


## Calidad nutrimental y nutraceutica en ejotes de caupí (*Vigna unguiculata* [L] walp.) de la península de Yucatán

### Nutritional and nutraceutical quality of cowpea green bean (*Vigna unguiculata* [L] walp.) from Yucatan peninsula

Amelio Eli Morales-Morales<sup>1</sup> ,  
Carlos Juan Alvarado-López<sup>2</sup> ,  
Rubén Humberto Andueza-Noh<sup>2</sup> ,  
José María Tun-Suarez<sup>1\*</sup> ,  
Kati Beatriz Medina-Dzul<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Conacyt - Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, México.

\*Autor de correspondencia:  
kati.medina@itconkal.edu.mx

#### Artículo científico

Recibido: 28 de mayo 2020

Aceptado: 27 de noviembre 2020

**Como citar:** Morales-Morales AE, Alvarado-López CJ, Andueza-Noh RH, Tun-Suarez JM, Medina-Dzul KB (2020) Calidad nutrimental y nutraceutica en ejotes de caupí (*Vigna unguiculata* [L] walp.) de la península de Yucatán. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 7(3): e2541. DOI: 10.19136/era.a7n3.2541

**RESUMEN.** El frijol caupí es una importante leguminosa cuyo consumo primario es en granos secos, aunque en ocasiones se incluyen las vainas inmaduras ricas en proteínas, vitaminas, fibra, minerales y antioxidantes. El objetivo fue determinar la calidad nutrimental y nutraceutica de 13 accesiones de ejotes de caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) cultivados en la Península de Yucatán. El estudio se llevó a cabo en condiciones de invernadero, bajo un diseño completamente al azar. Se determinó el contenido de humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra cruda (PC), carbohidratos, longitud y peso de las vainas, contenido de minerales, fenoles totales (FT) y la capacidad antioxidante (CA) por el método de ABTS y DPPH. Las accesiones HEC02, OXC05, JMM09, JMM10 y JAL14 destacaron por presentar la mayor longitud y peso de las vainas. Las accesiones OXC04 y CHE06 sobresalieron en contenido de cenizas (8.48%), humedad (18.24%), PC (23.32%) y fibra (20.11%). Para el contenido de minerales, la accesión HEC02 tuvo los mayores niveles de K, Ca y Mg. Respecto al contenido de nutraceuticos, la colecta HAL14 presentó los mayores valores de FT (18.02 mg g<sup>-1</sup> EAG ps) y CA para DPPH (6.19 mg Trolox 100 g<sup>-1</sup> ps) y ABTS (4.95 mg Trolox 100 g<sup>-1</sup> ps). La variabilidad entre accesiones, sugiere que CHE06 por sus niveles de proteína y fibra cruda y HEC02 por su alto contenido de minerales podrían ofrecer ventajas nutricionales, mientras que la accesión HAL14 podría considerarse la accesión con la mejor calidad nutraceutica.

**Palabras clave:** Capacidad antioxidante, composición nutrimental, fenoles totales,  $\mu$ -fluorescencia de rayos-X, vainas.

**ABSTRACT.** Cowpea beans are an important legume whose primary consumption is in dry grains, although immature pods rich in protein, vitamins, fiber, minerals and antioxidants are sometimes included. The objective was to determine the nutritional and nutraceutical quality of 13 accessions of cowpea beans (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) grown in the Yucatan Peninsula. The study was carried out under greenhouse conditions, under a completely randomized design. The moisture content, ash, fat, crude protein (CP), fiber, carbohydrates, length and weight of pods, mineral content, total phenols (TP) and antioxidant capacity (AC) were determined by the ABTS method and DPPH. The accessions HEC02, OXC05, JMM09, JMM10 and JAL14 stood out for presenting the longest length and weight of the pods. Accessions OXC04 and CHE06 excelled in ash content (8.48%), moisture (18.24%), CP (23.32%) and fiber (20.11%). In the mineral content, the HEC02 accession obtained the highest levels of K, Ca and Mg. Regarding the content of nutraceuticals, the HAL14 collection presented the highest values of TP (18.02 mg g<sup>-1</sup> EAG ps) and CA for DPPH (6.19 mg Trolox 100 g<sup>-1</sup> ps) and ABTS (4.95 mg Trolox 100 g<sup>-1</sup> ps). The variability between accessions suggests that CHE06 due to its levels of protein and crude fiber, and HEC02 due to its high mineral content could offer nutritional advantages, while the HAL14 accession could be considered the accession with the best nutraceutical quality.

**Key words:** Antioxidant capacity, nutritional composition, total phenols, X-ray  $\mu$ -fluorescence pods.

## INTRODUCCIÓN

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* [L.] walp.) puede ser una opción para complementar la producción del frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.), principalmente por su fácil manejo y resistencia a la sequía en etapa vegetativa y reproductiva (Boukar et al. 2019). A pesar de que el consumo primario de esta especie es en granos secos (Alghamdi et al. 2019), también se tienen reportes del consumo de las vainas verdes o inmaduras (Traffano-Schiffo et al. 2020), las cuales son ricas en proteínas, carbohidratos, vitaminas, ácido fólico y minerales esenciales (Klug et al. 2020). Al respecto Apáez-Barrios et al. (2016) reportan contenidos de proteína cruda del 27.48%, grasa de 1.8%, fibra cruda del 15.24% y carbohidratos del 49.30%, mientras que Gerrano et al. (2019) mencionan que la concentración en frijol caupí en mg kg<sup>-1</sup> de Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P y Zn varió entre 0.07 a 0.12, 4.46 a 7.81, 0.06 a 0.11, 11.82 a 14.45, 1.86 a 2.27, 9.24 a 13.30, 0.26 a 0.80, 4.63 a 5.92 y 0.03 a 0.05, respectivamente.

En general, las variedades de frijol caupí son una fuente potencial de proteínas y otros nutrientes, las cuales se cultivan para consumir sus vainas inmaduras y semillas maduras, en especial para comunidades rurales y países en desarrollo (Harouna et al. 2018). En la actualidad, consumir legumbres frescas, ricas en proteínas, fibra, minerales y compuestos bioactivos, es una oportunidad para cuidar la salud de la población que busca seguridad y bienestar alimentario (Sivakumar et al. 2018, Sombié et al. 2018), debido a que se les atribuye la disminución del riesgo de desarrollar diversas enfermedades crónico-degenerativas por su actividad antioxidante y eliminación de radicales libres (Singh et al. 2017). Al respecto, se ha demostrado que el frijol caupí es rico en antioxidantes, fenoles, flavonoides, taninos y antocianinas (Jayathilake et al. 2018, Moreira-Araújo et al. 2018), con contenidos de 1425.5 mg kg<sup>-1</sup> de fenoles totales y 172.1 μmol TE kg<sup>-1</sup> de actividad antioxidantes (Karapanos et al. 2017), mientras que Ntatsi et al. (2018) obtuvieron valores de 48.9 a 181.0 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> de fenoles totales y 1.27 a 18.50 μmoles

TE 100 g<sup>-1</sup> de actividad antioxidante por el método del radical DPPH.

