

## El consumo de las leguminosas y su efecto sobre la prevalencia del síndrome metabólico

### The consumption of legumes and its effect on the prevalence of metabolic syndrome

Mairin G. Quintero-Fernández<sup>a</sup>, Ernesto Alanís-García<sup>b</sup>, José A. Ortega-Ariza<sup>c</sup>, Esther Ramírez-Moreno<sup>d</sup>

---

#### Abstract:

Legumes are a group of seeds of the most relevant botanical family due to their nutritional content and the bioavailability of some bioactive compounds. A bibliographic review was carried out in the Pubmed, Scielo, and Medline databases, which included articles between 2016 and 2022, under the key terms "legumes", "metabolic syndrome", "dietary fiber", "starch", "lectins" and "protease inhibitors". Studies that concluded a beneficial association between legume consumption and metabolic syndrome were included. Among the results, the consumption of legumes stands out, providing different bioactive compounds that provide benefits for the prevention of metabolic syndromes such as body weight reduction, increased satiety, glycemic control, blood pressure regulation, activation of signaling pathways, and apoptosis. As a conclusion of this review, it is highlighted that there is a positive relationship between the consumption of legumes and the prevention and/or treatment of metabolic syndrome, but that more studies are required in the human part, as well as in the thermal treatments to avoid the elimination of the compound. bioactive.

#### Keywords:

*Legumes, metabolic syndrome, dietary fiber, starch, polyphenols, lectins, protease inhibitors*

---

#### Resumen:

Las leguminosas son un grupo de semillas de la familia botánica más relevante debido a su contenido nutrimental y la biodisponibilidad de algunos compuestos bioactivos. Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos Pubmed, Scielo y Medline, que incluyó artículos entre 2016 y 2022, bajo los términos claves "leguminosas", "síndrome metabólico", "fibra dietaria", "almidón", "lectinas" e "inhibidores de proteasas". Se incluyeron estudios que concluyeron en una asociación benéfica entre el consumo de leguminosas y el síndrome metabólico. Entre los resultados se destacó el consumo de leguminosas aporta distintos compuestos bioactivos que aportan beneficios para la prevención del síndrome metabólico como la reducción del peso corporal, aumento de la saciedad, control de glicemia, regulación de presión arterial, activación de vías de señalización y apoptosis. Como conclusión de esta revisión se destaca que existe relación positiva entre el consumo de leguminosas y la prevención y/o tratamiento del síndrome metabólico, pero que se requiere más estudios en la parte humana, así como en los tratamientos térmicos para evitar la eliminación del compuesto bioactivo.

#### Palabras Clave:

*Leguminosas, síndrome metabólico, fibra dietaria, almidón, polifenoles, lectinas e inhibidores de proteasas*

---

## Introducción

Las leguminosas constituyen una de las familias botánicas más relevantes desde el punto de vista nutricional, siendo

---

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-0833-4796>, Email: ro356750@uaeh.edu.mx

<sup>b</sup> Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-1540-4908>, Email: ernesto\_alanis@uaeh.edu.mx

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-2163-4593>, Email: jose\_ariza@uaeh.edu.mx

<sup>d</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-9928-8600>, Email: esther\_ramirez@uaeh.edu.mx

un componente importante de la dieta mediterránea<sup>1</sup>. Son una fuente de carbohidratos y proteína de buena calidad, con alto contenido de fibra, niveles fisiológicamente relevantes de ciertos minerales y vitaminas, y un bajo nivel de lípidos<sup>1, 2</sup>. Representan una fuente de compuestos bioactivos que desempeñan funciones fisiológicas y metabólicas importantes que son beneficiosas para la salud<sup>2,3</sup>. Entre los beneficios a la salud está el cardiovascular, control de peso, síndrome metabólico, salud gastrointestinal y diabetes tipo 2. Para el caso del síndrome metabólico, definido como el conjunto de alteraciones metabólicas constituido por la obesidad de distribución central, la disminución de las concentraciones del colesterol unido a las lipoproteínas de alta densidad (cHDL)<sup>4</sup>, así como la elevación de las concentraciones de triglicéridos, el aumento de la presión arterial (PA) y la hiperglucemia y, considerándose en los últimos años, la demencia, cáncer, hígado graso no alcohólico y en mujeres el síndrome de ovario poliquístico como criterios para diagnosticar síndrome metabólico<sup>5</sup>.

Por lo que la presente revisión tiene como objetivo recopilar información y presentar la asociación entre el consumo de leguminosas y su efecto en la prevalencia de Síndrome Metabólico; considerando el contenido de compuestos bioactivos presentes en ellas aun después de la cocción.

### Metodología:

Se realizó una revisión bibliográfica, que incluyó los términos; legumbre, síndrome metabólico, fibra, almidón, diabetes, peso corporal, saciedad, polifenoles, hipertensión, lectinas, fitohemaglutininas, cáncer e inhibidor de proteasa, en las bases de datos Pubmed, Scielo y Medline, que incluyó artículos publicados entre los años 2016 a 2022 en los idiomas español e inglés. Establecidos los criterios anteriores se encontraron un total de 116 artículos; se utilizaron diferentes combinaciones de MESH (leguminosas, síndrome metabólico, fibra dietaría, almidón, polifenoles, lectinas e inhibidores de proteasa, obesidad, saciedad, cáncer, diabetes y reducción de peso) y operadores booleanos (and y or). Que concluyeron en evidencia positiva en el consumo de legumbres y sus beneficios para controlar el síndrome metabólico.

### Resultados

#### Composición química de las legumbres.

Las legumbres se caracterizan por su elevado contenido proteico de entre 20-40% dependiendo de la semilla. Las globulinas representan gran parte del porcentaje (65-80%) proteico a comparación de las albúminas (15-20%), pero estas últimas representan un papel biológico destacado

debido a que en esta fracción se encuentran las lectinas, inhibidores de amilasa y proteasa<sup>3</sup>. Respecto a los aminoácidos estos se caracterizan por niveles bajos de metionina y cisteína, pero elevados de lisina. En cuanto a las proteínas de las leguminosas contienen péptidos bioactivos con propiedades beneficiosas para la salud<sup>6</sup>. El almidón, la fibra y los oligosacáridos constituyen los componentes principales de carbohidratos presentes en las legumbres. El almidón representa el 35-45% el cual está constituido por amilosa y amilopectina<sup>7</sup>. La fibra representa entre el 14-33% a esto se debe el bajo índice glucémico de las legumbres, debido a que es una fibra insoluble (celulosa, lignina y fracciones de hemicelulosa) lo que permite llegar a la rápida saciedad y modular el microbiota intestinal<sup>8</sup>.

El contenido de lípidos totales en las legumbres es bajo, representando un porcentaje de entre 1-2% a excepción de algunas especies como el garbanzo que contiene del 7-8%, esta fracción grasa se caracteriza por presentar un elevado contenido de ácidos grasos monoinsaturado (oleico) y poliinsaturados (linoleico y  $\alpha$ -linolénico), lo que las hace una gran alternativa para disminuir la ingesta de grasas saturada<sup>9</sup>.

Las legumbres se consideran una fuente de vitaminas hidrosolubles (tiamina, niacina, ácido fólico) y minerales (hierro, zinc, calcio) en la dieta según lo reportado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA (Figura 1)<sup>10</sup>.

