



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Tema: Información nutricional y actividad biológica del frijol (*Phaseolus vulgaris*
L.)

Trabajo de Titulación, modalidad proyecto de investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Flor Estefanía Dumas Verduga

Tutor: Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro, PhD.

Ambato - Ecuador

Marzo - 2022

APROBACIÓN DE TUTOR

Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro, PhD.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado, por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 11 de Febrero del 2022

Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro PhD

CI. 1802738102

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Flor Estefanía Dumas Verduga, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

Flor Dumas

Flor Estefanía Dumas Verduga

C.I 230065706-7

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritores Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Dr. Orestes Darío López Hernández
Presidente del Tribunal

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía
C.I. 1804148086

Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez
C.I. 1803321502

Ambato, 7 de Marzo del 2022

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y realice respetando mis derechos de autor.

florDumas

Flor Estefanía Dumas Verduga

C.I 230065706-7

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios, familia, docentes y amigos que me han brindado su apoyo para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| APROBACIÓN DE TUTOR | ii |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | iii |
| APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO | iv |
| DERECHOS DE AUTOR..... | v |
| DEDICATORIA | vi |
| ÍNDICE GENERAL..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiii |
| RESUMEN..... | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| CAPITULO I..... | 1 |
| ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS..... | 1 |
| 1.1. Justificación..... | 1 |
| 1.2. Antecedentes | 1 |
| 1.2.1. Origen | 2 |
| 1.2.2. Clasificación taxonómica y botánica | 2 |
| 1.2.2.1. Morfología del grano de frijol | 3 |
| 1.2.3. Propiedades nutritivas..... | 3 |
| 1.2.3.1. Proteínas | 4 |
| 1.2.3.1.1. Aminoácidos..... | 4 |
| 1.2.3.2. Carbohidratos | 4 |
| 1.2.3.3. Lípidos..... | 5 |
| 1.2.3.4. Vitaminas..... | 5 |

| | | |
|-------------------|------------------------------------|----|
| 1.2.3.4.1. | Tiamina..... | 5 |
| 1.2.3.4.2. | Riboflavina | 5 |
| 1.2.3.4.3. | Niacina..... | 6 |
| 1.2.3.4.4. | Ácido Fólico | 6 |
| 1.2.3.5. | Minerales | 6 |
| 1.2.4. | Propiedades no nutricionales | 6 |
| 1.2.4.1. | Fitatos | 7 |
| 1.2.4.2. | Taninos | 7 |
| 1.2.4.3. | Saponinas..... | 7 |
| 1.2.5. | Compuestos bioactivos | 8 |
| 1.2.5.1. | Péptidos | 8 |
| 1.2.5.2. | Polifenoles | 8 |
| 1.2.5.3. | Flavonoides..... | 9 |
| 1.2.5.4. | Antocianinas | 9 |
| 1.2.6. | Actividad biológica..... | 10 |
| 1.2.6.1. | Antioxidantes..... | 11 |
| 1.2.6.2. | Efecto antihiper glucémico..... | 11 |
| 1.2.6.3. | Pérdida de peso..... | 12 |
| 1.2.6.4. | Efecto anticancerígeno | 12 |
| 1.3. | OBJETIVOS | 13 |
| 1.3.1. | Objetivo general..... | 13 |
| 1.3.2. | Objetivos específicos | 13 |
| CAPÍTULO II | | 14 |
| METODOLOGÍA | | 14 |
| 2.1. | Definición del problema..... | 14 |
| 2.2. | Búsqueda de información..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 2.2.1. Investigación bibliográfica | 14 |
| 2.2.2. Base de datos de investigación científica | 15 |
| 2.2.3. Libros electrónicos..... | 15 |
| 2.2.4. Trabajos de titulación..... | 15 |
| CAPÍTULO III..... | 16 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 16 |
| 3.1. Propiedades nutricionales del frijol..... | 16 |
| 3.1.1. Proteínas | 16 |
| 3.1.1.1. Aminoácidos | 17 |
| 3.1.2. Carbohidratos | 18 |
| 3.1.3. Grasas | 19 |
| 3.1.3.1. Ácidos Grasos | 20 |
| 3.1.4. Vitaminas..... | 21 |
| 3.1.5. Minerales | 22 |
| 3.3. Propiedades no nutricionales..... | 23 |
| 3.3.1. Taninos | 23 |
| 3.4. Compuestos bioactivos..... | 24 |
| 3.4.1. Polifenoles | 24 |
| 3.4.2. Flavonoides..... | 25 |
| 3.4.3. Antocianinas | 26 |
| 3.4 Actividades biológicas | 26 |
| 3.4.1. Actividad antioxidante..... | 26 |
| 3.4.2. Actividad antihiper glucémica..... | 27 |
| 3.4.2. Actividad anticancerígena | 28 |
| CAPÍTULO IV | 29 |
| CONCLUSIONES | 29 |

| | |
|----------------------|----|
| BIBLIOGRAFÍA..... | 31 |
| 3. Bibliografía..... | 31 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Taxonomía del frijol común..... | 2 |
| Tabla 2. Propiedades nutricionales en las diferentes especies de frijol. | 16 |
| Tabla 3. Aminoácidos esenciales en frijol, garbanzo y lenteja | 17 |
| Tabla 4. Carbohidratos en las diferentes especies de frijol y leguminosas..... | 18 |
| Tabla 5. Grasa en las diferentes especies de frijol. | 19 |
| Tabla 6. Ácidos grasos en frijol común, garbanzo y lentejas..... | 20 |
| Tabla 7. Vitaminas en especies de frijol. | 21 |
| Tabla 8. Minerales en las diferentes especies de frijol..... | 22 |
| Tabla 9. Taninos condensados en las diferentes especies de frijol. | 23 |
| Tabla 10. Polifenoles en las diferentes especies de frijol..... | 24 |
| Tabla 11. Polifenoles en especies de leguminosas..... | 24 |
| Tabla 12. Flavonoides en especies de leguminosas | 25 |
| Tabla 13. Cantidad de antocianinas en especies de leguminosas..... | 26 |
| Tabla 14. Actividad antioxidante en especies de leguminosas | 26 |
| Tabla 15. Actividad antihiper glucémica en leguminosas | 27 |
| Tabla 16. Concentración de extractos de <i>Phaseolus vulgaris</i> (µg/mL) requerido para inhibir el crecimiento celular en un 50% (GI50), producir una inhibición total del crecimiento (TGI) y causar el 50% de muerte celular neta (LC50). | 28 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Comparación de proteína (g/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. | 16 |
| Gráfico 2. Comparación de carbohidratos (g/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. 19 | |
| Gráfico 3. Comparación de grasas (g/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. | 20 |
| Gráfico 4. Comparación de vitaminas (mg/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. ... | 22 |
| Gráfico 5. Comparación de minerales (mg/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. ... | 23 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Compuestos químicos de la semilla de frijol común | 3 |
| Figura 2. Estructura química de taninos condensados. | 7 |
| Figura 3. Estructura genérica de los flavonoides. | 9 |
| Figura 3. Estructura comunes de antocianinas. | 10 |

RESUMEN

El frijol común, conocido científicamente como *Phaseolus vulgaris* L. es considerado la leguminosa más importante para consumo humano. Este cultivo se encuentra en los cinco continentes, especialmente en Centro y Sudamérica, además se trata de un alimento de alta demanda popular y componente esencial de la dieta. Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica en revistas científicas indexadas de alto impacto, bases de datos disponibles en la web, así como repositorios universitarios a fin de evaluar el contenido nutricional, los componentes bioactivos y las propiedades funcionales, actualizando la información existente y dando a conocer la importancia del consumo de este producto. El *Phaseolus vulgaris* L es fuente de proteína con un 23.95 por ciento superior a otras especies como *P. acutifolius*; presenta aminoácidos esenciales en lo cual predomina lisina y la fenilalanina más tirosina. Proporciona fibra de tipo soluble e insoluble cuya acción principal es cuidar la salud digestiva. En cuanto a las vitaminas encontramos cantidades considerables de tiamina, niacina y riboflavina, cuyo contenido satisface las recomendaciones de ingesta. Se evidenció que el consumo regular de frijol aporta a la salud de los consumidores, ya que sus compuestos presentan actividades biológicas como: antioxidante, antihiper glucémica y anticancerígena, ayudando a la prevención y control de algunas patologías crónicas como diabetes y problemas cardiovasculares que constituyen un problema de salud pública. Finalmente, se encontraron diferencias significativas en las diferentes variedades de frijol respecto a sus propiedades nutricionales y funcionales.

Palabras clave: Investigación bibliográfica, industria alimentaria, leguminosas, actividad biológica, frijol común.

ABSTRACT

The common bean, scientifically known as *Phaseolus vulgaris* L., is considered the most important legume for human consumption. This crop is found on the five continents, especially in Central and South America, it is also a food of high popular demand and an essential component of the diet. An exhaustive bibliographic review was carried out in high-impact indexed scientific journals, databases available on the web, as well as university repositories in order to evaluate the nutritional content, bioactive components and functional properties, updating the existing information and making known the importance of consuming this product. *Phaseolus vulgaris* L is a source of protein with a 23.95 percent higher than other species such as *P. acutifolius*; It presents essential amino acids in which lysine predominates and phenylalanine plus tyrosine. Provides soluble and insoluble fiber whose main action is to take care of digestive health. As for the vitamins, we find considerable amounts of thiamin, niacin and riboflavin, whose content satisfies the intake recommendations. It was evidenced that the regular consumption of beans contributes to the health of consumers, since its compounds present biological activities such as antioxidant, antihyperglycemic and anticarcinogenic, helping to prevent and control some chronic pathologies such as diabetes and cardiovascular problems that constitute a problem of public health. Finally, significant differences were found in the different bean varieties regarding their nutritional and functional properties.

Key words: Bibliographic research, food industry, legumes, biological activity, common bean.

CAPITULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1. Justificación

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es cultivado y consumido en todo el mundo, la producción generalmente se limita a las regiones altas en los trópicos y el norte de las zonas templadas, aunque tiene la cualidad de adaptarse a una amplia gama de condiciones climáticas y de suelos. **(Kelly, Cichy, Siddiq y Uebersax, 2013).**

El frijol es la leguminosa más importante para el consumo humano en el mundo, en términos nutricionales, estos granos son una gran fuente de fibra dietética, proteínas, vitaminas y minerales. **(Ramírez Martirena et al., 2019).**

Este cultivo se encuentra en los cinco continentes, especialmente en Centro y Sudamérica, además de ser un alimento de alta demanda popular, componente esencial de la dieta y contribuye a la prevención de ciertas patologías como las enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer. **(Núñez-Vázquez et al., 2020)**

Otras propiedades del frijol como tiempo de cocción, capacidad de hidratación, capacidad de hinchamiento, capacidad de absorción de agua y capacidad de absorción de aceite, permiten mejorar la calidad nutricional y sensorial de los alimentos, las mismas son influenciadas por diversos factores, entre ellos, la composición de la proteína, condiciones del medio, la presencia de iones y de otros compuestos **(Aguilera, 2017).**

La presente investigación busca actualizar la información científica existente con relación al frijol, documento que puede servir de base para futuras investigaciones que se realicen con esta importante matriz alimentaria.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Origen

El frijol común es la leguminosa comestibles más importante a nivel global (**Argaw y Akuma, 2015**), actualmente se encuentra distribuido en los cinco continentes, además se considera como componente esencial en la dieta de estas regiones llamada también “la carne de los pobres” por su alto contenido de proteína. (**Lima Zambaldi, Tomé Moretti y Abreu Patto, 2014**).

Esta leguminosa generó interés en las culturas precolombinas y a consecuencia de esto, surgen diferentes nombres comunes dentro de los que destacan los de frijol, poroto, habichuela, vainita, alubia, judía, frijol, nuña, caraota y feijao. (**López et al., 2013**), además es la leguminosa más consumida en Ecuador, ya que posee alto contenido proteico, de carbohidratos y minerales y por ello constituye un cultivo clave para la salud y la seguridad alimentaria. (**Granda Mora, 2017**).

1.2.2. Clasificación taxonómica y botánica

Según **Matos (2020)**, desde el punto de vista taxonómico esta especie es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Linneo en 1753.

Tabla 1. Taxonomía del frijol común

| | |
|-----------------|------------------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Angiosperma |
| Clase | Dicotyledoneae |
| Orden | Rosales |
| Suborden | Leguminosinae |
| Familia | Fabaceae |
| Género | <i>Phaseolus</i> |
| Especie | <i>Phaseolus vulgaris</i> L. |
| | (Matos, 2020) |

1.2.2.1. Morfología del grano de frijol

Esta vaina puede medir de 10 a 12 centímetros y es de color verde, morado o casi negra con un fruto suavemente curvado y dehiscente, por lo cual se abre naturalmente cuando está madura. En su interior se encuentran de cuatro a diez semillas de frijol que pueden ser ovales o redondeadas, según la variedad y un poco comprimidas. (García-Díaz, Aquino-Bolaños y Capistrán-Carabarin, 2016).

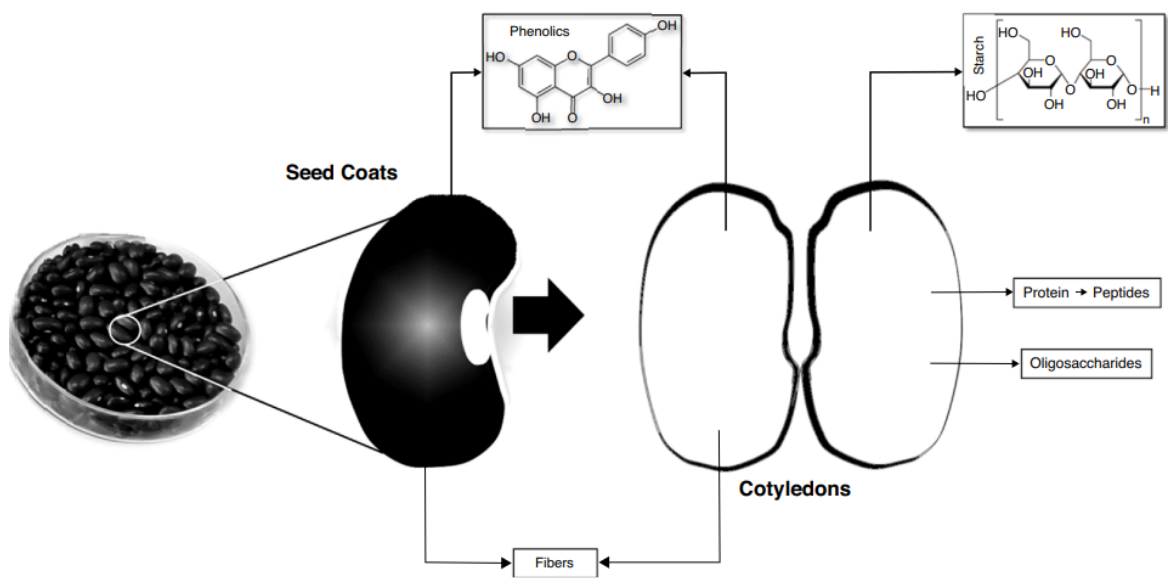


Figura 1. Compuestos químicos de la semilla de frijol común

(Los Basso et al., 2018)

1.2.3. Propiedades nutritivas

Hayat et al. (2014), afirman que los frijoles de la variante de *Phaseolus vulgaris* L., son cultivos nutricional y económicamente importantes en cada parte del mundo. Se destacan por ser fuente de fibra, proteína, calcio, hierro, fósforo, magnesio, zinc y de vitaminas como tiamina, biotina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico.

1.2.3.1. Proteínas

Muñoz-Velázquez et al. (2009), mencionan que, por su alto contenido de proteína, el frijol se incluye en la dieta de grandes segmentos de la población tanto zonas rurales y urbanas, cabe recalcar, que mientras menor sea el tamaño del grano mayor contenido de proteínas. **(Perez Matos, 2016)**. El contenido de proteína varia depende la especie del frijol, sin embargo, las globulinas representan entre el 35 y 45%, albúminas el 14 y 20 % y prolaminas menos de 1%. **(Valencia Navarro, 2020)**.

1.2.3.1.1. Aminoácidos

Según **Tovar Jiménez et al. (2012)**, esta leguminosa aparte de ser una alternativa proteica, también posee aminoácidos esenciales como fenilalanina, tirosina y triptófano, aminoácidos necesarios para que los péptidos presenten actividad antioxidante.

1.2.3.2. Carbohidratos

Hernández et al. (2002), señalan que los carbohidratos constituyen la fracción principal en los granos de las leguminosas, del 50 al 70 % del peso seco en promedio corresponde a este macronutriente.

El almidón ayuda a reducir liberación de glucosa, lo cual provoca un índice glicémico bajo, esto ayuda a disminuir enfermedades como diabetes, obesidad y enfermedades cardiacas. **(Martinez, 2019)**.

La fibra comprende un grupo de polisacáridos como la pectina, celulosa, hemicelulosa y algunas otras sustancias como lignina, cuya característica genérica es la dificultad de ser digeridos por el organismo humano. **(Rodríguez-Castillo y Fernández-Rojas, 2003)**.

1.2.3.3.Lípidos

Herrera (2018), afirma que el frijol naturalmente tiene un bajo porcentaje de grasa, este parámetro depende de la variedad, temporada de cosecha, sitio de producción, clima y demás factores. El frijol contiene ácidos grasos saturados como palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), ácidos grasos insaturados como oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3). **Garzón García (2019)**.

1.2.3.4.Vitaminas

Las vitaminas se denominan micronutrientes y el cuerpo los necesita en pequeñas cantidades, pero son esenciales para una buena nutrición. El frijol es rico en vitaminas como: tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico, las cuales se modifican cuando se somete el grano a procesos de cocción, germina y se seca. **(Ruiz-Ruiz, Dávila-Ortíz, Chel-Guerrero y Betancur-Ancona, 2012)**.

1.2.3.4.1. Tiamina

También es conocida como vitamina B1, importante para el desarrollo, crecimiento y funcionamiento normal de las células, la misma se encuentra en alimentos como carne, pescado, legumbres, cereales, entre otros, el déficit de esta vitamina conlleva daños a la salud como pérdida de memoria, problemas cardiacos y debilidad muscular. **(Healt, 2016)**, el contenido de esta vitamina en el frijol común varía entre 0.86 a 1.2 mg/100g. **(Los Basso et al., 2018)**

1.2.3.4.2. Riboflavina

Los Basso et al. (2018), afirman que el contenido de riboflavina en el grano oscila entre 0.14 a 0.27 mg/100g, mientras que **Healt (2016)**, agrega que esta vitamina se

encuentra en vísceras, huevos, carne, leche y hortalizas, una carencia de esta vitamina causa labios hinchados, caída de cabello, dolor de garganta, daño hepático.

1.2.3.4.3. Niacina

La niacina o vitamina B3 se encuentra de forma natural en algunos alimentos de origen animal, cereales, nueces y demás granos. La deficiencia de esta vitamina causa pelagra, enfermedad poco común en países en vía de desarrollo, lo cual contrae síntomas como cansancio extremo, alucinaciones, apatía, comportamiento agresivo pérdida de memoria, entre otros. (Healt, 2016).

1.2.3.4.4. Ácido Fólico

El organismo necesita ácido fólico para producir ADN y otros tipos de material genético, además de necesario para la división celular en el organismo, por lo tanto es necesario en la etapa de gestación, se encuentra en alimentos como hígado de res , frutas, guisantes y verduras (Healt, 2016).

1.2.3.5.Minerales

Según Espinoza-García et al. (2016) el contenido de minerales en frijol varía en función del material genético, manejo del cultivo y condiciones de almacenamiento, en esta especie se encuentra hierro, potasio, magnesio y zinc en cantidades significativas, lo que le permite ser utilizado como alternativa en sustitución de carnes y otros productos proteicos. (Fernández Valenciano y Sánchez Chávez, 2017).

