

CEREALES Y LEGUMINOSAS



Sarita Lucila Betancourt Ortiz
Mayra Alexandra Logroño Veloz



2026



esPOCH

**Decanato de
Publicaciones**

Cereales y Leguminosas

© Año 2026 Sarita Lucila Betancourt Ortiz. Mayra Alexandra Logroño Veloz

© Año 2026 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Panamericana Sur, kilómetro 1 ½

Instituto de Investigaciones

Dirección de Publicaciones Científicas

Riobamba, Ecuador

Teléfono: 593 (03) 2 998-200

Código Postal: EC0600155

Aval ESPOCH

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego

(*Peer review*)

Corrección y diseño

Editorial Politécnica ESPOCH

Impreso en Ecuador

Prohibida la reproducción de este libro, por cualquier medio, sin la previa autorización por escrito de los propietarios del *copyright*.

CDU:

Crereales y Leguminosas

Riobamba: Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo. (Decanato de Publicaciones)

Dirección de Publicaciones, Año 2026

179 pp. vol: 1 17 x 24 cm ISBN: 978-9942-801-32-6

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I	9
FUNDAMENTOS	9
1.1 Cereales y Leguminosas	9
1.2 Historia	9
1.3 Composición Nutricional	9
1.4 Importancia Nutricional y Usos Culinarios	10
1.5 Contribuciones Agrícolas y Sostenibilidad	11
1.6 Perspectivas Futuras	13
CAPITULO II	14
CEREALES	14
2.1 Importancia de los cereales de mayor consumo	14
2.2 Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>)	15
2.2.1 Historia	15
2.2.2 Taxonomía	16
2.2.3 Descripción botánica	16
2.2.4. Composición química	18
2.2.5 Valor Nutricional	18
2.2.6 Formas de Consumo	19
2.3 Avena (<i>Avena sativa</i>)	20
2.3.1 Historia	20
2.3.2 Taxonomía de la avena	21
2.3.3 Descripción botánica de la Avena	21
2.3.4 Composición química de la avena	23
2.3.5 Valor nutricional de la avena	24
2.3.6 Formas de consumo de la avena	25
2.4 Maíz (<i>zea mays</i>)	26
2.4.1 Historia	26
2.4.2 Taxonomía del Maíz	27
2.4.3 Descripción Botánica del Maíz	28
2.4.4 Composición Química del Maíz	30
2.4.5 Usos comunes del maíz	31

2.5 Centeno (<i>Secale cereale</i>).....	32
2.5.1 Historia.....	32
2.5.2 Taxonomía del Centeno.....	32
2.5.3 Descripción Botánica del Centeno.....	32
2.5.4 Composición Química del Centeno.....	34
2.5.5 Usos Comunes del Centeno.....	35
2.6 Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	35
2.6.1 Historia.....	37
2.6.2 Taxonomía del Trigo.....	37
2.6.3 Descripción Botánica del Trigo.....	38
2.6.4 Composición Química del Trigo.....	39
2.6.5 Usos Comunes del Trigo.....	42
2.7 Arroz (<i>Oryza sativa</i>).....	43
2.7.1 Historia.....	43
2.7.2 Taxonomía del arroz.....	44
2.7.3 Descripción Botánica del Arroz.....	44
2.7.4 Composición Química del Arroz.....	45
2.7.5 Usos Comunes del Arroz.....	48
CAPITULO III.....	49
LEGUMINOSAS.....	49
3.1 Beneficios para controlar Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT).....	51
3.2 Contribuciones de las Leguminosas a la Salud y su Composición Química.....	59
3.3 Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	63
3.3.1 Historia.....	63
3.3.2 Taxonomía del chocho.....	63
3.3.3 Descripción Botánica del Chocho.....	64
3.3.4 Composición Nutricional del Chocho.....	65
3.3.5 Usos y Potencial del Chocho.....	67
3.3.6 Importancia Cultural y Nutricional del chocho.....	68
3.4 Haba (<i>Vicia faba</i> L.).....	69
3.4.1 Historia.....	69
3.4.2 Taxonomía del haba.....	69
3.4.3 Descripción Botánica de la Haba.....	70

3.4.4 Importancia nutricional del Haba.....	71
3.4.5 Usos Comunes del Haba.....	72
3.5 Arveja (<i>Pisum sativum</i> L.).....	74
3.5.1 Historia.....	74
3.5.2 Taxonomía de la Arveja.....	74
3.5.3 Descripción botánica de la arveja.....	75
3.5.4 Composición Química de la Arveja.....	76
3.5.5 Usos Comunes de la Arveja.....	78
CAPITULO IV.....	79
MEZCLAS ÓPTIMAS DE LEGUMINOSAS Y CEREALES.....	79
4.1 Beneficios de Combinar Leguminosas y Cereales en la Alimentación.....	80
4.1.1 Complementación de Aminoácidos.....	82
¿Qué es un aminoácido limitante y una proteína patrón?.....	82
4.1.2 Cómputo de aminoácidos.....	84
4.1.3 Equilibrio de Nutrientes.....	86
4.1.4 Índice Glucémico Más Bajo.....	87
4.2 Seguridad Alimentaria.....	88
CAPITULO V.....	91
REACCIONES BIOQUÍMICAS DE LOS CEREALES Y LEGUMINOSAS.....	91
5.1 Reacción de Maillard.....	91
5.2 Reacción de Gelatinización.....	98
5.3 Reacción de Proteólisis y formación de péptidos.....	98
CAPITULO VI.....	101
CONTROL DE CALIDAD DE CEREALES Y LEGUMINOSAS.....	101
6.1 Muestreo.....	101
6.1.1 Normas generales de muestreo.....	101
6.1.2 Plan de muestreo.....	102
6.1.3 Tipos de Muestras y Reducción.....	103
6.1.4 Equipos y Condiciones.....	104
6.2 Análisis físicos.....	105
6.2.1 Impurezas.....	106
6.2.2 Granulometría.....	106

6.2.3 Potencial Hidrógeno (pH).....	108
6.2.4 Actividad de agua.....	110
6.3 Análisis químico.....	111
6.3.1 Humedad.....	112
6.3.2 Ceniza.....	113
6.3.3 Grasa total.....	114
6.3.4 Fibra cruda.....	115
6.3.5 Proteína.....	116
6.3.6 Extracto libre de nitrógeno.....	118
6.4 Análisis microbiológicos.....	118

INTRODUCCIÓN

Con una perspectiva científica y práctica, se presenta este libro que permite una revisión completa del mundo fascinante de los cereales y leguminosas. Se han considerado dos aspectos fundamentales de influencia: la nutrición humana y la sostenibilidad agrícola para organizar la obra en seis capítulos, en cada uno de los cuales los cultivos milenarios se abordan de una manera clave y progresiva.

Capítulo I se enfoca el papel crucial de los cereales y leguminosas en la dieta global, así como detalles históricos y composición nutricional. La agricultura sostenible, usos culinarios y su valor nutritivo, son también discutidos en este capítulo.

Capítulo II en este capítulo se abordan cereales como Quinua, avena, maíz, centeno, trigo y arroz, estos son analizados en detalle, al ser considerados los cereales más consumidos en el mundo. Las propiedades únicas de estos cereales son facilitadas al lector a través de aspectos como: taxonomía, descripción botánica, composición química y valor nutricional.

Capítulo III exclusivo para las leguminosas como chocho, haba y arveja. Su importancia cultural dentro de la seguridad alimentaria por su aporte proteico es destacada en este capítulo. La evidencia científica sólida permite conocer como las leguminosas desempeñan un papel fundamental en la prevención y control de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) como diabetes, hipertensión y cáncer impactando de manera positiva en la salud cardiovascular y la mortalidad.

Capítulo IV Se revela la sinergia nutricional entre los cereales y leguminosas, a través del enfoque de mezclas nutricionalmente adecuadas entre estos dos grupos de alimentos. Se empieza por la definición de aminoácido limitante y cómo se pueden crear proteínas completas de alta calidad con la combinación de cereales y leguminosas. Se evidencia que son una estrategia nutricionalmente inteligente al analizar los beneficios de estas mezclas, considerando su proporción de nutrientes y su importancia en la regulación del índice glucémico

Capítulo V La obra enfoca en este capítulo no solo la composición nutricional de los cereales y leguminosas, sino también un enfoque científico completo sobre como el valor nutricional y la preparación de este grupo de alimentos pueden modificarse por procesos y reacciones bioquímicas como la de Maillard que mejora la digestibilidad al crear complejos sabores y gelatinizar el almidón.