En 100 g de semilla cruda las leguminosas presentan diferencia en la cantidad de contenido de compuestos bioactivos por especie, en el caso del almidón resistente presentan de 0.6-25.4 g<sup>11,12</sup>, los compuestos fenólicos de 0.30-31.96 mg<sup>13,14</sup>, las lectinas 12-13 mg<sup>11,15</sup> y los inhibidores de proteasas 12 mg en las lentejas 19.8-12 (Figura 1)<sup>11,16</sup>.

### Compuestos bioactivos

#### Fibra

La fibra es la parte comestible de las plantas, siendo carbohidratos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, que presentan fermentación total o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos y ligninas<sup>17</sup>.

**Tabla 1.** Composición nutricional de las legumbres de mayor interés humano <sup>A</sup>.

COMPONENTES	UNIDADES	JUDIAS			LENTEJAS	GARBANZOS	GUISANTES VERDES	SOJA	HABAS	ALTRAMUZ
		NEGRAS	BLANCAS	PINTAS						
AGUA	g	11.02 <sup>a</sup>	12.10 <sup>a</sup>	11.33 <sup>a</sup>	8.26 <sup>a</sup>	7.68 <sup>a</sup>	78.86 <sup>a</sup>	8.54 <sup>a</sup>	10.98 <sup>a</sup>	10.44 <sup>a</sup>
ENERGIA	kcal	341 <sup>a</sup>	337 <sup>a</sup>	347 <sup>a</sup>	352 <sup>a</sup>	378 <sup>a</sup>	81 <sup>a</sup>	445 <sup>a</sup>	341 <sup>a</sup>	371 <sup>a</sup>
PROTEINA	g	21.6 <sup>a</sup>	22.33 <sup>a</sup>	21.42 <sup>a</sup>	24.63 <sup>a</sup>	20.47 <sup>a</sup>	5.42 <sup>a</sup>	36.49 <sup>a</sup>	26.12 <sup>a</sup>	36.17 <sup>a</sup>
LIPIDOS TOTALES	g	1.42 <sup>a</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	1.06 <sup>a</sup>	6.04 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	19.94 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>	9.74 <sup>a</sup>
CARBOHIDRATOS	g	62.36 <sup>a</sup>	60.75 <sup>a</sup>	62.55 <sup>a</sup>	63.35 <sup>a</sup>	62.95 <sup>a</sup>	14.45 <sup>a</sup>	30.16 <sup>a</sup>	58.29 <sup>a</sup>	40.37 <sup>a</sup>
FIBRA TOTAL	g	15.5 <sup>a</sup>	15.3 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	12.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>
AZUCARES	g	2.12 <sup>a</sup>	3.88 <sup>a</sup>	2.11 <sup>a</sup>	2.03 <sup>a</sup>	10.70 <sup>a</sup>	5.67 <sup>a</sup>	7.33 <sup>a</sup>	5.70 <sup>a</sup>	-
<b>MINERALES</b>										
Ca	mg	123 <sup>a</sup>	147 <sup>a</sup>	113 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	57 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	277 <sup>a</sup>	103 <sup>a</sup>	176 <sup>a</sup>
Fe	mg	5.02f <sup>a</sup>	5.49 <sup>a</sup>	5.07 <sup>a</sup>	6.51 <sup>a</sup>	4.31 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	15.70 <sup>a</sup>	6.70 <sup>a</sup>	4.36 <sup>a</sup>
Mg	mg	171 <sup>a</sup>	175 <sup>a</sup>	176 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	280 <sup>a</sup>	192 <sup>a</sup>	198 <sup>a</sup>
P	mg	352 <sup>a</sup>	407 <sup>a</sup>	411 <sup>a</sup>	281 <sup>a</sup>	252 <sup>a</sup>	108 <sup>a</sup>	704 <sup>a</sup>	421 <sup>a</sup>	440 <sup>a</sup>
K	mg	1483 <sup>a</sup>	1185 <sup>a</sup>	1393 <sup>a</sup>	677 <sup>a</sup>	718 <sup>a</sup>	244 <sup>a</sup>	1797 <sup>a</sup>	1062 <sup>a</sup>	1013 <sup>a</sup>
Na	mg	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
Zn	mg	3.65 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	2.28 <sup>a</sup>	3.27 <sup>a</sup>	2.76 <sup>a</sup>	1.24 <sup>a</sup>	4.89 <sup>a</sup>	3.14 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>
<b>VITAMINAS</b>										
TIAMINA (B1)	mg	0.900 <sup>a</sup>	0.755 <sup>a</sup>	0.713 <sup>a</sup>	0.873 <sup>a</sup>	0.477 <sup>a</sup>	0.266 <sup>a</sup>	0.874 <sup>a</sup>	0.555 <sup>a</sup>	0.640 <sup>a</sup>
RIBOFLAVINA (B2)	mg	0.193 <sup>a</sup>	0.164 <sup>a</sup>	0.212 <sup>a</sup>	0.211 <sup>a</sup>	0.212 <sup>a</sup>	0.132 <sup>a</sup>	0.870 <sup>a</sup>	0.333 <sup>a</sup>	0.220 <sup>a</sup>
NIACINA (B3)	mg	1.955 <sup>a</sup>	2.188 <sup>a</sup>	1.174 <sup>a</sup>	2.605 <sup>a</sup>	1.541 <sup>a</sup>	2.090 <sup>a</sup>	1.623 <sup>a</sup>	2.832 <sup>a</sup>	2.190 <sup>a</sup>
PIRIDOXINA (B6)	mg	0.286 <sup>a</sup>	0.428 <sup>a</sup>	0.474 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.535 <sup>a</sup>	0.169 <sup>a</sup>	0.377 <sup>a</sup>	0.366 <sup>a</sup>	0.357 <sup>a</sup>
AC. ASCORBICO	mg	-	-	6.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
FOLATOS	mg	444 <sup>a</sup>	364 <sup>a</sup>	525 <sup>a</sup>	479 <sup>a</sup>	557 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	375 <sup>a</sup>	423 <sup>a</sup>	355 <sup>a</sup>
FILOQUINONA (K)	mg	5.6 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	-
<b>LIPIDOS</b>										
SATURADOS	g	0.366 <sup>a</sup>	0.17 <sup>a</sup>	0.235 <sup>a</sup>	0.154 <sup>a</sup>	0.603 <sup>a</sup>	0.071 <sup>a</sup>	2.884 <sup>a</sup>	0.254 <sup>a</sup>	1.156 <sup>a</sup>
MONOINSATURADOS	g	0.123 <sup>a</sup>	0.128 <sup>a</sup>	0.229 <sup>a</sup>	0.193 <sup>a</sup>	1.377 <sup>a</sup>	0.035 <sup>a</sup>	4.404 <sup>a</sup>	0.303 <sup>a</sup>	3.94 <sup>a</sup>
POLIINSATURADOS	g	0.61 <sup>a</sup>	0.873 <sup>a</sup>	0.407 <sup>a</sup>	0.526 <sup>a</sup>	2.731 <sup>a</sup>	0.187 <sup>a</sup>	11.255 <sup>a</sup>	0.627 <sup>a</sup>	2.439 <sup>a</sup>
<b>COMPUESTOS BIOACTIVOS</b>										
ALMIDON RESISTENTE	g	3.91 <sup>c</sup>	-	-	25.4 <sup>b</sup>	0.6 <sup>c</sup>	9.29 <sup>h</sup>	-	0.84 <sup>c</sup>	-
COMPUESTOS FENOLICOS	mg	-	-	-	1.8 <sup>d</sup>	-	-	2.4 <sup>d</sup>	-	-
FENOLES	mg	31.96 <sup>e</sup>	-	7.34 <sup>e</sup>	-	8.87 <sup>e</sup>	-	-	-	-
TANINOS	mg	3.46 <sup>c</sup>	-	0.35 <sup>c</sup>	-	0.30 <sup>c</sup>	-	-	-	-
FLAVONOIDES	mg	16.49 <sup>e</sup>	-	7.81 <sup>e</sup>	-	9.79 <sup>e</sup>	-	-	-	-
LECTINAS	mg	-	-	13 <sup>f</sup>	12 <sup>b</sup>	-	-	-	-	-
INHIBIDOR DE PROTEASA	mg	-	-	-	12 <sup>b</sup>	-	-	-	-	-

<sup>A</sup> Los valores reportados corresponden a 100 g de semilla cruda.