1.2.4. Propiedades no nutricionales

1.2.4.1. Fitatos

Los fitatos son componentes del pericarpio de las legumbres, que se encuentran asociados con proteínas y minerales, además impiden la absorción de otros nutrientes, el contenido en fitatos de un alimento es relativo, ya que la cocción puede eliminarlos. **(De-Paula, Jarma-Arroyo y Aramendiz-Tatis, 2018).**

1.2.4.2. Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos, presentes en la piel de los frijoles que forman complejos con proteínas, por consiguiente, disminuyen la digestibilidad de las proteínas al unirse a ellos y puede comprometer la absorción de hierro hasta un 50% **(Del Pino y Lajolo, 2003)**, la estructura general de los taninos se muestra en la figura 2, en la cual comprende un grupo de oligómeros y polímeros del tipo polihidroxiflavan-3-ol sintetizados a partir de la ruta de flavonoides. **(Gómez Palomares, 2012)**

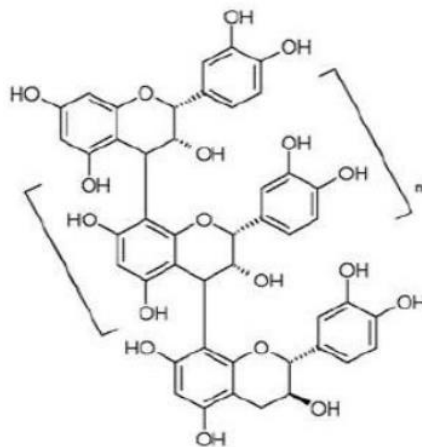


Figura 2. Estructura química de taninos condensados.

(Dykes y Rooney, 2007)

1.2.4.3. Saponinas

Las saponinas son triterpenos almacenados en el hipocótilo de las leguminosas, durante la germinación, los complejos de saponinas son hidrolizados y posteriormente las saponinas se incrementan, este antinutriente reduce la absorción de hierro y produce sabor amargo al alimento, para eliminar este compuesto se debe remojar antes de la cocción. **(Puertas-Mejía, Ríos-Yepes y Rojano, 2013).**

1.2.5. Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos son aquellos metabolitos secundarios no nutricionales de origen vegetal que tienen el potencial de disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, entre otras **(Cruz Neyra, 2017)**, además son conocidos como nutraceuticos como los polifenoles, flavonoides y antocianinas.

1.2.5.1. Péptidos

Los péptidos desarrollan el papel de inhibidores de enzimas como la lipasa pancreática, la α -glucosidasa, α -amilasa que son dianas moleculares en el tratamiento de la obesidad y la diabetes tipo 2. **(Moreno-Valdespino, Luna-Vital, Camacho-Ruiz y Mojica, 2020)**, los mismos que interactúan con receptores modulando procesos metabólicos que modifican la ingesta de alimentos, factores de crecimiento o reguladores inmunes. **(Luna-Vital et al., 2015).**

1.2.5.2. Polifenoles

Los polifenoles están representados principalmente por taninos y flavonoides, son mayormente acumulados en la capa o testa de semillas donde contribuyen a la determinación del color. **(Sparvoli, Bollini y Cominelli, 2015)**

Los compuestos encontrados en el frijol común de característica fenólica, han sido reportados como antioxidantes, anticancerígenos, antimutagénicos y con efectos

antiinflamatorios, los cuales son compuestos naturales de grupos fenilo hidroxilados, que se encuentran en formas glucosiladas, esterificados o polimerizados. **(Pérez-Perez et al., 2020)**, así mismo participan en la señalización intracelular, mediante su interacción con receptores celulares o proteínas, modulando de esta manera la expresión génica y determinando respuestas fisiológicas beneficiosas. **(Urquiaga, Echeverría, Dussailant y Rigotti, 2017)**.

1.2.5.3.Flavonoides

Los flavonoides son el grupo más grande de compuestos fenólicos presentes en la naturaleza. Estos compuestos tienen un peso molecular bajo y su estructura general está formada por dos anillos aromáticos, unidos por un puente de 3 carbonos, generalmente en forma de anillo heterocíclico como se observa en la figura 3. **(Moreno-Valdespino, Luna-Vital, Camacho-Ruiz y Mojica, 2020)**.

Todas las clases de flavonoides tienen efecto beneficioso para la salud **(Magallanes Lévano, 2021)**, forman parte de la dieta humana y son responsables del color de las semillas del frijol La importancia de este compuesto radica en que posee propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. **(Jimenez, 2018)**.

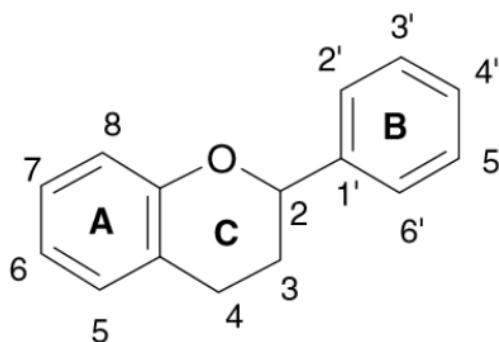


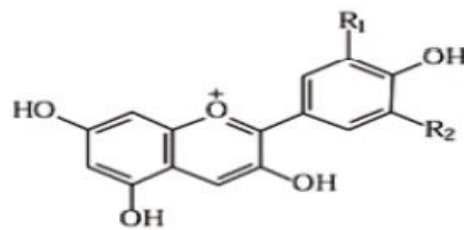
Figura 3. Estructura genérica de los flavonoides.

(Balasundram, Sundram y Samman, 2006)

1.2.5.4.Antocianinas

La presencia de antocianinas en el grano de frijol, lo hace un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales, además este contenido varía de acuerdo a las condiciones de cultivo y la localidad de siembra, pero el perfil de antocianinas se conserva. (Salinas-Moreno, Rojas-Herrera, Sosa-Montes y Pérez-Herrera, 2005).

El contenido de antocianinas es mayor en las legumbres de color oscuro como la negra o roja, en los frijoles comunes, las antocianinas confieren color a la cubierta de la semilla en las variedades de color rojo, negro y rosa. (Moreno-Valdespino, Luna-Vital, Camacho-Ruiz y Mojica, 2020), la figura 3 muestra la estructura comunes de antocianinas.



| | R ₁ | R ₂ |
|---------------------------|------------------|------------------|
| Cianidina-3-glucosido | OH | H |
| Peonidina-3-glucosido | OCH ₃ | H |
| Delfinidina-3-glucosido | OH | OH |
| Petunidina-3-glucosido | OCH ₃ | OH |
| Malvidina-3-rutinosido | OCH ₃ | OCH ₃ |
| Pelargonidina-3-glucosido | H | H |

Figura 3. Estructura comunes de antocianinas.

(Eker et al., 2020)

1.2.6. Actividad biológica

Además de su riqueza nutricional, los frijoles al consumirlos representan una alternativa a una salud excelente, ya que los compuestos bioactivos intervienen en procesos fisiológicos y causan efectos benéficos como reducir la obesidad, controlar los niveles de colesterol y triglicéridos, por citar algunos ejemplos (Chino Sánchez, 2019).

1.2.6.1. Antioxidantes

En la dieta es importante el consumo de alimentos que contengan un alto porcentaje de antioxidantes, ya que su principal función es neutralizar los radicales libres y reducir el riesgo de contraer enfermedades, por lo cual las capacidades antioxidantes de frijol común se han tomado como indicador de beneficios a la salud humana. **(Prior y Wu, 2013)**. Según estudios realizados por **Bai et al. (2017)**, menciona que las variedades de frijol color negro tienen mayor actividad antioxidantes, con respecto a otras variedades, lo cual se debe al mayor contenido de antocianinas.

1.2.6.2. Efecto antihiper glucémico

Pascale et al. (2018), plantea que el efecto hipoglucemiante del frijol común se ha establecido desde hace mucho tiempo y las vainas de frijol se conocen como remedios tradicionales para la diabetes, mientras **Nuñez-Aragón et al. (2019)** enfatiza que, las fracciones de proteínas derivadas de frijoles son utilizadas como suplementos dietéticos o preparaciones farmacéuticas para la prevención o el tratamiento de la diabetes.

Los compuestos bioactivos de las leguminosas tienen el potencial de contribuir al manejo de la diabetes tipo 2 debido a su capacidad para inhibir las enzimas relacionadas con el metabolismo de la glucosa. **(Luna-Vital et al., 2015)**

Los mecanismos implicados incluyen la inhibición de la absorción intestinal de glucosa y la inhibición de la α -glucosidasa, α -amilasa, dipeptidil peptidasa IV, además se han reportado otros mecanismos que incluyen la producción de insulina por las células β . Los hidrolizados, fracciones o péptidos tienen varios mecanismos de acción y esto podría ser una ventaja sobre los medicamentos más selectivos en el tratamiento de la diabetes. **(Toledo Oseguera, de Mejia Gonzalez, Sivaguru y Amaya-Llano, 2016)**.

1.2.6.3.Pérdida de peso

El efecto potencial de reducción de peso del frijol común ha sido investigado durante la última década, (**Wang et al., 2020**). Según estudios realizados por **Udani, Tan y Molina (2018)**, se observó el efecto del extracto de frijol común sobre la absorción de carbohidratos y la pérdida de peso. Estos resultados apoyan la posibilidad de considerar el extracto entre las fuentes de alimentos naturales que potencialmente ayudan en la pérdida de peso.

Los compuestos bioactivos de las leguminosas ejercen su actividad biológica mediante la inhibición de enzimas específicas, dando la sensación de saciedad, modulando el metabolismo de glucosa y lípidos a través de mecanismos fisiológicos y celulares.(**Moreno-Valdespino, Luna-Vital, Camacho-Ruiz y Mojica, 2020**)

Según (**Baothman et al., 2016**), el mecanismo detrás de la pérdida de peso se basa en la actividad inhibidora de la α -amilasa reportada en el extracto del frijol común, esta puede ayudar a promover la pérdida de peso al interferir con la digestión de carbohidratos complejos a azúcares simples y absorbibles, reduciendo potencialmente las calorías derivadas de carbohidratos (**Wang et al., 2020**).

1.2.6.4.Efecto anticancerígeno

Ombra et al. (2016), indican que existe un vínculo entre una dieta rica en frijoles y un menor riesgo de numerosos tipos de cáncer, de la misma forma **Moreno-Jiménez et al. (2019)**, menciona que el consumo de frijoles durante dos o más veces por semana reduce el riesgo hasta en un 47% el cáncer de colon y en un 22% el cáncer de próstata según estudios realizados.

Los mecanismos de acción preventivos del cáncer incluyen la modulación de la señalización redox, la prevención del daño oxidativo del ADN, la regulación de proteínas supresoras de tumores y la modulación de las enzimas metabolizadoras de carcinógenos (**Hernández-Ledesma, Hsieh y Ben, 2011**).

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la información nutricional y actividad biológica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en base a la revisión bibliográfica en revistas científicas de alto impacto.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el valor nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).
- Determinar los componentes activos del frijol y sus actividades biológicas.
- Evaluar las propiedades funcionales del frijol.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Definición del problema

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más consumida e importante a nivel mundial, ya que es una fuente importante de proteínas, vitaminas y minerales, además de los beneficios que produce su consumo, el género *Phaseolus* tiene 180 especies de las cuales 126 se encuentran en el continente americano (**Villamizar Guerrero, 2019**), por lo cual se hace imprescindible sintetizar información de relevancia sobre el tema.

