

Importancia cultural y nutricional de especies de frijol (*Phaseolus*) endémicas de México

Kevin Matul-Ramos¹, David Fonseca Hernández¹, Lilia Carolina Acevez Mares¹, Elba Montserrat Alcázar Valle¹, Eugenia Lugo Cervantes¹ y Luis Mojica^{1*}

¹Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: lmojica@ciatej.mx

Palabras clave:

ayocote, comba, culinario, ibes, nutricional

Resumen

El frijol común es una de las legumbres más consumidas en México, así como uno de los alimentos base para la gastronomía mexicana. Se tuvo como objetivo recopilar información sobre tres especies del género *Phaseolus* (*P. coccineus* L., *P. lunatus* L. y *P. polyanthus* L.), las cuales, a pesar de no ser comúnmente conocidas, tienen un importante valor nutricional y cultural. Se describe la distribución, importancia culinaria y potencial biológico de las distintas especies, así como las zonas biogeográficas donde se cultiva cada una. De igual manera, se describe el contenido de proteína, carbohidratos, grasas, fibra y fitoquímicos como los compuestos fenólicos presentes en las variedades reportadas. Con ello se busca dar una breve introducción e incentivar al aprovechamiento de estas especies con gran potencial agrícola y alimentario.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la segunda legumbre más consumida en el mundo después de la soya (*Glycine max*), en México se considera uno de los cultivos más importantes del sector agrícola. En el año 2023 se sembró una superficie total de 597,133.13 ha de las cuales se obtuvo un rendimiento de 0.82 unidades de medidas por hectáreas (udm/ha), reportado por el Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP, 2023). Es un cultivo perenne que se encuentra en climas húmedos, tropicales y secos incluyendo también climas subhúmedos, subtropicales y subsecos (Vargas Vázquez *et al.*, 2012).

Enfoques Transdisciplinarios:
Ciencia y Sociedad, 2(2), 93-108.
ISSN: 3061-709X. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12774554>

Recibido: 14 marzo 2024
Revisado: 9 mayo 2024
Aceptado: 15 julio 2024
Publicado: 18 julio 2024



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



La clasificación taxonómica del frijol pertenece al orden Fabales y a la familia Fabaceae en la cual existen cuatro especies importantes del género *Phaseolus* las cuales son: *P. vulgaris* L. (frijol común), *P. coccineus* L. (frijol Ayocote, Botil), *P. lunatus* L. (frijol Comba, andino) y *P. polyanthus* L. (Ibes, frijol de todo el año, Acalelt, Xuyumel) (Alcázar-Valle *et al.*, 2020).

La domesticación del frijol proviene de dos herencias genéticas (Mesoamérica y los Andes), aunque estas especies de frijol se han encontrado de forma silvestre y domesticada por todo el territorio mexicano con diferentes morfologías, colores y tamaños. Sus características dependen de la especie, la zona biogeográfica, altitud y clima (Andueza-Noh *et al.*, 2016). Estas condiciones proporcionan una gran diversidad en composición fitoquímica y nutricional a las semillas de frijol. Autores como Schier *et al.* (2019) mencionan que el tamaño de raíces que presenta cada especie juega un papel importante en la captación de minerales y nutrientes dependiendo el género, con impacto en la composición nutricional de cada especie de semilla (Suárez-Martínez *et al.*, 2016).

A pesar de que el frijol común es la especie más comercializada y consumida en México desde la época Prehispánica, esta presenta algunas desventajas como su cultivo anual, sensibilidad al estrés abiótico, volviéndola una especie que puede ser vulnerable durante cambios de clima adversos y a estrés biótico (plagas y enfermedades) (Schier *et al.*, 2019). Además, presenta una mayor composición de compuestos considerados como antinutricionales (inhibidores de tripsina, leptina, ácidos fítics, entre otros) que pueden afectar la adsorción de nutrientes al momento de consumirse (Bosmali *et al.*, 2023).

Por otro lado, especies como *P. coccineus* L., *P. lunatus* L. y *P. polyanthus* L. presentan una variedad genética que los hace resistentes a distintos climas, altitudes y condiciones ambientales, así como diversa composición de compuestos nutricionales (Porch *et al.*, 2013). Purwanti y Fauzi, (2019) han reportado que algunas especies del género *Phaseolus* presentan una menor cantidad de compuestos antinutricionales en comparación al frijol común. Sin embargo, la limitante que presentan estas especies de *Phaseolus* es la escasa información que existe acerca de los compuestos nutricionales, la distribución y el potencial biológico que pueden tener estas. Por ello, el presente trabajo se centra en recopilar información sobre tres especies del género *Phaseolus* con el fin de dar a conocer la importancia cultural y nutricional de estas especies cultivadas y poco reconocidas en México.