Los guiones indican cantidades no detectables o datos no proporcionados para ese alimento

Referencias: a) USDA ARS (2021) <sup>11</sup>; b) Ganesa et al. (2017) <sup>12</sup>; c) Sotelo et al (2008) <sup>13</sup>; d) Mamilla et al. (2017) <sup>14</sup>; e) Aguayo-Rojas et al. (2021) <sup>15</sup>; f) Casas et al. (2016) <sup>16</sup>; g) Omelkhoje et al. (2009) <sup>17</sup>.

Una porción de 100 g de leguminosas cocidas contiene entre 8 a 30 g de fibra <sup>18</sup>. Los tratamientos térmicos pueden ocasionar cambios sobre el contenido de fibra y solubilidad de esta. El proceso de remojo de 100 g de leguminosas en 600 ml de agua destilada durante 12 horas y una cocción a temperatura de 98 °C por 1 hora y 30 min incrementan el contenido de fibra en un 25%, mientras que el escaldado de los granos a una temperatura de 72°C durante 5 minutos aumenta entre un 8.3-9.5%, esto se debe a la ruptura de algunos componentes o el almidón resistente, favoreciendo la interacción con sustancias como proteínas y lípidos <sup>19</sup>.

A lo largo de los años se ha demostrado el efecto benéfico de la fibra proveniente de las leguminosas en distintas enfermedades congénitas como es la diabetes e hipertensión, así como el aporte para la reducción de peso. Derivado del amplio contenido de fibra, las leguminosas han sido utilizadas para varios estudios de investigación para evaluar el efecto sobre los componentes principales del síndrome metabólico (diabetes y obesidad) <sup>18</sup>.

Un ensayo clínico realizado en una comunidad de Oaxaca (México), con una muestra de 30 participantes (divididos en 3 grupos), a los cuales se les realizaron pruebas bioquímicas y antropométricas para confirmar si presentaban al menos 3 de los 5 criterios para diagnóstico de síndrome metabólico (SM), dichos pacientes fueron sometidos a un tratamiento convencional para SM más una intervención por grupo. Se les dio un aumento de 15 gramos de fibra derivada de leguminosa (*Phaseolus vulgaris*), las cuales presentaron una diferencia estadística significativa en la reducción del IMC, glucemia en ayuno, triglicéridos y colesterol <sup>20</sup>, esto se debe a que la fibra disminuye la absorción de los carbohidratos y absorbe a los lípidos los cuales ya no pueden ser digeridos (Figura 1) <sup>21</sup>.

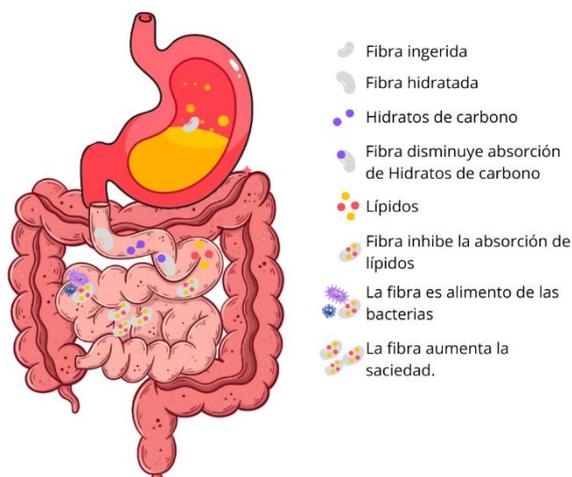


Figura 1. Representación gráfica del proceso de la fibra en el tracto gastrointestinal. Elaboración propia

## USDA

### Efecto en el tratamiento de la Diabetes

Un ensayo cruzado, controlado y aleatorizado con una muestra de 12 pacientes con SM demostró que la inclusión de una porción de 15 g de frijoles negros por tiempo de comida cada tercer día, presentó una disminución estadísticamente significativamente de insulina postprandial en comparación con el grupo control (170=9.11, P<0.0001) <sup>22</sup>.

En una revisión sistemática y metaanálisis de doce estudios (RR: 1,00; IC del 95 %: 0,92–1,09, I<sup>2</sup>= 87 %, n = 12 estudios), en los cuales su objetivo era evidenciar el consumo de los grupos principales de alimentos y su relación con el riesgo de padecer Diabetes Tipo 2 (DT2), se encontraron que el consumo de 50 g de leguminosas diarias tiene una asociación inversa entre lo que se buscaba evidenciar es decir que reduce el riesgo de contraer DT2 <sup>23</sup>.

En un estudio aleatorizado, de intervención dietética con una muestra de 60 estudiantes universitarios a los cuales se les administró 15 g de un producto comercial a base de 6 leguminosas (2 especies de frijol negro, garbanzo, lenteja, haba y arvejo) por día durante 5 días con 2 días de descanso durante un periodo de 3 meses, con una glucosa inicial 88.15 (78.97; 93.07) y glucosa final 77.40 (74.65; 88.75), dando como resultado la disminución de los niveles séricos de glucosa (p=0,001) <sup>24</sup>.

### Efecto en la reducción del peso corporal

La fibra tiene un gran papel en la disminución del peso corporal, en un ensayo aleatorizado, doble ciego en 22 pacientes con obesidad en el cual se les proporcionaba a los participantes 15 g/día de fibra de guisante durante 15 semanas, para poder llegar los 15 g diarios, se les suministró 30 minutos antes de los 3 tiempos de comidas principales una oblea de 5 gr hecha a base de fibra de guisante, dado como resultado la pérdida de 0.87 ± 0.37 kg de peso corporal <sup>25</sup>.

Un estudio realizado en ratas, a las cuales se les suministró fibra dietética insoluble de soja 15g/kg de peso durante 20 semanas, los resultados mostraron que se redujo significativamente el peso corporal e índice de grasa (p < 0,05), esto se debe a la fermentación de la fibra lo que aumento el contenido de ácidos grasos de cadena corta y promovió la secreción de hormonas de saciedad <sup>26</sup>.

Basándose en esto se puede concluir que la cantidad de fibra aportada por las leguminosas aumentan la saciedad del paciente con SM permitiendo una reducción de peso, de igual forma permite la reducción significativa de los niveles de insulina postprandial y triglicéridos.