Capítulo VI Una guía práctica y normativa sobre Control de Calidad, cierran el libro. Siguiendo las normas ISO/INEN se especifican rutinas de Muestreos, humedad, impurezas y actividad de agua como Análisis Físicos y la determinación de proteína, fibra, grasa y ceniza dentro de los Químicos. Dando importancia a los estándares más altos de producción se abordan los Análisis Microbiológicos por su importancia en la inocuidad y seguridad alimentaria.

Un futuro alimentario más sostenibles será posible al tener una visión integral que fusiona la ciencia, la nutrición y la agricultura, esta triada determina la posibilidad de combinaciones entre cereales y leguminosas que mejoran la calidad proteica. Una alimentación sostenible y saludable constituyen un pilar fundamental de interés para estudiantes y profesionales de nutrición, dietética, y ciencias de los alimentos y esta obra se constituirá sin lugar a duda en esa herramienta indispensable para lograr ese cometido.

CAPITULO I FUNDAMENTOS

1.1 Cereales y Leguminosas

En el amplio escenario de la alimentación humana, los cereales y las leguminosas destacan como dos categorías de alimentos fundamentales que han nutrido y sustentado a las poblaciones a lo largo de la historia(1). Estos alimentos no solo cuentan con ricas historias arraigadas, sino que también exhiben una diversidad botánica notable y perfiles nutricionales incomparables, convirtiéndolos en elementos esenciales para promover una alimentación equilibrada, sostenible y saludable (2)(3)(4)

1.2 Historia

La interacción ancestral entre los seres humanos y estos alimentos se remonta a las civilizaciones más antiguas. Los cereales, como el trigo, el arroz y el maíz, han establecido los cimientos de numerosas culturas, impulsando la panificación, el desarrollo de la agricultura a gran escala y la adopción de sistemas de vida sedentarios(5). De manera complementaria, las leguminosas como el chocho, el haba y la arveja, han desempeñado un papel crucial en la dieta humana a lo largo de milenios, enriqueciendo a diversas poblaciones con proteínas vegetales y nutrientes esenciales(6)(7).

1.3 Composición Nutricional

Los cereales se distinguen por su abundancia en carbohidratos complejos, una fuente esencial de energía para el funcionamiento óptimo del organismo(8). Por otro lado, las leguminosas se destacan por su notable contenido de proteínas, fibras, así como una diversidad de vitaminas y minerales. Esta singular sinergia de nutrientes presente en cereales y leguminosas se entrelaza en la dieta, generando un espectro completo de elementos nutritivos cruciales para la salud y el bienestar(9)

Diversas capas celulares dan a los granos de cereales una intrincada estructura. El embrión o germen, el endospermo y las capas exteriores que recubren el grano, conocidas como salvado, forman parte de dicha estructura

(10). Entre el 80 y 85% del grano, esta almacenado en el endospermo, almidón y proteínas se encuentran en este, y son esenciales para el crecimiento de la planta como fuente de energía.

El salvado y el germen, que representan del 12 al 18 % y 2 al 3 % del peso del grano seco respectivamente, son componentes vitales que rodean al endospermo. El embrión, componente vital para la germinación, abraza el eje embrionario (11) y alberga el mayor contenido de lípidos y vitaminas liposolubles entre todas las fracciones del cereal (12).

La morfología de los almidones desencadena diferencias en la estructura y tamaño de los gránulos, lo cual, a su vez, influye en el perfil multidimensional del almidón (propiedades fisicoquímicas, funcionales, térmicas y nutricionales)(13). Cabe destacar que el maíz, el trigo y el arroz exhiben notorias disparidades en microestructura y propiedades bromatológicas y tecnofuncionales (digestibilidad, índice glucémico, así como propiedades fisicoquímicas, funcionales y térmicas) (14). En los cereales procesados, las propiedades térmicas de gelatinización cobran relevancia como un parámetro de vital importancia en la digestibilidad del almidón. En este contexto, la digestibilidad *in vitro* y el índice glucémico estimado del maíz generalmente tienden a ser significativamente inferiores en comparación con el trigo y el arroz (15) (16).

1.4 Importancia Nutricional y Usos Culinarios

Superar el hambre y la mal nutrición en el siglo XXI, significa aumentar la calidad de los alimentos y simultáneamente asegurarse de producir alimentos de manera sostenible con eficacia y seguridad. En septiembre de 2015 los líderes mundiales aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo sostenible, un plan de acción a favor de las personas y el planeta. El documento define una lista de objetivos dirigidos a erradicar el hambre y la mal nutrición, así como la pobreza extrema. Dentro de este marco los cereales y las leguminosas han sido parte esencial de la alimentación humana desde hace siglos; sin embargo, el valor nutricional en general de leguminosas no es reconocido y con frecuencia su consumo no se valora lo suficiente (17).

La relevancia nutricional y los aspectos culinarios de estos alimentos trascienden sus roles como meras fuentes de nutrientes esenciales, manifestando una notable influencia en la gastronomía y la herencia cultural de diversas comunidades. Los cereales y las leguminosas se transforman en múltiples productos para satisfacer a los consumidores, así bebidas alcohólicas como el whisky, la cerveza, el “cotidiano” pan y los diferentes tipos de pastas, son ejemplos de la transformación de los cereales (18)(19). La gastronomía tradicional y contemporánea ofrecen al consumidor una variedad de preparaciones a base de leguminosas que van desde las sopas y estofados típicos, hasta las hamburguesas veganas y el cremoso humus originario de Medio Oriente (20).

La adaptabilidad culinaria de estos elementos se expande más allá de las limitaciones geográficas, reflejando así la riqueza y diversidad inherente a las prácticas culinarias globales (21).

1.5 Contribuciones Agrícolas y Sostenibilidad

En el ámbito agrícola, las leguminosas son especialmente valiosas debido a su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo, mejorando su fertilidad y reduciendo la necesidad de fertilizantes sintéticos. La producción de alimentos ha aumentado gracias al cultivo de los cereales, piezas fundamentales en la revolución agrícola (22).

En la promoción de sistemas agrícolas sostenibles, los cereales y leguminosas tienen un reconocimiento creciente. El arroz, el maíz, el trigo, el frijol, la soja y el guisante, constituyen cereales y leguminosas claves en la rotación de cultivos facilitando la biodiversidad, disminuyendo la erosión y aumentando la fertilidad del suelo.

Aspectos ambientales, sociales y económicos son los que permiten un análisis de la sostenibilidad de cereales y leguminosas en nuestro país (Ecuador). Los cereales y leguminosas en Ecuador podrían constituirse como cultivos dentro de la agricultura sostenible siempre y cuando se considere para su producción la conservación del suelo y el agua, así como también su biodiversidad.(22).

En este contexto, la alta capacidad biológica de las legumbres permite fijar el nitrógeno en el suelo teniendo repercusiones positivas en la biodiversidad de los suelos y sus residuos pueden usarse como forraje en la dieta del ganado, mejorando la salud y el crecimiento de los animales. Por lo tanto, su cultivo ofrece un entorno agrícola de mayor resistencia y resiliencia contra perturbaciones. Con estrategias inteligentes que incluyan a las legumbres en sus protocolos de desarrollo rural se puede favorecer sistemas agrícolas eficaces que permitan afrontar el cambio climático. Conjuntamente, las legumbres no requieren fertilizantes nitrogenados ni excesivo consumo de agua para su producción y cultivo, esto evita la emisión de gases de efecto invernadero(23).