Distribución en México

El frijol se ha distribuido por todo el continente americano, siendo México donde se encuentra la mayor diversidad de especies. Las especies más relevantes son el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Comba (*Phaseolus lunatus* L.), Ayocote (*Phaseolus*



coccineus L.) e Ibes (*Phaseolus polyanthus* L.), las cuáles se han identificado, clasificado por su morfología y pruebas filogenéticas (Vargas Vázquez, Lépiz & Pérez, 2012). Su cultivo y desarrollo depende del clima, la altitud, la zona biogeográfica y tipo de suelo. A continuación, se describirán las características generales de cada especie de frijol y las regiones donde se cultivan (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de variedades de frijol en México

Especie	Varietades	Zonas biogeográficas	Estados	Altitude máximas (msnm)	Referencia
Ayocote (<i>Phaseolus coccineus</i> L.)	31	Sierra Madre Oriental Eje Neovolcánico	Puebla	5600	(López-Baéz <i>et al.</i> , 2018)
	789	Eje Neovolcánico Sierra Madre Oriental Sierra Madre del Sur Mesa del Centro Sierras de Chiapas	Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Estado de México, Oaxaca, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Chiapas, Hidalgo, San Luis Potosí	800-2600	(Ruíz Salazar <i>et al.</i> , 2021)
Comba (<i>Phaseolus lunatus</i> L.)	104	Provincia de Tamaulipas Eje volcánico transversal Depresión del Balsas Sierra Madre del Sur Costa Pacífica Mexicana Provincia de Golfo de México Península de Yucatán Sierra de Chiapas	Tamaulipas, Veracruz, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, Nayarit, Colima, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas	500	(Andueza <i>et al.</i> , 2016)
Ibes (<i>Phaseolus polyanthus</i> L.)	30	Sierra Madre Occidental Sierra Madre del Sur	Jalisco	91,578	(Lopez Alcocer <i>et al.</i> , 2016)
	1	Sierra de Chiapas	Chiapas	1,000	(Acosta <i>et al.</i> , 1993)

Frijol Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.)

El frijol Ayocote, también conocido como frijolón, bótíl (Chiapas), tecómare y patol (Chihuahua) o yegua (Jalisco), es un frijol endémico de Mesoamérica. En algunos trabajos de conservación se ha reportado la distribución de este frijol en regiones altas, en campos denominados “tierra templada” a 2,262 metros sobre el nivel del mar (msnm), donde los agricultores juegan un rol esencial en su distribución (Schmit and & Debouck , 1991;Porch et al, 2013). La altitud es un factor importante para el cultivo de distintas variedades de frijol Ayocote (Worthington *et al.*, 2012). Dentro de sus características generales, distintas variedades de frijol Ayocote presentan colores oscuros (violeta, morado, gris, café) con ligeros patrones moteados y rayados. Respecto a su morfología, la forma de riñón, rectangular, oval y redondeada predominan (Figura 1) (Vargas Vázquez *et al.*, 2012).



Figura 1. Frijol del género *Phaseolus*, frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), Comba (*Phaseolus lunatus* L.) e lbes (*Phaseolus polyanthus* L.) de diferentes variedades las cuales fueron recolectadas en Chiapas y Guerrero

Fuente: elaboración propia

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) reportó la distribución de frijol Ayocote principalmente en los estados de Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Estado de México, Oaxaca, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Chiapas, Hidalgo y San Luis Potosí, presentando un rango de altitud que va de 801 a 2,602 msnm (Vargas-Vázquez *et al.*, 2012). Por otra parte, se han reportado zonas biogeográficas relevantes donde se ha encontrado esta especie de frijol, las cuales se dividen en seis provincias correspondientes al Eje Neovolcánico, Sierra Madre Oriental, Mesa del Centro y la Sierra de Chiapas, y algunas subprovincias donde se han recolectado como representadas son el Eje Neovolcánico (Lagos y volcanes del Anáhuac, y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo), Sierra Madre Oriental (Carso Huasteco), Sierra Madre del Sur (Sierras Orientales y Mil Cumbres), Mesa del Centro (Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato) y Sierra de Chiapas y Guatemala (Sierras del Norte de Chiapas) (Vargas-Vázquez *et al.*, 2020, Ruíz-Salazar Hernández, Vargaz & Mayek-Pérez, 2021).



Frijol Comba (*Phaseolus lunatus* L.)

El frijol Comba, también conocido como frijol ancho (Veracruz), lima o patachete (Jalisco), presenta una forma plana, ovalada, con patrones moteados (no en todas las semillas) de diferentes colores (rojo, blanco y negro) (Figura 1). Se han reportado en 16 estados de la república y en ocho provincias biogeográficas como la provincia Tamaulipas y el extremo norte de Veracruz, el eje volcánico transversal en la región que abarca los estados de Jalisco, Michoacán, Veracruz y Oaxaca, también en la provincia de la depresión del Balsas en los estados de Guerrero, Jalisco Michoacán, Morelos y Oaxaca, la provincia Sierra Madre del sur, la provincia Costa Pacífica Mexicana, en la provincia Golfo de México, la provincia Península de Yucatán y la provincia de Chiapas en las cercanías de la Sierra Madre de Chiapas (Pliego-Marín *et al.*, 2013; Andueza-Noh *et al.*, 2016). Además, se han encontrado en regiones con climas cálidos subhúmedo con lluvias en verano y en un rango de altitud de 400 hasta 2,292 msnm (Andueza-Noh *et al.*, 2016). Sin embargo, en algunos trabajos mencionan que *P. lunatus* L. se desarrolla mejor en altitudes bajas, con mayor precipitación al año, a diferencia de *P. coccineus* L. que se puede encontrar en climas y altitudes más variadas (López Soto *et al.*, 2005).

Frijol Ibes (*Phaseolus polyanthus* L.)

El frijol Ibes conocido por otros nombres como Xuyumel (Puebla, Totonaco), Acatel (Puebla, Nahual), es un frijol endémico de México conocido también como frijol de todo el año. Se ha encontrado de manera silvestre y en cultivo doméstico existiendo muy pocos registros de esta especie, pero ahora se sabe que esta especie tiene afinidad y relación genética con el frijol común (Porch *et al.*, 2013). Se ha encontrado su distribución desde Chihuahua hasta Xalapa. En este sentido, se reportó que en los Altos de Chiapas esta especie ha tenido menor incidencia a presentar enfermedades fúngicas que suelen afectar generalmente al frijol común (Acosta *et al.*, 1993). Esta especie se ha encontrado en lugares con mucha precipitación y alta humedad de los Altos de Chiapas en altitudes de 1,880 msnm (Schmit & Debouck, 1991).