### Almidón resistente

El almidón es un hidrato de carbono complejo (polisacárido), del grupo de los glucanos. Consta de cadenas de glucosa con estructura lineal (amilosa) que constituyen entre al 15 al 20% del almidón total o ramificada (amilopectina), es el principal producto de almacenamiento<sup>27</sup>. Se presenta naturalmente en forma de gránulos. La cantidad que poseen de almidón las

leguminosas varía entre especies siendo un promedio entre 25-50%<sup>28</sup>, así mismo, el 0.6-9.1% es conformado por almidón resistente. En las leguminosas se encuentra un almidón de tipo AR1 (gránulos rodeados por una matriz, resistentes al calor. Figura 2) y AR3 (retrógrado formado durante los ciclos de calentamiento/enfriamiento. Figura 3)<sup>29</sup>,

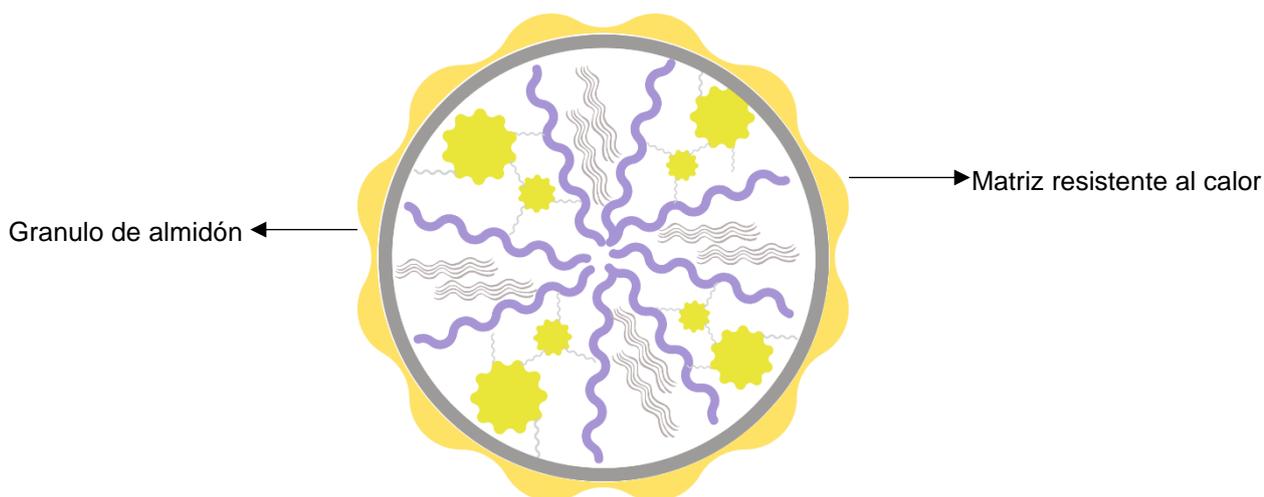


Figura 2. Esquematización de AR1. Elaboración propia.

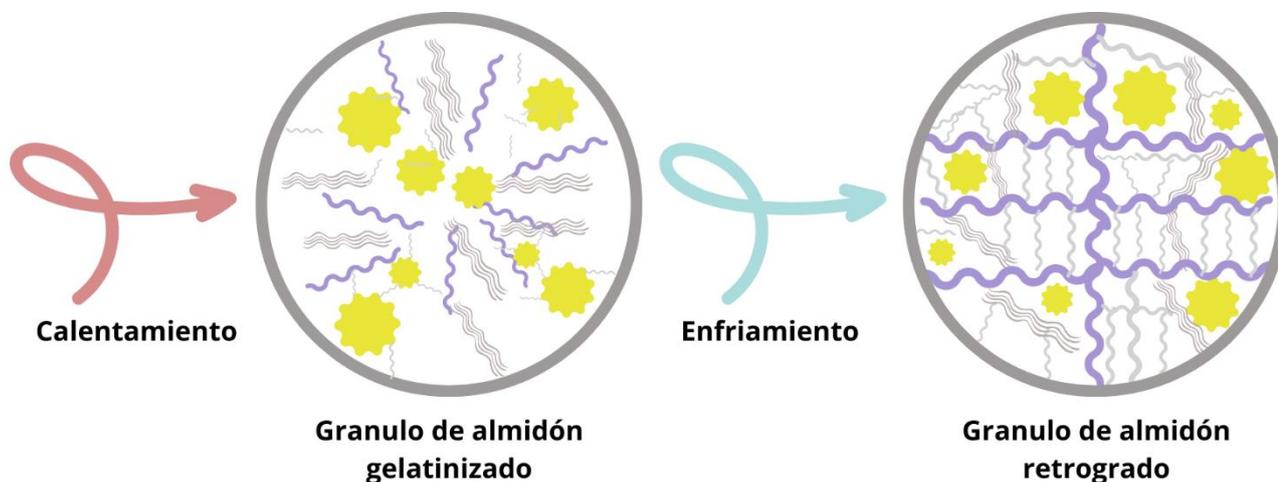


Figura 3. Representación gráfica de la formación de almidón retrogrado (AR3). Elaboración propia

El proceso de remojo de 100 g de leguminosas en 600 mL de agua destilada durante 12 horas y posterior cocción a 98 °C por 1 hora y 30 min, ocasiona la gelatinización del almidón, modificando la estructura y tamaño de los gránulos, afectando como consecuente la viscosidad. El someter a intervalos de calentamiento y enfriamiento aumenta en un 3-6% la cantidad de almidón resistente<sup>19</sup>.

Por lo que, la cantidad de almidón resistente que proporciona las leguminosas ha permitido que se pueda estudiar el efecto del consumo de este grupo en la saciedad, peso y composición corporal, así como el metabolismo de glucosa y lípidos.

*Efecto en el tratamiento con almidón resistente y prevención de diabetes mellitus 2 (DM2)*

En un ensayo clínico en humanos se evaluó el consumo de almidón resistente (AR), proveniente de lentejas, y la disminución de glucosa en sangre. Para lo cual se les proporcionó a los 10 participantes sanos, de entre 18 a 75 años, 25 g de carbohidratos provenientes de las lentejas dos veces por semana en un periodo de 5 a 10 semanas, reduciendo de manera significativa la glucosa en sangre de ;  $r = 0,773$  ( $p = 0,024$ ) a  $r = 0,704$  ( $p = 0,051$ )<sup>30</sup>.

Se demostró mediante un ensayo cruzado aleatorizado, que la sustitución de carbohidratos de alto índice glucémico, por los carbohidratos de las lentejas (altos en AR), reduce 13.5%, 21.5% y 20.5% la respuesta posprandial de glucosa en sangre a los 30, 45 y 90 min respectivamente, en el estudio se le suministró al grupo control (24 adultos sanos) 50 g de arroz o papa y a la muestra (24 adultos sanos) 50 g de lentejas por las mañanas en un periodo de 3 a 7 días<sup>31</sup>.

Un ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego en 26 adultos, demostró que la inclusión de almidón de guisante amarillo en el cereal del desayuno redujo 72.3% los niveles de glucosa posprandial después de los 120-200 min posteriores al consumo<sup>33</sup>. En un estudio subsecuente con las mismas características de la muestra, se les dieron bocadillos de frijoles pintos y garbanzos demostrando que el consumo de este snack mejora la respuesta glucémica posprandial (120-200 min) de  $70.2 \pm 9.6$  mmol·min/L<sup>34</sup>.