Social: En Ecuador implica asegurar que la producción agrícola beneficie a las comunidades locales, incluidos los pequeños agricultores; varias provincias como: Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura, Carchi y Azuay que producen una variedad de cultivos, incluyendo maíz, trigo y leguminosas como frijoles y lentejas con suelos aptos para la agricultura. La diversidad geográfica del país permite la producción de una amplia gama de cultivos, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la economía agrícola del país. Esto puede implicar políticas que promuevan la equidad en la distribución de tierras, el acceso a recursos y la participación en cadenas de valor justas y transparentes(22).

Económico: La sostenibilidad económica se refiere a la viabilidad financiera a largo plazo de la producción de cereales y leguminosas. En Ecuador, esto implica promover modelos de negocio agrícola que generen ingresos adecuados para los agricultores y fomenten la diversificación económica en las zonas rurales. También implica fomentar el acceso a mercados justos y rentables para los productos agrícolas.

Figura 1.1. Agricultura sostenible



Fuente: Imagen generada con AI. Gemini 2025

Tecnología adecuada para los agricultores, el cambio climático, la degradación del suelo y la falta de recursos, constituyen retos constantes en el desarrollo de la sostenibilidad agrícola. En Ecuador, los desafíos descritos anteriormente, así como la promoción de una agricultura más sostenible, requieren de un trabajo colaborativo entre las entidades gubernamentales pertinentes (Ministerio de Agricultura ganadería Acuacultura y Pesca, Ministerio de Economía, Academia, etc.) con el sector privado, las organizaciones no gubernamentales (ONG) y las comunidades locales (22).

1.6 Perspectivas Futuras

En un mundo donde la nutrición, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad son desafíos clave, los cereales y leguminosas presentan oportunidades significativas (23). Las perspectivas de cereales y leguminosas en el mundo son de gran importancia debido a su papel fundamental en la seguridad alimentaria, la nutrición y la sostenibilidad agrícola. (24). Aquí hay algunas perspectivas importantes sobre estos grupos de alimentos:

Los cambios en los patrones de consumo y el aumento de la población requieren un aumento en la producción mundial de cereales y leguminosas.

Garantizar una nutrición adecuada a nivel global se podría lograr con el consumo de cereales y leguminosas sobre todo en las regiones donde estos alimentos forman parte de su cultura alimentaria. Sus características nutricionales que las vuelven fuentes importantes de energía y proteínas, así como su disponibilidad y acceso son las cualidades que hacen que estos grupos de alimentos tengan un papel crucial en la batalla contra la malnutrición y la inseguridad alimentaria (3)(25).

La investigación y el desarrollo en torno a cereales y leguminosas están en aumento, con un enfoque en mejorar la productividad, la resistencia a enfermedades y plagas, la calidad nutricional y la adaptabilidad a condiciones climáticas cambiantes. Se están desarrollando variedades de cultivos que sean más resistentes al estrés ambiental y que tengan perfiles nutricionales mejorados(24).

El cambio climático representa un desafío significativo para la producción de cereales y leguminosas, ya que pueden afectar la disponibilidad de agua, las temperaturas y la frecuencia de eventos climáticos extremos, tal como se ilustra en la imagen 2 creada por AI Gemini 2025. Es crucial desarrollar prácticas agrícolas y variedades de cultivos que sean más resistentes y adaptables a las condiciones climáticas cambiantes (24)(26).

Figura 1.2. Cambio climático y agricultura



Fuente: Imagen generada con AI- Gemini 2025

CAPITULO II CEREALES

2.1 Importancia de los cereales de mayor consumo.

Los cereales, pertenecientes a la familia de las gramíneas, son plantas de notable relevancia agrícola y nutricional, reconocidas por su capacidad de generar semillas comestibles abundantemente ricas en carbohidratos, primordialmente almidones. Estas semillas, reconocidas como granos, ostentan una posición fundamental tanto en la dieta humana como en la alimentación animal, aportando una gama diversificada de nutrientes y energía. Ejemplares emblemáticos de cereales abarcan el trigo, el arroz, el maíz, la cebada, el centeno, la avena y el sorgo, entre otros(27)(28). La preponderancia de estos cultivos trasciende lo meramente nutricional, desempeñando un papel crucial a nivel global al suministrar una fuente sustancial de nutrientes esenciales y energía (29).

El pan, los cereales para el desayuno, las pastas, entre otros productos industrializados y culinarios son derivados de los cereales, los mismos que

desarrollan un papel fundamental en la industria de alimentos como base primordial de varias alternativas alimentarias (30).

Propiedades antiinflamatorias y potencialmente anticancerígenas se han asociado a la presencia de fitoquímicos en los cereales como los compuestos antioxidantes y polifenoles, que han sido investigadas recientemente. Estos hallazgos resaltan la importancia tanto histórica como contemporánea de los cereales en la promoción de la salud y el bienestar humanos.

2.2 Quinua (*Chenopodium quinoa*)

2.2.1 Historia

La palabra “quinua” proviene del idioma quechua, que significa “grano madre” o “grano principal”. La quinua (*Chenopodium quinoa*), es una planta perteneciente a la familia Amaranthaceae. es un pseudocereal originario de los Andes de América del Sur donde ha sido cultivado y consumido por más de 5 000 años. Durante el Imperio Inca, la quinua era considerada un alimento sagrado y esencial en la dieta diaria de la población. Sin embargo, con la llegada de los conquistadores españoles y la imposición de cultivos europeos, como el trigo y la cebada, la quinua fue relegada y su consumo disminuyó drásticamente entre las poblaciones indígenas. A pesar de ello, la quinua mantuvo su importancia en algunas regiones andinas y su cultivo fue preservado por comunidades indígenas en áreas remotas de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia(26).

En el “Mindful eating” que caracteriza a las personas preocupadas por su salud, la quinua, cultivo andino se ha convertido en un alimento de moda debido a su valor nutricional y a la posibilidad de preparar un sin número de platillos como ingrediente principal. La popularidad mundial de la quinua se ha desarrollado en las últimas décadas(23).

La capacidad de la quinua para adaptarse a diferentes climas y suelos ha hecho que su reputación como superalimento aumente notablemente, en la actualidad la quinua se cultiva desde América del Norte y Europa hasta Asia y África. Sin embargo, este aumento en la demanda también ha planteado desafíos en términos de sostenibilidad y precios para las comunidades indígenas que históricamente han cultivado y consumido quinua(31).

2.2.2 Taxonomía

La quinua, científicamente conocida como *Chenopodium quinoa*, es una planta que pertenece a la familia Amaranthaceae (23). Aunque hay cientos de variedades de quinua cultivadas en diferentes regiones del mundo, no existen diferentes especies de quinua reconocidas en el sentido taxonómico. En otras palabras, *Chenopodium quinoa* es la especie botánica única de la quinua. Sin embargo, dentro de la especie *Chenopodium quinoa*, existen muchas variedades y cultivares que difieren en aspectos como el color de las semillas, el tiempo de maduración, la resistencia a enfermedades y la adaptabilidad a diferentes climas y suelos(29). Estas variedades de quinua pueden tener características distintivas y pueden ser preferidas en diferentes regiones y para diferentes usos culinarios. La Tabla 2.1. muestra la clasificación taxonómica de la quinua(32).

Tabla 2.1. Taxonomía de la quinua.

Clasificación	Denominación
Reino	Plantae (plantas)
División	Magnoliophyta (plantas con flores)
Clase	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae (amarantáceas)
Género	<i>Chenopodium</i>
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i>

Fuente: Hervert-Hernández D 2022 (3).

