y 12.98 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ respectivamente. El β -caroteno fue el carotenoide más abundante, el cual varió de 1.25 a 27.61 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. Las variedades Xchakal ja'as iis, Xiulub púrpura, Xmóorado iis 1 e Xmóorado iis 2 presentaron los mayores valores de actividad antioxidante por ABTS con 69.21, 57.75, 48.64 y 58.42 $\mu\text{mol Trolox/g}$ respectivamente. Mientras que las variedades Xiulub, Xmóorado 1 e Xmóorado iis 2 obtuvieron los valores más altos para DPPH con 13.77, 25.84 y 27.44 Trolox/g. Seis variedades presentaron la mayor actividad antioxidante, siendo los camotes de pulpa morada los que presentan los mayores valores, seguido de aquellos de coloraciones crema o amarillo-naranja, mismas variedades que presentaron un mayor contenido de compuestos bioactivos.

3.2 ABSTRACT

Sweet potato has been used specially in countries such as China and Japan, where it has gained popularity due to its content of phytochemical compounds that not only give color to the roots, but also have antioxidant activity that captures free radicals and protects against various diseases. The objective of this study was to evaluate the presence and concentration of the main phytochemical compounds of sweetpotato such as phenolic compounds, anthocyanins, and carotenoids, as well as to analyze the antioxidant activity of these compounds in different varieties of sweet potato collected in the state of Yucatan. As a result, the total content of polyphenols ranged from 2.15 to 10.08 mg GAE/g, being the varieties Xmoorado iis 1 and Xmoorado iis 2 the ones with the highest content (10.08 and 8.80 mg GAE/g, respectively). The same varieties had the highest anthocyanin concentrations (1.21 and 1.50 mg/g respectively). The main phenolic compounds present in the collected varieties were chlorogenic acid, ferulic acid and caffeic acid. As for total carotenoids, the varieties Xiulub, Xchakal ja'as iis and Xkan iis presented the highest content with 27.74, 20.15 and 12.98 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, respectively. The β -carotene was the most abundant carotenoid, which ranged from 1.25 to 27.61 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. The varieties Xchakal ja'as iis, Xiulub púrpura, Xmóorado iis 1 and Xmóorado iis 2 presented the highest antioxidant activity values per ABTS with 69.21, 57.75, 48.64 and 58.42 $\mu\text{mol Trolox/g}$ respectively. While the varieties Xiulub, Xmóorado 1 and Xmóorado iis 2 obtained the highest values for DPPH with 13.77, 25.84 and 27.44 Trolox/g. Six varieties showed the highest antioxidant activity, being the purple-fleshed sweetpotatoes the ones with the highest values, followed by those with cream or yellow-orange colorations, the same varieties that showed the highest content of bioactive compounds.