

SEP

# POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768



Enero 2022

Núm. 53

POLIBOTÁNICA



Núm. 53



Enero 2022

## PÁG.

## CONTENIDO

- 1 Fabáceas del Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México  
*Fabaceae of the Flora and Fauna Protection Area Médanos de Samalayuca, Chihuahua, Mexico*  
J.R. Rueda-Torres | L. De León Pesqueira | A.B. Gatica Colima
- 13 Estudio de la flora presente en apiarios de tres municipios en el estado de Yucatán, México  
*Study of flora present in apiaries of three municipalities in the state of Yucatan, Mexico*  
C.I. Briceño Santiago | J. Cano Sosa | A.L. Ramos Díaz | R. Noriega Trejo | D.I. Couoh May
- 35 Relaciones filogenéticas de especies de *Phaseolus* de México con base en marcadores de ADN cloroplástico  
*Phylogenetic relationships of Phaseolus species from México based on chloroplastic DNA markers*  
V.H. Villarreal Villagrán | J. S. Muruaga Martínez | M.L.P. Vargas Vázquez | N. Mayek Pérez | S. Hernández Delgado
- 53 Las ingresiones e islas de los bosques espinosos del Caldenal dentro de los pastizales Austral Pampeanos  
*The Caldenal thorny forests ingressions and islands inside the Austral Pampean grasslands*  
E.L. Guerrero
- 69 Diversidad de especies de plantas arvenses en tres monocultivos del Bajío, México  
*Diversity of weed species in three monocultures from Bajío, Mexico*  
R. Guzmán Mendoza | V. Hernández Hernández | M.D. Salas Araiza | H.G. Núñez Palenius
- 87 Genetic diversity and genetic structure of *Capsicum annuum* L., from wild, homegarden and cultivated populations in a heterogeneous environment in Oaxaca, Mexico  
*Diversidad genética y estructura genética de Capsicum annuum L., de poblaciones silvestres, de traspatio y cultivadas en un ambiente heterogéneo en Oaxaca, México*  
R.T. Tapiaez | J.M. Peñaloza Ramírez | A.P. Olvera | A.L. Albarran Lara | K. Oyama
- 105 Morfología polínica de *Neomillspaughia* y *Podopterus* (Polygonaceae: Eriogonoideae: Cocolobeae)  
*Pollen morphology of Neomillspaughia and Podopterus (Polygonaceae: Eriogonoideae: Cocolobeae)*  
K.C. Durán Escalante | J.J. Ortiz Díaz | M. M. Ferrer | J. Tun Garrido
- 119 Morfoanatomía, histoquímica y germinación de las semillas de *Mammillaria parkinsonii* Ehrenb. (Cactaceae)  
*Morphoanatomy, histochemistry and germination of the seeds of Mammillaria parkinsonii Ehrenb. (Cactaceae)*  
Y. Uribe Salazar | A. Quintanar Isaías | C. Barbosa Martínez | J. Flores | C.L. Jiménez Sierra
- 135 Asymbiotic germination, *ex situ* conservation and *in vitro* plant regeneration of *Catasetum integerrimum* Hook  
*Germinación asimbiótica, conservación ex situ e in vitro regeneración de plantas de Catasetum integerrimum Hook*  
G. López Puc | G.J. Herrera Cool
- 151 Fitoquímicos y propiedades nutraceuticas de durazno (*Prunus persica* L.) cultivado en Zacatecas  
*Phytochemicals and nutraceutical properties of peach (Prunus persica L.) harvested in Zacatecas*  
J. Aguayo Rojas | S. Mora Rochín | X. Tovar Jiménez | J.J. Rochín Medina | R.O. Navarro Cortez
- 167 Evaluation of extracts of endemic trees (*Magnolia* spp.) in Mexico against the fruit fly pest and preliminary phytochemical study  
*Evaluación de extractos de árboles endémicos (Magnolia spp.) de México contra la plaga de la mosca de la fruta y estudio fitoquímico preliminar*  
S.G. Vásquez Morales | E.A. Alvarez Vega | D.A. Infante Rodríguez | J.P. Huchin Mian | M. Pedraza Reyes
- 183 Características fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas de frutos de chile x'catik, dulce y su híbrido fl (*Capsicum annuum* L.)  
*Phenotypic, nutritional and nutraceutical traits of x'catik chili fruits, sweet and its fl hybrid (Capsicum annuum L.)*  
Y.A. Mís Valdez | M.J. Hernández Pinto | R. Garruña | K.B. Medina Dzul | R.H. Andueza Noh
- 197 Mecanismos de infección endógena en frutos de cacao con *Moniliophthora roreri*  
*Mechanisms of endogenous infection in cocoa fruits with Moniliophthora roreri*  
V. Flores | L. Gómez Rodríguez | J.A. López García | J. Grajales Conesa
- 211 Efectos de *Bacillus subtilis* cepas GBO3 y IN937b en el crecimiento de maíz (*Zea mays* L.)  
*Effects of Bacillus subtilis strains GBO3 and IN937b on the growth of corn (Zea mays L.)*  
A.E. Gutiérrez Calvo | A. Gutiérrez Estrada | C.L. Miceli Méndez | M.A. López Miceli
- 219 Conhecimentos etnobotánicos de mateiros em comunidades rurais da região da Serra das Almas, Paraná - Brasil  
*Conocimiento etnobotánico de los silvicultores en comunidades rurales de la región Serra das Almas, Paraná - Brasil*  
*Ethnobotanical knowledge of foresters in rural communities in the Serra das Almas region, Paraná - Brazil*  
M. Ferreira Clarindo | A. Staniski | J. Strachulski
- 239 Valor cultural de los recursos forestales no maderables en comunidades zapotecas de la Sierra Juárez de Oaxaca  
*Cultural value of non-timber forest resources in Zapotec communities of the Sierra Juarez de Oaxaca*  
J. Martínez López | N.G. Molina Luna | S. Rangel Landa | C. Aquino Vázquez | A. Acosta Ramos

## Portada

*Podopterus mexicanus* Humb. & Bonpl. Polygonaceae. "Rompe capa". Árboles o arbustos de 1.5-6.0 m de altura, ramas con espina terminal, braquiblastos, hojas fasciculadas, flores blancas a verdosas en fascículos, y frutos cubiertos por el perianto externo que forma alas delgadas y largamente decurrentes hacia el pedicelo. Crece en bosques tropicales caducifolios y bosques espinosos, sobre suelo rocoso negro derivado de rocas ígneas. En elevaciones de 550-760 m. Florece de abril a mayo y fructifica de junio a septiembre. Se distribuye desde México hasta Centroamérica. En México se encuentra en los estados de Colima, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Se utiliza como planta melífera y para leña.