Importancia culinaria y cultural

El frijol es uno de los alimentos e ingredientes base en la gastronomía mexicana, puesto que es la clave para la preparación de múltiples platillos típicos y sus variantes a lo largo del territorio nacional (Figura 2). La especie de frijol común es la más utilizada para la elaboración de platillos; sin embargo, otras especies como el frijol Comba y Ayocote son igualmente aprovechadas en las regiones donde se cultivan para preparar platillos tradicionales.

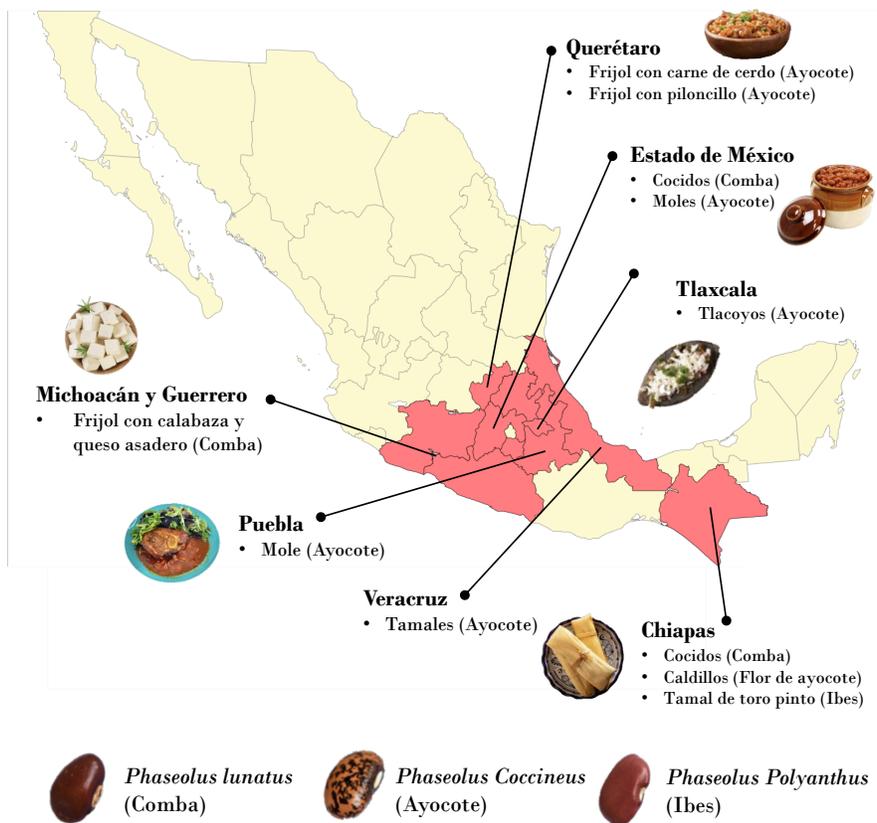


Figura 2. Mapa de platillos típicos referentes a las variedades de frijol
Fuente: elaboración propia

El frijol Ayocote es consumido por parte de la población que habita en regiones altas, el cual es cultivado principalmente por adultos mayores. Las técnicas de su cultivo tradicional han pasado de generación en generación, proporcionando un valor tanto cultural como económico a las variedades de Ayocote (López Báez, 2018). Debido a su gran tamaño, se utiliza para la preparación de diversos platillos, por ejemplo, en Tlaxcala se usa para preparar tlacoyos, en Puebla se añaden en adobos y cocidos, en el caso de Chiapas, consumen la flor del Ayocote en caldillos de jitomate con chile (Carmo, 2023). Por otro lado, en Querétaro se les conocen como “Ayecotes”, son cocinados con carne de cerdo y en preparaciones dulces. Además, en el Estado de México, Hidalgo, Puebla y Morelos los frijoles Ayocotes son preparados en mole con una variedad denominada “Elamajetl”, la cual es utilizada para preparar tamales en Veracruz (Muñoz, 2012). Por otra parte, el frijol Comba es consumido ampliamente en Chiapas y en la zona de Tierra Caliente, la cual está conformada por los estados de Michoacán, Guerrero y Estado de México. En esta zona se preparan cocidos junto con calabaza y queso asadero (Muñoz, 2012). En



Chiapas, el frijol Ibes (*P. polyanthus* L.) se utiliza para preparar tamales de toro pinto (tamal de frijol), cocido en caldo junto con otros ingredientes como epazote y chile para eventos y ocasiones especiales (Molina López, 2014).

Como se menciona anteriormente, el frijol es un ingrediente muy importante para la gastronomía mexicana, esto se debe a que el frijol forma parte del sistema agrícola tradicional conocido como "Milpa" que se ha utilizado desde la época prehispánica hasta la actualidad. Este se define como un sistema de policultivo donde varios cultivos comparten el mismo espacio para su crecimiento y desarrollo. El maíz (*Zea mays*) es la principal especie del sistema milpa, el cual generalmente se acompaña de calabaza (*Curcubita* spp.) y distintas especies y variedades de frijol; sin embargo, se pueden cultivar otras especies como el chile y tomate, esto le ha dado una importancia cultural en nuestra gastronomía. (Sánchez-Velázquez *et al.*, 2023). A esta combinación se le conoce como "la tríada mesoamericana". En México y en las tribus de América del Norte esta práctica de cultivo se ha conservado a través de la leyenda "las tres hermanas" (Yu Liu, 2019). Biruete *et al.* (2024) mencionaron que se ha utilizado otras legumbres provenientes del género *Phaseolus* como *P. lunatus* L., lo que ha contribuido a la gran diversidad en ingredientes y alimentos que entran en el patrón dietético.