En el caso de Ecuador el frijol común representa el 0.2% de la producción mundial, además de ser la leguminosa de mayor consumo y área de cultivo; actualmente se cosecha 89.789 hectáreas de las 105.127 hectáreas sembradas de esta leguminosa en grano seco y 15.241 hectáreas en verde o tierno. (**Navarrete Torres et al., 2013**). La presente revisión, documenta los efectos positivos de los nutrientes y compuestos con actividad biológica del frijol común.

2.2. Búsqueda de información

2.2.1. Investigación bibliográfica

Se realizará una revisión sistemática con respecto a las características relevantes de la información nutricional y actividad biológica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la finalidad de determinar las propiedades funcionales, analizar el valor nutricional de esta especie y evaluar los componentes activos y sus actividades biológicas, en la que por medio de trabajos realizados se pueda actualizar la información con respecto al tema (**Prieto Andreu, 2020**), esta revisión se basa en una investigación exhaustiva de las principales bases de datos disponibles en la web y en el repositorio universitario.

2.2.2. Base de datos de investigación científica

La investigación científica se basó en la revisión de diferentes artículos científicos disponibles en la web como Scopus, SciElo, Google Académico, ProQuest, ScienceDirect, Web of Science, libros electrónicos, trabajos de titulación y repositorio universitario de la Universidad Técnica de Ambato esos documentos se obtuvieron en formato PDF para anexarlos a EndNote gestor de referencias bibliográficas con estilo APA 6a Ed.

2.2.3. Libros electrónicos

Esta herramienta es de gran importancia para la comunidad académica dedicada a la investigación, ya que promueve una adaptación a los nuevos contextos de aprendizaje, lo cual permite actualizar investigaciones realizadas años atrás. **(Blummer y Kenton, 2020).**

2.2.4. Trabajos de titulación

Los trabajos de titulación tomados del repositorio de la Universidad Técnica de Ambato sirven para actualizar información nacional para la presente investigación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Propiedades nutricionales del frijol.

3.1.1. Proteínas

Tabla 2. Propiedades nutricionales en las diferentes especies de frijol.

| Especie | Proteínas (g/100g) |
|-----------------------|--------------------|
| <i>P. vulgaris</i> L | 23.95±0.08 |
| <i>P. acutifolius</i> | 20.50±0.29 |

(Heredia Rodríguez, 2017)

Los resultados resumidos en la tabla 2 muestra que la concentración de proteína en el frijol varía según la especie, siendo el género *P. vulgaris* L (23.95±0.08) el que mostró mayor concentración en comparación al *P. acutifolius* (20.50±0.29), por otra parte, las legumbres presentan una concentración importante de proteína vegetal, pero estas pueden ser limitadas por aminoácidos azufrados como la metionina y la cisteína. (Carbas et al., 2020), además cabe recalcar que, las proteínas tienen buena digestibilidad, no contienen gluten, promueven la reducción del colesterol y la regulación de la diabetes.

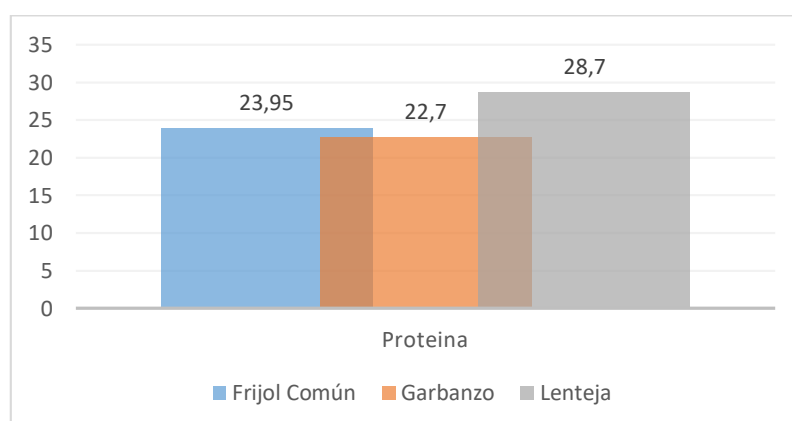


Gráfico 1. Comparación de proteína (g/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. (Asif, Rooney, Ali y Riaz, 2013).

Según **Asif, Rooney, Ali y Riaz (2013)**, mencionan que las lentejas tienen un porcentaje mayor de proteína que el garbanzo y frijol común (gráfico 1), lo cual proporciona un aporte muy importante para lograr una alimentación completa y equilibrada, además **Cardon-Thomas et al. (2017)** afirman que en las tres últimas décadas el consumo de legumbres ha disminuido un 50%, lo cual no es bueno tomando en cuenta las recomendaciones de ingesta diaria que para adultos es de 1 a 1.2 g de proteína por kilogramo de peso, aproximadamente 46 a 56 g de proteína/día.

3.1.1.1. Aminoácidos

Tabla 3. Aminoácidos esenciales en frijol, garbanzo y lenteja

| Aminoácido | mg/100g de proteína | | |
|-------------------|---------------------|----------|---------|
| | Frijol Común | Garbanzo | Lenteja |
| Lisina | 9.3 | 7.2 | 2.8 |
| Histidina | 2.1 | 3.0 | 1.2 |
| Met + Cys | 1.9 | 1.7 | 0.7 |
| Leucina | 7.2 | 8 | 2.4 |
| Isoleucina | 6.1 | 4.8 | 1.3 |
| Phe + Tyr | 9.8 | 8.3 | 2.6 |
| Treonina | 5.5 | 3.1 | 1.5 |
| Valina | 3.1 | 4.6 | 1.4 |

(Rezende Alves, Pacheco Bertoldo, Silva Vera y Ferreira, 2017) (Gonzalez Osuna, 2020) (Thirumdas et al., 2018)

Los aminoácidos se combinan para formar proteínas, ayudan al cuerpo humano a cumplir funciones como descomponer los alimentos, por lo cual el consumo de aminoácidos también es considerado como una fuente de energía (**Mirón Rivas, 2020**). En la tabla 3 se plasma la cantidad de aminoácidos de frijol, garbanzo y lentejas; en el caso de lisina, en el frijol común se presenta en mayor proporción y es de suma importancia ya que este aminoácido es útil para la absorción de calcio. (**Rezende Alves, Pacheco Bertoldo, Silva Vera y Ferreira, 2017**).

En términos generales en el frijol común se encuentran aminoácidos que representan el mayor porcentaje a diferencia del garbanzo y lenteja como; Met+Cys, isoleucina, Phe+Tyr y treonina. Aportan diferentes beneficios para quien las consuma, por ejemplo, Met+Cys ayuda al hígado a procesar las grasas, la isoleucina regula niveles de azúcar en sangre, Phe+Tyr otorgan acción analgésica y antidepresiva. (Montoya Navarro, 2018).

Asimismo Ccala Sucasaca y Ramirez Carrasco (2021), describen que el garbanzo posee mayor proporción de histidina abundante en hemoglobina; leucina que puede llegar a sustituir a la glucosa en ciclos de ayuno y valina que interviene en la relajación muscular en atletas.

3.1.2. Carbohidratos

Tabla 4. Carbohidratos en las diferentes especies de frijol

| Especie | Carbohidratos (g/100g) | |
|-----------------------|------------------------|-------|
| | Carbohidratos | Fibra |
| <i>P. vulgaris</i> L | 57.8 | 17.3 |
| <i>P. acutifolius</i> | 47.05 | 15.5 |

(Jacinto-Hernández et al., 2019)

Los carbohidratos se encuentran en mayor proporción dentro de la química del frijol, Heredia Rodríguez (2017) propone que la cantidad de carbohidratos de la especie *P. vulgaris* L (57.8 g/100g), es mayor a la otra especie propuesta en la tabla 3, sin embargo, a pesar de su alto contenido de carbohidratos esta leguminosa tiene un bajo índice glucémico, ya que no eleva de manera drástica la glucosa en sangre. (Jacinto-Hernández et al., 2019)

En cuanto a la fibra, el frijol común representa mayor porcentaje a comparación de la otra especies con un 17.3 g/100g, del cual, según Serrano y Goñi (2004) un 6.5% corresponde a la fibra dietética soluble y un 11.2% a la fibra dietética insoluble, además estudios realizados por Sánchez Perales et al. (2021), afirman que la cantidad de fibra que debe consumir un adulto es entre 21 y 38 g.

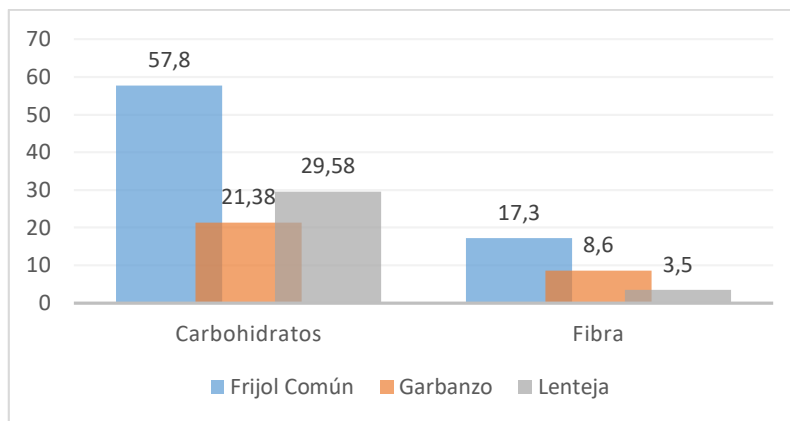


Gráfico 2. Comparación de carbohidratos (g/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja.
(Asif, Rooney, Ali y Riaz, 2013)

Tal como se muestra en el gráfico 2, **Asif, Rooney, Ali y Riaz (2013)**, manifiestan que, los carbohidratos se encuentran en mayor proporción en el frijol común a diferencia de las demás leguminosas. El cuerpo utiliza estos carbohidratos de manera lenta para proporcionar energía, por consiguiente, el consumo de frijol aporta energía de reserva. (**Sánchez Perales et al., 2021**).