*Podopterus mexicanus* Humb. & Bonpl. Polygonaceae. "Rompe capa". Trees or shrubs 1.5-6.0 m tall, branches with a terminal spine, brachyblasts, fasciculate leaves, white to greenish flowers in fascicles, and fruit covered by the external perianth that forms thin wings and longly decurrent towards the pedicel. It grows in tropical deciduous forests and thorny forests, on black, rocky soil derived from igneous rocks. At elevations of 550-760 m. Blossoms from April to May and bears fruit from June to September. It is distributed from Mexico to Central America. In Mexico it is found in the states of Colima, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz and Yucatán. It is used as a melliferous plant and for firewood.

por/by **Rafael Fernández Nava**



## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *Mtro. Juan Manuel Cantú Vázquez*

Secretario Académico: *Dr. David Jaramillo Viguera*

Secretario de Extensión e Integración Social: *Dr. Luis Alfonso Villa Vargas*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Laura Arreola Mendoza*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

Secretario de Administración: *M. en C. Javier Tapia Santoyo*

Director de Educación Superior: *Mtro. Mauricio Igor Jasso Zaranda*

## ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Directora:

*Dra. Yadira Rivera Espinoza*

Subdirectora Académica:

*M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes*

Subdirector Administrativo:

*Ing. Raúl Chávez Alvircio*

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

*Dr. Gerardo Aparicio Ozores*

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

*Dr. Felipe Neri Rodríguez Casasola*

---

**POLIBOTÁNICA**, Año 27, No. 53, enero-junio 2022, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

# REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## EDITOR EN JEFE

*Rafael Fernández Nava*

## EDITORA ASOCIADA

*María de la Luz Arreguín Sánchez*

## COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

*Christiane Anderson*  
University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan, US

*Edith V. Gómez Sosa*  
Instituto de Botánica Darwinion  
Buenos Aires, Argentina

*Heike Vibrans*  
Colegio de Postgraduados  
Estado de México, México

*Jorge Llorente Bousquets*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Graciela Calderón de Rzedowski*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Delia Fernández González*  
Universidad de León  
León, España

*Theodore S. Cochrane*  
University of Wisconsin  
Madison, Wisconsin, US

*Jerzy Rzedowski Rotter*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Hugo Cota Sánchez*  
University of Saskatchewan  
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

*Luis Gerardo Zepeda Vallejo*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Fernando Chiang Cabrera*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Claude Sastre*  
Muséum National d'Histoire Naturelle  
Paris, Francia

*Thomas F. Daniel*  
California Academy of Sciences  
San Francisco, California, US

*Mauricio Velayos Rodríguez*  
Real Jardín Botánico  
Madrid, España

*Francisco de Asis Dos Santos*  
Universidad Estadual de Feira de Santana  
Feira de Santana, Brasil

*Noemi Waksman de Torres*  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Monterrey, NL, México

*Carlos Fabián Vargas Mendoza*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Julieta Carranza Velázquez*  
Universidad de Costa Rica  
San Pedro, Costa Rica

*José Luis Godínez Ortega*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Tom Wendt*  
University of Texas  
Austin, Texas, US

*José Manuel Rico Ordaz*  
Universidad de Oviedo  
Oviedo, España

## DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

*Luz Elena Tejeda Hernández*

## OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

*Pedro Aráoz Palomino*

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

**Dr. Rafael Fernández Nava**  
Editor en Jefe de

## POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional  
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:  
*polibotanica@gmail.com*  
*rfernan@ipn.mx*

Dirección Web  
*http://www.polibotanica.mx*

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONACYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.



# CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS, NUTRICIONALES Y NUTRACEÚTICAS DE FRUTOS DE CHILE X´CATIK, DULCE Y SU HÍBRIDO F1 (*Capsicum annuum* L.)

## PHENOTYPIC, NUTRITIONAL AND NUTRACEUTICAL TRAITS IN FRUITS OF X´CATIK, SWEET CHILI PEPPER AND ITS F1 HYBRID (*Capsicum annuum* L.)

Mis-Valdez, Y.A.; M. J. Hernández Pinto; R. Garruña; K. B. Medina Dzul y R. H. Andueza-Noh.

CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS, NUTRICIONALES Y NUTRACEÚTICAS DE FRUTOS DE CHILE X´CATIK, DULCE Y SU HÍBRIDO F1 (*Capsicum annuum* L.)

PHENOTYPIC, NUTRITIONAL AND NUTRACEUTICAL TRAITS OF X´CATIK CHILI FRUITS, SWEET AND ITS F1 HYBRID (*Capsicum annuum* L.)



## CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS, NUTRICIONALES Y NUTRACEÚTICAS DE FRUTOS DE CHILE X'CATIK, DULCE Y SU HÍBRIDO F1 (*Capsicum annuum* L.)

### PHENOTYPIC, NUTRITIONAL AND NUTRACEUTICAL TRAITS OF X'CATIK CHILI FRUITS, SWEET AND ITS F1 HYBRID (*Capsicum annuum* L.)

Mis-Valdez, Y.A.;  
M. J. Hernández Pinto;  
R. Garruña;  
K. B. Medina Dzul  
y R. H. Andueza-Noh.

CARACTERÍSTICAS  
FENOTÍPICAS,  
NUTRICIONALES Y  
NUTRACEÚTICAS DE  
FRUTOS DE CHILE  
X'CATIK, DULCE Y SU  
HÍBRIDO F1 (*Capsicum  
annuum* L.)

PHENOTYPIC,  
NUTRITIONAL AND  
NUTRACEUTICAL TRAITS  
OF X'CATIK CHILI  
FRUITS, SWEET AND ITS F1  
HYBRID  
(*Capsicum annuum* L.)

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 53: 183-195. Enero 2022

DOI:  
10.18387/polibotanica.53.12

Y. A. Mis-Valdez

M. J. Hernández Pinto

*División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/  
Instituto Tecnológico de Conkal.*

*Av. Tecnológico s/n. CP 97345, Conkal, Yucatán, México.*

R. Garruña

*CONACYT-Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal.*

*Av. Tecnológico s/n. CP 97345, Conkal, Yucatán, México.*

K. B. Medina Dzul

*División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/  
Instituto Tecnológico de Conkal.*