Un ensayo en ratas que tuvo como objetivo demostrar que el almidón resistente del Kudzu (legumbre originaria de china, con nombre científico *Pueraria phaseoloides*) es un regulador eficaz de la diabetes, por lo cual se les suministró 60 mg/kg/día durante 3 días, mostrando que el almidón resistente de Kudzu disminuyó  $4 \pm 0.2$  mIU/L el valor de la glucosa en sangre en ayunas, se analizó el tejido hepático y el resultado indicó que la ingesta de la dosis de AR ayuda a aliviar y mejorar la disbiosis de la microbiota intestinal (MBI) teniendo efecto benéfico sobre la estructura de la MBI, restaurando la expresión de IRS-1 (receptor de insulina), p-PI3K (vía de señalización de la fosfatidilinositol-3-kinasa), p-Akt (vía de señalización de la célula) y Glut 4 (transportador de glucosa), mejorando la eficiencia de la síntesis de insulina es decir se mejora la sensibilidad a la glucosa en ratones con diabetes<sup>34</sup>. Un

resultado similar se observó en un estudio con administración de almidón resistente de la semilla de loto 40 mg/kg/día durante 7 días redujo significativamente el nivel de glucosa en sangre entre un 16,0 % y un 33,6 %<sup>35</sup>.

#### *Efecto en la saciedad y reducción de peso corporal*

En diversos estudios se ha tratado de demostrar que el consumo de leguminosas por su almidón resistente aumenta la saciedad y disminuyen el consumo, en un ensayo controlado aleatorizado se buscó demostrar lo anterior suministrando una barra (snack) de 40 g de algarroba (*Ceratonia siliqua*) a 50 adultos sanos durante un periodo de 2 semanas, el consumo de la barra disminuyó significativamente la sensación de hambre y el deseo de comer<sup>36</sup>. De igual forma, en un ensayo controlado aleatorizado en adultos sanos se sustituyó la porción de trigo y arroz por lentejas verdes (61.8 g) durante una semana, resultando en un aumento significativo de la saciedad y disminución del deseo de comer<sup>37</sup>. También se han realizado ensayos clínicos aleatorizados donde adicionan cierta parte de leguminosas para aumentar la saciedad y disminuir el consumo de alimentos, en uno de ellos se adicionó 40% de harina de legumbres (hecha a base de lenteja verde, garbanzos o frijoles pintos) a los bocadillos de maíz extruido, dando como resultado la disminución de consumo de alimentos y una regulación del apetito<sup>32, 33</sup>. Además, se ha observado una disminución en la ingesta de alimentos después del consumo de 8 g de almidón resistente de leguminosas. Esto se debe a que el almidón resistente promueve la disminución en la velocidad de vaciamiento gástrico y un mantenimiento de glicemias más estables en el tiempo, lo que se ha relacionado con la saciedad<sup>21</sup>. De igual forma se ha analizado que la fermentación del almidón resistente genera butirato, lo cual aumenta los niveles de hormonas gastrointestinales GPL-1 (péptido similar al glucagón que se activa cuando se encuentran nutrientes en la luz intestinal) y PYY (polipéptido liberado por las células de íleon y colon), que secretados, posterior a la ingesta, aumentan la saciedad (Figura 4)<sup>29</sup>.

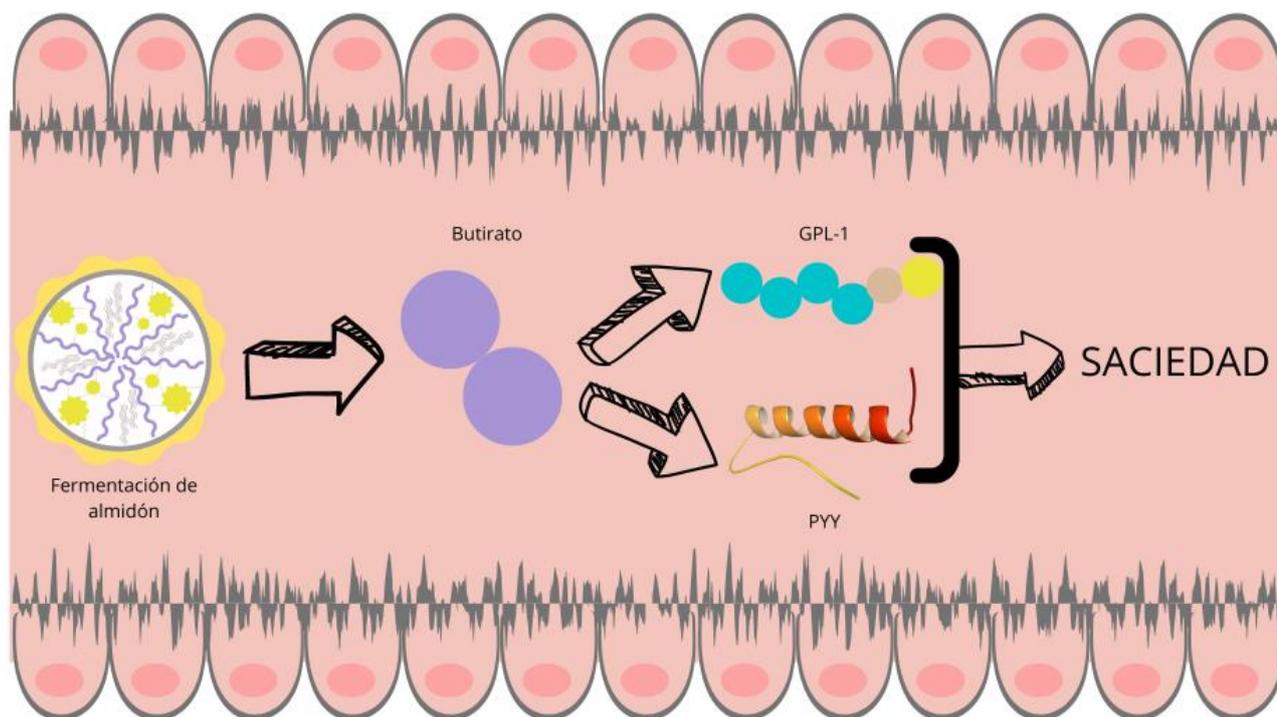


Figura 4. Descripción gráfica de la generación de butirato para el aumento de los niveles de hormonas gastrointestinales que provocan la saciedad. Elaboración propia.

### Polifenoles

Los polifenoles (PF) o compuestos fenólicos (CF), son moléculas naturales del metabolismo secundario de las plantas, que derivan de la vía del ácido shikímico (ruta metabólica de aminoácidos) y de los fenilpropanoides<sup>38</sup>. En forma de tetrámero y pentámeros con una mayor acción hidrolizante u oxidativa, que permite unirse a diferentes compuestos (proteínas, hormonas, enzimas, azúcares y toxinas) para tener acciones biológicas benéficas como son las antiinflamatorias<sup>39</sup>. Para el caso de las leguminosas, estas presentan 1.61 mg equivalentes de ácido clorogénico por gramo de muestra de fenoles totales y para taninos 1.36 mg equivalentes de catequina por gramo de muestra<sup>40</sup>. Al someter a cocción en agua a 100 °C durante 30 min a las leguminosas no logra eliminar totalmente a los taninos obteniendo un valor de 0.83-0.05 mg/100 g<sup>17</sup>.