Por otra parte, la fibra en el frijol común se lleva el primer lugar seguido del garbanzo; dado que la fibra reduce los niveles de colesterol y glucosa, ayuda a controlar enfermedades como la diabetes. Existe una diferencia marcada entre fibra soluble que aumenta la sensación de saciedad, y la no soluble que acelera el tránsito intestinal. (**Martínez Ortiz, 2019**).

3.1.3. Grasas

Tabla 5. Grasa en diferentes especies de frijol.

| Especie | Grasa (g/100g) | | | |
|-----------------------|----------------|----------------|----------|-------|
| | Monoinsaturada | Poliinsaturada | Saturada | Total |
| <i>P. vulgaris</i> L | 0.03 | 0.13 | 0.08 | 0.32 |
| <i>P. acutifolius</i> | 0.23 | 0.41 | 0.24 | 0.50 |

(Teniente-Martínez, Cruz, Cariño-Cortés y Bernardino-Nicanor, 2016)

El contenido de grasa en la especie *P. vulgaris* L es menor que en la especie *P. acutifolius* (tabla 4), la mayoría de frijoles se caracterizan por tener una baja concentración de grasas y cero colesterol. (Teniente-Martínez, Cruz, Cariño-Cortés y Bernardino-Nicanor, 2016)

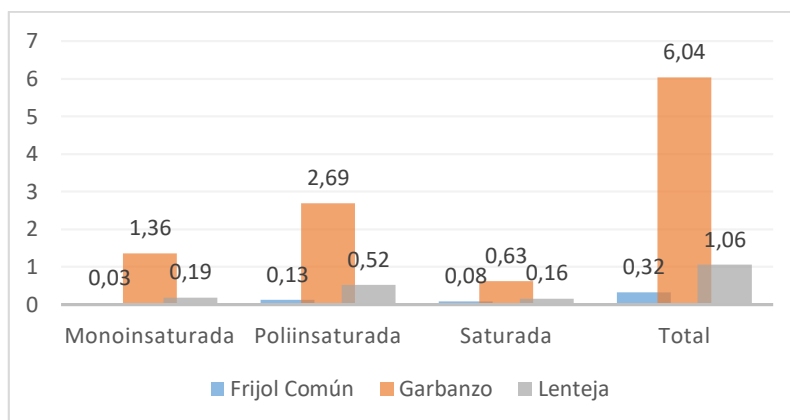


Gráfico 3. Comparación de grasas (g/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. (Asif, Rooney, Ali y Riaz, 2013)

Al comparar con otras leguminosas el contenido de grasa es mayor en el garbanzo, sin embargo, el frijol es una legumbre que puede constituir una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados. (Asif, Rooney, Ali y Riaz, 2013).

3.1.3.1. Ácidos Grasos

Tabla 6. Ácidos grasos en frijol común, garbanzo y lentejas.

| Especie | Ácidos Grasos (g/100g) | | | | |
|--|------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | Palmítico | Estearico | Oleico | Linoleico | Linolénico |
| Frijol Común (<i>P. vulgaris</i> L) | 14,0±0,95 | 1,3±1,12 | 11,5±1,12 | 25,0±0,98 | 40,7±1,21 |
| Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) | 11,7±1,01 | 1,8±1,10 | 31,1±0,92 | 49,4±1,13 | 3,7±0,99 |
| Lentejas (<i>Lens culinaris</i>) | 15,2±0,97 | 1,6±1,14 | 25,8±1,5 | 46,1±1,11 | 12,4±1,03 |

(Medina Rochín, Ramírez, Rangel-Peraza y Aguayo-Rojas, 2018)

Según **Medina Rochín, Ramírez, Rangel-Peraza y Aguayo-Rojas (2018)**, los principales ácidos grasos del frijol común son el linolénico, linoleico y en menor proporción el oleico (tabla 6), por otro lado en el garbanzo y lenteja se encuentra una mayor concentración del ácido linoleico. Según estudios realizados por **Estruch et al. (2018)**, confirman que el consumo de alimentos ricos en ácido oleico previene enfermedades cardiovasculares, mientras que el déficit del linoleico provoca dermatitis, caída de cabello, entre otros.

3.1.4. Vitaminas

Tabla 7. Vitaminas en especies de frijol.

| Especie | Vitaminas (mg/100g) | | |
|-----------------------|---------------------|---------|---------|
| | Riboflavina | Tiamina | Niacina |
| <i>P. vulgaris L</i> | 0.22 | 0.61 | 2.11 |
| <i>P. acutifolius</i> | 0.15 | 0.47 | 2.09 |

(Enjamio et al., 2016)

Las vitaminas son un grupo de sustancias necesarias para el funcionamiento celular, crecimiento y desarrollo normal (**Ruiz-Ruiz, Dávila-Ortíz, Chel-Guerrero y Betancur-Ancona, 2012**), y en este caso, el frijol común posee mayor concentración de riboflavina, tiamina y niacina en relación a la especie *P. acutifolius* (tabla 7), por tanto es considerado una fuente importante de estos micronutrientes.

Healt (2016) afirma que, la tiamina o vitamina B1 tiene un efecto biológico contra las implicaciones cardiovasculares, siendo su IDR de 1.1 a 1.5 mg/100g en niños y 0.3 – 0.4 mg/100g en adultos; esto demuestra que el consumo de frijol común podría suplir la ingesta diaria recomendada según los datos reportados en la tabla 7.

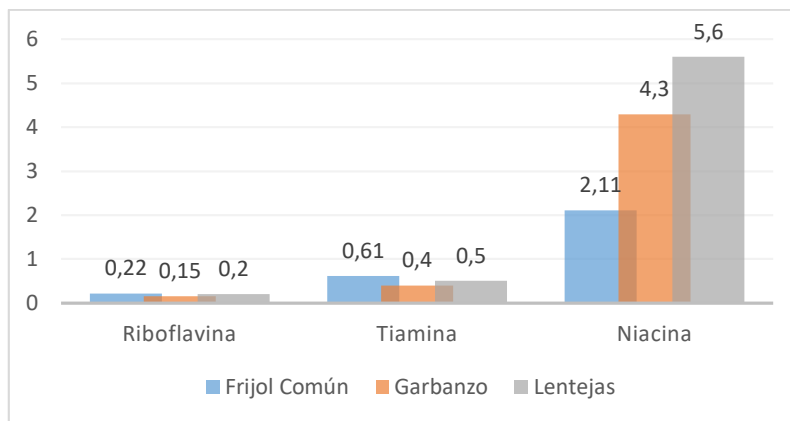


Gráfico 4. Comparación de vitaminas (mg/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja. (Enjamio et al., 2016)

Enjamio et al. (2016), indica que la tiamina y riboflavina se encuentran en mayor proporción en el frijol común, mientras que la niacina en la lenteja. Entre los beneficios de esta última tenemos la regulación de niveles de colesterol, retraso del envejecimiento celular y reconstituyente del sistema nervioso central.

3.1.5. Minerales

Tabla 8. Minerales en diferentes especies de frijol.

| Especie | Minerales (mg/100g) | | |
|-----------------------|---------------------|---------|--------|
| | Hierro | Fósforo | Calcio |
| <i>P. vulgaris L</i> | 6.7 | 406 | 83 |
| <i>P. acutifolius</i> | 7.1 | 415 | 134 |

(Enjamio et al., 2016)

Los minerales son muy importantes en el organismo ya que participan en la regulación de los procesos corporales (**Heredia Rodríguez, 2017**). El frijol común posee menor concentración de hierro, fósforo y calcio en relación con la especie *P. acutifolius* (tabla 7), no obstante, esta especie representa un aporte significativo de hierro y fósforo de acuerdo a lo reportado por **Heredia Rodríguez (2017)**, quien indica que la IDR esta entre 12 - 15 mg/100g y 800 mg/100g respectivamente.

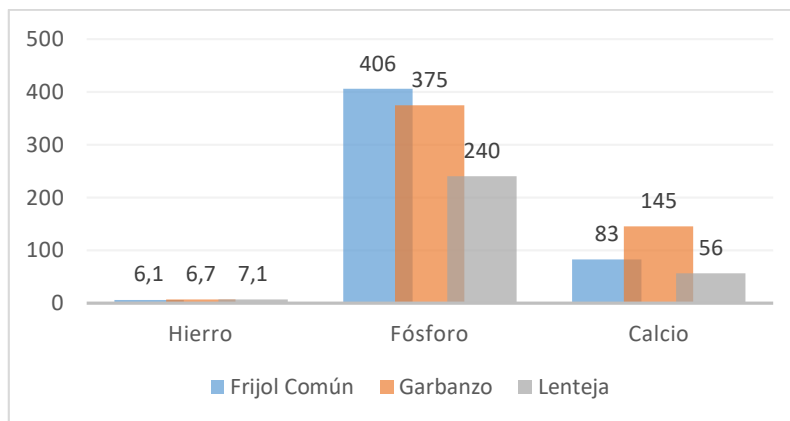


Gráfico 5. Comparación de minerales (mg/100g) entre frijol, garbanzo y lenteja.
(Enjamio et al., 2016)

Enjamio et al. (2016) compara el frijol común con otras leguminosas; se aprecia que el garbanzo tiene mayor contenido de calcio, el frijol común de fósforo y la lenteja de hierro (gráfico 5). La deficiencia de hierro es un problema global que ocasiona graves trastornos en la salud como: retraso en el crecimiento y desarrollo cognitivo, anemia, problemas en embarazo y en casos extremos hasta la muerte, además afecta a más de 1.6 billones de personas (**Porch et al., 2017**), por consiguiente, el consumo de las leguminosas anteriormente citadas son de mucha importancia para el equilibrio nutricional.

3.3. Propiedades no nutricionales

3.3.1. Taninos

Tabla 9. Taninos condensados en las diferentes especies de frijol.

| Especie | Taninos condensados (mg eq. Catequina/g muestra) |
|----------------------|--|
| <i>P. vulgaris</i> L | 1.57 |
| <i>P. coccineous</i> | 2.07 |

(Wallander-Compeán, Almaraz-Abarca y Alejandre-Iturbide, 2020)

En la tabla 9 se observa un menor porcentaje de taninos condensados en la especie de *P. vulgaris* L, considerados anti-nutrientes debido a que, dificultan la absorción de minerales

y proteína. **Jimenez (2018)**, afirma que la cocción tradicional disminuye el contenido de taninos en la semilla, mientras que el horneado provoca un aumento de este componente. Estudios realizados por **Díaz-Vázquez et al. (2019)** proponen la eliminación de la testa con el fin de eliminar taninos y así incrementar la digestibilidad proteica, en ese mismo contexto los niveles de taninos superiores a 0.63 mg/g afecta la digestibilidad de minerales y vitaminas.