*Av. Tecnológico s/n. CP 97345, Conkal, Yucatán, México.*

R. H. Andueza-Noh / [r\\_andueza81@hotmail.com](mailto:r_andueza81@hotmail.com)

*CONACYT-Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal.*

*Av. Tecnológico s/n. CP 97345, Conkal, Yucatán, México.*

**RESUMEN:** México es el centro de domesticación y diversidad genética de *Capsicum annuum* L., lo que ha permitido el desarrollo de una amplia diversidad de variedades locales de chile entre las que se encuentran el chile x'catik y el chile dulce. Como resultado de la cruce de estos dos genotipos se obtiene un híbrido que localmente se conoce con el nombre de "chile bobo". En la actualidad se tiene poca información sobre las características fenotípicas, contenido nutricional y propiedades nutraceuticas de estos tres genotipos. El objetivo de este trabajo fue evaluar las características fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas en frutos de chile x'catik, chile dulce y su híbrido F1. Se utilizó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones. Se evaluaron variables fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas. Los resultados mostraron que los frutos de chile x'catik, presentaron mayor longitud y grosor de pericarpio con forma cónica alargada. Los frutos de chile dulce fueron redondos con hendiduras irregulares. El híbrido F1 presentó forma oblonga alargada. Respecto a las características nutricionales y nutraceuticas, el chile x'catik obtuvo el mayor contenido de cenizas (8.18 %) y proteína (8.90 %), alto contenido de fenoles totales ( $456.35 \pm 8.71$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) y mayor contenido de capsaicina ( $791.9.0 \pm 31.84$  mg  $\text{kg}^{-1}$ ) y dihidrocapsaicina ( $262.45 \pm 22.17$  mg  $\text{kg}^{-1}$ ). El chile dulce destacó por su contenido de fibra cruda (17.75 %) y el híbrido F1 por su mayor contenido de hierro ( $85$  mg  $\text{kg}^{-1}$ ) y alto contenido de flavonoides totales ( $330.01 \pm 36.33$  mg EQ  $100\text{ g}^{-1}$ ). Los genotipos de chile evaluados poseen alto contenido de proteína, fibra, grasas, carbohidratos y son fuente rica de metabolitos secundarios, por lo que, la implementación de estos genotipos en áreas de cultivo sería favorable para los agricultores de la región.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum*, composición nutrimental, antioxidantes, capsaicinoides, flavonoides.



**ABSTRACT:** Mexico is the center of domestication and genetic diversity of *Capsicum annuum* L., which has led to the development of a wide diversity of chili pepper landraces that includes the x'catik and sweet chili pepper. As result of the spontaneous cross between these genotypes, a hybrid locally named as "bobo chili" is obtained. However, in these three genotypes the phenotypic traits, nutritional content and nutraceutical properties is lacking. The aim of this study was to evaluate the phenotypic, nutritional and nutraceutical traits in fruits of the x'catik pepper, sweet pepper and its F1 hybrid (bobo chili). A completely randomized design with 10 repetitions was used. Phenotypic, nutritional and nutraceutical variables were measured. The results showed that fruits of x'catik chili pepper had the higher length and pericarp thickness with elongated conical shape; the fruits of sweet chili pepper were round with irregular indentations. The F1 hybrid (bobo chili) had an elongated oblong shape. Regarding to the nutritional and nutraceutical traits the x'catik chili pepper had the highest ash content (8.18%) and protein (8.90%), high content of total phenols ( $456.35 \pm 8.71$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) and the major content of capsaicin ( $791.9.0 \pm 31.84$  mg  $\text{kg}^{-1}$ ) and dihydrocapsaicin ( $262.45 \pm 22.17$  mg  $\text{kg}^{-1}$ ). The sweet chili pepper highlighted by its raw fiber content (17.75%) and the F1 hybrid had the higher iron content (85 mg  $\text{kg}^{-1}$ ) and higher content of flavonoids ( $330.01 \pm 36.33$  mg EQ  $100\text{g}^{-1}$ ). The genotypes of chili pepper evaluated have a high content of protein, fiber, fat, carbohydrates and they are a rich source of secondary metabolites, therefore, the implementation of these genotypes in cultivated areas would be favorable for farmers in the region.

**Key words:** *Capsicum annuum* L, nutritional composition, antioxidants, capsaicinoids, flavonoids.

## INTRODUCCIÓN

México posee una amplia diversidad de especies domesticadas de importancia comercial y alimenticia. Una de las principales especies es *Capsicum annuum*, cuyo centro de domesticación ha sido establecido en el noreste y centro-este de México (Kraft *et al.*, 2014), donde presenta una gran diversidad fenotípica y genética que involucra tanto formas cultivadas como silvestres. *C. annuum*, es la especie de chile más cultivada y diversa en México. En la península de Yucatán *C. annuum* se considera una de las hortalizas de mayor importancia económica, es altamente cultivada y presenta una amplia diversidad de morfo-tipos (Hernández *et al.*, 2001; López *et al.*, 2019; Castillo-Aguilar *et al.*, 2021), que se ve reflejada en diferentes tamaños, formas, colores y pungencia (contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina); los frutos de *C. annuum* se caracterizan por su contenido de minerales, proteínas, fibras, compuestos antioxidantes como son los flavonoides, compuestos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico, vitamina A y capsaicinoides (Sun *et al.*, 2007; Leja *et al.*, 2008; Mertz *et al.*, 2009; López *et al.*, 2019).

La hibridación dentro del género *C. annuum* ocurre de manera natural y puede darse por cruzamiento intra-específico e inter-específico (Onus y Pickersgill, 2004; Pérez *et al.*, 2009), esta característica ha sido aprovechada por los fito-mejoradores para la obtención de genotipos de alto rendimiento, calidad de fruto y nuevas variedades con mejores atributos. En la península de Yucatán se siembran conjuntamente las variedades locales de chile x'catik y chile dulce en huertos de traspatio y en las milpas, como resultado de la polinización natural entre estos dos genotipos se obtiene el híbrido F1 que localmente se conoce con el nombre de "chile bobo" (Cázares *et al.*, 2005; López *et al.*, 2019), cuyos frutos no han sido aprovechados por desconocimiento de las bondades y propiedades que puede aportar en la alimentación.

Se han realizado estudios para caracterizar las variedades locales de chile x'catik y chile dulce con base en la evaluación de características morfológicas, agronómicas y moleculares (Ix-Nahuat *et al.*, 2013; Castillo-Aguilar *et al.*, 2019; López *et al.*, 2019). Sin embargo, hasta el momento no existen estudios que involucren la caracterización del chile híbrido F1 que se obtiene de estos dos genotipos, que permitan conocer sus características fenotípicas y los

beneficios nutrimentales que puede aportar en la dieta diaria, aspectos que convertirían a este nuevo morfo-tipo de chile en una alternativa de producción económicamente rentable. Considerando lo mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo fue determinar las características fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas de frutos de chile x'catik, chile dulce y su híbrido F1 (*Capsicum annuum* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La presente investigación se realizó en el área experimental del Instituto Tecnológico de Conkal, localizado en Conkal, Yucatán, México a 21°15' LN y 83°32' LO, a una altura de 8 msnm, con un clima tipo AWo, considerado como cálido subhúmedo con una precipitación media anual de 984.4 mm y temperatura media anual de 26.8 °C (García, 2004).