2.2.3 Descripción botánica

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta herbácea anual que pertenece a la familia Amaranthaceae. Tiene una apariencia distintiva y una serie de características que la hacen reconocible. En la Tabla 2.2. se indica las principales características botánicas de la quinua(33):

Tabla 2.2. Descripción botánica quinua

Partes de la planta de quinua	Descripción
Tamaño y Altura.	La quinua suele crecer entre 1 y 3 metros de altura, dependiendo de las condiciones de cultivo y variedades específicas. Su altura puede variar, pero en promedio alcanza alrededor de 1.5 a 2 metros.
Hojas.	Las hojas son alternas y pueden variar en forma, siendo generalmente lanceoladas o en forma de lanza. Tienen márgenes dentados o ligeramente aserrados y son de color verde intenso
Flores.	Las flores de la quinua son pequeñas y se agrupan en inflorescencias ramificadas que pueden variar en color, desde blanco hasta tonos rosados o púrpuras, dependiendo de la variedad. Las inflorescencias se desarrollan en las puntas de los tallos y ramas.
Granos.	Los granos de la quinua se desarrollan a partir de sus flores, están recubiertos por saponina, sustancia que debe ser removida previo a su consumo debido a su sabor amargo y contenido de anti nutrientes. Según su variedad pueden ser de varios colores (blanco, amarillo, rojo o negro), tamaños y formas y constituyen la parte más cotizada de la quinua.
Raíces.	La absorción de nutrientes y agua del suelo se realiza gracias a un sistema ramificado de raíces poco profundas. Esto la hace adecuada para crecer en suelos poco fértiles y condiciones de sequía

Fuente: FAO 2016 (34).

Figura 2.1. Quinua (*Chenopodium quinoa*)



Fuente: Orgaz G 2020 (33).

La quinua es una planta resistente y adaptable, capaz de crecer en diversas condiciones climáticas y altitudes. Su capacidad para sobrevivir en entornos desafiantes la ha convertido en un cultivo valioso en regiones donde otros cultivos pueden tener dificultades para prosperar. Además de sus granos, la quinua también es apreciada por su follaje y su capacidad para proporcionar forraje para el ganado(35).

2.2.4. Composición química

La quinua es una excelente fuente de proteínas porque tiene 10 aminoácidos esenciales volviéndola una excelente fuente de proteínas de alta calidad. La concentración de proteínas en la quinua varía entre el 12% y el 18% de su peso seco. Con respecto a los carbohidratos contiene alrededor del 60-70%, principalmente en forma de almidón y presenta un bajo índice glucémico, que la convierte en una opción favorable para personas que controlan su azúcar en la sangre. Según la variedad de la quinua, la cantidad de fibra que aporta puede variar entre 10 a 16% lo que la vuelve una buena fuente de fibra, ideal para mejorar el tránsito intestinal y regular los niveles de colesterolemia. El ácido oleico y el linoleico son los ácidos grasos insaturados que se encuentran en un 5% en la quinua.

En la quinua se encuentra también vitaminas del complejo B(tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido pantoténico (B5) y vitamina B6). También contiene cantidades significativas de vitamina E y vitamina K. Además, es rica en minerales como el hierro, calcio, magnesio, fósforo, zinc y potasio. Es particularmente notable por su alto contenido de hierro, que la convierte en una excelente opción para personas con deficiencia de hierro(36).

2.2.5 Valor Nutricional

A pesar de que la calidad proteica de la quinua se asemeja a la de los lácteos, huevos y carnes, se requiere un consumo en mayor cantidad, su contenido de aminoácidos esenciales permite que en el organismo se logre una buena síntesis proteica(37). Es considerada un pseudocereal porque en su composición nutricional se encuentran carbohidratos, fibra dietética como los cereales y proteínas como las leguminosas (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Valor nutricional de quínua

Nutriente	Cantidad
Energía	370 kcal
Proteína	14 g
Carbohidratos	64 g
Lípidos	6 g
Fibra	7 g
Vitamina C	22 mg
Calcio	47 mg
Hierro	4,6 mg

Fuente: Figueroa C, 2018 (38)

Tabla 2.4. Composición de aminoácidos de la quinua.

Aminoácido	Contenido (mg de aminoácido/g de proteína)
Histidina	31
Isoleucina	53
Leucina	63
Lisina	64
Metionina + Cistina	28
Fenilalanina + Tirosina	72
Treonina	44
Triptófano	9
Valina	48
Total incluida histidina	412
Total excluida histidina	381

Fuente: Figueroa C, 2018 (38).

2.2.6 Formas de Consumo

La quinua debe lavarse antes de consumirla para eliminar la saponina, una sustancia que puede ser tóxica; está contenida en la cáscara y es responsable del sabor amargo.

La quinua se prepara hirviendo los granos en agua hasta que se vuelvan translúcidos. Se puede utilizar como base para ensaladas, sopas, guisos y como acompañamiento en lugar del arroz(39). La quinua se ha convertido en un alimento versátil y se utiliza en platos de todo el mundo. Desde ensaladas frías hasta platos calientes, la quinua es apreciada por su sabor y textura únicos(40).

La riqueza nutricional de la quinua ha hecho que su prestigio aumente internacionalmente. Su capacidad para crecer en condiciones adversas y su perfil nutricional la hacen valiosa para combatir la malnutrición y la inseguridad alimentaria en diversas regiones(41).

Figura 2.2. Productos a base de quinua.



Fuente: Imagen generada por Open AI, 2025

2.3 Avena (*Avena sativa*)

2.3.1 Historia

La historia de la avena (*Avena sativa*) se remonta a miles de años atrás se cree se originó en el Medio Oriente, posiblemente en la región de Asia Menor (lo que hoy es Turquía) y en algunas partes de Europa. Los primeros registros de su cultivo datan de al menos 2000 a.C. Durante la Edad del Bronce, la avena se cultivaba en Europa central y oriental. Los granos comestibles de la Avena constituyen una buena fuente de carbohidratos, fibra, proteína y nutrientes esenciales, es ampliamente cultivada en Europa, América del Norte, América del Sur, Asia y Oceanía aunque inicialmente en los siglos XVII y XVIII fue un cultivo importante en el noreste de Estados Unidos y Canadá. No es un cultivo ancestral de las Américas vino con los colonos desde Europa.

Se utiliza principalmente en la alimentación humana en forma de copos de avena, harina de avena y otros productos derivados. Además, la avena se utiliza en la alimentación animal, particularmente en la producción de alimentos para ganado y aves de corral(42).

2.3.2 Taxonomía de la avena

La avena es una planta perteneciente a la familia de las Poáceas (Gramineae). Esta familia incluye una gran variedad de hierbas y pastos, y la avena es una de las especies más importantes para la alimentación humana y animal. Aquí está la taxonomía de la avena desglosada:

Tabla 2.5. Clasificación taxonómica de la avena

Clasificación	Denominación
Reino	Plantae (plantas)
División	Magnoliophyta (plantas con flores)
Clase	Liliopsida (monocotiledóneas)
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Gramineae)
Género	<i>Avena</i>
Especie	<i>Avena sativa</i>

Fuente: (FAO, 2017) (34).

El Género Avena agrupa varias especies de plantas que son comúnmente conocidas como avena. Cada variedad de Avena posee características propias. La variedad comúnmente cultivada es la sativa, esta es muy cotizada por sus granos nutritivos y su multiplicidad culinaria. La Avena puede ser usada como alimento tanto para humanos como para animales(43). Su adaptabilidad y su contribución a la dieta humana y la seguridad alimentaria la hacen una especie de gran importancia económica y nutricional(43).

2.3.3 Descripción botánica de la Avena

Se presenta una tabla detallada con las características botánicas de la avena (*Avena sativa*). La tabla 2.6 aborda aspectos clave de la morfología de esta

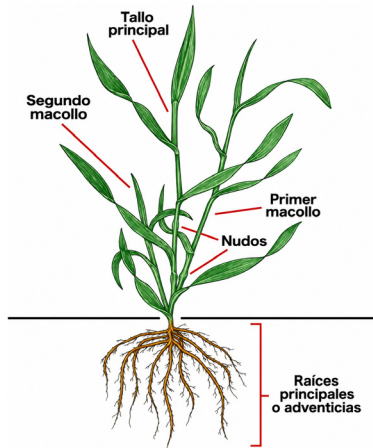
planta, incluyendo la estructura de sus raíces, tallo, hojas, inflorescencia (panícula) y grano. Cada sección está acompañada de la nomenclatura botánica precisa para facilitar la identificación y el estudio de sus componentes.