A pesar de que el frijol caupí tiene buena aceptación para consumo humano, sus compuestos bioactivos y nutrimentales en ejotes cultivados en la península de Yucatán permanecen sin conocerse. Por lo anterior, el objetivo fue determinar la calidad nutrimental (composición proximal, contenido mineral) y nutracéutica (capacidad antioxidante y fenoles totales) en ejotes de frijol caupí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Establecimiento del cultivo

La siembra se realizó en el ciclo primavera-verano de 2018, en condiciones de invernadero en el Instituto Tecnológico de Conkal, en Conkal, Yucatán, México (21° 04' 50.1" LN y 0.89° 29' 53.9" LE). Se sembraron 13 accesiones bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones de cinco plantas cada una, teniendo en total 15 plantas por accesión (la procedencia de las muestras puede observarse en Tabla 1). La siembra se realizó en bolsas de 5 kg con suelo de la región, que presentan características con C. E = 1.38 dS·m<sup>-1</sup>, pH = 7.1, P = 373.0 mg kg<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 179.3 mg kg<sup>-1</sup>, K<sup>+</sup> = 224.3 mg kg<sup>-1</sup>; S = 96.6 mg kg<sup>-1</sup>; Cl<sup>-</sup> = 40.4 mg kg<sup>-1</sup>; Mn = 2.06 mg kg<sup>-1</sup>; Fe: 9.77 mg kg<sup>-1</sup>; Zn = 2.32 mg kg<sup>-1</sup>. Las condiciones del ambiente se registraron con un HOBO<sup>®</sup> data logger marca ONSET, la temperatura y humedad promedio fue de 32 °C y de 70%, respectivamente. Se sembraron dos semillas por bolsa y 20 días después de la germinación (ddg) se eligió la plántula de mayor vigor en cada bolsa, el riego se realizó de forma manual, aplicando 500 mL de agua por día. La fertilización se realizó con 15 g de fertilizante NPK (60-40-60) a los 25 y 50 ddg, a los 50 ddg y se aplicó Maxiquel multi<sup>®</sup> Fe, Mn, Zn, B 570 EDDHA, suministrados a dosis de 1.15, 0.49, 0.16 y 0.16 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

### Corte del ejote de caupí

Las flores se marcaron en la etapa de antesis, para cosechar las vainas completamente formadas a

**Tabla 1.** Procedencia de las muestras colectadas de ejotes de caupí en la península de Yucatán.

Clave	Nombre común	Localidad y municipio	Estado	Coordenadas
OXC01	Yaxpelón	Xul, Oxcutzcab	Yucatán	20° 06' 30.7" N 89° 27' 35.7" W
HEC02	Xpelón	San Vicente Cumpich, Hecelchakán	Campeche	20° 11' 14.5" N 89° 58' 23.1" W
HEC03	Chalack simin	San Vicente Cumpich, Hecelchakán	Campeche	20° 11' 08.6" N 89° 58' 26.8" W
OXC04	Paysin	Xul, Oxcutzcab	Yucatán	20° 05' 41.5" N 89° 27' 33.5" W
OXC05	Paysin	Xul, Oxcutzcab	Yucatán	20° 06' 10.8" N 89° 27' 38.8" W
CHE06	Espelón perón	Kuxeb, Chemax	Yucatán	20° 51' 31.1" N 87° 52' 05.9" W
PET08	Espelón blanco	Peto, Peto	Yucatán	20° 07' 49.5" N 88° 54' 32.2" W
JMM09	Chalack simin negro	San Felipe 1, José María Morelos	Quintana Roo	19° 48' 45.9" N 88° 49' 55.2" W
JMM10	Espelón	López Mateos, José María Morelos	Quintana Roo	19° 37' 55.9" N 88° 41' 17.8" W
PET11	Xnuuc Pelón	Xoy, Peto	Yucatán	20° 07' 16.2" N 88° 58' 04.8" W
CHE12	Espelón de guía	Mucel, Chemax	Yucatán	20° 53' 22.4" N 87° 49' 42.9" W
FCP13	Espelón	Polyuc, Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo	19° 36' 37.3" N 88° 33' 27.2" W
HAL14	Paysin	Halachó, Halachó	Yucatán	20° 29' 23.8" N 90° 05' 16.1" W

los 8 días post-antesis, de color verde y con consistencia suave (Omueti *et al.* 1986). A las cuáles se les determinó la longitud (cm) con un vernier digital marca Truper Staninless steel<sup>®</sup> (precisión 0.1 mm), el peso fresco (g) con una balanza portátil marca POKET SCALE modelo MH-series. Los datos se tomaron en cinco vainas tomadas al azar por repetición de cada accesión. Para luego congelar las muestras a -60 °C y liofilizar para las determinaciones de la capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales.

### Contenido de fenoles totales

#### Extracción metanólica

Se pesaron 100 mg de muestra y se adicionaron 1.5 mL de metanol al 80%, se agitó por 2 min en un vortex y después se centrifugó a 10 000 rpm durante 15 min, se recuperó el sobrenadante, al pellet se le agregaron 500  $\mu$ L de metanol al 100%, se agitó nuevamente en un vortex por 2 min y se centrifugó a 10 000 rpm por 15 min, el sobrenadante se recuperó y se mezcló con el anterior, el mismo procedimiento se repitió hasta completar 2 mL.

#### Cuantificación de fenoles totales (FT)

Los fenoles totales se cuantificaron con la técnica descrita por Sultana *et al.* (2009) utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu, modificando los volúmenes de la mezcla que se forma con el extracto y los reactivos de la técnica original (0.5 mL de Folin, agua desionizada 7.5 mL, 1.5 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Se

realizó una curva de calibración con ácido gálico a concentraciones de 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 mg mL<sup>-1</sup>, obteniendo una R<sup>2</sup> = 0.9974. Para la reacción, se colocaron 200  $\mu$ L del extracto, 100  $\mu$ L del reactivo de Folin-Ciocalteu 1M, 200  $\mu$ L de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20% y 1.5 mL de agua destilada, antes de la lectura de las muestras se incubaron por 30 min en oscuridad y luego se midió la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro UV-VIS marca GENESYS<sup>™</sup> 10 s. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra de peso seco (mg EAG g<sup>-1</sup> ps).

### Capacidad antioxidante

#### Extracción etanólica

Se utilizaron 1.5 mL de etanol al 80% y se disolvieron 100 mg de muestra liofilizada, la mezcla se agitó en un vortex durante 20 segundos, posteriormente se sonicó por 10 min y se centrifugó a 12 000 rpm, el extracto se separó del sobrenadante y se filtró con acrodiscos de 25 mm de diámetro y 0.2  $\mu$ m de poro.

#### Determinación de la capacidad antioxidante por el método del radical ABTS

La capacidad antioxidante se determinó con el radical ABTS<sup>+</sup> (Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico) de acuerdo a la metodología reportada por González-Moscoso *et al.* (2019). El radical se generó por la reacción entre ABTS (7 mM) en metanol y persulfato de potasio

(2.45 mM) aforado con agua Milli-Q, las dos soluciones se mezclaron en relación 1:1, para luego almacenarlas en oscuridad a temperatura ambiente durante 16 h. Posterior a este tiempo, se agregaron 50  $\mu$ L del extracto etanólico y 50  $\mu$ L de la solución del radical ABTS (estabilizada) previamente preparada en la microplaca, la mezcla se dejó reposar por 15 minutos en oscuridad y se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 750 nm, mediante un lector de microplacas para absorbancia (ELx808<sup>TM</sup> BIOTEK) y con el software Gen5 para lectores de microplacas, todas las lecturas se realizaron por triplicado. Para la curva estándar se utilizó el Trolox (2.5 mM) (Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) a concentraciones de 0, 0.015, 0.045, 0.105, 0.210 y 0.420 mM, teniendo  $R^2 = 0.9972$ . Los resultados se reportan en mg equivalentes a Trolox (por 100 g de peso seco (mg ET 100g<sup>-1</sup> ps).

#### Determinación de la capacidad antioxidante por el método del radical DPPH

Se determinó de acuerdo con Brand-Williams *et al.* (1995), la solución madre se preparó mezclando 2.53 mM del radical DPPH<sup>+</sup> (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) en 10 mL de metanol, la absorbancia de la solución se midió en una microplaca de 96 pocillos a 515 nm, se tomaron 50  $\mu$ L de extracto o estándar sin dilución y 50  $\mu$ L del radical DPPH diluido. La disminución de la absorbancia a 515 nm se midió después de 15 minutos, se usó metanol como blanco. La curva estándar se realizó con Trolox (2.5 mM) a concentraciones de 0.015, 0.045, 0.105, 0.210 y 0.420 mM, obteniendo una  $R^2 = 0.9997$ . Los resultados se expresaron como capacidad antioxidante equivalente a Trolox por 100 g de muestra en peso seco (mg ET 100 g<sup>-1</sup> ps).

#### Análisis nutrimental

El contenido nutrimental se realizó de acuerdo con los métodos descritos por la AOAC (1990), los resultados se reportaron en porcentaje. El contenido de humedad (método 934.01), cenizas (método 923.03), grasa cruda (método 920.39), fibra cruda (método

962.09) mientras que el contenido de carbohidratos totales se determinó por diferencia, restando a 100% el valor de la sumatoria de los porcentajes de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda y fibra cruda (AOAC, 1990). El contenido de nitrógeno (N) en los ejotes se cuantificó por el método Kjeldahl y la proteína cruda se calculó multiplicando el contenido de N por el factor 5.45.