Las distintas variedades de frijol son parte de las tradiciones culinarias de México, por ello es importante preservar y resaltar el valor de estas para evitar su pérdida como ingrediente típico en la creación de distintos platillos, así como incentivar a la preservación de su cultivo y uso en las distintas regiones a través del país.

Características Nutricionales

Carbohidratos

Los carbohidratos son el principal macronutriente que se encuentra en el frijol. En la Tabla 2 se presenta el porcentaje de carbohidratos (60 a 73%) respectivo a las especies del género *Phaseolus*. Estos macronutrientes son utilizados por la planta como reserva energética, para ser aprovechados durante el proceso de germinación y crecimiento hasta que esta alcanza un desarrollo adecuado. La presencia de estos distintos tipos de carbohidratos se debe a varios factores como: el suelo, capacidad de adsorción de la raíz para fijar nitrógeno, las precipitaciones, la altitud y las regiones biogeográficas en la que se encuentra. Los principales carbohidratos que se encuentran en el cotiledón son: almidón, sacarosa, glucosa y fructosa (Vargas-Vázquez *et al.*, 2020). Existe una gran variedad de estudios de frijol Ayocote donde se destaca el alto contenido de carbohidratos (Alcázar-Valle *et al.*, 2020, 2021; Alvarado-López *et al.*, 2019; Corzo-Ríos *et al.*, 2020; Imam *et al.*, 2024). Alvarado-López *et al.* (2019) reportaron el contenido nutricional de cuatro variedades de frijol Ayocote



encontrando diferencias significativas, donde destacaron el frijol Ayocote variedad negro (60.9%) y variedad blanca (67.7%). Por otra parte, en un estudio de distintas variedades de frijol de Chiapas, la única variedad de *P. polyanthus* L. presentó una abundancia de carbohidratos (>60%) en comparación con las demás especies reportadas (Alcázar-Valle *et al.* 2021).

Tabla 2. Nutrientes (proteína, carbohidratos, fibra, grasa y cenizas) y compuesto fitoquímicos encontrados en frijoles del género *Phaseolus* spp

Especies de <i>Phaseolus</i>	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fitoquímicos	Referencias
<i>P. lunatus</i> L.	25.5	N/R	5.9	0.75	4.9	N/R	(Betancur-Ancona <i>et al.</i> , 2004)
	25	N/R	>4.5	>1	N/R	N/R	(Pliego-Marín <i>et al.</i> , 2013)
	>21	>60	<6	<6	<6	<3 µgEAF/g harina 250 µgEQ/g harina	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2020)
<i>P. coccineus</i> L.	20	>60	<6	<6	<6	>50 µgEG/g harina >150 µgEQ/g harina	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2020)
	18.9	67.09	6.72	1.61	4	1,732.34 mg EAG/Kg 1,501.30 mg QE/Kg 1,082.27 mg EC3G/Kg	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
	18.5	67.7	6.7	1.6	4.1	2075.91 mg EAG/Kg 1612.30 mg EQ/Kg 1193.27 mg EC3G/Kg	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
	18.1	67.8	6.9	1.6	4.2	1561.25 mg EAG/Kg 1248.75 mg EQ/Kg 278.92 mg EC3G/Kg	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
	18.2	67.7	6.5	1.6	4.1	1292.24 mg GAE/Kg 1084.51 mg EQ/Kg 2.21 mg EC3G/Kg	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
	18.0	N/R	21.8	2.8	18.6	8.7 mg EAG/Kg 11.74 mg EC/Kg	(Corzo-Ríos <i>et al.</i> , 2020)
	17.7	N/R	17.8	3.6	17.8	8.07 mg EAG/Kg 12.02 mg EC/Kg	(Corzo-Ríos <i>et al.</i> , 2020)
	18.82	73.93	0.07	2.78	4.45	59.3 mg EAG/100 g 3.6 mg EC3G/100 g 64.65 mg CA/100 g	(Osuna-Gallardo <i>et al.</i> , 2023)
<i>P. polyanthu</i> L.	20	>60	<6	<6	<6	>50 µg/g base seca 662.0 mg EAG/g base seca	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2020)
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	20.78	62.57	5.02	2.22	3.78	440.40 mg EAG/g 8.82 mg EQ/g 2.69 mg EC3G/g 1.37 mg EC/g	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2021)

Abreviatura. N/R= no reportado, Equivalentes de ácido gálico (EGA). Equivalente de catequina (EC), Equivalentes de cianidina-3-glucosido (EC3G), Equivalentes de quercetina (EQ).