Tabla 2.6. Descripción botánica de la avena

Partes de la planta de avena	Descripción
Tamaño y Altura.	La avena (<i>Avena sativa</i>) es una planta de tamaño mediano que generalmente alcanza una altura de entre 60 y 120 centímetros en condiciones normales de crecimiento. Sin embargo, esta altura puede variar según el entorno y las prácticas agrícolas.
Hojas.	Las hojas de la avena son una característica distintiva. Son largas y estrechas, con una forma lineal y un color verde brillante. Están dispuestas en forma alterna a lo largo del tallo, creando una estructura foliar que facilita la captura de la luz solar para la fotosíntesis
Flores.	Las unidades reproductivas de las plantas que son las flores se encuentran en panículas que las contienen en gran número, y que no son más que ramificaciones piramidales que se ubican por encima de las hojas.
Granos.	Los nutrientes necesarios para el desarrollo de una nueva planta se encuentran almacenados en los granos, estos son el producto final de la reproducción, normalmente son pequeños y ovalados, dependiendo de la variedad pueden ser de varios colores (beige, marrones, negros) y tamaños.
Raíces.	Las raíces son indispensables para el crecimiento y desarrollo de la planta ya que le permiten absorber del suelo agua y nutrientes, se distribuyen en una red densa de raicillas y raíces laterales ramificadas a partir de un sistema central. Son fibrosas y se desarrollan en el suelo.

Fuente: Van Kol, S. Van der Horst, H. C. de Vries, H, 2024 (44).

Figura 2.3. Avena (*Avena Sativa*)

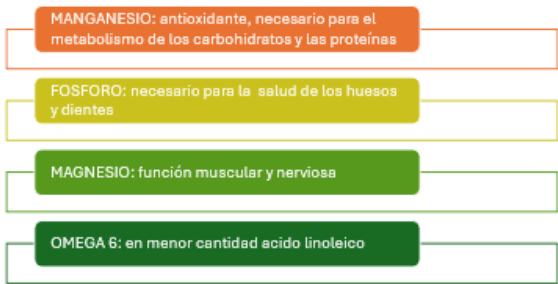


Fuente: Van Kol, S. et-al, 2024 (44).

2.3.4 Composición química de la avena

Muchos nutrientes indispensables se encuentran en la Avena, lo que la convierten en un alimento muy nutritivo. Contiene proteínas de buena calidad, lo que significa que proporciona una variedad de aminoácidos esenciales necesarios para el funcionamiento del cuerpo. Además, es rica en vitaminas del grupo B, (Tiamina B1, Riboflavina B3, Niacina y Piridoxina B6) que son esenciales para el metabolismo energético y el funcionamiento adecuado del sistema nervioso(38).

NUTRIENTES PRESENTES EN LA AVENA



Las grasas presentes en la avena son importantes para la salud cardiovascular y el funcionamiento celular (45).

La mayor parte de los carbohidratos en la avena son almidones, que proporcionan una fuente de energía sostenida. Sin embargo, uno de los aspectos más destacados de los carbohidratos en la avena son los betaglucanos, que son un tipo de fibra soluble. La avena es especialmente rica en fibra, incluyendo betaglucanos. Los betaglucanos son fibras solubles que tienen múltiples beneficios para la salud. Ayudan a reducir el colesterol en la sangre, promoviendo así la salud cardiovascular. También contribuyen a una digestión saludable y pueden ayudar a mantener niveles de azúcar en sangre estables (24)(43).

La avena aporta una variedad de aminoácidos, incluyendo los esenciales y no esenciales. Los aminoácidos son los bloques de construcción de las proteínas, que son cruciales para la función y el mantenimiento de los tejidos corporales(46).

2.3.5 Valor nutricional de la avena

La avena es reconocida por su significativo aporte nutricional y sus diversos beneficios para la salud. Uno de sus componentes más destacados son los betaglucanos, un tipo de fibra soluble con efectos positivos en la salud cardiovascular. Los betaglucanos han demostrado ayudar a reducir los niveles de colesterol en la sangre al atrapar y eliminar el exceso de colesterol(47).

Además, la avena es una fuente rica de vitaminas del grupo B, minerales como el manganeso, el fósforo y el magnesio, y proteínas de alta calidad. Esta combinación de nutrientes la convierte en un alimento saludable que contribuye a una dieta equilibrada y nutritiva(48).

Tabla 2.7. Característica nutricional de la avena (*Avena sativa*)

Componente Nutricional	Cantidad por 100 g
Energía (Calorías)	379 - 390 kcal
Proteínas	12.5 - 13.0 g
Grasas Totales	7.5 - 9.0 g

Carbohidratos Totales	64.0 - 67.7 g
Fibra	5.6 - 10.0 g
Vitaminas	Cantidad mg/100 g
B1 (Tiamina)	0.76
B2 (Riboflavina)	0.14
B3 (Niacina)	0.96
B6 (Piridoxina)	0.12
Minerales	Cantidad mg/100 g
Manganeso	4.9
Fósforo	523
Magnesio	177

Fuente: Tabla de composición de alimentos, USFQ. 2021(49).

2.3.6 Formas de consumo de la avena

Los copos de avena son el formato más popular. Se cocinan agregando agua o leche y se pueden preparar tanto como avena caliente como en avena overnight (remojada durante la noche). Es un desayuno tradicional y nutritivo(50).

La avena se utiliza en productos horneados como galletas, panes y muffins para agregar textura y valor nutricional. La avena también se encuentra en barras de granola y snacks saludables. Los copos de avena se pueden agregar a batidos y smoothies para aumentar su contenido de fibra y nutrientes(51)

La avena caliente o en forma de avena overnight es un desayuno reconfortante y nutritivo. Puede ser personalizada con frutas, nueces y otros ingredientes saludables(45).

Las barras de granola hechas con avena son populares como refrigerio o desayuno rápido. Son convenientes y aportan energía sostenida debido a su contenido de carbohidratos y fibra.

La avena se agrega a galletas y panes para aumentar su valor nutricional y textura. También es una opción para hacer productos horneados sin gluten(52).

Figura 2.4. Productos a base de avena (*Avena sativa*)



Fuente: Imagen generada por Open AI, 2025

2.4 Maíz (*zea mays*)

2.4.1 Historia

El maíz, también conocido como elote o choclo en algunas regiones, es un cultivo originario de América, específicamente de las regiones de Mesoamérica. Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos. Fue uno de los alimentos fundamentales en la dieta de las antiguas civilizaciones como los mayas y los aztecas. A lo largo de los siglos, el maíz se ha convertido en un cultivo de gran importancia tanto en la alimentación humana como en la alimentación animal y la industria.

La expansión del maíz desde su lugar de origen en México hacia diferentes regiones del mundo fue tan significativa y veloz como su transformación en un cultivo alimenticio. Diversos pueblos indígenas de México y Centroamérica difundieron esta planta por América Latina, el Caribe y, más tarde, hacia Estados Unidos y Canadá. Posteriormente, los exploradores europeos lo introdujeron en el continente europeo, desde donde los comerciantes lo llevaron también a Asia y África(53).

Cuando llegaron a Ecuador los españoles en el siglo XVI, el maíz ya se cultivaba en casi todo el territorio y era el alimento común en las casas, lo mencionan cronistas. El maíz desempeñó un papel fundamental en la alimentación, cultura y economía de los pueblos aborígenes del Ecuador, siendo usado para preparar alimentos y bebidas como la chicha en ceremonias rituales(54). El maíz es un cultivo importante para el Ecuador, siendo uno de los principales productos agrícolas del país y una fuente de alimento tanto para consumo humano como animal. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, en el año 2020 se sembraron más de 789 mil hectáreas de maíz en el país, con una producción de más de 2.7 millones de toneladas(55).

2.4.2 Taxonomía del Maíz

La taxonomía del maíz proporciona información esencial sobre su clasificación y su relación con otros organismos en el reino Plantae. Este sistema de clasificación ayuda a los científicos y agricultores a entender mejor las características y la historia evolutiva de la planta, así como su importancia en la cadena alimentaria y la sociedad. El género *Zea* agrupa varias especies de plantas de maíz. El maíz cultivado, *Zea mays*, es la especie más conocida y ampliamente cultivada dentro de este género. El género *Zea* incluye plantas que tienen una importancia cultural, económica y alimentaria significativa en todo el mundo(56).

Tabla 2.8. Clasificación taxonómica del Maíz (*Zea mays*.)