#### Análisis mineral

Para el análisis de contenido mineral se utilizaron 2 g de harina previamente secada y tamizada, los cuales se colocaron en el portamuestra del espectrómetro M4 Tornado TM; la determinación se realizó por  $\mu$ -fluorescencia de rayos-X de energía dispersiva ( $\mu$ -EDXRF) de acuerdo a Cardoso *et al.* (2017), con un tubo de rayos X Rh-ánodo de la ventana lateral de micro-enfoque refrigerado por aire, alimentado por un generador HV de baja potencia. En todas las mediciones, el generador de rayos X funcionó a 50kV y 100  $\mu$ A con un filtro de 12A. La detección de la radiación de fluorescencia se realizó mediante un detector de dispersión de silicio, dispersor de energía XFlash<sup>TM</sup>, con un área sensible de 30 mm<sup>2</sup> y resolución de energía de 142 eV para todos los elementos. Los minerales cuantificados fueron fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg), sodio (Na), manganeso (Mn), hierro (Fe) y zinc (Zn).

#### Análisis estadístico

Todos los datos se analizaron aplicando un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar con 13 accesiones y tres repeticiones. Las medias se separaron mediante la prueba de diferencia honesta significativa (DHS) de Tukey ( $p < 0.05$ ). Se evaluaron las posibles correlaciones entre fenoles totales y la capacidad antioxidante por el método del ABTS para determinar si existieron tendencias similares en el desempeño de las diversas accesiones. Los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) se evaluaron estadísticamente mediante la prueba  $t$ . Se utilizó el paquete estadístico Stat Graphics Centurion XVI (Stat Point Technologies Inc).

## RESULTADOS

### Características morfológicas de las vainas

A los ocho días post-antesis las vainas tuvieron una longitud entre 14.50 y 21.86 cm, con peso de 3.14 a 4.61 g. El 38.46% de las accesiones tuvieron las vainas de mayor longitud (18.70 a 21.86 cm), en donde se encuentran las accesiones HEC02, OXC05, JMM09, JMM10 y HAL14, mientras que el 61.54% tuvieron las vainas más pequeñas con longitudes entre 14.50 y 17.70 cm (Tabla 2).

### Fenoles totales y capacidad antioxidante

El contenido de fenoles totales (FT), osciló entre 11.15 y 19.04 mg EAG g<sup>-1</sup> ps, presentando las accesiones HEC02 y HAL14 los mayores contenidos de FT (Tabla 2). La capacidad antioxidante (CA) determinada por el radical ABTS osciló entre 2.16 y 4.95 mg ET 100 g<sup>-1</sup> ps, representando el 53.84% de las accesiones OXC01, HEC02, HEC03, OXC04, OXC05, CHE06 y PET08 valores estadísticamente similares de CA determinada por el método del ABTS, mientras que el menor valor lo presentó la accesión JMM09.

Para la CA determinada por el método del DPPH, el análisis estadístico agrupó a las accesiones en tres grupos, el primero se formó por las accesiones HAL14 y PET11 que tuvieron los mayores valores y fueron iguales estadísticamente entre sí, el segundo grupo lo formaron las accesiones OXC01, HEC02, OXC04 y JMM10 y por último las accesiones HEC03, OXC05, CHE06, PET08, CHE12 y FCP13 que fueron estadísticamente iguales entre sí, con los valores más bajos de CA.

La capacidad antioxidante determinada por el método del DPPH fue mayor que la obtenida por el método ABTS. Se tuvo baja correlación entre la CA determinada por el método ABTS y los FT ( $r = 0.57$ ), al igual que entre la CA por DPPH y FT ( $r = 0.66$ ). Pero entre los dos métodos de determinación de CA se encontró alta correlación ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.05$ ) (Tabla 3).

### Análisis nutrimental

Se observó variación significativa en el contenido nutrimental de las accesiones evaluadas (Tabla 4). Para el contenido de cenizas la accesión OXC04 tuvo el mayor contenido (8.48%) y fue diferente estadísticamente al resto de las accesiones. Para el porcentaje de humedad la accesión CHE06 fue la de mayor contenido, mientras que la de menor contenido fue la accesión CHE12 (10.36%). Para el contenido de grasa, la accesión JMM09 destacó por contener el máximo valor (2.89%), seguida de las accesiones CHE12 (1.89%) y HAL14 (1.87%) con valores iguales estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ), mientras que el 38.46% de las accesiones fueron iguales estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) con los menores contenidos (OXC01, OXC05, PET08, PET11, FCP13). El contenido de proteína cruda presentó valores que fluctuaron entre 19.38 y 23.35%, los mayores contenidos se encontraron en las accesiones HEC02, HEC03, OXC04, OXC05, PET08, JMM09, FCP13 y HAL14 que fueron estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ).

Para el contenido de fibra cruda las accesiones HEC02 (19.87%) y CHE06 (20.11%) fueron iguales estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ), presentando los mayores contenidos las accesiones OXC05 (15.58%) y JMM10 (15.77%) con valores intermedios de fibra. Con respecto al contenido de carbohidratos totales, la accesión OXC01 tuvo valores del 49% y la accesión CHE06 presentó el menor contenido. Mientras que las accesiones JMM10, CHE12, FCP13, HAL14 tuvieron valores intermedios de carbohidratos, pero son iguales estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ).

### Análisis mineral

El contenido de macro y micronutrientes tuvo variación significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre accesiones (Tabla 5). Para el P los valores oscilaron entre 135.06 y 468.10 mg kg<sup>-1</sup> de peso seco, presentando estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) los mayores contenidos las accesiones OXC01 y OXC04. Para el contenido de K las accesiones HEC02 y OXC05 presentaron los mayores contenidos y fueron significativamente iguales entre sí. Los niveles de Ca, evidenciaron que la accesión HEC02 presentó el mayor contenido.

**Tabla 2.** Descripción morfológica, capacidad antioxidante y contenido de fenoles en ejotes de caupí

Muestra	Longitud	Peso	ABTS	DPPH	Fenoles totales
	cm	G	mg Trolox 100 g <sup>-1</sup> ps	mg g <sup>-1</sup> EAG ps	
OXC01	15.63 ± 0.58 <sup>b</sup>	3.63 ± 1.15 <sup>b</sup>	4.06 ± 0.16 <sup>c</sup>	6.09 ± 0.02 <sup>b</sup>	11.15 ± 1.47 <sup>d</sup>
HEC02	19.50 ± 1.90 <sup>a</sup>	4.32 ± 1.11 <sup>a</sup>	4.01 ± 0.16 <sup>c</sup>	6.10 ± 0.03 <sup>b</sup>	19.04 ± 0.57 <sup>a</sup>
HEC03	17.20 ± 0.79 <sup>b</sup>	3.88 ± 0.77 <sup>b</sup>	3.39 ± 0.08 <sup>c</sup>	6.02 ± 0.01 <sup>c</sup>	11.72 ± 0.60 <sup>d</sup>
OXC04	17.70 ± 1.27 <sup>b</sup>	3.36 ± 0.37 <sup>b</sup>	3.84 ± 0.16 <sup>c</sup>	6.08 ± 0.02 <sup>b</sup>	13.30 ± 0.98 <sup>c</sup>
OXC05	20.03 ± 0.15 <sup>a</sup>	4.55 ± 0.63 <sup>a</sup>	3.62 ± 0.07 <sup>c</sup>	6.05 ± 0.02 <sup>c</sup>	13.30 ± 0.74 <sup>c</sup>
CHE06	15.93 ± 1.11 <sup>b</sup>	3.51 ± 0.48 <sup>b</sup>	3.72 ± 0.02 <sup>c</sup>	6.06 ± 0.02 <sup>c</sup>	15.47 ± 0.74 <sup>b</sup>
PET08	14.50 ± 0.96 <sup>b</sup>	3.14 ± 0.29 <sup>b</sup>	3.81 ± 0.07 <sup>c</sup>	5.99 ± 0.04 <sup>c</sup>	6.20 ± 0.56 <sup>c</sup>
JMM09	21.86 ± 0.60 <sup>a</sup>	4.31 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.16 ± 0.46 <sup>e</sup>	5.91 ± 0.02 <sup>d</sup>	4.34 ± 0.81 <sup>e</sup>
JMM10	19.37 ± 0.80 <sup>a</sup>	4.27 ± 0.63 <sup>a</sup>	4.20 ± 0.16 <sup>b</sup>	6.10 ± 0.02 <sup>b</sup>	14.11 ± 0.54 <sup>c</sup>
PET11	14.73 ± 1.80 <sup>b</sup>	3.18 ± 0.20 <sup>b</sup>	4.42 ± 0.03 <sup>b</sup>	6.15 ± 0.04 <sup>a</sup>	11.74 ± 1.31 <sup>d</sup>
CHE12	15.87 ± 0.80 <sup>b</sup>	3.56 ± 0.60 <sup>b</sup>	3.47 ± 0.51 <sup>d</sup>	6.05 ± 0.03 <sup>c</sup>	11.30 ± 3.14 <sup>d</sup>
FCP13	16.67 ± 3.30 <sup>b</sup>	3.72 ± 0.43 <sup>b</sup>	3.42 ± 0.01 <sup>d</sup>	6.03 ± 0.03 <sup>c</sup>	15.21 ± 0.85 <sup>b</sup>
HAL14	18.70 ± 0.50 <sup>a</sup>	4.13 ± 0.26 <sup>a</sup>	4.95 ± 0.10 <sup>a</sup>	6.19 ± 0.01 <sup>a</sup>	18.02 ± 1.30 <sup>a</sup>
Media general	17.51	3.81	3.78	6.06	12.68
CV (%)	14.05	18.08	17.50	28.15	32.63