Fibra

La fibra se encuentra en la pared celular de las células vegetales, las cuales se asocian en estructuras fibrosas, así mismo se presenta una gran variedad de polisacáridos en forma lineal o ramificados de glucosa u otros glúcidos (Osuna-Gallardo *et al.*, 2023). La fibra se define como una sustancia orgánica no nitrogenada que no se disuelve tras procesos de hidrólisis o digestión sucesiva en medios ácidos y alcalinos (García Ochoa *et al.* 2008). Alimentos con alto contenido de fibra, como algunas especies de frijol, pueden tener efectos benéficos en la salud ya que la fibra puede ser utilizada por la microbiota intestinal como prebiótico (Birute *et al.*, 2024; Ebel *et al.*, 2017). Respecto a la fibra reportada en variedades de frijol Ayocote, Alvarado-López *et al.* (2019) reportaron que obtuvieron rangos de 6.50 a 6.90% en fibra. Por otra parte, Osuna-Gallardo *et al.* (2023) reportaron la presencia de 30.38% de fibra en la harina de frijol Ayocote, 35.49% en la harina de Ayocote cocida y 29.85% en harina de Ayocote extruida, en la cual obtuvieron un aumento del 3.59% en la fibra soluble con el tratamiento de extrusión. Esto lo atribuyen a tener formación de almidón resistente o complejos taninos-proteína que contribuye a la formación de fibra. Alcázar-Valle *et al.* (2020) reportaron mayor porcentaje de fibra (>6%) en frijol Ayocote en comparación del frijol Comba y el frijol Ibes (>4%).

Proteína

El frijol destaca por su alto contenido de proteína, estas especies de frijol (Ayocote, Comba e Ibes) presentan un rango de porcentaje de proteína que va de 17.7 a 25.5% (Tabla 2) La especie que se reporta con mayor porcentaje de proteína es el frijol Comba en comparación al frijol Ayocote e Ibes. Particularmente Betancur-Ancona *et al.* (2004) han trabajado en el aprovechamiento del frijol Comba (*P. lunatus*) al desarrollar un proceso tecnológico en el cual se extrajeron fracciones proteicas y de almidón mediante un proceso de molienda húmeda.

La proteína de la harina de frijol Comba contiene mayor porcentaje de lisina (0.15 g/kg) (Tabla 3). La concentración de aminoácidos azufrados como metionina y cisteína tiene similitud con algunas alubias de Brasil. Pliego-Marín *et al.* (2013) reportaron rangos de proteína de 18.4-28.6% tanto en variedades de frijol común y frijol Comba, los re discuten que la información encontrada en sus resultados puede tener relación el valor nutricional del frijol común y el frijol Comba, destacando que *P. lunatus* L. puede ser una alternativa con alto valor nutricional para la dieta en poblaciones donde se distribuyen naturalmente. Alcázar-Valle *et al.* (2020) mencionan que el frijol Ibes mostró mayor concentración en los aminoácidos histidina (24.08 mg/100g), isoleucina (8.70 mg/100g), leucina (20.01 mg/100g) y fenilalanina (12.08 mg/100g) en comparación las otras especies estudiadas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Contenido de aminoácido reportados en diferentes especies del género *Phaseolus*

Especie	Histidina (g/Kg)	Lisina (g/Kg)	Triptófano (g/Kg)	Fenilalanina (g/Kg)	Metionina (g/Kg)	Treonina (g/Kg)	Isoleucina (g/Kg)	Leucina (g/Kg)	Valina (g/Kg)	Autor
<i>P. lunatus</i> L.	N/R	79.7	13.2	59.0	7.5	49.0	N/R	42.9	51	(Betancur-Ancona <i>et al.</i> , 2004)
	14.03*	14.33*	12.77*	9.14*	2.35*	15.36*	5.27*	19.09*	14.84*	(Alcázar-Vallé <i>et al.</i> , 2020)
<i>P. coccineus</i> L.	10.66*	14.33*	14.13*	9.14*	1.75*	15.32*	4.51*	12.72*	15.18*	(Alcázar-Vallé <i>et al.</i> , 2020)
	N/R	15.03	N/R	N/R	3.06	9.54	10.36	18.32	0.014	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
	N/R	14.62	N/R	N/R	2.92	9.14	10.11.	17.75	13.18	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
	N/R	14.15	N/R	N/R	2.74	8.90	9.96	17.44	13.18	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
	N/R	14.06	N/R	N/R	10.41	9.33	10.41	18.44	13.77	(Alvarado-López <i>et al.</i> , 2019)
<i>P. polyanthus</i> L.	24.08*	14.84*	15.14*	12.08*	2.56*	28.22*	8.7*	20.01*	27.20*	(Alcázar-Vallé <i>et al.</i> , 2020)

Abreviaturas N/P= no reportado * unidades utilizadas en este artículo de mg/100g.

Grasas

El frijol presenta un bajo porcentaje de grasa, se han reportado valores de 1 a 6% en estas especies de *Phaseolus*. (Tabla 2). En frijol Ayocote, Osuna-Gallardo *et al.* (2023) caracterizaron los ácidos grasos presentes (2.78%) de frijol Ayocote, encontrando la presencia de ácido palmítico (13.71%), ácido estérico (2.38%), ácido oleico (15.16%), ácido linoleico (38.12%) y ácido linolénico (21.64%). Algunos de ellos, como el ácido linoleico y el linolénico, se ven afectados durante el proceso de cocción, debido a que se ha reportado un aumento en su concentración después de cocinar a 100 °C durante 2 h.

Fitoquímicos

Los fenoles son metabolitos secundarios que se encuentran en la mayoría de las plantas, están formados por un anillo benzoico unido a un grupo hidroxilo dentro de su estructura (Parr & Bolwell, 2000). El grupo hidroxilo juega un papel importante en la donación de protones (H⁺), ayuda a quelar iones metálicos entre otros procesos importantes que les confieren propiedades biológicas a estos compuestos (Parr & Bolwell, 2000). Los compuestos fenólicos reportados en frijol común (negro) son quercetina-3-D-galactósido, cianidina-3-glucósido, ácido gálico, ácido cafeico,

daidzeína, ácido sinápico, naringenina, ácido rosmarínico, catequina, miricetina y ácido ferúlico (Fonseca-Hernández *et al.*, 2021).