#### Efecto en diabetes mellitus 2 (DM2)

En diversos estudios *in vitro* e *in vivo* donde se les proporcionó 15 g/kg/día, han demostrado que las lentejas son ricas en polifenoles, informando que el alto contenido de flavonoides presentes en dicha leguminosa permita la reducción del índice glucémico de pacientes con DM2<sup>41</sup>, esto se debe a la unión del fenol mediante enlaces de

hidrógeno que activan el inhibidor de  $\alpha$ -glucosidasa. Catalogando a las lentejas como antidiabético<sup>11</sup>.

#### Efecto en Hipertensión

En un metaanálisis en el cual se revisaron 7 artículos de entre 2016-2019, se encontró que los polifenoles de las lentejas tienen la capacidad antihiperlipidemiante, hipohomocisteinemiante, anticolesterolemiante y un efecto cardio protector que reduce el riesgo de hipertensión y enfermedades de las arterias coronarias debido a la fácil unión de los polifenoles a estos compuestos mediante puentes de hidrógeno lo que permite su inhibición. Estos estudios recomiendan que el consumo de lentejas debe ser regular de 50 g/día<sup>11</sup>.

### Lectinas o fitohemaglutininas

Las lectinas vegetales aisladas de las leguminosas es la familia más grande estudiada. Dicho compuesto está formado por dos a cuatro subunidades idénticas. Cada subunidad contiene alrededor de 250 aminoácidos (glucina, ácido aspártico, asparagina, serina, glicina y lisina)<sup>42</sup>. Son compuestos proteicos no inmunes con capacidad para unirse en forma reversible con azúcares, carbohidratos y glicoproteínas que se encuentran en la membrana celular especialmente de las células sanguíneas formando complejos. Por su acción aglutinante se denominan también fitohemaglutininas

afectando especialmente a los eritrocitos y otras células del organismo animal al unirse con receptores específicos expuestos <sup>40</sup>.

Las lectinas también son anti-nutrientes proteicos cuyo contenido se puede reducir entre el 15 al 20% mediante tratamientos térmicos (100 °C por 25 min) y/o en remojo de 5 horas se puede tener una reducción entre el 60 a 77%, existen tratamientos químicos para extraer fracciones específicas, a los cuales son sometidas las leguminosas. Las lectinas resisten su degradación en el intestino delgado, así como a la degradación de bacterias del intestino. Al no sufrir una degradación esta se pueden unir a una fracción glucídica debido a su afinidad con los carbohidratos provocando una digestión incompleta <sup>43</sup>.

A lo largo de los años distintos investigadores han realizado estudios experimentales para demostrar el efecto de las lectinas de las leguminosas sobre la reducción de peso corporal, la activación de la apoptosis de las células cancerígenas, así como marcadores que diferencian a las mismas.

#### *Efecto en la reducción del peso corporal*

En un estudio realizado en ratas *Sprague Dawley*, a las cuales se les administró 50 mg/kg de fitohemaglutinina de *Phaseolis vulgaris*, a través de una cánula intragástrica cada tercer día durante 6 semanas. Provocando una reducción en la ganancia del peso corporal desde la primera semana, se redujo en un 10% respecto al grupo control sin otros efectos adversos, lo que sugiere mecanismos compensatorios y una buena tolerabilidad <sup>44</sup>. Se necesitan más estudios para determinar los efectos de disponibilidad de nutrientes e integridad intestinal a largo plazo y en diferentes etapas de desarrollo <sup>45</sup>.

Hasta el momento no se ha realizado un artículo subsecuente por los autores, pero ha sido utilizado como guía para la evaluación en estudios a largo plazo y en tesis de grado.

#### *Efectos de apoptosis en el cáncer*

En varios estudios realizados en ratas *Sprague Dawley* se ha demostrado el efecto de las lectinas vegetales sobre el cáncer, en específico el cáncer de colon, esto debido al tiempo de digestibilidad de estas.

En un estudio del 2017, en México, en cual consistió en evaluar el efecto de TBLF (lectina de frijol tepary) en el cáncer de colon usando 1,2-dimetilhidracina (DMH) o azoxi-metano/dextrano sulfato de sodio (AOM/DSS) como inductores de cáncer de colon. A ratas se les suministró DMH y luego TBFL (50 mg/kg) durante seis semanas, observándose una disminución significativa de la tumorigénesis temprana desencadenada por DMH en un 70% <sup>46</sup>. En un artículo simultáneo se administró el carcinógeno y posteriormente se dio el mismo tratamiento de TBFL, el cual provocó una reducción significativa del 10% en la proliferación celular <sup>47</sup>.

Estudios han demostrado que las lectinas tienen efectos antiproliferativos y proapoptóticos, relacionados con la disminución de la proteína Akt de la vía de transducción y un aumento de la actividad de la caspasa en diferentes líneas celulares de cáncer <sup>22</sup>. La lectina PHA ha demostrado que puede ser utilizada para discriminar entre el carcinoma hepatocelular y la enfermedad hepática benigna. Esto sugiere que las lectinas podrían usarse potencialmente para desarrollar herramientas de pronóstico para el diagnóstico de cáncer y la detección de metástasis y hasta cierto punto poder estimar la gravedad del caso clínico <sup>48</sup>. Esta diferenciación entre tumores benignos y malignos se debe al grado de glicosilación <sup>49</sup>.

Las lectinas de las leguminosas han sido ampliamente estudiadas con respecto a la inducción de la apoptosis en el cáncer, esto se debe a que interactúan con el receptor de unión al azúcar presente en la membrana plasmática y se internalizan a través de la endocitosis. Estas vesículas que transportan lectina se dirigen a las mitocondrias para generar especies reactivas de oxígeno o ROS por sus siglas en inglés y liberar citocromo c en el citoplasma. El citocromo c liberado, en combinación con varias caspasas que se encuentran de forma inactiva en el citosol (proteínas clave en la transducción y ejecución de la señal apoptótica), activa la vía apoptótica extrínseca para inducir la detención del ciclo celular y la apoptosis (Figura 5) <sup>48</sup>.

Se puede concluir que las lectinas en una cantidad suministrada de 50 mg/kg cada tercer día durante 6 semanas, tiene una función importante como marcador de metástasis, diferenciador de tumores y actividad apoptótica, así como un efecto benéfico en la reducción del peso corporal.

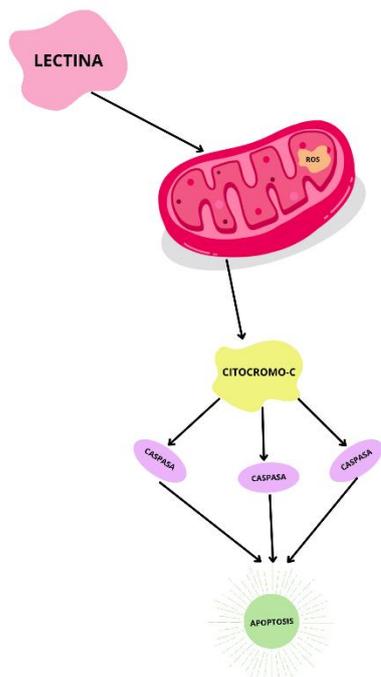


Figura 5. Descripción gráfica del circuito molecular de la apoptosis mediada por lectinas vegetales. Elaboración propia.