DPPH = 2,2-difenil-1-picrilhidracilo; ABTS = 2,2' - azino - bis- (3 - etilbenzotiazolina - 6 - ácido sulfónico); EAG = Equivalentes a ácido gálico. Los datos son medias ± desviación estándar (n = 3). Letras diferentes dentro de la misma columna indican una diferencia significativa entre las accesiones en el nivel de p < 0.05 con la prueba de Tukey.

**Tabla 3.** Correlación lineal entre la capacidad antioxidante y los fenoles totales de los ejotes de caupí.

	DPPH	ABTS	Fenoles
DPPH	1.00	0.88*	0.66
ABTS	0.88*	1.00	0.57
Fenoles	0.66	0.57	1.00

\* Valores significativos

Las concentraciones encontradas de Mg indican que la accesión con la mayor concentración fue la HEC02 con 8 046.90 mg kg<sup>-1</sup>, pero fue igual estadísticamente (p ≤ 0.05) a las accesiones CHE12 y FCP13. Cabe destacar que la accesión HEC02 tuvo los mayores contenidos de K, Ca, Mg y Zn. Para el contenido de Fe, la comparación de medias indicó variación significativa (p ≤ 0.05) entre accesiones, excepto la accesión OXC05 que tuvo el mayor contenido, pero fue estadísticamente similar a las accesiones PET11 y HAL14. Mientras que para el contenido de Zn la accesión HEC02 presentó el mayor contenido.

## DISCUSIÓN

### Características morfológicas de las vainas

Uno de los parámetros de calidad de importancia en los ejotes es la longitud, la aceptación comercial indica que la longitud de vaina debe tener como

mínimo 12 cm (Esquivel-Esquivel *et al.* 2006). Mientras que Uguru (1996) indica que las vainas se clasifican por su longitud como vaina corta (< 13.5cm), mediana (13.5-19.9cm) y larga (> 20cm), en este sentido el 84.6% de las accesiones tuvieron vainas medianas. Mientras que el 15.4% tuvieron vainas largas, lo que indica que este porcentaje de accesiones son de óptima calidad para ser comercializadas. Mientras que los pesos de las vainas fueron similares a lo reportado por Karapanos *et al.* (2017) quienes obtuvieron longitudes de las vainas de frijol caupí con valores que oscilan entre 11.0 a 20.0 cm y pesos entre 3.0 y 6.0 g.

### Fenoles totales y capacidad antioxidante

Los valores de fenoles totales (Tabla 2) resultaron superiores a los reportados por Karapanos *et al.* (2017) y Collado *et al.* (2018) para vainas de frijol caupí, con valores entre 0.8 y 1.8 mg g<sup>-1</sup> EAG ps. Al respecto, Zia-UI-Haq *et al.* (2013) y Awika y Duodu (2017) indican que los contenidos de compuestos fenólicos en los alimentos dependen de factores como el genotipo, las condiciones de crecimiento, las prácticas agronómicas, la época de producción y la madurez fisiológica, así como del método de extracción y los estándares para cuantificar los compuestos. Por lo que, es posible que las

**Tabla 4.** Contenido nutrimental de 13 accesiones de ejotes de caupí.

Accesión	MS	Humedad	Geniza	Grasa	PC	Fibra	Carbohidratos
	%						
OXC01	90.08 ± 1.2 <sup>a</sup>	9.92 ± 1.2 <sup>d</sup>	6.09 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.66 ± 0.2 <sup>bcd</sup>	20.97 ± 0.5 <sup>bc</sup>	12.36 ± 0.5 <sup>f</sup>	49.00 ± 1.2 <sup>a</sup>
HEC02	84.39 ± 2.2 <sup>bcd</sup>	15.61 ± 2.2 <sup>abc</sup>	6.38 ± 1.1 <sup>b</sup>	1.12 ± 0.1 <sup>de</sup>	22.24 ± 0.5 <sup>ab</sup>	19.87 ± 0.1 <sup>a</sup>	34.78 ± 2.6 <sup>fg</sup>
HEC03	87.98 ± 2.1 <sup>abc</sup>	12.02 ± 2.12 <sup>bcd</sup>	5.85 ± 1.2 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.1 <sup>cde</sup>	21.93 ± 0.4 <sup>ab</sup>	17.73 ± 0.1 <sup>b</sup>	41.30 ± 3.0 <sup>de</sup>
OXC04	83.52 ± 1.2 <sup>cd</sup>	16.48 ± 0.12 <sup>ab</sup>	8.48 ± 0.9 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.1 <sup>e</sup>	22.10 ± 0.2 <sup>ab</sup>	14.59 ± 0.2 <sup>e</sup>	37.63 ± 1.5 <sup>cde</sup>
OXC05	84.58 ± 2.0 <sup>bcd</sup>	15.42 ± 2.0 <sup>abc</sup>	6.19 ± 0.9 <sup>b</sup>	1.64 ± 0.2 <sup>bcd</sup>	22.58 ± 0.2 <sup>ab</sup>	15.58 ± 0.2 <sup>cde</sup>	38.59 ± 1.9 <sup>cde</sup>
CHE06	81.76 ± 1.3 <sup>d</sup>	18.24 ± 1.3 <sup>a</sup>	5.51 ± 0.4 <sup>b</sup>	2.04 ± 0.01 <sup>b</sup>	23.35 ± 0.6 <sup>a</sup>	20.11 ± 0.5 <sup>a</sup>	30.75 ± 1.5 <sup>g</sup>
PET08	89.64 ± 1.5 <sup>ab</sup>	10.36 ± 1.5 <sup>cd</sup>	5.14 ± 0.6 <sup>b</sup>	1.80 ± 0.2 <sup>bcd</sup>	21.76 ± 0.4 <sup>ab</sup>	14.2 ± 0.3 <sup>e</sup>	46.74 ± 1.7 <sup>ab</sup>
JMM09	86.35 ± 1.9 <sup>abcd</sup>	13.65 ± 1.9 <sup>abcd</sup>	5.49 ± 0.4 <sup>b</sup>	2.89 ± 0.2 <sup>a</sup>	22.48 ± 0.3 <sup>ab</sup>	17.09 ± 0.1 <sup>bc</sup>	38.40 ± 1.2 <sup>ef</sup>
JMM106	87.38 ± 2.0 <sup>abc</sup>	12.62 ± 2.0 <sup>bcd</sup>	5.35 ± 0.4 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.3 <sup>ab</sup>	21.50 ± 0.3 <sup>b</sup>	15.77 ± 0.2 <sup>cde</sup>	42.57 ± 1.8 <sup>bcd</sup>
PET11	85.17 ± 0.8 <sup>abcd</sup>	14.83 ± 0.8 <sup>abcd</sup>	5.22 ± 0.3 <sup>b</sup>	1.80 ± 0.4 <sup>bcd</sup>	19.38 ± 0.6 <sup>c</sup>	17.53 ± 0.1 <sup>b</sup>	41.24 ± 0.8 <sup>bc</sup>
CHE12	89.48 ± 2.8 <sup>ab</sup>	10.52 ± 2.8 <sup>cd</sup>	5.38 ± 0.5 <sup>b</sup>	1.89 ± 0.3 <sup>bc</sup>	21.34 ± 0.5 <sup>b</sup>	16.57 ± 0.3 <sup>bcd</sup>	44.30 ± 1.5 <sup>bcd</sup>
FCP13	85.19 ± 1.9 <sup>abcd</sup>	14.81 ± 1.9 <sup>abcd</sup>	5.83 ± 0.4 <sup>b</sup>	1.82 ± 0.2 <sup>bcd</sup>	21.67 ± 1.2 <sup>ab</sup>	15.32 ± 0.4 <sup>de</sup>	40.55 ± 1.5 <sup>bcd</sup>
HAL14	85.15 ± 1.7 <sup>abcd</sup>	14.85 ± 1.7 <sup>abcd</sup>	6.18 ± 0.3 <sup>b</sup>	1.87 ± 0.1 <sup>bc</sup>	21.69 ± 0.4 <sup>ab</sup>	15.04 ± 0.4 <sup>de</sup>	40.37 ± 2.3 <sup>bcd</sup>
Media general	86.20	13.79	5.93	1.73	21.76	16.28	40.47
CV (%)	3.38	21.16	17.17	32.21	4.74	13.42	5.48