3.4. Compuestos bioactivos.

3.4.1. Polifenoles

Tabla 10. Polifenoles en diferentes especies de frijol

| Especie | Polifenoles Totales (mg Equiv. Ac. Gálico/g) |
|----------------------|--|
| <i>P. vulgaris</i> L | 2.63±0.26 |
| <i>P. coccineous</i> | 1.22±0.11 |

(Claros Osorio, 2021)

De acuerdo con investigaciones realizadas por **Claros Osorio (2021)**, se encuentra mayor cantidad de polifenoles en la especie *P. vulgaris* L (tabla 10), este compuesto se destaca por eliminar radicales libres en el organismo, además de tener un efecto prebiótico lo cual favorece crecimiento de bacterias beneficiosas, asimismo poseen acción antiinflamatoria y anticancerígena.

Tabla 11. Polifenoles en especies de leguminosas

| Especie | Polifenoles (mg Equiv. Ac. Gálico/g) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Frijol común (<i>P. vulgaris</i> L) | 2.63±0.26 |
| Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) | 2.1 |
| Lentejas (<i>Lens culinaris</i>) | 3.09 ± 0.20 |

(Perez-Perez et al., 2018)

Según **Castro (2019)** el consumo diario de polifenoles (6.84 mg/g) en México en bajo, ya que **Navarro González, Periago y García Alonso (2017)** afirman que el consumo diario de polifenoles debe ser 109.3 mg/g al día. De acuerdo a la tabla 11, la lenteja es la leguminosa que más aporte de polifenoles contribuye en la dieta, sin embargo es necesario tomar en cuenta lo mencionado por **Harlen y Jati (2018)** quienes describe que, los polifenoles se encuentran principalmente en la cascara de la semilla, por lo tanto el remojar antes de cocinarlos conduce al ablandamientos de los tejidos de las paredes y aumenta la solubilidad de los polifenoles.

3.4.2. Flavonoides

Tabla 12. Flavonoides en especies de leguminosas

| Especie | Flavonoides (mg eq. rutina/g) |
|--|--------------------------------------|
| Frijol común (<i>P. vulgaris</i> L) | 124.59±2.06 |
| Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) | 116.2 |
| Lentejas (<i>Lens culinaris</i>) | 17.13±0.94 |

(Benmeziane-Derradji, Djermoune-Arkoub, Ayat y Aoufi, 2020; Heredia Rodríguez, 2017; Kalefetoğlu, Macar y Dürdane, 2017)

En cuanto a los flavonoides su IDR es de 116.9 a 152.7 mg/día; el consumo de frijol común según **Heredia Rodríguez (2017)** se encuentra dentro del parámetro establecido, además, al compararlo con otras leguminosas tiene mayor cantidad de este elemento (tabla 12). Asimismo existe un mayor efecto biológico de los flavonoides en leguminosas cuando el consumo de los granos es completo, demostrado tener propiedades anticancerígenas y antiinflamatorias (**Rodríguez-García, Sánchez-Quesada y Gaforio, 2019**).

3.4.3. Antocianinas

Tabla 13. Cantidad de antocianinas en especies de leguminosas

| Especie | Antocianinas (mg/g) |
|--------------------------------------|---------------------|
| Frijol común (<i>P. vulgaris</i> L) | 2.6 |
| Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) | 0.071 |
| Lentejas (<i>Lens culinaris</i>) | 4.57±0.45 |

(Benmeziane-Derradji, Djermoune-Arkoub, Ayat y Aoufi, 2020; García-Díaz, Aquino-Bolaños y Capistrán-Carabarin, 2016; Pasqualone et al., 2021)

Las antocianinas son un tipo importante de flavonoides que se encuentran en los frijoles pigmentados y son responsables de la capacidad antioxidante del frijol común. **Harlen y Jati (2018)** mencionan que las antocianinas son sensibles al calor, por tanto, sus beneficios dependen principalmente de su procesamiento térmico. El contenido de antocianinas oscila entre 0 y 5,8 mg/g en las leguminosas, y según **García-Díaz, Aquino-Bolaños y Capistrán-Carabarin (2016)** el frijol común se encuentra dentro del parámetro establecido (tabla 13).

3.4 Actividades biológicas

3.4.1. Actividad antioxidante

Tabla 14. Actividad antioxidante en especies de leguminosas

| Especie | Actividad antioxidante (µmol ET/100 g de muestra) | | | |
|--------------------------------------|---|------------|-----------|------------|
| | ABTS | | DPPH | |
| | Libres | Ligados | Libres | Ligados |
| Frijol común (<i>P. vulgaris</i> L) | 3578±6,32 | 5986±69,43 | 2985±4,01 | 4764±43,12 |
| Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) | 4417±5,48 | 6421±78,54 | 3552±4,60 | 5112±64,23 |
| Lentejas (<i>Lens culinaris</i>) | 3986±6,33 | 6265±69,45 | 2667±5,72 | 5735±67,42 |

(Medina Rochín, Ramírez, Rangel-Peraza y Aguayo-Rojas, 2018)

Los compuestos fenólicos tienen la capacidad de inhibir la oxidación y por tanto actúan como protectores de moléculas biológicas, además están directamente relacionados con el contenido de pigmentos de las leguminosas. (Sánchez Díaz et al., 2019). En la determinación de la actividad antioxidante el garbanzo presenta el valor más alto (tabla 14) de actividad antioxidante en su fracción libre (4417 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ en el ensayo ABTS; 3552 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ en el ensayo DPPH) y ligada (ensayo ABTS 6421 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$), mientras que en fracción ligada de la lenteja revelo mejores resultados con el ensayo DPPH (5735 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$). (Medina Rochín, Ramírez, Rangel-Peraza y Aguayo-Rojas, 2018).

3.4.2. Actividad antihiper glucémica

Tabla 15. Actividad antihiper glucémica en leguminosas

| Especie | Inhibición de la α -glucosidasa (%) | |
|--------------------------------------|--|---------------|
| | Libres | Ligados |
| Frijol común (<i>P. vulgaris</i> L) | 32 \pm 1,12 | 73 \pm 0,97 |
| Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) | 26 \pm 0,98 | 76 \pm 1,13 |
| Lentejas (<i>Lens culinaris</i>) | 46 \pm 1,10 | 67 \pm 1,11 |

(Medina Rochín, Ramírez, Rangel-Peraza y Aguayo-Rojas, 2018)

Los inhibidores de la enzima α -glucosidasa reducen, previenen o retrasan la absorción de carbohidratos, reduciendo los niveles de glucosa postprandial; estos compuestos ayudan al manejo de la diabetes tipo 2. En la tabla 15 se observa que la fracción libre de extractos fenólicos de lenteja y la fracción ligada de garbanzo presentaron mayor porcentaje de inhibición (46% y 76% respectivamente), sin embargo el frijol común según Medina Rochín, Ramírez, Rangel-Peraza y Aguayo-Rojas (2018) es considerado una fuente alterna de inhibidores de esta enzima.

3.4.2. Actividad anticancerígena

Tabla 16. Concentración de extractos de *Phaseolus vulgaris* ($\mu\text{g/mL}$) requerido para inhibir el crecimiento celular en un 50% (GI50), producir una inhibición total del crecimiento (TGI) y causar el 50% de muerte celular neta (LC50).

| Extractos | Parámetros de inhibición | TK-10 | MCF-7 | UACC-62 |
|------------|--------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Crudos | GI50 | 19,12 \pm 0,72 | 31,5 \pm 2,22 | 137 \pm 8,66 |
| | TGI | 57,12 \pm 4,12 | >250 | >250 |
| | LC50 | 170,59 \pm 6,11 | >250 | >250 |
| Hervidos | GI50 | 12,95 \pm 1,54 | 0,80 \pm 0,01 | 0,22 \pm 0,01 |
| | TGI | 111,92 \pm 7,44 | 2,66 \pm 0,13 | 2,65 \pm 0,28 |
| | LC50 | 204,15 \pm 7,28 | 8,88 \pm 0,21 | 10,82 \pm 1,06 |
| Germinados | GI50 | >250 | 0,57 \pm 0,09 | 0,07 \pm 0,01 |
| | TGI | >250 | 2,71 \pm 0,23 | 2,72 \pm 0,19 |
| | LC50 | >250 | 12,88 \pm 1,65 | 96,17 \pm 5,28 |

(López et al., 2013)

Mediante el método de sulforodamina B se evaluó la actividad anticancerígena de los extractos crudos, hervidos y germinados del frijol común en tres líneas celulares: adenocarcinoma renal (TK-10), adenocarcinoma de mama (MCF-7) y melanoma (UACC-62) (López et al., 2013). El rango de dosis ensayado fue de 0,01 a 250 $\mu\text{g/mL}$; el extracto crudo fue el más citotóxico para la línea TK-10, ya que provocó una inhibición total del crecimiento (TGI) y un 50 % de destrucción neta (LC50) a concentraciones de 57,12 y 170,59 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente; para las líneas celulares MCF-7 y UACC-62 el extracto germinado presentó mayor inhibición del crecimiento celular en un 50% (GI50) a concentraciones de 0,57 y 0,07 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos se puede concluir lo siguiente:

- Actualmente existe un desconocimiento de las bondades que presenta el frijol común *P. vulgaris* L, por lo que se realizó una revisión bibliográfica de las propiedades nutricionales y biológicas de esta leguminosa; para ello se recopiló información de relevancia presentada por varios autores, quienes afirman que es un alimento que complementa una dieta balanceada y beneficia a la salud de quienes lo ingieran.
- Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (9.3 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (9.8 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados metionina y cisteína. En relación con los carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14 a 19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro y fósforo y vitaminas como la tiamina, niacina y riboflavina.
- Entre las principales sustancias químicas que interfieren con el aprovechamiento de los nutrientes del frijol destacan los taninos. Son considerados anti-nutrientes, porque pueden formar complejos con las proteínas, el almidón y enzimas digestivas, causando una reducción en el valor nutritivo de los alimentos. Existen técnicas culinarias de preparación del frijol como el remojo y la cocción, que eliminan o disminuyen la presencia de dichos factores anti-nutricionales.