### Establecimiento del cultivo, diseño experimental y evaluación fenotípica

Las semillas de chile dulce, chile x'catik y su híbrido F1, fueron donadas por Hernández (2019) quién desarrollo el híbrido de chile bobo en el área experimental del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. El experimento se dividió en dos etapas, la primera etapa consistió en la evaluación de las características fenotípicas, para lo cual, se sembraron los morfo-tipos del híbrido F1 y sus parentales (chile x'catik y chile dulce) en el área de invernaderos del Instituto. La segunda etapa se desarrolló en el laboratorio de agua, suelo y planta del Instituto Tecnológico de Conkal, donde se realizó el análisis fito-químico de los frutos a los 90 días después del trasplante (ddt).

Para la obtención de las plántulas se realizó la siembra de 400 semillas de cada parental y 200 semillas del híbrido F1 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, se utilizó como sustrato musgo canadiense (SunGro Vancouver, Canadá). El trasplante se realizó a los 35 días después de la siembra (dds) en dos parcelas por separado para evitar cruzamiento entre los parentales y el híbrido F1 (una parcela para los parentales y otra para el híbrido F1). La distancia de siembra para cada parcela fue de 0.60 m., entre plantas y entre fila 1.50 m. La fertilización se aplicó con base en la solución nutritiva de Steiner, al 25 % los primeros 30 ddt, al 50 % los siguientes 30 días y posteriormente al 100 %. El diseño experimental fue completamente al azar, con 10 repeticiones, la unidad experimental consistió en 10 plantas elegidas al azar por cada genotipo. Las variables fenotípicas evaluadas fueron: longitud del fruto (cm), diámetro de fruto (mm), grosor de pericarpio (mm) medidas con un vernier y rendimiento por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ) medido con una balanza.

### Evaluación de las características nutricionales y nutraceuticas

Para evaluar las características nutricionales y nutraceuticas, se eligieron 10 plantas al azar de cada genotipo evaluado (chile x'catik, dulce y bobo (híbrido F1)) y se tomó una muestra que consistió de 1 kg de fruto fresco con tres repeticiones, la cosecha de los frutos se realizó a los 90 días después del trasplante, en la madurez de consumo. Se seleccionaron frutos sanos y sin daño, se lavaron y se cortaron para su posterior análisis. La muestra (1kg de fruto fresco que incluyó la semilla) se dividió en dos partes iguales, la primera parte se secó en estufa de convección a 60 °C durante cuatro días y posteriormente fue molida en un molino (Ika® Werke mod Mf 10 basic) para el análisis nutrimental. La segunda parte de la muestra fue liofilizada para realizar el análisis de los compuestos nutraceuticos. Para el análisis nutricional se utilizaron los métodos oficiales de la AOAC (2000): humedad (método 925.09), cenizas (método 923.03), proteína (método 954.01), grasas (método 920.39) y fibra cruda, determinada por el método de la bolsa de papel filtro con el analizador de fibras ANCON, el cuál utiliza digestión ácida con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1.25 %) y digestión alcalina con NaOH (1.25 %). Los carbohidratos totales se cuantificaron como elementos libres de nitrógeno (ELN) por diferencia (restando al 100 % el contenido de humedad, cenizas, proteína, fibra cruda y grasas). El factor de conversión para proteínas fue 6.25 (nitrógeno  $\times$  6.25). Se determinaron los minerales Zn, Fe,

Ca, Na, Mg, K, por espectrofotometría de absorción atómica siguiendo la metodología propuesta por Villegas *et al.* (2006), el P se determinó por el método de molibdato de sodio por espectroscopia de Uv-Vis (Villegas *et al.*, 2006). Todas estas evaluaciones fueron realizadas por triplicado para cada genotipo evaluado.

#### Variables nutraceuticas

El contenido de fenoles totales se determinó con la metodología de Folin-Ciocalteu® reportado por Singleton y Rossi, (1965), para lo cual, se pesaron 0.5 g de fruto liofilizado y se le agregó 20 mL de metanol al 80%, se sonicó en un baño ultrasónico durante 15 minutos y se centrifugó a 6000 rpm durante 5 minutos. Se extrajo el sobrenadante y se pasó a un tubo de ensayo, se tomó 1 mL del extracto metanólico y se le adicionó 0.5 mL de agua desionizada, 0.25 mL de Folin-Ciocalteu® (sigma-aldrich) y 0.25 mL de carbonato de sodio (NaCO<sub>3</sub>) al 20%, la mezcla se homogenizó en un vortex y se dejó reposar por 2 h en oscuridad, para el desarrollo de color. La lectura se hizo en un espectrofotómetro (Modelo UV2800PC UV-Visible) a una absorbancia de 765 nm. La curva calibración se realizó con una solución estándar de ácido gálico entre un rango de concentración de 25 a 200 mg L<sup>-1</sup>. Los resultados se reportaron como mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra en base seca (mg EAG 100 g<sup>-1</sup>). La determinación de flavonoides totales se realizó de acuerdo a Chang *et al.* (2002), se tomó 0.5 mL de extracto metanólico y se adicionó 1.5 mL de etanol al 95 %, 0.1 mL de cloruro de aluminio (AlCl<sub>3</sub>) al 10 %, 0.1 mL de acetato de potasio (CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>K) (1 M) y 2.8 mL de agua desionizada, se homogenizó en un vortex y se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente protegida de la luz. Finalmente, se procedió a medir la absorbancia de la muestra a 415 nm en un espectrofotómetro (Modelo UV2800PC UV-Visible). La curva de calibración se realizó con una solución estándar de quercetina entre un rango de concentración de 10 a 300 mg L<sup>-1</sup>. Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de quercetina por 100 g de muestra en base seca (mg EQ 100 g<sup>-1</sup>).

La vitamina C se determinó de acuerdo a Dürüst *et al.* (1997), se pesaron 0.05 g de fruto liofilizado, se le agregaron 10 mL de ácido oxálico a la muestra, se sonicó durante 20 minutos y se centrifugó a 6000 rpm durante 5 minutos. Se extrajo el sobrenadante y se pasó a un tubo de ensayo. Se mezcló 0.500 mL de muestra con 0.500 mL de solución buffer de acetato de sodio más 4 mL de 2,6-dicloroindofenol y después de 14 segundos de la adición del 2,6-dicloroindofenol, se registró la primera lectura como L<sub>1</sub>. Después, el espectrofotómetro de Uv-vis se ajustó nuevamente a cero con una mezcla de la solución estándar de ácido ascórbico de 2 ppm (0.500 mL), la solución buffer de acetato de sodio (0.500 mL) más 4 mL de 2,6-dicloroindofenol y se registró como L<sub>2</sub>. Se determinó la absorbancia a 520 nm en un espectrofotómetro (Modelo UV2800PC UV-Visible). La curva de calibración se realizó con una solución estándar de ácido ascórbico con concentraciones de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 mg mL<sup>-1</sup>. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido ascórbico por 100 g de fruto en base seca (EAA 100 g<sup>-1</sup>). La medición de todas las variables nutraceuticas fue realizada por triplicado.