### Inhibidores de proteasas

Los inhibidores de proteasas son sustancias que interfieren en la utilización digestiva o metabólica de las proteínas, son hidrolasas que catalizan reacciones en las que participa una molécula de agua. En el caso de las leguminosas, el principal es el inhibidor de tripsina, el cual es una globulina capaz de inhibir tanto la tripsina como la quimiotripsina pancreática, impidiendo la proteólisis digestiva y aumentando la pérdida de nitrógeno<sup>50</sup>. Se ha reportado que el proceso de cocción en agua a 100 °C durante 30 min, elimina solo el 60 % del inhibidor de tripsina, y se requiere hasta un tiempo de 60 min para eliminarlo en su totalidad<sup>17</sup>.

#### Efecto en la prevención del cáncer

En un estudio reciente se identificó el inhibidor de tripsina y quimiotripsina (BBI) del dominio Bowman-Birk dentro de la fracción proteica de *Vigna unguiculatae* (frijol de carita). Debido a que esta fracción resiste niveles de pH iguales a 1.5 sin modificaciones a su bioactividad. Esto significa que pueden llegar intactos al intestino y al colon. Lo que lleva a la internalización del péptido en las células cancerígenas mediante endocitosis, habilitando la funcionalidad de la proteasoma 20s, que activa una serie de procesos dentro de las células que conducen a la apoptosis, haciendo a los inhibidores BBI eficientes agentes anticancerígenos y quimiopreventivos<sup>51</sup>.

Se ha demostrado de los inhibidores de BBI, ejercen un efecto protector y o supresor en la inflamación y el desarrollo de cáncer dentro del tracto gastrointestinal, esto se debe que los inhibidores BBI bloquean la fase G0 (diferenciación celular y reposo) y G1 (crecimiento y duplicación) del ciclo celular<sup>51</sup>.

### Conclusión

A partir de la búsqueda y revisión de artículos publicados entre el año 2016 a 2022 en las bases de datos PUBMED y Scielo, se puede concluir que el consumo de diferentes especies de leguminosas aportan componentes bioactivos, en menor o mayor cantidad dependiendo del tipo de tratamiento térmico al que sea sometido, los cuales interactúan de manera positiva con los elementos considerados para presentar síndrome metabólico; como lo es la pérdida de peso, saciedad, diabetes mellitus, hipertensión y cáncer, si bien se encontró evidencia que comprueba esta relación positiva en ratas, se requiere mayor estudio para la conservación del compuesto bioactivo posterior a la cocción, así como la aplicación y estudio en humanos.

### Referencias

- [1] Clemente A, Delgado-Andrade C, Olías R, Jiménez-López JC. Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosas para la salud humana. *Arbor*. 2016; 192(779): a313.
- [2] Singh B, Singh JP, Shevkani K, Singh N, Kaur A. Bioactive constituents in pulses and their health benefits. *J Food Sci Technol*. 2017; 54(4): 858–70.
- [3] Duranti M. Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*. 2006; 77(2): 67–82
- [4] De Filippo G. Obesidad y síndrome metabólico. *EMC-Pediatr*. 2021; 56(1): 1-7.
- [5] Bovolini A, García J, Andrade MA, Duarte JA. Metabolic syndrome pathophysiology and predisposing factors. *Int J Sports Med*. 2021; 42(03): 199–214.
- [6] Clemente A. Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition. *Trends Food Sci Technol*. 2000; 11(7): 254–62.
- [7] Guillon F, Champ MM-J. Carbohydrate fractions of legumes: use in human nutrition and potential for health. *Br J Nutr*. 2002; 88(S3): 293–306.
- [8] Messina V. Nutritional and health benefits of dried beans. *Am J Clin Nutr*. 2014; 100 Suppl 1(suppl\_1): 437S-42S.
- [9] Ros G, Periago MJ. Calidad y composición nutritiva de hortalizas, verduras y legumbres. Gil E, de Nutrición T, editores. *Tratado de Nutrición (Tomo II: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos)*. 2005; 229–63.
- [10] Olmedilla A, Ferré R, Asensio C, Martín M. Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Elsevier*. 2010; 14(2): 72–6.
- [11] SR11-SR-28: USDA ARS. Usda.gov [citado diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-bhnrc/beltsville-human-nutrition-research-center/methods-and-application-of-food-composition-laboratory/mafcl-site-pages/sr11-sr28/>.