Los fenoles reportados en frijol Ayocote, Comba e Ibes están en un rango de 8.07-2,075.91 mg equivalentes de ácido gálico o EAG/kg (Tabla 2). Alvarado-López *et al.* (2019) reportaron compuestos fenólicos presentes en frijol Ayocote en variedades rojas (2,075 mg EAG/kg) negro (1,732.34 mg EAG/kg) café (1,561.25 mg EAG/kg) y blanco (1,292.24 mg EAG/kg), estos datos tienen correlación con los compuestos fenólicos responsables de dar el color en la semilla del frijol como las antocianinas, además de que los autores indican que estas concentraciones son atribuidas a diferentes factores, tales como el genotipo, variedad, especie, las prácticas agronómicas, la madurez de la cosecha, entre otros. El estudio de Corzo-Ríos *et al.* (2020) tuvo como objetivo analizar nueve variedades de frijol común (*P. vulgaris* L.) y Comba (*P. coccineus* L.) para conocer los efectos del tratamiento térmico en su composición química, destacando al frijol comba con el mayor contenido de fenoles totales (8.7 mg EAG/kg) y taninos condensados (11.74 mg equivalentes de catequina o EC/kg) en comparación al frijol común. El frijol Ibes (*P. polyanthus* L.) presenta valores altos en fenoles totales (662.0 mg EAG/g) en comparación con otras especies (Alcázar-Valle *et al.*, 2020).

Las antocianinas son metabolitos secundarios que se caracterizan por tener un grupo benceno unido a un azúcar, estos compuestos les confieren características morfológicas como el color y propiedades sensoriales al frijol (Parr & Bolwell, 2000). Alvarado-López *et al.* (2019) reportaron que el contenido de antocianinas y flavonoides totales que obtuvieron con la variedad negro (1,082.27 mg equivalentes de cianidina-3-glucosido o reportado como EC3G/kg y 1,501.30 mg equivalentes de quercetina o EQ/kg), respectivamente y púrpura (1,193.27 mg EC3G/kg y 1,612.30 mg EQ/kg), y que presentó menor contenido fue la blanca (2.21 mg EC3G/kg y 1,084.51 mg EQ/kg), (Tabla 2).

Potencial biológico

Existe muy poca información sobre el potencial biológico de frijol del género *Phaseolus*. Se han utilizado pruebas bioquímicas para conocer el potencial antioxidante del frijol Ayocote, incluyendo ensayos del poder antioxidante reductor del hierro (FRAP) (60.2%) y en ensayos de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) (62.9% de inhibición del radical DPPH). En contraste al frijol común (27 % FRAP), el potencial antioxidante del frijol Ayocote podría estar relacionado con su contenido de antocianinas (Aquino-Bolaños *et al.*, 2021) (Tabla 4). Por otra parte, el potencial antioxidante de harina de frijol Ayocote se mantuvo después de ser sometido a un proceso de cocción reportando 80.5% de retención (Capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) y 87.35% de retención (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS) (Osuna-Gallardo *et al.*, 2023).



Tabla 4. Potencial biológico que se ha reportado en el género de *Phaseolus*

Especie	Potencial biológico	Ensayo (unidades representadas por cada autor)	Efecto	Autores
<i>P. coccineus</i> L.	Antioxidante	DPPH (62.9%) y FRAC (60.2%)	Se encuentra mayor potencial antioxidante en frijol Ayocote	(Aquino-Bolaños <i>et al.</i> , 2021)
	Antioxidante	ABTS (80.57%) y DPPH (56.47%)	El frijol Ayocote tiene un potencial antioxidante	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2021)
	Antioxidante	ABTS (60%) y DPPH (>80%)	El frijol Ayocote puede tener igual o mayor potencial antioxidante comparación del frijol común.	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2020)
	Antioxidante	Harina ORAC (3,866.37 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$) y ABTS (2,657.94 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$) Cocción ORAC (88.50% de retención) Y ABTS (87.35% de retención) Extrusión ORAC (2,879.72 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$) Y ABTS (2,062.09 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$)	El frijol Ayocote mostró un alto porcentaje de retención en la actividad antioxidante en los dos procesos.	(Osuna-Gallardo <i>et al.</i> , 2023)
<i>P. lunatus</i> L.	Antioxidante	ABTS (84.18%) Y DPPH (88.0%)	El potencial antioxidante tiene correlación con el color de la semilla negra como <i>P. lunatus</i> L.	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2021)
	Antioxidante	ABTS (>80%) y DPPH (80%)	El frijol Comba puede tener el mismo o mayor que el frijol común	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2020)
	Inhibición a ECA	IC50 3.8 mg/mL	Péptidos del frijol Comba tiene potencial para inhibir a ECA	(Ruiz Ruiz <i>et al.</i> , 2013)
<i>P. polyanthus</i> L.	Antioxidante	ABTS (>60%) y DPPH (>80%)	Frijol lbes tiene el mismo o mayor potencial antioxidante que <i>P. vulgaris</i> L.	(Alcázar-Valle <i>et al.</i> , 2020)

Concentración inhibitoria al 50% (IC50). Inhibición de radical libre ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)). Inhibición de radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo). Capacidad de absorbanza de radicales de oxígeno (ORAC). ET equivalentes de Trolox.