MS = Materia seca; PC = Proteína cruda; CV = Coeficiente de variación. Letras diferentes dentro de la misma columna indican una diferencia estadística entre las accesiones en el nivel ( $p \leq 0.05$ ) con la prueba de Tukey. Los datos son  $\pm$  el error estándar de  $n = 3$ .

**Tabla 5.** Contenido mineral de 13 accesiones de ejotes de caupí.

Accesión	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Fe
	mg kg <sup>-1</sup>						
OXC01	446.42 ± 24 <sup>a</sup>	15645.4 ± 208 <sup>e</sup>	4491.21 ± 94 <sup>d</sup>	2716.69 ± 56 <sup>c</sup>	21.54 ± 1 <sup>def</sup>	58.84 ± 5 <sup>g</sup>	72.30 ± 2 <sup>b</sup>
HEC02	113.65 ± 8 <sup>g</sup>	19604.37 ± 56 <sup>a</sup>	8046.90 ± 70 <sup>a</sup>	5431.93 ± 47 <sup>a</sup>	31.26 ± 3 <sup>bc</sup>	67.95 ± 4 <sup>ef</sup>	93.97 ± 3 <sup>a</sup>
HEC03	375.27 ± 28 <sup>b</sup>	17364.17 ± 291 <sup>c</sup>	5033.56 ± 47 <sup>c</sup>	1843.93 ± 27 <sup>e</sup>	36.478 ± 2 <sup>a</sup>	72.48 ± 2 <sup>e</sup>	47.93 ± 1 <sup>ef</sup>
OXC04	468.10 ± 17 <sup>a</sup>	13205.02 ± 78 <sup>g</sup>	5742.49 ± 135 <sup>b</sup>	1042.54 ± 23 <sup>h</sup>	34.50 ± 2 <sup>ab</sup>	95.39 ± 2 <sup>b</sup>	45.45 ± 2 <sup>fg</sup>
OXC05	351.83 ± 10 <sup>bcd</sup>	19371.38 ± 171 <sup>a</sup>	5024.47 ± 70 <sup>c</sup>	2167.88 ± 16 <sup>d</sup>	31.93 ± 0.9 <sup>bc</sup>	107.45 ± 4 <sup>a</sup>	64.22 ± 2 <sup>c</sup>
CHE06	135.06 ± 3 <sup>fg</sup>	18260.99 ± 129 <sup>b</sup>	3808.31 ± 56 <sup>fg</sup>	2646.75 ± 29 <sup>c</sup>	21.98 ± 0.5 <sup>de</sup>	71.03 ± 0.9 <sup>e</sup>	50.59 ± 2 <sup>de</sup>
PET08	357.95 ± 22 <sup>bcd</sup>	16660.43 ± 333 <sup>d</sup>	3681.08 ± 55 <sup>g</sup>	1152.09 ± 39 <sup>h</sup>	19.42 ± 0.4 <sup>efg</sup>	80.49 ± 3 <sup>d</sup>	44.92 ± 1 <sup>fg</sup>
JMM09	336.60 ± 12 <sup>cd</sup>	13297.27 ± 165 <sup>g</sup>	3951.39 ± 75 <sup>f</sup>	1131.00 ± 31 <sup>h</sup>	13.59 ± 0.4 <sup>h</sup>	62.44 ± 1 <sup>fg</sup>	39.15 ± 1 <sup>hi</sup>
JMM10	187.17 ± 11 <sup>e</sup>	11367.07 ± 161 <sup>i</sup>	3136.70 ± 55 <sup>h</sup>	1057.48 ± 58 <sup>h</sup>	23.69 ± 3 <sup>d</sup>	61.90 ± 1 <sup>g</sup>	45.40 ± 1 <sup>fg</sup>
PET11	160.68 ± 7 <sup>ef</sup>	12429.41 ± 209 <sup>h</sup>	3162.69 ± 63 <sup>h</sup>	1678.53 ± 28 <sup>f</sup>	17.44 ± 2 <sup>fg</sup>	52.51 ± 1 <sup>h</sup>	37.33 ± 2 <sup>i</sup>
CHE12	457.81 ± 17 <sup>b</sup>	14577.69 ± 236 <sup>f</sup>	4573.12 ± 112 <sup>d</sup>	2854.03 ± 36 <sup>b</sup>	19.67 ± 0.3 <sup>defg</sup>	82.44 ± 0.7 <sup>cd</sup>	54.24 ± 0.7 <sup>d</sup>
FCP13	367.01 ± 9 <sup>bc</sup>	17641.89 ± 114 <sup>c</sup>	4228.81 ± 33 <sup>e</sup>	2868.18 ± 13 <sup>b</sup>	15.63 ± 0.4 <sup>gh</sup>	86.69 ± 0.9 <sup>c</sup>	42.53 ± 1 <sup>gh</sup>
HAL14	323.32 ± 10 <sup>d</sup>	10843.44 ± 121 <sup>j</sup>	2661.20 ± 32 <sup>i</sup>	1540.82 ± 30 <sup>g</sup>	29.53 ± 0.3 <sup>c</sup>	51.42 ± 0.5 <sup>h</sup>	35.34 ± 0.7 <sup>i</sup>
Media general	313.913	15405.96	4426.29	2163.98	24.35	51.79	73.156
Cv (%)	4.66	18.88	1.6	2.56	5.73	3.43	3.05

Los datos son medias  $\pm$  desviación estándar ( $n = 5$ ). Cv = Coeficiente de variación. Letras diferentes dentro de la misma columna indican una diferencia estadística entre las accesiones ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey.

diferencias encontradas entre las accesiones, se deban al genotipo. Ya que las accesiones evaluadas en el presente estudio, el manejo y las condiciones ambientales fueron igual para todas. Sobre los compuestos fenólicos, se sabe que estos metabolitos secundarios son los más difundidos en el reino vegetal con potencial efecto antioxidante natural y capacidad para actuar como captadores de radicales libres o como quelantes de metales (Eymur-Shafekh *et al.* 2012).