Clasificación	Denominación
Reino	Plantae (plantas)
División	Angiospermas (Magnoliophyta)
Clase	Liliopsida (monocotiledóneas)
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Gramineae) - las gramíneas
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i>

Fuente: INIAP, 2019 (56).

2.4.3 Descripción Botánica del Maíz

La planta de maíz (*Zea mays*) presenta una estructura morfológica compleja y bien definida que le permite desarrollarse eficientemente y cumplir su función como cultivo de gran importancia alimentaria a nivel mundial. La adaptación del Maíz y su productividad a diferentes hábitats depende de cada una de las partes de su planta, desde sus raíces hasta sus granos. Las raíces le permiten absorber agua y nutrientes, sus granos son el alimento de generaciones y la materia prima para la elaboración de muchos productos caseros e industrializados. Sus raíces, tallos, hojas, flores y granos son partes indispensables y sincronizadas para lograr un crecimiento, nutrición, reproducción y producción óptima de la planta.

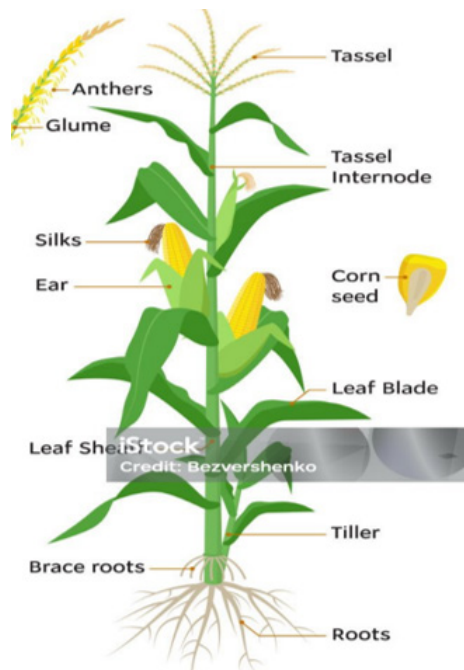
Tabla 2.9. Descripción botánica maíz (*Zea mays*).

Partes de la planta de maíz	Descripción
Tamaño y Altura.	Es una planta de gran tamaño que varía en altura según la variedad y las condiciones de crecimiento. Puede alcanzar alturas que oscilan entre los 2 y 4 metros, con algunas variedades excepcionales que pueden superar esta medida
Hojas	Son largas y estrechas, con una disposición en espiral alrededor del tallo. Cada hoja tiene una forma lineal y puede variar en longitud, con un promedio de 20 a 100 centímetros de largo y alrededor de 5 a 10 centímetros de ancho. Las hojas son de un vibrante color verde intenso, lo que indica su salud y vigor. Presentan venas paralelas que recorren toda la longitud de la hoja y se ramifican en venillas más pequeñas
Flores	Las flores del maíz se agrupan en estructuras llamadas espigas. Cada espiga está envuelta por hojas modificadas llamadas brácteas. La polinización y la formación de los granos de maíz dependen de la estructura de las flores y espigas. Se distinguen dos géneros de flores las femeninas llamadas estigmas se encuentran en la base de las brácteas y son las que se transforman en las mazorcas de maíz, y las masculinas o estambres que están en la parte superior de la espiga que forman el espádice que constituye una inflorescencia alargada.

Granos.	Generalmente los granos son de forma ovalada y de textura dura y brillante, sin embargo, según la variedad de la planta se disponen de granos de varios tamaños, formas y colores: amarillos, blancos, rojos, morado, azul. La variedad determina también el tamaño de la mazorca o cob, la misma que puede ser hasta de 20 cm. Los granos llamados también carióspsides, tienen origen en las flores fertilizadas, y son la parte más valiosa de la planta.
Raíces.	Las raíces de la planta de maíz además de darle estabilidad le facilitan agua y nutrientes indispensables para su crecimiento. Presenta una raíz principal de más o menos 2 metros de longitud, a partir de esta se ramifican lateralmente raíces fibrosas en forma circundante.

Fuente: Codex Alimentarius(57).

Figura 2.5. Cereal – maíz (*Zea mays*)



Fuente: Delgado - Castilla (2018)(69)

2.4.4 Composición Química del Maíz

El maíz es una valiosa fuente de nutrientes esenciales para la dieta humana y animal. Contiene carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales que contribuyen a su valor nutricional (70). Los carbohidratos son el componente principal del maíz. Están presentes en forma de almidones, que son cadenas de glucosa que proporcionan energía al organismo. El maíz es una fuente importante de carbohidratos complejos que se liberan de manera gradual en el cuerpo, contribuyendo a un suministro constante de energía. Después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietética es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores. Los hidratos de carbono complejos del grano de maíz se encuentran en el pericarpio y la piloriza, aunque también en las paredes celulares del endospermo y, en menor medida, en las del germen. El contenido total de fibra dietética soluble e insoluble de los granos de maíz se indica en la tabla 2.10. Aunque el contenido de proteínas en el maíz es relativamente bajo en comparación con las leguminosas y algunas otras fuentes de proteínas, aún aporta una variedad de aminoácidos esenciales a la dieta. Combinar el maíz con otras fuentes de proteínas puede mejorar su perfil de aminoácidos

El maíz contiene vitaminas y minerales esenciales para la salud. El folato (vitamina B9) presente en el maíz es importante para el desarrollo celular y la formación de ADN. Además, el maíz es una fuente de minerales como el potasio, necesario para la función celular y la salud del corazón, y el fósforo, importante para los huesos y el metabolismo energético

El maíz de color amarillo o anaranjado es especialmente rico en carotenoides, pigmentos naturales que le dan su color característico. Los carotenoides son precursores de la vitamina A, que es esencial para la salud ocular, la inmunidad y la salud de la piel(58).

Tabla 2.10. Composición química proximal de las principales partes de los granos de maíz (*Zea mays*) (%)

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3.7	8.0	18.4
Extracto etéreo	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8

Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.34	0.62	10.8

Fuente: Watson, 1987.

2.4.5 Usos comunes del maíz

El maíz es un alimento fundamental en muchas culturas y se consume de diversas formas en todo el mundo. Se puede consumir hervido, asado, cocido o procesado en productos derivados como harina de maíz, aceite de maíz y jarabe de maíz. El maíz es la base de platos tradicionales como las tortillas, tamales y diversas preparaciones culinarias(59).

El maíz tiene aplicaciones industriales en la producción de alimentos procesados, productos químicos, bioplásticos y biocombustibles. El almidón de maíz se utiliza como espesante en productos alimentarios y farmacéuticos, y el maíz es una fuente importante para la producción de etanol y otros biocombustibles

El maíz es uno de los cultivos más importantes en la agricultura global. No solo es una fuente crucial de alimento para humanos y animales, sino que también tiene un impacto económico significativo. Además, su versatilidad y capacidad para adaptarse a diferentes climas y suelos lo convierten en un cultivo esencial para la seguridad alimentaria y la industria en muchas partes del mundo (60).

Figura 2.6. Productos a base de maíz (Zea mays)



Fuente: Imagen generada por Open AI, 2025

2.5 Centeno (*Secale cereale*)

2.5.1 Historia

El centeno (*Secale cereale*) es un cereal cultivado desde hace miles de años en diversas regiones del mundo. Tiene una larga historia de uso tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje para el ganado. Su adaptabilidad a climas fríos y suelos menos fértiles lo han convertido en un cultivo importante en áreas donde otras especies de cereales pueden tener dificultades para prosperar(61).

2.5.2 Taxonomía del Centeno

El centeno (*Secale cereale*) es un cereal perteneciente al reino Plantae que ha desempeñado un papel esencial en la alimentación y agricultura a lo largo de la historia. Su clasificación taxonómica lo ubica dentro de las angiospermas monocotiledóneas, específicamente en el orden Poales y la familia Poaceae, grupo que incluye a los principales cereales cultivados en el mundo. Gracias a su adaptabilidad a climas fríos y su relevancia nutricional, el centeno se ha consolidado como un cultivo estratégico, tanto en el ámbito agrícola como en el alimentario, contribuyendo de manera significativa a la seguridad alimentaria y al desarrollo de productos derivados(62).