La capsaicina y dihidrocapsaicina se determinaron de acuerdo al método de Collins *et al.* (1995) con modificaciones menores en un matraz con 1.0 g de muestra (base seca) se le agregaron 25 mL de acetonitrilo grado HPLC, los matraces se colocaron en agitación constante con 80 °C a 160 rpm durante 4 h. La mezcla se filtró nuevamente, se aforó a 25 mL con acetonitrilo y 2 mL de la muestra y se conservaron en viales. Para la determinación y cuantificación de capsaicinoides se utilizó un equipo de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) marca PERKIN ELEMER ® modelo FLEXAR LC equipada con bomba LC de 6,000psi, detector de UV/VIS, autosampler y dispensador de disolventes. Se utilizó una columna de 25 cm de largo y 4.9 mm de diámetro de fase C18, marca SUPELCOSIL® modelo LC-18-HPLC. Se utilizó para la columna una temperatura de 25 °C, con una tasa de flujo de 1 mL•min<sup>-1</sup> y tiempo de corrida de 12 minutos, la longitud de onda de absorción se encontró entre 280 y 360 nm, la fase móvil isocrática fue con el disolvente A (75 % acetonitrilo grado HPLC) y 25 % de disolvente B (agua grado HPLC). El volumen de inyección fue de 50µL. Como estándares de

calibración se utilizaron soluciones con concentraciones de (100, 200, 300, 400 y 500 mg•L<sup>-1</sup>) de capsaicina y dihidrocapsaicina.

### Análisis de datos

Con los datos obtenidos se realizó una prueba de normalidad y los datos en porcentaje fueron transformados con la raíz cuadrada del arco-seno, posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA,  $P \leq 0.05$ ) con el paquete InfoStat. Cuando se observaron diferencias estadísticas significativas se procedió a realizar una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

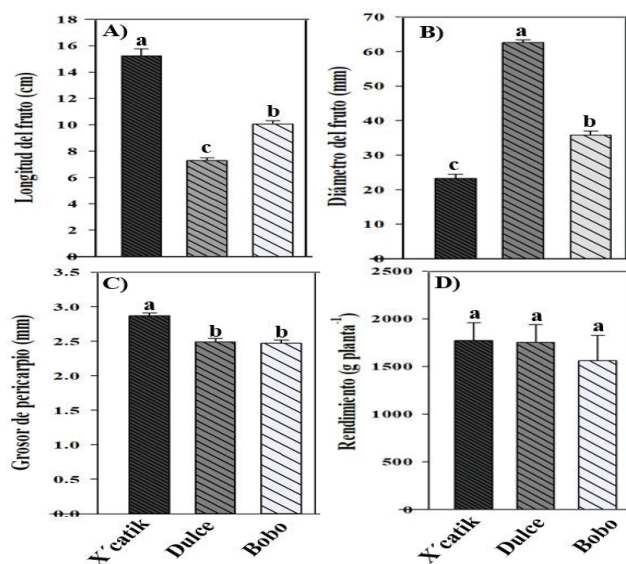
## RESULTADOS

### Caracterización fenotípica

En la Figura 1, se observa la comparación de medias de las variables que resultaron con diferencias estadísticas significativas. El fruto de chile x'catik fue el de mayor longitud (15.22 cm), menor diámetro (23.28 mm) y mayor grosor de pericarpio, con frutos de forma cónica alargada en comparación con el chile dulce que presentó frutos de menor longitud (7.28 cm), mayor diámetro (62.66 mm) y forma redonda con hendiduras irregulares. El fruto de chile Bobo mostró valores de longitud y diámetro intermedios en relación con sus parentales (10.07 cm y 35.83 mm) con forma de fruto oblonga alargada. El mayor grosor del pericarpio (2.87 cm) fue observado en los frutos del chile x'catik en comparación con el chile dulce y chile bobo que fueron estadísticamente iguales ( $P \leq 0.05$ ) (Fig. 1).

### Características nutricionales de los genotipos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo

Los resultados de las variables nutricionales (Cuadro 1) determinadas en los frutos de chile x'catik, dulce y bobo, 90 días después de la antesis, indicaron que existen diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tres genotipos. Los frutos de chile x'catik mostraron mayor contenido de cenizas y proteína cruda en comparación con el chile dulce y chile bobo. El mayor contenido de fibra cruda se observó en los frutos de chile dulce seguido por x'catik y Bobo, como se muestra en el cuadro 1.



**Fig. 1.** Características fenotípicas y rendimiento de frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo. A) longitud de fruto; B) diámetro de fruto; C) grosor del pericarpio; D) rendimiento. Los datos son medias  $\pm$  error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) (n=10).

**Cuadro 1.** Propiedades nutricionales de frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo.

Variable (%)	Chile x'catik	Chile dulce	Chile bobo
Humedad	11.03 ± 0.36 a	11.05 ± 2.00 a	12.43 ± 2.00 a
Cenizas	8.18 ± 0.11 a	6.28 ± 0.12 b	6.52 ± 0.15 b
Proteína cruda	8.90 ± 0.08 a	7.03 ± 0.09 b	6.7 ± 0.21 b
Fibra cruda	15.76 ± 0.17 b	17.72 ± 0.17 a	15.85 ± 0.24 b
Grasa cruda	5.26 ± 0.22 ab	5.61 ± 0.12 a	4.93 ± 0.01 b
ELN	50.85 ± 0.13 a	52.29 ± 1.87 a	53.42 ± 1.76 a

ELN= Elementos libres de nitrógeno. Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) (n=3).

En el contenido de minerales, se observó mayor contenido de macronutrientes K, P y Mg en el chile x'catik (Cuadro 2) seguido del chile dulce y chile bobo. De todos los minerales analizados, el P fue el de mayor contenido en los tres genotipos, y Fe en el chile bobo.

**Cuadro 2.** Contenido de minerales (mg kg<sup>-1</sup>) obtenido de frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo.

Macronutrientes	Chile x'catik	Chile dulce	Chile bobo
P	3891.63 ± 154.27 a	2695.59 ± 90.61 b	3045.91 ± 96.10 b
K	27394.22 ± 1068.75 a	21216.02 ± 989.03 b	21798.05 ± 923.86 b
Mg	2277.33 ± 95.20 a	1471.30 ± 32.75 b	1505.60 ± 34.37 b
Ca	3369.85 ± 99.13 a	2124.70 ± 28.97 b	2616.92 ± 424.48 ab
Na	588.57 ± 35.35 ab	854.83 ± 123.52 a	499.25 ± 45.05 b
Micronutrientes			
Fe	55.37 ± 3.69 b	46.03 ± 1.37 b	84.10 ± 6.69 a
Zn	31.58 ± 6.79 a	26.35 ± 2.59 a	33.42 ± 7.91 a

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) (n=3).