Debido a que se ha demostrado correlación positiva entre el consumo de alimentos ricos en

fenoles y la disminución de enfermedades crónicas ((Shashirekha *et al.* 2015, Awika y Duodu 2017). Es posible que estos metabolitos estén presentes en los ejotes de frijol caupí, por lo que podría ser una alternativa de consumo para aprovechar las bondades de los fenoles en la salud humana, específicamente las accesiones HEC02 y HAL14 que fueron las que presentaron el mayor contenido de estos metabolitos secundarios (19.04 y 18.02 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente). Los resultados indican que las accesiones presentaron niveles adecuados de compuestos fenólicos, pero de acuerdo con los valores

de correlación lineal de Pearson (Tabla 3), este metabolito no determinó la CA en los ejotes, por lo tanto la CA presente en las accesiones podría deberse a otros compuestos bioactivos presentes en las vainas como los flavonoides, isoflavonas, fitoesteroles, ácido ascórbico entre otros, que se conocen por tener propiedades antioxidantes considerables (Jiang y Xiong 2016). El método del DPPH presentó valores mayores que el método del radical ABTS, lo que sugiere que las accesiones podrían presentar una composición con carácter más hidrofílico, ya que el método ABTS, según Enynur-Shakefeh *et al.* (2012) es más útil para analitos con carácter lipofílico, otra probable explicación podría ser la composición fisicoquímica de las accesiones, ya que de acuerdo con Kong *et al.* (2020) la capacidad antioxidante depende de las propiedades fisicoquímicas de los fitoquímicos presentes en el material evaluado y su facilidad de captación, la distribución de los grupos reactivos y el metabolismo del entorno celular. Con respecto a Karapanos *et al.* (2017) que reportan valores de  $183.2 \mu\text{M Trolox g}^{-1}$  en peso fresco para vainas frescas de caupí, los resultados obtenidos en el presente estudio fueron superiores en la capacidad antioxidante por los dos métodos evaluados (Tabla 2).

Los antioxidantes son sustancias que al estar presentes aun en bajas concentraciones, retrasan la oxidación de sustratos y protegen al cuerpo de reacciones de oxidación dañinas, al reaccionar con los radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno obstaculizando el proceso de oxidación, por lo tanto, las enfermedades asociadas con los radicales libres podrían ser menores con el consumo de alimentos que posean CA (Eynur-Shakefeh *et al.* 2012, Jayathilake *et al.* 2018). En este sentido los resultados obtenidos en el presente estudio, sugieren que las leguminosas son una fuente importante, económica y con disponibilidad de antioxidantes, por lo que los ejotes de caupí por sus propiedades antioxidantes podrían ser una alternativa para el consumo en una dieta regular.

### Análisis nutrimental

En estudios previos de López-Guerra y Bressani (2008) reportan que los frijoles crudos de

*V. unguiculata* tiene un contenido de humedad del 11.68%, mientras que en el 69.23% de los ejotes de las accesiones evaluadas tuvieron contenidos superiores de humedad. Para el contenido de cenizas la accesión OXC04 tuvo el mayor valor con 8.48%, lo que indica que es la accesión que tiene alto nivel de elementos minerales. En contraste, la accesión PET08 presentó la menor concentración (5.14%) (Tabla 4). Los resultados obtenidos de cenizas son similares a los valores reportados por Fernández y Sánchez (2017) de 8.24% para frijol ejotero y superior al rango de 3.10 a 4.12% reportado por Ullah *et al.* (2014) para diferentes especies de *Vigna radiata*. Sobre las diferencias en los niveles de nutrimentos encontradas entre variedades o especies pueden deberse a diversos factores, entre los que se encuentran el ambiente, tipo de suelo, forma de cultivo, genética, entre otros (Badui-Dergal 2006). Desde un punto de vista de consumo, los ejotes de la accesión OXC04, contribuyen de forma significativa en la nutrición al ser incluidos en la dieta regular por considerarse buena fuente de nutrientes, lo que ayudaría a controlar o reducir los problemas de mala nutrición por falta de minerales.

Uno de los parámetros más utilizados al evaluar la calidad nutricional de las leguminosas es su contenido de proteínas, los cuales se encuentran dentro del rango de 16.2 a 32.9% reportado por Karapanos *et al.* (2017), y el 92.3% de las accesiones evaluadas presentaron valores superiores a los 23.35% reportado por Collado *et al.* (2017) pero menores que el 29.5% reportado por Machado *et al.* (2017). Al respecto Badui-Dergal (2006) menciona que las diferencias entre la composición química pueden deberse a las condiciones ambientales, al suelo o factores asociados con el cultivo. En general, las proteínas de las leguminosas son ricas en contenidos de aminoácidos esenciales y superiores en algunas variedades locales en comparación con las variedades mejoradas. En este sentido, Salinas-Ramírez *et al.* (2013) reportan que el contenido de proteínas en ejotes de caupí son superiores al contenido de variedades de *Phaseolus vulgaris*. Aproximadamente el 80% de las proteínas provienen de las plantas y son nutricionalmente importantes



para muchas personas (Thangadurai, 2004), de esta manera los ejotes de caupí podrían ser fuente alternativa de proteína de bajo costo. Otro aspecto importante, es el contenido de grasa, que junto con los carbohidratos forman los principales componentes que aportan contenido energético o calórico de los alimentos. Al respecto, Katoch (2014) reportó contenidos de grasa para diferentes especies de *Vigna* con valores de 1.43% para *V. radiata*, 0.44% para *V. angularis*, 1.74% para *V. mungo*, 1.59% para *V. umbellata* y 1.78% para *V. unguiculata*, por lo que las accesiones HEC01 (1.66%) y OXC05 (1.64%) tienen valores similares a *V. mungo* y PET08 (1.80%), PET11 (1.80%) y FCP13 (1.82%) tienen valores similares a *V. unguiculata*, destacando la accesión JMM09 (2.89%) con el máximo contenido de grasa entre las accesiones y superior al contenido reportado por estos autores. Se sabe que las grasas contenidas en los alimentos son capaces de aportar ingredientes que el cuerpo humano es incapaz de sintetizar por sí mismo pero que son imprescindibles, como los ácidos grasos esenciales del grupo omega 3 y omega 6, además son vehículo para el aporte de algunas vitaminas liposolubles (Riera et al. 2004). Considerando la importancia del aporte de las grasas en la alimentación y que parte de la composición natural de los alimentos que ingiere el ser humano, estas grasas deben tener alguna propiedad que ayuden a mantener el buen funcionamiento del organismo humano, debido a su importancia y a los resultados obtenidos es de interés realizar estudios específicos sobre la composición de la fracción grasa de los ejotes de caupí, ya que podría ser fuente de ácidos grasos esenciales para actividades benéficas del cuerpo humano propias de las grasas.

Para la fibra cruda los resultados (12.36-20.11%) son superiores a los reportados por Katoch (2014) para semillas de *V. unguiculata* (4.85%). En general, las semillas de esta variedad contienen de 5.6 a 6.8% de fibra cruda (Khalid y Elhardallou, 2016). Las diferencias observadas se pueden atribuir a la parte fibrosa de las vainas que se incluyeron en el estudio y que incrementaron el contenido de la fibra, lo que indica que el consumo de ejotes en comparación con el consumo de semillas incrementa el aporte

de la fibra cruda. Al respecto Kong et al. (2020) reportan que el contenido de fibra cruda se relaciona con el contenido de fibra dietética, lo que sugeriría que los ejotes de caupí también contienen altos contenidos de este componente, útil para mejorar la función intestinal. Al igual que la fibra, los carbohidratos son un grupo de nutrientes que necesita atención específica porque incluyen sustancias fuentes de energía, por ejemplo, almidón, sacarosa, glucosa, fructosa, maltosa, galactosa, entre otros (Ntatsi et al. 2018), y en algunas ocasiones también pueden comportarse como fibra dietética (Badui-Dergal 2006). Por la presencia de cantidades importantes de cenizas, proteína, grasa y fibra las accesiones de los ejotes de caupí sobresalientes podrían ser material elegible como alimento prometedor con aporte nutrimental de bajo costo que igualan o superan a variedades comerciales de *Vigna* consideradas como fuente nutrimental importante.

### Análisis mineral

Un consumo deficiente de los elementos minerales causa trastornos metabólicos que ocasionan enfermedades, o deterioro en el crecimiento, especialmente en niños (Gerrano et al. 2017). La variabilidad estimada por los cuadrados medios del análisis de varianza permitió identificar a las accesiones con mayor contenido mineral, la tendencia de las concentraciones fue en el orden  $K > Ca > Mg > P > Fe > Zn > Mn$ . Los valores de K oscilaron entre 11 367.07 y 19 604.37 mg kg<sup>-1</sup>, lo que podría relacionarse con la fertilidad del suelo utilizado, de donde las raíces de frijol caupí pudieron tomar este nutriente. Específicamente las accesiones HEC02 y OXC05 que presentaron el mayor contenido de K, podrían ser adecuadas para consumo por personas con actividad física elevada, ya que demandan grandes concentraciones de este elemento mineral (Ribeiro et al. 2012).