Tabla 2.11. Descripción taxonómica del centeno

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Angiospermas (Magnoliophyta)
Clase	Monocotiledóneas (Liliopsida)
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Secale</i>
Especie	<i>Secale cereale</i>

Fuente: Mendoza, V , (2016) (63)

2.5.3 Descripción Botánica del Centeno

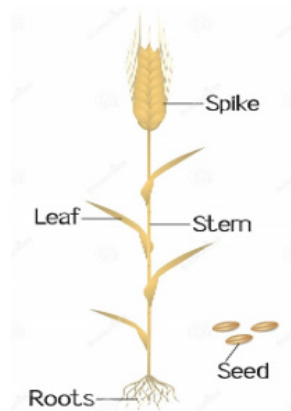
Los granos de centeno, técnicamente conocidos como cariósides, son la parte más valiosa de la planta desde una perspectiva agrícola y alimentaria. Estos granos son alargados y tienen un color característico que varía entre tonos marrón claro y oscuro. Son utilizados para la producción de harina de centeno, que se utiliza en diversas preparaciones culinarias.

Tabla 2.12. Descripción botánica Centeno (*Secale cereale*)

Partes de la planta de centeno	Descripción
Tamaño y Altura.	El centeno es una planta anual que varía en altura según las condiciones de cultivo y la variedad. Por lo general, alcanza alturas que oscilan entre 0.5 y 1.5 metros. La altura puede verse influenciada por factores como la disponibilidad de nutrientes, la densidad de siembra y el ambiente de crecimiento
Hojas.	Las hojas del centeno son una característica distintiva de la planta. Son largas y estrechas, con una forma lineal y venas paralelas. La textura de las hojas es áspera en los bordes, lo que contribuye a su apariencia rugosa. Las hojas presentan una coloración verde vibrante que es típica de las plantas fotosintéticas
Flores.	La floración del centeno es un proceso importante en su ciclo de vida. Las flores se agrupan en estructuras llamadas espigas, que se desarrollan en la parte superior del tallo. Cada espiga contiene numerosas flores pequeñas que pueden variar en color desde verde claro hasta tonos marrones a medida que maduran. Las flores desempeñan un papel crucial en la reproducción de la planta al permitir la formación de semillas
Granos.	Los granos de centeno constituyen buenas opciones gastronómicas para diversidad de platos, especialmente como harina, suelen ser alargados y de colores que van entre el marrón claro y oscuro. Desde el punto de vista agrícola y nutricional, los cariósides (granos) constituyen la parte más preciosa de la planta.
Raíces.	Los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta se obtienen gracias a las raíces, estas se ramifican y se extienden en el suelo. El centeno dispone de raíces fibrosas que le permiten absorber desde el suelo nutrientes y agua. Esta adaptación es especialmente importante en el cultivo de centeno en diversos tipos de suelos y condiciones de cultivo

Fuente: Louise P (2018) (64).

Figura 2.7. Cereal – centeno (*Secale cereale*)



Fuente: Mecias ,S (2018) (9)

2.5.4 Composición Química del Centeno

El centeno es una valiosa fuente de nutrientes esenciales para la salud humana. El mantenimiento de diversas funciones corporales así como la obtención de energía se produce gracias a la composición nutricional del centeno, ya que entre sus componentes dispone de nutrientes energéticos como los carbohidratos y proteínas y estabilizadores como las vitaminas y minerales, la presencia de fibra influye directamente en la salud digestiva y cardiovascular.

Las actividades diarias se pueden realizar gracias a la glucosa que el organismo la obtiene desde el almidón del centeno, el almidón se considera un carbohidrato complejo y entre sus funciones está el de disminuir los picos de glucosa postprandial. El contenido calórico del centeno esta dado en gran medida por los carbohidratos que contiene.

La dieta gracias a la presencia del centeno aporta con varios aminoácidos, sustancias que se obtienen de la degradación proteica y que son esenciales para funciones metabólicas, así como para la formación y regeneración de tejidos. El centeno presenta un aporte proteico menor que otras gramíneas, entre ellas el trigo, más sin embargo se considera su aporte proteico como significativo e importante.

El Centeno aporta con fibra soluble e insoluble, la primera ayuda a controlar el peso ya que regula la glicemia y la segunda ofrece beneficios para la salud digestiva ya que ayuda a mejorar el peristaltismo intestinal corrigiendo el estreñimiento.

El metabolismo y el sistema nervioso funcionan de manera óptima gracias al aporte de vitaminas del complejo B presentes en el Centeno como la Tiamina(B1), Riboflavina (B2) y Niacina (B3). También contiene minerales como el fósforo y el magnesio, que son importantes para la salud ósea y muscular. La composición química del centeno destaca su valor nutricional y su potencial para contribuir a una dieta equilibrada. Su contenido de carbohidratos, proteínas, fibras y micronutrientes lo convierten en un cereal versátil que puede ser parte de una alimentación saludable y variada (65).

Tabla 2.13. Composición química y nutricional de Centeno
(*Secale cereale*)

Componente	Cantidad aproximada
Energía	338 kcal
Agua	8.5 g
Carbohidratos totales	75.9 g
Almidón	60 – 65 g
Fibra dietética total	15.1 g
Proteínas	10.3 g
Lípidos totales	1.6 g
Vitaminas	
Niacina (B3)	4.27 mg
Ácido pantoténico (B5)	1.456 mg
Minerales	
Calcio	24 mg
Hierro	2.63 mg
Magnesio	110 mg
Fósforo	332 mg
Potasio	510 mg

Fuente: Mellado, M et-al (2008)(65)

2.5.5 Usos Comunes del Centeno

El centeno tiene un papel fundamental en la producción de harina de centeno, que se utiliza ampliamente en la industria panadera. La harina de centeno aporta un sabor característico y una textura única a productos de panadería

como panes oscuros, panecillos y productos horneados. Además, el centeno se utiliza en la preparación de otros alimentos, como cereales para el desayuno, galletas y productos de repostería(66).

El centeno también es valioso como forraje para el ganado y otros animales. Las partes aéreas de la planta, incluidas las hojas y tallos, son consumidas por los animales como fuente de alimento y nutrientes. Este uso es especialmente importante en áreas donde el centeno es cultivado en grandes cantidades y donde es una fuente viable de alimento para el ganado.

Presenta un papel relevante en la industria alimentaria y de bebidas. El Centeno ha sido utilizado para la alimentación humana y también de animales, en los primeros sirve para la elaboración de bebidas alcohólicas como la cerveza y los destilados ya que contribuye entre otras cosas con un sabor característico. En la alimentación de animales, es usado para la producción de balanceados y piensos para ganado y aves de corral, principalmente.

La harina de centeno añade sabor, textura y aporte nutricional ha productos como snacks, productos de pastelería y una gran variedad de alimentos procesados.

La salud cardiovascular y el control de la glicemia es posible gracias al aporte de fibra dietética soluble y antioxidantes que aporta el centeno, esto ha ocasionado el uso del centeno no solo por su importancia para la industria alimenticia sino por su efecto en la salud humana.

La cadena agroalimentaria se beneficia de la presencia del centeno debido a su diversidad de aplicación en la alimentación humana, animal e industrial. Su uso en una variedad de productos y su contribución a la seguridad alimentaria lo convierten en un cultivo valioso en diferentes aspectos de la sociedad moderna (67).

Figura 2.8. Productos a base de Centeno (*Secale cereale*)



Fuente: Imagen generada por AI, Gemini. 2025

2.6 Trigo (*Triticum aestivum* L.)

2.6.1 Historia

Su origen data de la civilización mesopotámica, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Medio Oriente y fueron los egipcios quienes descubrieron la fermentación del trigo y lo usaron en la elaboración de alimentos.