Se ha reportado el potencial antioxidante de la harina en frijol Comba y frijol Ayocote, con un porcentaje de inhibición de DPPH de 88.08% y 56.47%, respectivamente en variedades de Chiapas, Oaxaca y Guerrero. Cabe mencionar que el potencial antioxidante esta correlacionado con el contenido de antocianinas y taninos que proporcionan el color negro a estas variedades de frijol (Alcázar-Valle *et al.*, 2020).

Por otra parte, se ha evaluado la capacidad para inhibir la enzima convertidora de angiotensina (ECA), un importante blanco molecular en el tratamiento de la hipertensión, utilizando proteína de *P. lunatus* L. sometida a diferentes tratamientos de digestión y encapsulación. La mayor inhibición de la actividad de ECA fue de 3.8 mg/mL (IC50) (Ruiz Ruiz *et al.*, 2013).

Conclusiones

Las especies del género *Phaseolus* crecen en altitudes que van desde 91 a los 5,600 msnm, en diferentes zonas biogeográficas con diferentes tipos de climas (secos, tropicales y húmedos). Estos factores ayudan a tener una mayor biodiversidad de tipos de variedades nativas de frijol de cada una de las especies del género *Phaseolus*.



Esta diversidad permite tener una mayor proporción de compuestos nutricionales y fitoquímicos que confieren potencial biológico. Dichas características podrían ser utilizadas como estrategia de revalorización al frijol Ayocote, Comba e Ibes. A pesar de su bajo consumo, existe una gran diversidad de platillos en México que incluyen estas semillas, dando fe de su importancia cultural y gastronómica. Es necesario realizar investigación sobre los compuestos nutricionales y el potencial biológico de estas variedades de frijol, especialmente del frijol Ibes.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

El autor de este proyecto fue financiado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) a través de la beca no. 11716 y el Proyecto FORDECYT No. 292474-2017.

Referencias

- Acosta J. A., Maruaga Martínez, J. S., & Khairallah M.M. (1993). Informe de Colecta México 1993. *Informe Del INIFAP, 1*, 1-13 pp. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/094a28eb-a>
- Alcázar-Valle, M., García-Morales, S., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Sánchez-Osorio, E., Flores-López, L., Enríquez-Vara, J. N., & Lugo-Cervantes, E. (2021). Nutritional, antinutritional compounds and nutraceutical significance of native bean species (*Phaseolus* spp.) of mexican cultivars. *Agriculture (Switzerland)*, *11*(11). <https://doi.org/10.3390/agriculture11111031>
- Alcázar-Valle, M., Lugo-Cervantes, E., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Reyes-Ramírez, H., Enríquez-Vara, J. N., & García-Morales, S. (2020). Bioactive compounds, antioxidant activity, and antinutritional content of legumes: A comparison between four *Phaseolus* species. *Molecules*, *25*(15). <https://doi.org/10.3390/molecules25153528>
- Alvarado-López, A. N., Gómez-Oliván, L. M., Heredia, J. B., Baeza-Jiménez, R., García-Galindo, H. S., & López-Martínez, L. X. (2019). Nutritional and bioactive characteristics of Ayocote bean (*Phaseolus coccineus* L.): An underutilized legume harvested in Mexico. *CYTA - Journal of Food*, *17*(1), 199–206. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1571530>
- Andueza-Noh, R. H., Camacho-Pérez, L., Martínez-Castillo, J., & May-Pat, F. (2016). Distribución Geográfica de los Parientes Silvestres del Acervo Genético Mesoamericano del Frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.) en México. *Polibotánica*, *0*(41). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.41.7>



- Aquino-Bolaños, E. N., Garzón-García, A. K., Alba-Jiménez, J. E., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., Carrillo-Rodríguez, J. C., & Santos-Basurto, M. A. (2021). Physicochemical characterization and functional potential of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus coccineus* L. landrace green beans. *Agronomy*, 11(4), 1–12. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11040803>
- Betancur-Ancona, D., Gallegos-Tintoré, S., & Chel-Guerrero, L. (2004). Wet-fractionation of *Phaseolus lunatus* seeds: Partial characterization of starch and protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(10), 1193–1201. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1804>
- Biruete, A., Leal-Escobar, G., Espinosa-Cuevas, Á., Mojica, L., & Kistler, B. M. (2024). Dieta de la Milpa: A Culturally-Concordant Plant-Based Dietary Pattern for Hispanic/Latine People with Chronic Kidney Disease. *Nutrients*, 16(5), 574. <https://doi.org/10.3390/nu16050574>
- Bosmali, I., Giannenas, I., Christophoridou, S., Ganos, C. G., Papadopoulos, A., Papathanasiou, F., Kolonas, A., & Gortzi, O. (2023). Microclimate and Genotype Impact on Nutritional and Antinutritional Quality of Locally Adapted Landraces of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Foods*, 12(1119), 1–19. <https://doi.org/10.3390/foods12061119>
- Carmo M. (2023, January 26). Frijol Ayocote, la leguminosa mexicana que podría desaparecer pronto. *Gastronomía y Cultura*. <https://gourmetdemexico.com.mx/gourmet/cultura/frijol-ayocote-leguminosa-mexicana-podria-desaparecer/>
- Corzo-Ríos, L. J., Sánchez-Chino, X. M., Cardador-Martínez, A., Martínez-Herrera, J., & Jiménez-Martínez, C. (2020). Effect of cooking on nutritional and non-nutritional compounds in two species of *Phaseolus* (*P. vulgaris* and *P. coccineus*) cultivated in Mexico. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100206>
- Ebel, R., Pozas Cárdenas, J. G., Soria Miranda, F., Cruz González, J., Pozas Cárdenas, J. G., & Miranda Cruz S., G. F. J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. Organic milpa: yields of maize, beans, and squash in mono-and polycropping systems. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149–160. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&tlng=es
- Fonseca-Hernández, D., Lugo-Cervantes, E. D. C., Escobedo-Reyes, A., & Mojica, L. (2021). Black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polyphenolic extract exerts antioxidant and antiaging potential. *Molecules*, 26(21). <https://doi.org/10.3390/molecules26216716>
- García Ochoa, O. E., Infante, R. B., & Rivera, C. J. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(1), 25–30. <http://ve.scielo>