Los contenidos de Ca (2661.20 - 8046.90 mg kg<sup>-1</sup>) superaron los reportados por Madodé et al. (2012) quienes reportan contenidos entre 661.6 y 1444.5 mg kg<sup>-1</sup> para 20 variedades de frijol caupí cultivadas en África occidental, por lo que los valores encontrados en las accesiones de Ca, podrían con-

siderarse aptos para proporcionar niveles adecuados de este nutriente, tan importante para el cuerpo humano que funciona como componente de huesos y dientes, es importante para la función de regulación de nervios y músculos, así como para la activación enzimática (Murray *et al.* 2000). Otro micronutriente es el Fe, mineral presente de manera importante en las leguminosas; los requerimientos para satisfacer las necesidades nutrimentales de una persona son de 8 a 18 mg día<sup>-1</sup> (White y Broadley, 2005), por lo que la accesión OXC05 que tuvo los mayores contenidos, fueron superiores a lo reportado por Jiménez-Hernández *et al.* (2012) para *P. vulgaris* (55.5 mg kg<sup>-1</sup>), lo que sugiere que esta accesión podría ser útil como complemento en la dieta para cubrir estos requerimientos. Al respecto, Kumar y Prasad (1999) mencionan que el incremento de este mineral en los vegetales se relaciona con la ferritina, proteína que funciona como regulador de este elemento para proteger a las plantas de efectos tóxicos.

Por otra parte, debido a que el Zn procedente de los alimentos vegetales es de menor biodisponibilidad por la presencia de antinutrientes como el ácido fítico es necesario saber cuánto de este elemento está disponible para el consumidor (Rubio *et al.* 2007). La ingesta diaria recomendada de Zn en la dieta es de 10 a 15 mg (Wei *et al.* 2012), por tanto, los ejotes de frijol caupí son una buena alternativa para satisfacer las necesidades de este elemento mineral.

Los resultados muestran diferencias para el contenido de elementos minerales reportados por otros autores, para accesiones de vainas inmaduras del género *V. unguiculata* Gerrano *et al.* (2017) reporta contenidos de K entre 17074 y 22265 mg kg<sup>-1</sup>, Mn entre 21.05 y 47.72 mg kg<sup>-1</sup> y Fe entre 60.05 y 97.78 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que Muranaka *et al.* (2016) reporta contenidos de Zn entre 32.7 y 45.9 mg kg<sup>-1</sup>.

Al respecto, Goncalves *et al.* (2016) mencionan que la amplia variación de minerales inclusive en una misma variedad depende de los cultivares específicos evaluados, mientras que Shegro *et al.* (2012) reportan que un factor que podría influir es la capacidad de las diferentes accesiones para absorber los elementos minerales del suelo y transportarlos a la planta. De acuerdo con estudios previos realizados por Morales-Morales *et al.* (2019) quienes reportaron contenidos de K (219.2-1024.6 mg kg<sup>-1</sup>), Ca (125.5-468.3 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (4.4-34.5 mg kg<sup>-1</sup>) y Zn (2.8-15.0 mg kg<sup>-1</sup>) en las semillas de éstas mismas accesiones, se observa que el contenido de minerales aumenta en los ejotes mientras que la semilla disminuye, por lo que se asume que el consumo de ejotes aporta más minerales que cuando se consumen las semillas.

## CONCLUSIONES

Los ejotes de frijol caupí (*V. unguiculata*) cultivados en la península de Yucatán tienen alto contenido nutrimental y nutracéutico. Presentando la accesión CHE04 el mayor contenido de humedad, proteína cruda y fibra cruda, lo que indica que tiene alto valor nutrimental. Mientras que la accesión HEC02 con la mayor concentración de K, Ca, Mg y Zn, tiene potencial para la producción de ejotes de buena calidad mineral. Con respecto a las propiedades nutracéuticas la accesión HAL14 destacó por el mayor nivel de fenoles totales y capacidad antioxidante. Desde una perspectiva de consumo, los ejotes de frijol caupí contribuyen de forma significativa con la alimentación de las poblaciones vulnerables económicamente si se incluyen en la dieta regular.

## LITERATURA CITADA

- Alghamdi SS, Khan MA, Migdadi HM, El-Harty EH, Afzal M, Farooq M (2019) Biochemical and molecular characterization of cowpea landraces using seed storage proteins and SRAP marker patterns. Saudi Journal of Biology Science 26: 74-82.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA, USA. pp: 771.

- Apáez-Barríos P, Escalante-Estrada JAS, Ramírez-Vallejo P, Koch-Olt SD, Sosa-Montes E, Olalde-Gutiérrez VM (2016) Producción y calidad nutrimental de vaina del frijol chino, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, en función de arreglo topológico y tipo de fertilización. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 48: 31-42.
- Awika JM, Duodu KG (2017) Bioactive polyphenols and peptides in cowpea (*Vigna unguiculata*) and their health promoting properties: A review. *Journal of Functional Foods* 38: 686-697.
- Badui-Dergal S (2006) *Química de los alimentos*. 5th edición. Editorial Pearson Educación, México. pp: 430.
- Boukar O, Belko N, Chamarthi S, Togola A, Batieno J, Owusu E, Haruna M, Diallo S, Humarr ML, Olufajo O, and Fatokun C (2019) Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. *Plant Breeding* 138: 415-424.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* 28: 25-30.
- Cardoso P, Mateus TC, Velu G, Singh RP, Santos JP, Carvalho ML, Lourenço VM, Lidon F, Roberedo F, Guerra M (2018) Localization and distribution of Zn and Fe in grains of biofortified bread wheat lines through micro- and triaxial-X-ray fluorescence spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 141: 70-79.
- Collado ET, Klug V, Artés-Hernández F, Aguayo E, Artés F, Fernández JA, Gómez PA (2018) Quality changes in nutritional traits of fresh-cut and then microwaved cowpea seeds and pods. *Food and Bioprocess Technology* 12: 338-346.
- Collado E, Venzke-Klug T, Martinez-Sanchez A, Artes-Hernandez F, Aguayo E, Artes F, Fernandez JA, Gomez PA (2017) Immature pea seeds: effect of storage under modified atmosphere packaging and sanitation with acidified sodium chlorite. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97: 4370-4378.
- Emynur-Shafekh S, Mood Adzim-Khalili R, Catherine CCW, Siti-Syakiroh ZA, Ummu-Habibah A, Norhayati AH, Nor-Farhanah MY, Noor-Husna Z, Siti-Nafzah MB, Azlina M, Noor-Shahhida SAR, Ahmad-Zubaidi AL (2012) Total Phenolic content and in vitro antioxidant activity of *Vigna sinensis*. *International Food Research Journal* 19: 1393-1400.
- Esquivel-Esquivel G, Acosta-Gallegos J, Rosales-Serna R, Pérez-Herrera P, Hernández-Casillas J, Navarrete-Maya R, Muruaga-Martínez J (2006) Productividad y adaptación del frijol ejotero en el valle de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 119-126.
- Fernández VAF, Sanchez CE (2017) Study of physicochemical properties and nutritional quality in different varieties of beans consumed in Mexico. *Nova Scientia* 9: 133-148.
- Gerrano AS, Van rensburg WSJ, Adebola PO (2017) Nutritional composition of immature pods in selected cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] genotypes in South Africa. *Australian Journal of Crop Science* 11: 134-141.
- Gerrano AS, Van Rensburg WSJ, Venter SL, Shargie NG, Amelework BA, Shimelis HA, Labuschagne MT (2019) Selection of cowpea genotypes based on grain mineral and total protein content. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science* 69: 155-166.
- Goncalves A, Goufo P, Barros A, Dominguez-Perles R, Trindade H, Rosa E A, Ferreira L, Rodrigues M (2016) Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), a renewed multipurpose crop for a more sustainable agri-food system: nutritional advantages and constraints. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 2941-2951.
- González-Moscoso M, Martínez-Villegas NV, Cadenas-Pliego G, Benavides-Mendoza ADC Rivera-Cruz M, González-Morales S, Juárez-Maldonado A (2019) Impact of silicon nanoparticles on the antioxidant compounds of tomato fruits stressed by arsenic. *Foods* 8: 612. Doi: 10.3390/foods8120612.