- Diferentes compuestos bioactivos, entre ellos péptidos, polifenoles, flavonoides y antocianinas se encuentran presentes en *P. vulgaris* L, dichos compuestos exhiben capacidades biológicas (antioxidante, antihiper glucémica, antidiabética, anticancerígena) que ayudan a regular la salud y prevenir enfermedades crónicas no transmisibles como diabetes, obesidad y patologías cardiovasculares.
- Los péptidos desarrollan el papel de inhibidores de enzimas como la lipasa pancreática, la α -glucosidasa y α -amilasa que son dianas moleculares en el tratamiento de la obesidad y la diabetes tipo 2. Los compuestos fenólicos fueron reportados como antioxidantes, ya que impide la oxidación de las células y por tanto intervienen como protectores de moléculas biológicas. Finalmente, el extracto crudo del frijol común fue el más citotóxico para la línea celular TK-10 provocando una inhibición total del crecimiento celular, mientras que el extracto germinado para las líneas MCF-7 y UACC-62, el cual responde a la inhibición del crecimiento celular en un 50%.

BIBLIOGRAFÍA

3. Bibliografía

Aguilera, Y. (2017). Harinas de leguminosas deshidratadas: caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecnofuncionales.

Argaw, A., y Akuma, A. (2015). Rhizobium leguminosarum bv. viciae sp. inoculation improves the agronomic efficiency of N of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Environmental Systems Research*, 4(1), 1-13.

Asif, M., Rooney, L., Ali, R., y Riaz, M. (2013). Application and opportunities of pulses in food system: a review. *Critical reviews in food science nutrition*, 53(11), 1168-1179.

Bai, Y., Xu, Y., Wang, B., Li, S., Guo, F., Hua, H., . . . Yu, Z. (2017). Comparison of phenolic compounds, antioxidant and antidiabetic activities between selected edible beans and their different growth periods leaves. *Journal of Functional Foods*, 35, 694-702.

Balasundram, N., Sundram, K., y Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>

Baothman, O., Zamzami, M., Taher, I., Abubaker, J., y Abu-Farha, M. (2016). The role of Gut Microbiota in the development of obesity and Diabetes. Vol. 15. *Lipids in Health Disease. BioMed Central Ltd.*

Benmeziiane-Derradji, F., Djermoune-Arkoub, L., Ayat, N. E.-H., y Aoufi, D. (2020). Impact of roasting on the physicochemical, functional properties, antioxidant content and microstructure changes of Algerian lentil (*Lens culinaris*) flour. *Journal of Food Measurement Characterization*

Blummer, B., y Kenton, J. (2020). A Systematic Review of E-Books in Academic Libraries: Access, Advantages, and Usage. *New Review of Academic Librarianship*, 26(1), 79-109. doi:10.1080/13614533.2018.1524390

Carbas, B., Machado, N., Oppolzer, D., Ferreira, L., Queiroz, M., Brites, C., . . . Barros, A. (2020). Nutrients, antinutrients, phenolic composition, and antioxidant

activity of common bean cultivars and their potential for food applications. *Antioxidants*, 9(2), 186.

Cardon-Thomas, D., Riviere, T., Tiegues, Z., Cardon, D., y Greig, C. (2017). Dietary protein in older adults: adequate daily intake but potential for improved distribution. *Nutrients*, 9, 184. doi:<https://doi.org/10.3390/nu9030184>

Castro, M. (2019). Polifenoles: compuestos bioactivos con efectos benéficos en la prevención de diabetes tipo 2. *Revista digital RED CieN*, 1(3).

Ccala Sucasaca, J., y Ramirez Carrasco, S. (2021). Identificación y Cuantificación de aminoácidos esenciales en *Cicer arietinum* L. “garbanzo” y *Phaseolus lunatus* L. “pallar” por Cromatografía Líquida de Alta Performance (HPLC).

Chino Sánchez, X. (2019). Frijoles, aliados de la salud. *Ecofronteras*, 14-16.

Claros Osorio, P. D. P. (2021). Evaluación de la capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles totales del *Phaseolus vulgaris* “Frijol”.

Cruz Neyra, L. (2017). Alimentos funcionales. *Revistas Universidad Ricardo Palma*.

De-Paula, C. D., Jarma-Arroyo, S., y Aramendiz-Tatis, H. (2018). Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor antinutricional del frijol caupí. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 30-41.

Del Pino, V. H., y Lajolo, F. M. (2003). Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimáticos. *Food Science Technology*, 23(1), 49-53.

Díaz-Vázquez, I., Valdez González, F., Rodríguez González, H., Zavala-Leal, I., y Cuevas Rodríguez, B. (2019). Efecto del descascarillado y endurecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en digestibilidad y antinutrientes en dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Pesquera*, 5(9).

Dykes, L., y Rooney, L. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal foods world*, 52(3), 105-111.

Eker, M. E., Aaby, K., Budic-Leto, I., Rimac Brnčić, S., El, S. N., Karakaya, S., . . . de Pascual-Teresa, S. (2020). A review of factors affecting anthocyanin bioavailability: Possible implications for the inter-individual variability. *Foods*, 9(1), 2.

- Enjamio, L., Rodríguez, P., Valero, T., Ruíz, E., Ávila Torres, J., y Varela Moreiras, G. (2016). Informe sobre Legumbres , Nutrición y Salud. Fundación Española de la Nutrición (FEN).
- Espinoza-García, N., Martínez-Martínez, R., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., Carrillo-Rodríguez, J. C., Heredia-García, E., y Velasco-Velasco, V. A. (2016). Contenido de minerales en semilla de poblaciones nativas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista fitotecnica mexicana*, 39(3), 215-223.
- Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M.-I., Corella, D., Arós, F., . . . Lapetra, J. (2018). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *New England journal of medicine*, 378(25), e34.
- Fernández Valenciano, A. F., y Sánchez Chávez, E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova scientia*, 9(18), 133-148.
- García-Díaz, Y. D., Aquino-Bolaños, E. N., y Capistrán-Carabarin, A. (2016). Cuantificación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en frijol.
- Garzón García, A. K. (2019). Polifenoles, aminoácidos y actividad antioxidante en ejote y flor de poblaciones nativas de *Phaseolus vulgaris* L. y *P. coccineus* L.
- Gómez Palomares, B. I. (2012). *Optimización de la formulación de una barra nutritiva mezcla de frijol común (Phaseolus vulgaris l.) Y avena (Avena sativa)*.
- Gonzalez Osuna, M. F. (2020). *Efecto del pretratamiento con pulsos ultrasónicos en la obtención de fracciones peptídicas antioxidantes de proteínas de garbanzo (Cicer arietinum L.)*.
- Granda Mora, K. I. (2017). *Inoculante a base de una cepa nativa de Rhizobium leguminosarum bv. viciae col6 para la produccion de phaseolus Vulgaris l. en loja, Ecuador*: Editorial Universitaria.
- Harlen, W. C., y Jati, I. R. (2018). Chapter 8 - Antioxidant Activity of Anthocyanins in Common Legume Grains. In R. R. Watson, V. R. Preedy y S. Zibadi (Eds.), *Polyphenols: Mechanisms of Action in Human Health and Disease (Second Edition)* (pp. 81-92): Academic Press.
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., y Bashir, S. (2014). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical reviews in food science nutrition*, 54(5), 580-592.

- Healt, N. I. o. (2016). Dietary Supplement Fact Sheets. Recuperado de: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/list-all/#>
- Heredia Rodríguez, L. (2017). *Caracterización fisicoquímica y de compuestos bioactivos del frijol tepari (Phaseolus acutifolius gray) cultivado en Nuevo León, México*. Universidad Autónoma de Nuevo León,
- Hernández-Ledesma, B., Hsieh, C.-C., y Ben, O. (2011). Seed Components in Cancer Prevention. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 101-109): Elsevier.
- Hernández, C. J., Sánchez Hernández, H., Rivero Azpíroz, S., Gallegos Acosta, J., y Lugo Bernal, I. (2002). Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. *Agrociencia*, 36(4), 451-459.
- Herrera, M. D. (2018). La sequía y su efecto sobre el rendimiento y la calidad nutrimental y nutracéutica de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).
- Jacinto-Hernández, C., Coria-Peña, M., Contreras-Santos, G., Martínez-López, L., Zapata-Martelo, E., y Ayala-Carrillo, M. d. R. (2019). Azúcares totales y proteína en frijol nativo de la región Triqui Alta, Oaxaca %J Revista mexicana de ciencias agrícolas. 10, 1667-1674.
- Jimenez, K. (2018). Elaboración y evaluación del valor nutrimental, nutracéutico y sensorial de una barra horneada de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y avena (*Avena sativa*).
- Kalefetoğlu, T., Macar, O., y Dürdane, İ. (2017). Variability in some biochemical and nutritional characteristics in desi and Turkish kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) types. *Celal Bayar University Journal of Science*, 13(3), 677-680.
- Kelly, J., Cichy, K., Siddiq, M., y Uebersax, M. (2013). Dry bean breeding and production technologies. *Dry beans pulses: Production, processing, nutrition*. Wiley-Blackwell, Chichester, UK 23-54.
- Lima Zambaldi, R. A., Tomé Moretti, L., y Abreu Patto, C. M. (2014). Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. *Ciência Rural*, 44(9), 1664-1670.
- López, A., El-Naggar, T., Dueñas, M., Ortega, T., Estrella, I., Hernández, T., . . . Carretero, M. E. (2013). Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 138(1), 547-555.

- Los Basso, F. G., Zielinski Ferreira, A. A., Wojcicchowski, J. P., Nogueira, A., y Demiate, I. (2018). Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. *Current Opinion in Food Science*, 19, 63-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.010>
- Luna-Vital, D. A., Mojica, L., González de Mejía, E., Mendoza, S., y Loarca-Piña, G. (2015). Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. *Food Research International*, 76, 39-50. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.024>
- Magallanes Lévano, K. J. (2021). Caracterización físicoquímica, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de tres variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de cinco localidades, Lima-Ica.
- Martínez Ortiz, D., Jonathan. (2019). *Utilización de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y muña (*minthostachys mollis*) para la elaboración de una bebida funcional*. Universidad Nacional de Chimborazo,
- Martinez, S. C. (2019). Evaluación de la capacidad antiinflamatoria del extracto de fermentación de la fracción no digerible de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido en macrófagos murinos.
- Matos, A. (2020). *Evaluación de cinco cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): fundamentos teóricos*: Editorial Universitaria (Cuba).
- Medina Rochín, J., Ramírez, K., Rangel-Peraza, J., y Aguayo-Rojas, J. (2018). Incremento del valor nutrimental, actividad antioxidante y potencial inhibitorio de α -glucosida en brownies a base de leguminosas cocidas. *Arch. Latinoam. Nutr*, 68.
- Mirón Rivas, M. P. (2020). *Elaboración de un producto alimenticio a base de garbanzo y soya enriquecido con hierro dirigido a mujeres de 25 a 60 años*. Universidad de San Carlos de Guatemala,
- Montoya Navarro, K. J. (2018). Identificación y Cuantificación de aminoácidos esenciales en *Vigna unguiculata* (frejol castilla) y *Phaseolus vulgaris* (frejol guinda) por Cromatografía Líquida de Alta Performance (HPLC).
- Moreno-Valdespino, C., Luna-Vital, D., Camacho-Ruiz, R., y Mojica, L. (2020). Bioactive proteins and phytochemicals from legumes: Mechanisms of action preventing obesity and type-2 diabetes. *Food Research International*, 130, 108905.