#### Compuestos nutraceuticos presentes en chile x'catik, chile dulce y chile bobo

En el contenido de fenoles totales (Cuadro 3), el fruto de chile x'catik presentó el mayor valor seguido del chile dulce y chile bobo. Con respecto a los flavonoides no se observó diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 3). El contenido de vitamina C resultó mayor en los frutos de chile dulce, mientras que el menor contenido de este metabolito se encontró en el chile bobo.

**Cuadro 3.** Contenido de compuestos nutraceuticos en frutos de chile x'catik, dulce y bobo.

Fruto	Fenoles totales (mg EAG 100g <sup>-1</sup> )	Flavonoides totales (mg EQ 100g <sup>-1</sup> )	Vitamina C (mg EAA 100g <sup>-1</sup> )
X'catik	456.35 ± 8.71 <b>a</b>	296.32 ± 29.73 <b>a</b>	7.28 ± 0.08 <b>b</b>
Dulce	380.28 ± 7.17 <b>b</b>	293.07 ± 12.03 <b>a</b>	10.24 ± 0.14 <b>a</b>
Bobo	392.43 ± 5.71 <b>b</b>	330.01 ± 36.33 <b>a</b>	4.28 ± 0.31 <b>c</b>

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) (n=3). EAG; equivalentes de ácido gálico. EQ; equivalentes de quercetina. EAA; equivalentes de ácido ascórbico.

Con respecto al contenido de los capsaicinoides (Cuadro 4) los frutos de chile x'catik presentaron el mayor contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina, seguido del chile bobo, mientras que en los frutos de chile dulce no se encontró capsaicina y dihidrocapsaicina.

**Cuadro 4.** Contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina (mg kg<sup>-1</sup>) en frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo.

Fruto	Capsaicina	Dihidrocapsaicina	SHU
X'catik	791.90 ± 31.84 <b>a</b>	433.28 ± 26.97 <b>a</b>	19725.39 <b>a</b>
Dulce	Nd	Nd	Nd
Bobo	262.45 ± 22.17 <b>b</b>	187.51 ± 12.51 <b>b</b>	7244.35 <b>b</b>

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) (n=3). Nd: no detectado. SHU; Unidades Scoville.

## DISCUSIÓN

### Caracterización fenotípica

Las características fenotípicas presentaron amplia variabilidad entre los tres genotipos de chile evaluados, este resultado es de esperarse debido a que los tres genotipos de chile son morfológicamente diferentes. Los resultados obtenidos de diámetro y longitud de fruto del chile dulce concuerdan con Moreno *et al.* (2011) quienes indican que el diámetro del fruto de chile dulce puede variar de 4.14 a 10.2 cm, con una longitud de 5.0 a 20.9 cm. Con respecto al grosor del pericarpio los resultados son similares a lo reportado por González *et al.* (2010) quienes mencionan que en promedio el grosor del pericarpio del chile dulce es de 3.30 y 8.93 cm. Para el chile x'catik, Rincón *et al.* (2010) reportaron una longitud promedio de 14.9 cm y un diámetro de 2.8 cm, similar a lo observado en este trabajo. Por otro lado, los resultados muestran que los frutos del híbrido F1 (chile bobo) tienen mayor longitud en comparación con los frutos del chile dulce, pero menor en comparación con los frutos de chile x'catik. Así como, un mayor diámetro en comparación con los frutos de chile x'catik. Sin embargo, el diámetro de fruto fue menor cuando se comparó con los frutos de chile dulce. Este comportamiento es de esperarse ya que, al ser resultado de la cruce de estos dos genotipos se espera encontrar un comportamiento intermedio en las variables evaluadas en comparación con sus parentales como resultado de la herencia codominante (Ayala *et al.*, 2017), teniendo como resultado variabilidad fenotípica del híbrido F1 obtenido, lo que permite expresar caracteres fenotípicos del progenitor masculino (chile x'catik) y del progenitor femenino (chile dulce) en el híbrido (chile bobo). No

se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el rendimiento, por lo tanto, el cultivo de chile bobo (híbrido F1) presenta rendimiento ( $1.693 \text{ g planta}^{-1}$ ) similar al de sus parentales lo que lo convierte en una alternativa para los productores como nuevo morfotipo de *Capsicum annuum* L.

#### **Características nutricionales de los genotipos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo**

En los resultados de las características nutraceuticas, se puede observar que el contenido de cenizas es mayor a lo reportado por el Instituto Nacional de Salud (Reyes *et al.*, 2017) en *Capsicum annuum* var. *annuum* con 6.7% de cenizas, de manera similar el contenido de proteína en chile x'catik, dulce y bobo fue superior a lo reportado por Rebouças *et al.* (2013) en *Capsicum frutescens*. Un mayor contenido de cenizas en los productos consumidos podría representar un mayor aporte de minerales en el consumo de la dieta diaria del humano. Los frutos de chile x'catik, dulce y bobo son una fuente potencial de minerales por su alto contenido de cenizas. Los resultados de fibra cruda en chile x'catik, dulce y bobo son similares a lo reportado por Solís-Marroquín *et al.* (2017) en frutos de *C. annuum* variedad siete caldos con valores de 16.75% de fibra cruda. El pericarpio de los frutos en *C. annuum* con altas cantidades de fibra tienen un efecto fisiológico benéfico en la dieta diaria. Debido a que la fibra ayuda a la pared intestinal a liberar desechos acumulados durante la alimentación de difícil expulsión; asimismo, permite aumentar la masa fecal y reducir los riesgos carcinógenos para eliminarlos más rápidamente del organismo (Ballesteros *et al.*, 1998).