- org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- López Báez, L. I. (2018). *El cultivo de frijol Ayocote en el Centro -Oriente de Puebla: diversidad, manejo y características de las unidades de producción* [tesis de maestría, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas].
- López Soto, J. L., Ruiz Corral, J. A., Sánchez González, J. J. , & Lépiz Ildefonso, R. (2005). Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestres (*Phaseolus* spp.) en la república mexicana. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 221–230. <http://dx.doi.org/10.35196/rfm.2005.3.221>
- Molina, M. (2014). Cocina prehispánica. En Secretaría de Cultura, *Chiapas, viaje culinario*(pp. 38-53). Pinacoteca Editores
- Muñoz, Z. R. (2012). Ayocote. *Diccionario Enciclopédico de La Gastronomía Mexicana Volumen 1*. Larousse. <https://laroussecocina.mx/palabra/ayocote/>
- Osuna-Gallardo, E. I., Cuevas-Rodríguez, E. O., Sepúlveda-García, C. I., Reyes-Moreno, C., León-López, L., Han, R., & Hernández-Álvarez, A. J. (2023). Impact of Cooking and Extrusion Processing on Nutritional, Antinutritional, and Techno-Functional Characteristics of Indigenous Bean (*Phaseolus coccineus*). *ACS Food Science and Technology*, 3(11), 1835–1853. <https://doi.org/10.1021/acscfoodscitech.2c00416>
- Parr, A. J., & Bolwell, G. P. (2000). Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 985–1012. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<985::AID-JSFA572>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<985::AID-JSFA572>3.0.CO;2-7)
- Pliego-Marín, L., López-Baltazar, J., & Aragón-Robles, E. (2013). Características físicas, nutricionales y capacidad germinativa de frijol criollo bajo estrés hídrico* Physical, nutritional and germination characteristics of native beans under water stress. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* , 6, 1197–1209. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i6.1283>
- Porch, T. G., Beaver, J. S., Debouck, D. G., Jackson, S. A., Kelly, J. D., & Dempewolf, H. (2013). Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. *Agronomy*, 3(2), 433–461. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020433>
- Purwanti, E., & Fauzi, A. (2019). The Morphological Characteristics of *Phaseolus lunatus* L. in Different Areas of East Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental. Science*, 276(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/276/1/012017>
- Ruiz Ruiz, J. , C., Segura Campos, M. , R., Betancur Ancona, D. A., & Chal Guerrero, L. A. (2013). Encapsulation of *Phaseolus lunatus* protein hydrolysate with



- angiotensin-converting enzyme inhibitory activity. *ISRN Biotechnology*, 2013, 6. <https://doi.org/10.5402/2013/341974>
- Ruíz-Salazar, R., Hernández-Delgado, M., Vargaz Vázquez, M. & Mayek-Pérez, N. (2021). Estado actual de los recursos genéticos de *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) en México. *Boletín De La Sociedad Argentina De Botánica*, 56(3). <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n3.32297>
- Sánchez-Velázquez, O. A., Luna-Vital, D. A., Morales-Hernandez, N., Contreras, J., Villaseñor-Tapia, E. C., Fragoso-Medina, J. A., & Mojica, L. (2023). Nutritional, bioactive components and health properties of the milpa triad system seeds (corn, common bean and pumpkin). *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1169675>
- Schier, H. E., Eliot, K. A., Herron, S. A., Landfried, L. K., Migicovsky, Z., Rubin, M. J., & Miller, A. J. (2019). Comparative analysis of perennial and annual *Phaseolus* seed nutrient concentrations. *Sustainability (Switzerland)*, 11(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su11102787>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023, January 31). *Avances de siembra y cosecha. Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Suárez-Martínez, S. E., Ferriz-Martínez, R. A., Campos-Vega, R., Elton-Puente, J. E., De La Torre Carbot, K., & García-Gasca, T. (2016). Bean seeds: Leading nutraceutical source for human health. *CYTA - Journal of Food*, 14(1), 131–137. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1063548>
- Vargas Vázquez, M. L. P., Muruaga Martínez, J. S., Lépiz Ildefonso, R., & Pérez Guerrero, A. (2012). La colección INIFAP de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) I: Distribución geográfica de sitios de colecta. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1247-1259. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600014&lng=es&tlng=es
- Vargas-Vázquez, M. L. P., Uscanga-Mortera, E., Padilla-Chacón, D., Vibrans, H., Kohashi-Shibata, J., Miranda-Colín, S., & Yáñez-Jiménez, P. (2020). Biomass and carbohydrate partitioning in seeds and seedlings of domesticated and wild *Phaseolus coccineus* L. *Botanical Sciences*, 98(2), 366–376. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2485>
- Worthington, M., Soleri, D., Aragón-Cuevas, F., & Gepts, P. (2012). Genetic composition and spatial distribution of Farmer-managed *Phaseolus* Bean Plantings: An example from a village in Oaxaca, Mexico. *Crop Science*, 52(4), 1721–1735. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.09.0518>