- [12] Ganesa K, Xu B. Lentejas ricas en polifenoles y sus efectos promotores de la salud. Rev Internaciona de Ciencias Moleculares. 2017; 18.
- [13] Sotelo A, Argote RM, Cornejo L, Escalona S, Ramos M, Nava A, et al. Medición de fibra dietética y almidón resistente: reto para alumnos del Laboratorio de Desarrollo Experimental de Alimentos (LabDEA). Educ quím. 2008; 19(1): 42–9.
- [14] Mamilla K., Mishra, V. (2017). Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes. LWT, 75, 51-58.
- [15] Aguayo-Rojas J, Rochín-Medina J, Mora-Rochín S, Navarro-Cortez R, Tovar-Jimenez X, Quiñones-Reyes G, et al. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de variedades de frijol sembradas en el estado de Zacatecas. Acta Univ. 2021; 31: 1–13.
- [16] Casas Z, Reyes E, Vega, N. Lectinas con dominio de leguminosa: características estructurales y utilidad como agentes insectistáticos e insecticidas. Chilean Journal of Agricultural and Animal Science. 2016; 32(2): 157-169
- [17] Omelkhoje S, Auruna M, Bamgbose A. Effect of cooking time on some nutrient and antinutriente compnents of bambaragroundnut seeds. Animal Science Journal. 2009; 80: 52–6
- [18] Dietary reference intakes: Proposed definition of dietary fiber. Washington, D.C.: National Academies Press; 2001.
- [19] Aparicio-Fernández X, Espinosa L. XVIII Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. El consumo de leguminosas y sus efectos sobre la salud. 2021; 1–5.
- [20] García Pacheco Y, Cabrera Mercado D, Ballestas Santos JA, Campo Arrieta MJ. Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades tecfnocionales de la harina de fríjol blanco (*Phaseolus lunatus* L.) y la determinación de su potencial uso agroalimentario. INGE CUC. 2019; 15(2): 132–42.
- [21] García-Montalvo IA, Méndez Díaz SY, Aguirre Guzmán N, Sánchez Medina MA, Matías Pérez D, Pérez Campos E. Incremento en el consumo de fibra dietética complementario al tratamiento del síndrome metabólico. Nutr Hosp. 2018; 35(3): 582–7.
- [22] Molina Montes ME, Martín Islán ÁP. La fibra dietética procesada como alimento funcional. Offarm. 2007; 26(1) :70–7.
- [23] Reverri EJ, Randolph JM, Kappagoda CT, Park E, Edirisinghe I, Burton-Freeman BM. Assessing beans as a source of intrinsic fiber on satiety in men and women with metabolic syndrome. Appetite. 2017; 118: 75–81.
- [24] Schwingshackl L, Hoffmann G, Lampousi A-M, Knüppel S, Iqbal K, Schwedhelm C, et al. Food groups and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. Eur J Epidemiol. 2017; 32(5):363–75.
- [25] Ruiz Esparza Cisneros J, Vasconcelos-Ulloa JJ, González-Mendoza D, Beltrán-González G, Díaz-Molina R. Efecto de una intervención dietética con un producto alimenticio a base de leguminosas sobre los niveles de malondialdehído, índice HOMA y perfil de lípidos. Endocrinología, Diabetes y Nutrición. 2020; 67(4): 235–44.
- [26] Lambert J, Parnell J, Tunnicliffe J, Han J, Sturzenegger T, Reimer R. Consuming yellow pea fiber reduces voluntary energy intake and body fat in overweight/obese adults in a 12-week randomized controlled trial. Clinical Nutrition. 2016:1-8.
- [27] Wang B, Yu H, He Y, Wen L, Gu J, Wang X, et al. Effect of soybean insoluble dietary fiber on prevention of obesity in high-fat diet fed mice via regulation of the gut microbiota. Food Funct. 2021;12(17): 7923–37.
- [28] Bernal L. Una visión de la degradación del almidón. Rev Del Centro de Inv. 2006; 7(25).
- [29] Silva, L. Estudio de la digestibilidad de carbohidratos y capacidad antioxidante de leguminosas de mayor consumo en México. [Tesis doctoral]. 2018; Morelos: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado a partir de: [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4152/silva\\_cristobal\\_lorena.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20contenido%20de%20almid%C3%B3n%20en,intestino%20delgado%20de%20individuos%20sanos.](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4152/silva_cristobal_lorena.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20contenido%20de%20almid%C3%B3n%20en,intestino%20delgado%20de%20individuos%20sanos.)
- [30] Villarroel P, Gómez C, Vera C, Torres J. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. Rev Chil Nutr. 2018; 45(3): 271–8.
- [31] Ramdath DD, Liu Q, Donner E, Hawke A, Kalinga D, Winberg J, et al. Investigating the relationship between lentil carbohydrate fractions and in vivo postprandial blood glucose response by use of the natural variation in starch fractions among 20 lentil varieties. Food Funct. 2017; 8(10): 3783–91.
- [32] Moravek D, Duncan AM, VanderSluis LB, Turkstra SJ, Rogers EJ, Wilson JM, et al. Carbohydrate replacement of rice or potato with lentils reduces the postprandial glycemic response in healthy adults in an acute, randomized, crossover trial. J Nutr. 2018; 148(4): 535–41.
- [33] Johnston AJ, Mollard RC, Dandeneau D, MacKay DS, Ames N, Curran J, et al. Acute effects of extruded pea fractions on glycemic response, insulin, appetite, and food intake in healthy young adults, results of a double-blind, randomized crossover trial. Appl Physiol Nutr Metab. 2021; 46(9): 1126–32.
- [34] Johnston A, Mollard R, Dandeneau D, Mackay D, Ames N, Curran J, et al. Acute effects of extruded pulse snacks on glycemic response, insulin, appetite, and food intake in healthy young adults in a double-blind, randomized, crossover trial. Appl Physiol Nutr Metab. 2021; 46(7): 704–10.
- [35] Song X, Dong H, Zang Z, Wu W, Zhu W, Zhang H, et al. Kudzu resistant starch: An effective regulator of type 2 diabetes mellitus. Oxid Med Cell Longev. 2021:1–15.
- [36] Wang Q, Zheng Y, Zhuang W, Lu X, Luo X, Zheng B. Genome-wide transcriptional changes in type 2 diabetic mice supplemented with lotus seed resistant starch. Food Chem. 2018; 264: 427–34.
- [37] Papakonstantinou E, Orfanakos N, Farajian P, Kapetanidou AE, Makariti IP, Grivokostopoulos N, et al. Short-term effects of a low glycemic index carob-containing snack on energy intake, satiety, and glycemic response in normal-weight, healthy adults: Results from two randomized trials. Nutrition. 2017; 42: 12–9.
- [38] Clark SL, Ramdath DD, King BV, O'Connor KE, Aliani M, Hawke A, et al. Food type and lentil variety affect satiety responses but not food intake in healthy adults when lentils are substituted for commonly consumed carbohydrates. J Nutr. 2019; 149(7): 1180–8.
- [39] Valencia-Aviles E, Ignacio-Figueroa I, Sosa Martínez E, Bartolome-Camacho M, Martínez-Flores E, García-Pérez M. Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. Rev Fac Cien Quím. 2017; 16: 15–29.
- [40] Lozada-Salcedo E, Nuñez-Torres O, Rosero-Peña M, Aragadvay-Yungan R. Effects physiopathological of secondary compounds in monogastric feeding. J Selva Andina Anim Sci. 2017; 4(1): 82–92.
- [41] Niño-Medina G, Muy-Rangel D, Garza-Juarez A, Vazquez-Rodríguez J, Mendez-Zamora G, Urias-Orona V. Composición nutricional, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cascarilla de garbanzo. Arch Lat Nutr. 2017; 67(1): 68–73.
- [42] Rincon-Silva N, Rincon J, Acosta J. Inhibición de la  $\alpha$ -glucosidasa mediante flavonoides de origen natural como vía de control en el desarrollo de diabetes mellitus. Biociencias. 2019; 14(2): 129–48.
- [43] Hernández P, Pérez E, Martínez L, Ortiz B, Martínez G. Las lectinas vegetales como modelo de estudio de las interacciones proteína-carbohidrato. REB. 2005; 24(1): 201–28.
- [44] Puztai A, Bardocz S. Biological effects of plant lectins on the gastrointestinal tract: metabolic consequences and applications. Trend Glycosci Glycotechnol. 1996; 8: 149–65.

- [45] Ferriz-Martínez R, García-García K, Torres-Arteaga I, Rodríguez-Mendez AJ, Guerrero-Carrillo M de J, Moreno-Celis U, et al. Tolerability assessment of a lectin fraction from Tepary bean seeds (*Phaseolus acutifolius*) orally administered to rats. *Toxicol Rep.* 2015; 2: 63–9.
- [46] Ruiz Álvarez V, Boffill Cárdenas M de LÁ, González González OL, Masjuan del Pino M, Blanco Machado F. Efecto inmunomodulador de la fitohemaglutinina de *Phaseolus vulgaris*. *Rev Cuba Investig Bioméd [Internet]*. 2005; 24(1) :5–13.
- [47] moMoreno-Celis U, López-Martínez J, Blanco-Labra A, Cervantes-Jimenez R, Estrada-Martínez L, García-Pascali A, et al. *Phaseolus acutifolius* Lectin Fractions Exhibit Apoptotic Effects on Colon Cancer: Preclinical Studies Using Dimethylhydrazine or Azoxi-Methane as Cancer Induction Agents. *Molecules.* 1670; 22.
- [48] Lagarda-Diaz I, Guzman-Partida A, Vazquez-Moreno L. Legume Lectins: Proteins with Diverse Applications. *Int J Mol Sci.* 1242; 18.
- [49] Bhutia S, Panda P, Sinha N, Praharaj P, Bhol C, Panigrahi D, et al. Plant lectins in cancer therapeutics: Targeting apoptosis and autophagy dependent cell death. *Pharmacological Research.* 2019; 144: 8–18.
- [50] Muller-Esterel W, Brandt U, Anderka O, Kleb S, Ridinger K, Plenikowski M. *Biología: Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida.* Barcelona; 2008.
- [51] Panzeri D, Guzzetti L, Sacco G, Tedeschi G, Nonnis S, Airoidi C, et al. Effectiveness of *Vigna Unguiculata* seed extracts in preventing colorectal cancer. 2020; 11: 5853–65.