El contenido de K, P y Mg observado en los tres genotipos de chile concuerda con Chávez *et al.* (2016) quienes reportaron un mayor contenido de K ( $28,527 \text{ mg kg}^{-1}$ ), P ( $4,857 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y Mg ( $1,660 \text{ mg kg}^{-1}$ ) en cinco morfo-tipos de *C. annuum* L. El P presentó mayor contenido en los tres genotipos, en este sentido Notario y Sosa-Morales (2012) mencionan que el alto contenido de P en los frutos ayuda al aprovechamiento de proteínas y carbohidratos. Los frutos de chile x'catik, dulce y bobo representan una fuente importante de aporte de Fe, resultados similares fueron determinados por Guil *et al.* (2006) en frutos de 10 variedades de pimiento (*Capsicum annuum* L) con un rango de variación de 41 a  $88 \text{ mg kg}^{-1}$  de Fe. El chile bobo presentó mayor contenido de Fe, esto pudo darse como resultado de la hibridación. Jiménez *et al.* (2012) reportaron en granos de frijol tipo Rosa de Castilla (*Phaseolus vulgaris* L.) contenido de  $55.5 \text{ mg kg}^{-1}$  de Fe. Solomons *et al.* (2004) mencionaron que las cantidades relevantes para hacer aportaciones importantes a los requerimientos mínimos diarios de Fe es de 5 a  $8 \text{ mg kg}^{-1}$ , en este sentido el chile bobo podría ser una alternativa en la dieta diaria, por su aportación de Fe y macronutrientes. De Romaña *et al.* (2010) reportaron que los frutos de *Capsicum* son utilizados para la elaboración de platillos en las regiones donde se produce en forma tradicional por su contenido de Fe. El contenido de macro y micronutrientes en frutos de chile (*C. annuum*) son parte de la composición del fruto y tiene una aportación importante en la alimentación diaria de las comunidades rurales ayudando a tener un mejor funcionamiento del organismo (Chávez *et al.*, 2016). Salomons *et al.* (2004) señalan que el consumo recomendable de macronutrientes como el Mg y P es de 255 a 420 y 580 a 700 mg/día respectivamente y para el caso de los micronutrientes Fe y Zn el consumo recomendable es de 5 a  $8 \text{ mg/día}$  de Fe y de 6.8 a 11 mg/día de Zn. En los resultados de este estudio se puede observar que los tres genotipos de chile evaluados duplicaron los valores de macro y micronutrientes (Mg, P Fe y Zn) recomendables para el consumo diario. Por lo tanto, se resalta la aportación potencial que tienen los frutos de chile x'catik, dulce y bobo en la dieta de los consumidores. En general, los resultados muestran que los frutos de chile bobo (híbrido F1) presentan niveles de nutrientes similares a sus parentales, por lo que puede ser considerado como una alternativa para ser incluido en el consumo de la dieta diaria por su alto contenido de nutrientes a través de la elaboración de platillos, salsas o encurtidos.

#### **Compuestos nutraceuticos presentes en los genotipos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo**

En el contenido de fenoles totales el chile x'catik mostró el mayor valor, sin embargo, estos resultados fueron menores a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2012) y Rochín-wong *et al.*

(2013) en frutos de chile habanero con 592 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> y chile chiltepín con 663.26 mg EAC 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Marín *et al.* (2004) mencionaron que el contenido de fenoles totales disminuye a medida que avanza la madurez del fruto, lo que indica que frutos de color verde (frutos en inicio de maduración fisiológica) pueden presentar mayor contenido de fenoles totales en comparación con los frutos que presentan color amarillo, naranja o rojo característico de la madurez comercial. La diferencia en el contenido de fenoles totales en chile x'catik, dulce y bobo de manera general pudo ser debido a que los frutos analizados fueron de color rojo por lo que presentaron menor acumulación de fenoles totales. Sin embargo, por el contenido de fenoles totales observados en los frutos de chile x'catik, dulce y bobo, estos tres genotipos pueden ser considerados una fuente de metabolitos secundarios. Ananthan *et al.* (2018) mencionaron que el género *Capsicum* es una fuente importante de compuestos bioactivos o metabolitos secundarios, que aportan un beneficio a la salud adicional al nutricional cuando son consumidos como parte de la dieta diaria.

El contenido de flavonoides en chile x'catik, dulce y bobo son similares a lo reportado por Rochín-wong *et al.* (2013) en frutos de chiltepín con 360.17 mg EC 100 g<sup>-1</sup>. En vitamina C, los datos obtenidos son menores a lo reportado por Vera *et al.* (2011) en frutos de *C. pubescens* (variedad "canario") con 18 % de vitamina C. Deepa *et al.* (2007) reportaron que los pimientos dulces son ricos en vitaminas, especialmente vitamina C. Sin embargo, los valores altos o bajos de vitamina C en *C. annuum* dependen del cultivar, madurez del fruto, manejo agronómico de la planta y factores climáticos (Howard *et al.*, 2000; Mozafar, 2018). En este estudio, el contenido de vitamina C en chile x'catik, dulce y bobo se reporta en frutos completamente maduros, los valores están relacionados con la etapa de madurez del fruto como menciona Álvarez *et al.* (2011). Con respecto al contenido de capsaicinoides, los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con Cazares *et al.* (2005) quienes mencionan que para los frutos de chile x'catik obtuvieron un nivel de pungencia de 23,695.0 SHU y para el chile bobo 8654.4 SHU. Sin embargo, el grado de picor varía por el grado de madurez del fruto, condiciones de crecimiento de la planta (fotoperiodo, pH del suelo, humedad, nutrientes, altitud) y el genotipo (Castillo-Aguilar *et al.*, 2021).

## CONCLUSIONES

Los frutos del chile x'catik presentaron mayor longitud y grosor del pericarpio, menor diámetro y forma cónica alargada, mientras que los frutos de chile dulce presentaron una forma redonda con hendiduras irregulares. El híbrido F1 (chile bobo) presentó una forma oblonga alargada. El rendimiento alcanzado por los tres genotipos indica que la implementación de estos genotipos en las áreas de cultivo sería favorable para los productores de la región.

Los frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo proporcionan un alto contenido de proteína, fibra, grasas y carbohidratos, lo que los hace candidatos a ser incluidos en la dieta diaria. El chile bobo brinda un aporte elevado de Fe (85 mg kg<sup>-1</sup>) por lo tanto, su consumo puede ayudar a suplir las necesidades diarias de Fe en el humano.

Los frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo son buena fuente de metabolitos secundarios por su contenido de fenoles totales, flavonoides, vitamina C y capsaicinoides.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rincón, V. H., Torres, T. C., López, P. L., Moreno, L. L., Meraz, M. R., Mendoza, H. V., & Castillo, J. A. (2010). Los chiles de México y su distribución. *SINAREFI*, 114.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17 ed. Gaithersburg. United States of America.