- Moreno-Jiménez, M. R., López-Barraza, R., Cervantes-Cardoza, V., Pérez-Ramírez, I. F., Reyna-Rojas, J. A., Gallegos-Infante, J. A., . . . Rocha-Guzmán, N. E. (2019). Mechanisms associated to apoptosis of cancer cells by phenolic extracts from two common beans varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of food biochemistry*, 43(6), e12680.
- Muñoz-Velázquez, E. E., Rubio-Hernández, D., Bernal-Lugo, I., Garza-García, R., y Jacinto-Hernández, C. (2009). Caracterización de genotipos nativos de frijol del estado de Hidalgo, con base a calidad del grano. *Agricultura técnica en México*, 35(4), 429-438.
- Navarrete Torres, E., Caiza Quisphe, D., Laiño Sánchez, A., Bermeo Reyes, M., Osorio González, B., Navarrete Torres, A., . . . Chong Haro, A. (2013). Caracterización de la producción de Frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador: caso Comuna Panyatug. *Revista Ciencia y Tecnología*, 6(1), 23-31.
- Navarro González, I., Periago, M. J., y García Alonso, F. J. (2017). Estimación de la ingesta diaria de compuestos fenólicos en la población española. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(4), 320-326.
- Núñez-Aragón, P. N., Segura-Campos, M., Negrete-León, E., Acevedo-Fernández, J. J., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., y Castañeda-Corral, G. (2019). Protein hydrolysates and ultrafiltered < 1 KDa fractions from *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus vulgaris* and *Mucuna pruriens* exhibit antihyperglycemic activity, intestinal glucose absorption and α -glucosidase inhibition with no acute toxicity in rodents. 99(2), 587-595. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.9219>
- Núñez-Vázquez, M. d. I. C., Delgado-Acosta, C., López-Padrón, I., Martínez-González, L., Reyes-Guerrero, Y., Pérez-Domínguez, G., y Brito-Sánchez, D. (2020). Nuevo bioestimulante y su influencia en la producción del frijol común. *Cultivos Tropicales*, 41.
- Ombra, M., d'Acierno, A., Nazzaro, F., Riccardi, R., Spigno, P., Zaccardelli, M., . . . Fratianni, F. (2016). Phenolic composition and antioxidant and antiproliferative activities of the extracts of twelve common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) endemic ecotypes of Southern Italy before and after cooking. *Oxidative medicine cellular longevity*, 2016.
- Pascale, R., Bianco, G., Cataldi, T., Kopplin, P.-S., Bosco, F., Vignola, L., . . . Milella, L. (2018). Mass spectrometry-based phytochemical screening for hypoglycemic activity of Fagioli di Sarconi beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 242, 497-504. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.091>
- Pasqualone, A., Summo, C., De Angelis, D., Cucci, G., Caranfa, D., y Lacolla, G. (2021). Effect of Mineral and Organic Fertilization on desi and kabuli Chickpea

(*Cicer arietinum* L.): Plant Growth and Production, Hydration Properties, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity. *Plants*, 10(7), 1441.

Perez-Perez, L. M., García-Borbón, L. L., González-Vega, R. I., Rodríguez-Figueroa, J. C., Rosas-Burgos, E. C., Huerta-Ocampo, J. Á., . . . Rueda-Puente, E. O. (2018). Liberación de compuestos fenólicos ligados en el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) utilizando microbiota humana intestinal. *Biotechnia*, 20(3), 146-154.

Pérez-Perez, L. M., Toro Sánchez, C. L., Sánchez Chavez, E., González Vega, R. I., Reyes Díaz, A., Borboa Flores, J., . . . Flores-Cordova, M. A. (2020). Bioaccesibilidad de compuestos antioxidantes de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México, mediante un sistema gastrointestinal in vitro. *Biotechnia*, 22(1), 117-125.

Perez Matos, A. (2016). *Evaluación de cinco cultivares de frijol común (Phaseolus vulgaris L.): fundamentos teóricos*: Editorial Universitaria.

Porch, T. G., Cichy, K., Wang, W., Brick, M., Beaver, J. S., Santana-Morant, D., y Grusak, M. A. (2017). Nutritional composition and cooking characteristics of tepary bean (*Phaseolus acutifolius* Gray) in comparison with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(5), 935-953. doi:10.1007/s10722-016-0413-0

Prieto Andreu, J. M. (2020). Una revisión sistemática sobre gamificación, motivación y aprendizaje en universitarios. 73-99.

Prior, R., y Wu, X. (2013). Diet Antioxidant Capacity: Relationships to Oxidative Stress and Health. *American Journal of Biomedical Sciences*. doi:10.5099/aj130200126

Puertas-Mejía, M. A., Ríos-Yepes, Y., y Rojano, B. A. (2013). Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(2), 288-297.

Ramírez Martirena, A., Rodríguez Veitía, N., García Rodríguez, L., López Collado, R., Torres Rodríguez, D., Quintana Rivero, L., y Ramírez-López, M. (2019). Efecto de diferentes explantes irradiados en la regeneración in vitro de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar "ICA Pijao". *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 13-25.

Rezende Alves, A. A., Pacheco Bertoldo, M. T. B., Silva Vera, S., y Ferreira, T. A. (2017). Nutritional and protein quality of dry Brazilian beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Science Technology*, 38, 421-427.

- Rodríguez-Castillo, L., y Fernández-Rojas, X. E. (2003). Los frijoles (*Phaseolus vulgaris*): su aporte a la dieta del costarricense. *Acta Médica Costarricense*, 45(3), 120-125.
- Rodríguez-García, C., Sánchez-Quesada, C., y Gaforio, J. (2019). Dietary flavonoids as cancer chemopreventive agents: An updated review of human studies. *Antioxidants*, 8(5), 137.
- Ruiz-Ruiz, J. C., Dávila-Ortíz, G., Chel-Guerrero, L. A., y Betancur-Ancona, D. A. (2012). Wet fractionation of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds and characterization of protein, starch and fibre fractions. *Food Bioprocess Technology*, 5(5), 1531-1540.
- Salinas-Moreno, Y., Rojas-Herrera, L., Sosa-Montes, E., y Pérez-Herrera, P. (2005). Composición de antocianinas en variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en México. *Agrociencia*, 39(4), 385-394.
- Sánchez Díaz, M. F., Martín-Cabrejas, M. Á., Pérez Martínez, M., Valdés Savón, L., Aguilera, Y., Benítez, V., . . . Menéndez Sarmiento, M. (2019). Germinados de leguminosas temporales, una alternativa para la alimentación animal. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 9(3), 651.
- Sánchez Perales, J. X., Moreno Espinoza, R. J., Moreno Reyes, C., Dorado Gutiérrez, R., Carrillo Milán, J., Rodríguez Cuevas, E. O., . . . Favela Gómez, M. A. (2021). Alimento funcional para adultos mayores producido por extrusión a partir de granos integrales de maíz/frijol común. *Acta Universitaria*, 31, 1-18.
- Serrano, J., y Goñi, I. (2004). Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54, 36-44.
- Sparvoli, F., Bollini, R., y Cominelli, E. (2015). Nutritional value. In *Grain legumes* (pp. 291-325): Springer.
- Teniente-Martínez, G., Cruz, G., Cariño-Cortés, R., y Bernardino-Nicanor, A. (2016). Caracterización de las proteínas del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 1-6.
- Thirumdas, R., Brnčić, M., Brnčić, S. R., Barba, F. J., Gálvez, F., Zamuz, S., . . . Lorenzo, J. M. (2018). Evaluating the impact of vegetal and microalgae protein sources on proximate composition, amino acid profile, and physicochemical properties of fermented Spanish “chorizo” sausages. *Journal of Food Processing Preservation*, 42(11), e13817.

- Toledo Oseguera, M., de Mejia Gonzalez, E., Sivaguru, M., y Amaya-Llano, S. (2016). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein-derived peptides increased insulin secretion, inhibited lipid accumulation, increased glucose uptake and reduced the phosphatase and tensin homologue activation in vitro. *Journal of Functional Foods*, 27, 160-177.
- Tovar Jiménez, X., Arana Cuenca, A., Téllez Jurado, A., Abreu Corona, A., y Muro Urista, C. R. (2012). Traditional methods for whey protein isolation and concentration: effects on nutritional properties and biological activity. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 56(4), 369-377.
- Udani, J., Tan, O., y Molina, J. (2018). Systematic Review and Meta-Analysis of a Proprietary Alpha-Amylase Inhibitor from White Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on Weight and Fat Loss in Humans. 7(4), 63.
- Urquiaga, I., Echeverría, G., Dussailant, C., y Rigotti, A. (2017). Origen, componentes y posibles mecanismos de acción de la dieta mediterránea. *Revista médica de Chile*, 145(1), 85-95.
- Valencia Navarro, K. Y. (2020). Determinación del contenido mineral y propiedades fisicoquímicas de *Phaseolus vulgaris* variedad verdín biofortificado con hierro. .
- Villamizar Guerrero, A. L. (2019). Plan de negocio de una comercializadora y distribuidora de productos agrícolas provenientes del municipio de California Santander.
- Wallander-Compeán, L., Almaraz-Abarca, N., y Alejandre-Iturbide, G. (2020). Compuestos bioactivos de formas silvestres de frijol común y una variedad domesticada. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Biomedicina*, 71-71.
- Wang, S., Chen, L., Yang, H., Gu, J., Wang, J., y Ren, F. (2020). Regular intake of white kidney beans extract (*Phaseolus vulgaris* L.) induces weight loss compared to placebo in obese human subjects. 8(3), 1315-1324.
doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.1299>