- Harouna DV, Venkataramana PB, Ndakidemi PA, Matemu AO (2018) Under-exploited wild *Vigna* species potentials in human and animal nutrition: A review. *Global Food Security* 18: 1-11. Doi: 10.1016/j.gfs.2018.06.002.
- Jayathilake C, Visvanathan R, Deen A, Bangamuwage R, Jayawardana BC, Nammi S, Liyanage R (2018) Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98: 4793-4806.
- Jiang J, Xiong YL (2016) Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science* 120: 107-117.
- Jiménez-Hernández Y, Acosta-Gallegos JA, Sánchez-García BM, Martínez-Gamiño MA (2012) Características agronómicas y contenido de Fe y Zn en el grano de frijol tipo Rosa de Castilla (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 311-325.
- Karapanos I, Papandreou A, Skouloudi M, Makrogianni D, Fernandez JA, Rosa E, Ntatsi G, Bebeli PJ, Savvas D (2017) Cowpea fresh pods - a new legume for the market: assessment of their quality and dietary characteristics of 37 cowpea accessions grown in southern Europe. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97: 4343-4352.
- Katoch R (2014) Comparison of nutritional composition of *Vigna* spp. Prevalent in the Mid-Hill region of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry* 27: 202-207.
- Khalid II, Elhardallou SB (2016) Factors that compromise the nutritional value of cowpea flour and its protein isolates. *Food and Nutrition Sciences* 7: 112-121.
- Klug VT, Collado E, Martinez-Sanchez A, Gomez PA, Aguayo E, Artes F, Artes-Hernandez F (2020) Viability of sous vide, microwave and high pressure processing techniques on quality changes during shelf life of fresh cowpea puree. *Food Science and Technology International* ID: 1082013220921059. Doi: 10.1177/108201322092105
- Kong CK, Tan YN, Chye FY, Sit NW (2020) Nutritional compositions, biological activities, and phytochemical contents of the edible bamboo shoot, *Dendrocalamus asper*, from Malaysia. *International Food Research Journal* 27: 546-556
- Kumar T, Prasad M (1999) Metal binding properties of ferritin in *Vigna mungo* (L.) Hepper (Black Gram): Possible role in heavy metal detoxification. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 62: 502-507.
- López-Guerra CM, Bressaldi R (2008) Uso del cowpea (*Vigna unguiculata*) en mezclas con frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58: 71-80.
- Machado N, Oppolzer D, Ramos A, Ferreira E, Rosa A, Rodrigues M, Dominguez-Perles R, Barros AI (2017) Evaluating the freezing impact on the proximate composition of immature cowpea (*Vigna unguiculata* L.) pods: classical versus spectroscopic approaches. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97: 4295-4305.
- Madodé YE, Linnemann AR, Nout MJR, Vosman B, DjidJoho J, Hounhouigan J, Martinus AJS, Boekel B (2012) Nutrients, technological properties and genetic relationships among twenty cowpea landraces cultivated in West Africa. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 2636-2647.
- Morales-Morales AE, Andueza-Noh RH, Marquez-Quiroz C, Benavides-Mendoza A, Tun-Suarez JM, Gonzalez-Moreno A, Alvarado-López CJ (2019) Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) de la Península de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6: 463-475.

- Moreira-Araujo RSDR, Sampaio GR, Soares RAM, Silva CPDA, Araujo MADM, Arêas JAG (2018) Identification and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity in cowpeas of brs xiquexique cultivar. *Revista Caatinga* 31: 209-216.
- Muranaka S, Shono M, Myoda T, Takeuchi J, Franco J, Nakazawa Y, Boukar O, Takagi H (2016) Genetic diversity of physical, nutritional and functional properties of cowpea grain and relationships among the traits. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 14: 67-76
- Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW (2000) *Harper's biochemistry*, 25th Edition, McGraw-Hill, Health Profession Division. USA. 693p.
- Ntatsi G, Gutiérrez-Cortines ME, Karapanos I, Barros A, Weiss J, Balliu A, Rosa EADS, Savvas D (2018) The quality of leguminous vegetables as influenced by preharvest factors. *Scientia Horticulturae* 232: 191-205.
- Omueti O, Ojomo O, Ogunyanwo O, Olafare S (1986) Biochemical components and other characteristics of maturing pods of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata*). *Experimental Agriculture* 22: 25-32.
- Ribeiro ND, Maziero SM, Prigol M, Nogueira C, Piano D, Possobom M (2012) Mineral concentrations in the embryo and seed coat of common bean cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis* 26: 89-95.
- Riera BJ, Salcedo RC, López AP (2004) *Química y bioquímica de los alimentos*. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 155 p.
- Rubio C, González-weller D, Martín-Izquierdo R, Revert C, Rodríguez I, Hardisson A (2007) El zinc: oligoelemento esencial. *Nutricion Hospitalaria* 22: 101-107.
- Salinas-Ramírez N, Escalante-Estrada JA, Rodríguez-González MT, Sosa-Montes E (2013) Rendimiento, calidad nutrimental y rentabilidad del frijol ejotero de temporal en San Pablo Ixayoc, México. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 19: 333-342.
- Shashirekha MN, Mallikarjuna SE, Rajarathnam S (2015) Status of Bioactive Compounds in Foods, with Focus on Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55: 1324-1339.
- Shegro A, Shargie NG, van Biljon A, Labuschagne MT (2012) Diversity in starch, protein and mineral composition of sorghum landrace accessions from Ethiopia. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 15: 275-280.
- Singh B, Singh JP, Shevkani K, Singh N, Kaur A (2017) Bioactive constituents in pulses and their health benefits. *Journal of Food Science Technology* 54: 858-870.
- Sivakumar D, Chen L, Sultanbawa Y (2018) A comprehensive review on beneficial dietary phytochemicals in common traditional Southern African leafy vegetables. *Food Science and Nutrition* 6: 714-727.
- Sombié PAED, Compaoré M, Coulibaly AY, Ouédraogo JT, Tignégré JBDLS, Kiendrébéogo M (2018) Antioxidant and phytochemical studies of 31 cowpeas (*Vigna unguiculata* (L. Walp.)) Genotypes from Burkina Faso. *Foods* 7: 143. Doi: 10.3390/foods7090143.
- Statgraphics (2010) *User Manual*, STATGRAPHICS® Centurion XVI StatPoint Technologies, Inc. Warrenton, VA, EE. UU.
- Sultana BF, Anwar F, Ashraf M (2009) Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules* 14: 2167-2180.
- Thangadurai D (2004) Chemical composition and nutritional potential of *Vigna unguiculata* ssp. *cylindrica* (faba-ceae). *Journal of Food Biochemistry* 29: 88-98.

- Traffano-Schiffo MV, Aguirre-Calvo TR, Avanza MV, Santagapita PR (2020) High-intensity ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from cowpea pods and its encapsulation in hydrogels. *Heliyon* 6:e04410. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04410.
- Uguru M (1996) A note on the Nigerian vegetable cowpea. *Genetic Resources and Crop Evolution* 43: 125-128
- Ullah R, Ullah Z, Al-deyab SS, Adnan M, Tariq A (2014) Nutritional assessment and antioxidant activities of different varieties of *Vigna radiata*. *The Scientific World Journal* Article ID: 871753. Doi: 10.1155/2014/871753.
- Wei Y, Shohag MJ, Wang Y, Lu L, Wu C, Yang X (2012) Effect of zinc sulfate fortification in germinated brown rice on seed zinc concentration, bioavailability, and seed germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 1871-1879.
- White PJ, Broadley MR (2005) Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science* 10: 586-593.
- Zia-Ul-Haq M, Ahmad S, Amarowicz R, De Feo V (2013) Antioxidant activity of the extracts of some cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) cultivars commonly consumed in Pakistan. *Molecules* 18: 2005-2017.