- Ayala Arias, B., Mejía Carranza, J., Martínez Estrada, I., Rubí Arriaga, M. M., & Vázquez García, L. M. (2017). Caracterización morfológica de híbridos de chile manzano. 8(4), 825-836. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(4), 825-836.
- Ballesteros, V. M., Cabrera-Pacheco, R. M., Saucedo-Tamayo, M. D., & Grijalva-Haro, M. I. (1998). Consumo de fibra dietética, sodio, potasio y calcio y su relación con la presión arterial en hombres adultos normotensos. *Salud Pública de México*, 40(3), 241-247.
- Castillo-Aguilar, C. C., Arcos, M. J., Chiquini-Medina, R. A., Quej-Chi, V. H., & Lara-Reyna, J. (2019). Caracterización Varietal de Dos Ecotipos de Chile Xcat ik (*Capsicum annuum*) del Estado de Campeche. En W. CetZal-Ix, F. Casanova-Lugo, A. Chay-Canul, & M.-P. J. Froylan, *Agroecosistemas tropicales: Conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria* (págs. 330-337). Campeche, China, México: Tecnológico Nacional de México.
- Castillo-Aguilar, C. C., Castilla, L. L., Pacheco, N., Cuevas-Bernardino, J. C., Garruña, R. R., & Andueza-Noh, R. H. (2021). Phenotypic diversity and capsaicinoid content of chilli pepper landraces (*Capsicum* spp.) from the Yucatan Peninsula. *Plant Genetic Resources*, 19(2), 159-166.
- Cázares, S. E., Ramírez-Vallejo, P., Castillo-González, F., Soto-Hernández, R. M., Rodríguez-González, M. T., & Chávez-Servia, J. L. (2005). Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) del centro-oriente de Yucatán. *Agrociencia*, 39(6), 627-638.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3), 178-182.
- Chávez, S. J., Vera-Guzmán, A. M., Carrillo-Rodríguez, J. C., & Heredia-García, E. (2016). Variación en contenido de minerales en frutos de variedades autóctonas de chile (*Capsicum annuum* L.), cultivadas en invernadero. *Vitae*, 23(1), 48-57.
- Collins, M. D., Wasmund, L. M., & Bosland, P. W. (1995). Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. *HortScience*, 30(1), 137-139.
- De Romaña, D. L., Castillo, C., & Díaz granados, D. (2010). El zinc en la salud humana-I. *Revista Chilena de nutrición*, 37(2), 234-239.
- Deepa, N., Kaur, C., George, B., Singh, B., & Kapoor, H. C. (2007). Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *Food Science and Technology*, 40(1), 121-129.
- Dürüst, N., Sümengen, D., & Dürüst, Y. (1997). Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6), 2085-2087.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (5 ed.). México: Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad (CONABIO).
- González, J. I., García, I. L., Ruiz, S. C., & Orcaray, L. (2010). Pimientos California y Lamuyo: variedades y colores. *Navarra Agraria*, 32-36.
- Guil, G. J., Martínez-Guirado, C., Reboloso-Fuentes, M., & Carrique-Pérez, A. (2006). Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (*Capsicum annuum*) varieties. *European Food Research and Technology*, 224(1), 1-9.
- Hernández, P. M. (2019). Caracterización agronómica y molecular de chile bobo: híbrido originado de la cruce de x'catik y dulce (*Capsicum annuum* L.). 41. Conkal Yucatán, México: Tecnológico Nacional de México Campus Conkal.
- Hernández, V. S., Luna-Reyes, R., & Oyama, K. (2010). Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from Mexico. *Plant Systematics and evolution*, 226(3), 129-142.
- Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H., & Villalon, B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5), 1713-1720.
- Ix-Nahuat, J. G., Latournerie-Moreno, L., Pech-May, A. M., Pérez-Gutiérrez, A., Tun-Suárez, J. M., Ayora-Ricalde, G., & Montes-Hernández, S. (2013). Valor agronómico de

- germoplasma de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) en Yucatán, México. *Universidad y Ciencia*, 29(3), 231-242.
- Jiménez, H. Y., Acosta-Gallegos, J. A., Sánchez-García, B. M., & Martínez-Gamiño, M. A. (2012). Características agronómicas y contenido de Fe y Zn en el grano de frijol tipo Rosa de Castilla (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 311-325.
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Ruiz, J. D., d'Eeckenbrugge, G. C., & Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6165-6167.
- Leja, M., Wyzgolik, G., & Kaminska, I. (2008). Changes of some biochemical parameters during the development of sweet pepper fruits. *Folia horticulture*, 277-283.
- López, C. L., Garruña Hernández, R., Castillo Aguilar, C. D., Martínez-Hernández, A., Ortiz-García, M. M., & Andueza-Noh, R. H. (2019). Structure and genetic diversity of nine important landraces of *Capsicum* species cultivated in the Yucatan Península, México. *Agronomy*, 9(7), 376.
- Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F. A., & Gil, M. I. (2004). Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(12), 3861-3869.
- Mertz, C., Gancel, A. L., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Vaillant, F., & Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal of food composition and analysis*, 22(5), 381-387.
- Moreno, P. E., Mora Aguilar, R., Sánchez del Castillo, F., & García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 5-18.
- Mozafar, A. (2017). *Plant vitamins, agronomic, physiological, and nutritional aspects*. Boca Raton: CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9781351075800>
- Notario, C. M., & Sosa-Morales, M. E. (2012). El jitomate (*Solanum lycopersicum*): aporte nutricional, enfermedades, postcosecha y tecnologías para su almacenamiento en fresco. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 6(1), 40-53.
- Onus, A. N., & Pickersgill, B. (2004). Unilateral incompatibility in *Capsicum* (Solanaceae): occurrence and taxonomic distribution. *Annals of botany*, 94(2), 289-295.
- Pérez, G. M., González-Hernández, V. A., Peña-Lomelí, A., & Sahagún-Castellanos, J. (2009). Combining ability and heterosis for fruit yield and quality in manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(1), 103-109.
- Rebouças, T. N., Valverde, R., & Teixeira, H. L. (2013). Bromatología da pimenta malagueta in natura e processada em conserva. *Horticultura Brasileira*, 163-165.
- Reyes, G. M., Gómez-Sánchez, P. I., & Espinoza, B. C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú: Instituto Nacional de la salud, Lima Perú.
- Rochín-Wong, C. S., Gámez-Meza, N., Montoya-Ballesteros, L. C., & Medina-Juárez, L. A. (2013). Efecto de los procesos de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de los fitoquímicos del chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Revista mexicana de ingeniería química*, 12(2), 227-239.
- Rodríguez, M. A., Valenzuela-Solorio, A., Troncoso-Rojas, R., González-Mendoza, D., Grimaldo-Juarez, O., Aviles-Marin, M., & Cervantes-Diaz, L. (2012). Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) and Habanero (*Capsicum chinense*): A comparative study. *Journal of medicinal plants research*, 6(9), 1758-1763.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Solís-Marroquín, D., Lecona-Guzmán, C. A., Ruiz-Lau, N., Ocampo, P., Rodas-Trejo, J., Gonzales-Santiago, C., & Gordillo-Páez, L. (2017). Análisis bromatológico de frutos

**Recibido:**  
19/julio/2021

**Aceptado:**  
12/enero/2022

- de chile “siete caldos” (*Capsicum annuum*) cultivados en condiciones de cielo abierto y casa sombra. *Agroproductividad*, 10(9), 34-40.
- Solomons, N. W., Kaufer-Horwitz, M., & Bermúdez, O. I. (2004). Armonización de las Recomendaciones Nutricionales para Mesoamérica: ¿Unificación regional o individualización nacional? *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(4), 363-373.
- Sun, T., Xu, Z., Wu, C. T., M, J., Prinyawiwatkui, W., & K, N. H. (2007). Antioxidant activities of different colored sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*, 7(2), S98-S102.
- Vera, G. A., Chávez, J. S., Carrillo, J. R., & López, M. G. (2011). Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. *Chilean journal of agricultural research*, 71(4), 578-585.
- Villegas, W., Acereto, P., & M, V. (2006). *Análisis ultravioleta-visible; la teoría y la práctica en el ejercicio profesional*. Mérida Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.