

**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

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.)



Instituto Politécnico Nacional

Núm. 53: 183-195 México. Enero 2022

DOI: 10.18387/polibotanica.53.12



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0
Atribución-No Comercial ([CC BY-NC 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

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

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 ± 8.71 mg EAG 100 g^{-1}) y mayor contenido de capsaicina ($791.9.0 \pm 31.84$ mg kg^{-1}) y dihidrocapsaicina (262.45 ± 22.17 mg 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 kg^{-1}) y alto contenido de flavonoides totales (330.01 ± 36.33 mg EQ 100 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 ± 8.71 mg EAG 100 g^{-1}) and the major content of capsaicin ($791.9.0 \pm 31.84$ mg kg^{-1}) and dihydrocapsaicin (262.45 ± 22.17 mg 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 kg^{-1}) and higher content of flavonoids (330.01 ± 36.33 mg EQ 100g^{-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 (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 nutrimental 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 H₂SO₄ (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 × 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_3) 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^{-1} . Los resultados se reportaron como mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra en base seca ($\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$). 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_3) al 10 %, 0.1 mL de acetato de potasio ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{K}$) (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^{-1} . Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de quercetina por 100 g de muestra en base seca ($\text{mg EQ } 100 \text{ g}^{-1}$).

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_1 . 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_2 . 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^{-1} . Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido ascórbico por 100 g de fruto en base seca ($\text{EAA } 100 \text{ g}^{-1}$). 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 SUPELCO SIL® modelo LC-18-HPLC. Se utilizó para la columna una temperatura de 25 °C, con una tasa de flujo de 1 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 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 50 μL . Como estándares de

calibración se utilizaron soluciones con concentraciones de (100, 200, 300, 400 y 500 mg•L⁻¹) 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.

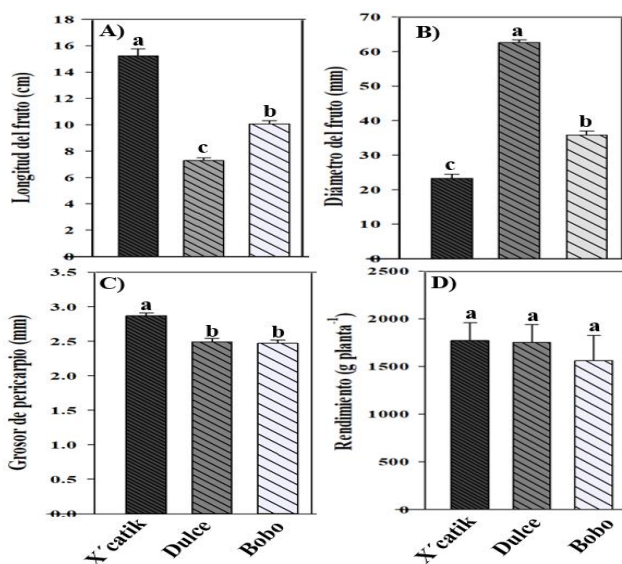


Fig. 1. Características fenotípicas y rendimiento de frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo. A) longitud de fruto; B) diámetro de fruto; C) grosor del pericarpio; D) rendimiento. Los datos son medias \pm error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$) (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 ± 1.7 6 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⁻¹) 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 ⁻¹)	Flavonoides totales (mg EQ 100g ⁻¹)	Vitamina C (mg EAA 100g ⁻¹)
X'catik	456.35 ± 8.71 a	296.32 ± 29.73 a	7.28 ± 0.08 b
Dulce	380.28 ± 7.17 b	293.07 ± 12.03 a	10.24 ± 0.14 a
Bobo	392.43 ± 5.71 b	330.01 ± 36.33 a	4.28 ± 0.31 c

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⁻¹) en frutos de chile x'catik, chile dulce y chile bobo.

Fruto	Capsaicina	Dihidrocapsaicina	SHU
X'catik	791.90 ± 31.84 a	433.28 ± 26.97 a	19725.39 a
Dulce	Nd	Nd	Nd
Bobo	262.45 ± 22.17 b	187.51 ± 12.51 b	7244.35 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 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 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 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 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⁻¹ y chile chiltepín con 663.26 mg EAC 100 g⁻¹, 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⁻¹. 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⁻¹) 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 nutricion*, 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 nutrimental, 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.