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo más importante a nivel mundial por delante del maíz y del arroz, por ser el cereal más usado en la elaboración de alimentos. En el Ecuador el área de producción de trigo se encuentra distribuida en el callejón interandino, en zonas comprendidas desde los 2200 a 3300 metros de altitud.(68)

De acuerdo con los datos proporcionados por la Corporación financiera, para el año 2021, la superficie cosechada de trigo en Ecuador fue de 6,038 hectáreas, abarcando una producción de 10,898. La provincia de Carchi abarcó el 55% de la producción nacional de este sector, seguido de Bolívar (18%) y Pichincha (17%). En el año 2021, el sector de trigo exportó \$271 Miles de FOB, evidenciándose una caída del 34% respecto al 2020. Para el año 2021, Estados Unidos es el principal destino de estas exportaciones (88%). La importación de trigo en Ecuador durante el año 2021 fue de \$444.22 MM de FOB superior en 52% respecto al 2020 (69).

2.6.2 Taxonomía del Trigo

La taxonomía del trigo (*Triticum aestivum* L.) tiene sus orígenes en la domesticación del trigo salvaje por parte de las antiguas civilizaciones hace más de 10,000 años en el Creciente Fértil. A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversas variedades y especies de trigo, cada una con características únicas. La taxonomía moderna se basa en estudios morfológicos, genéticos y moleculares para clasificar y comprender las diferentes variedades de trigo, como el trigo duro y el trigo blando. Esta taxonomía juega un papel esencial en la mejora genética de las variedades de trigo, la adaptación al cambio climático y la producción de alimentos a nivel global, siendo uno de los cultivos más importantes para la humanidad (70).

Tabla 2.14. Composición química y nutricional de Trigo
(*Triticum aestivum* L.)

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Angiospermas (Magnoliophyta)
Clase	Monocotiledóneas (Liliopsida)
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Gramíneas)
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>Triticum aestivum</i> L.

Fuente: INIAP, (2016)(70)

2.6.3 Descripción Botánica del Trigo

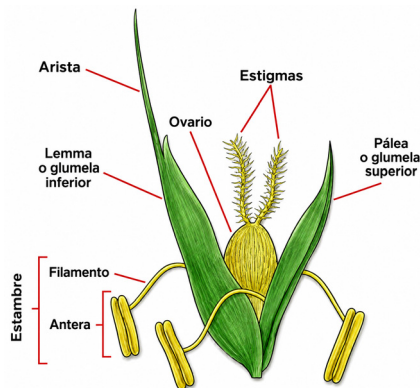
Tabla 2.14. Descripción botánica del trigo (*Triticum aestivum* L)

Partes de la planta de trigo	Descripción
Tamaño y Altura.	El trigo es una planta anual que varía en altura según las condiciones de cultivo y la variedad. Por lo general, puede alcanzar alturas que oscilan entre 0.5 y 1.5 metros. La altura puede verse influenciada por factores como la densidad de siembra, la disponibilidad de nutrientes y el ambiente de crecimiento
Hojas.	Las hojas del trigo son características de las plantas de gramíneas. Son largas y estrechas, con venas paralelas en toda su longitud. Las hojas están dispuestas en forma alterna a lo largo del tallo y presentan una coloración verde intensa, típica de las plantas fotosintéticas
Flores.	La floración del trigo es un proceso crucial en su ciclo de vida. Las flores se agrupan en estructuras llamadas espigas, que se desarrollan en la parte superior del tallo. Cada espiga contiene un número variable de flores, cada una de las cuales dará lugar a un grano de trigo. Las flores desempeñan un papel fundamental en la reproducción y la formación de semillas

Granos.	Los granos de trigo, técnicamente llamados carióspsides, son la parte más valiosa de la planta desde una perspectiva agrícola y alimentaria. Cada grano está contenido en una espiguilla y representa la unidad reproductiva de la planta. Los granos varían en tamaño, forma y color según la variedad, y son la fuente principal de harina utilizada en la elaboración de alimentos
Raíces.	El trigo presenta una raíz principal desde la cual se derivan raíces laterales circundantes y fibrosas que se abren paso en el suelo. Sus raíces le permiten obtener los nutrientes y agua desde el suelo y lograr un crecimiento y desarrollo de calidad. Estas características son cruciales para el cultivo, la producción de alimentos y la identificación de la planta en estudios científicos y en la agricultura

Fuente: Sistemática y taxonomía vegetal: Identificación de especies botánicas(71)

Figuro 2.9. Cereal – trigo (*Triticum aestivum* L)



Fuente: Delgado – Castilla (2018)(69)

2.6.4 Composición Química del Trigo

El trigo es una fuente fundamental de nutrientes esenciales para la salud humana y animal. Sus componentes nutricionales incluyen carbohidratos, proteínas, fibras, vitaminas y minerales. Estos nutrientes juegan un papel crucial en el funcionamiento adecuado del cuerpo y en el suministro de energía

Los carbohidratos son el componente principal del trigo y constituyen una parte significativa de su contenido calórico. Están compuestos principalmente por almidones, que son carbohidratos complejos. Durante la digestión, los almidones se descomponen en glucosa, proporcionando energía sostenida para diversas actividades diarias.

El trigo contiene proteínas que son esenciales para la construcción y reparación de tejidos, así como para funciones metabólicas. Aunque el contenido proteico del trigo no es tan alto como en algunos otros alimentos, aún aporta una cantidad significativa de aminoácidos esenciales a la dieta.

La calidad nutricional de las proteínas está determinada por las proporciones de aminoácidos esenciales, debido a que no pueden ser sintetizados por los animales; por lo tanto, deben proporcionarse en la dieta. La pérdida de nitrógeno que aporta la dieta se produce con la consecuente afectación en el crecimiento cuando las proteínas dietéticas presentan uno o varios aminoácidos limitantes. Existen diez aminoácidos esenciales y que deben ser aportados obligatoriamente por la ingesta, estos son: lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina, histidina y metionina. Resulta importante recordar además que la metionina es el precursor de la cisteína, por lo tanto, este último no se encuentra dentro de los diez aminoácidos esenciales. Los requerimientos de aminoácidos esenciales son menores para los adultos, donde los aminoácidos solo se requieren para el mantenimiento, que para los niños, donde son necesarios para el crecimiento(72).

Además, es una excelente fuente de fibra dietética, tanto soluble como insoluble. La fibra es esencial para mantener una función digestiva saludable, promoviendo el movimiento regular del intestino y previniendo problemas como el estreñimiento. Además, la fibra puede contribuir a la regulación del azúcar en la sangre y al control del peso. Los fructanos forman parte de la fracción DF y son altamente fermentables en el colon, y la inulina (una forma de fructano derivada de la alcachofa de Jerusalén y otras plantas) se utiliza ampliamente como un prebiótico estándar (que se analiza más adelante en el apartado de fibra dietética). Sin embargo, en el trigo, los fructanos y la rafinosa son los componentes principales de un grupo de carbohidratos fermentables pequeños denominados FODMAP (oligosacáridos, disacáridos, monosacáridos y polioles fermentables). Se ha sugerido que una dieta baja en FODMAP mejora el manejo del síndrome del intestino irritable (SII) y la enfermedad inflamatoria intestinal (enfermedad de Crohn y colitis ulcerosa), al reducir la fermentación en el colon. Por lo tanto, los trigos bajos en fructanos podrían ser de interés para el desarrollo de productos alimenticios bajos en FODMAP(72).

El trigo aporta una serie de vitaminas y minerales importantes para el funcionamiento óptimo del cuerpo. El trigo es un alimento que proporciona vitaminas, minerales, nutrientes energéticos y fibra, cada uno de estos le otorga un papel importante en ciertas funciones necesarias para la vida, así las vitaminas del complejo B: tiamina (B1) y niacina (B3) que se encuentran en gran cantidad en el trigo son indispensables para el metabolismo y el buen funcionamiento del sistema nervioso. El fósforo para la salud esquelética y el magnesio para procesos biológicos. Los carbohidratos y la fibra hacen del trigo un alimento necesario dentro de una alimentación equilibrada. El trigo suele considerarse principalmente una fuente de energía (carbohidratos) y, sin duda, es importante en este sentido. Sin embargo, como se indica en la tabla 2,15, también contiene cantidades significativas de otros nutrientes importantes, como proteínas, fibra y componentes menores como lípidos, vitaminas, minerales y fitoquímicos, que pueden contribuir a una dieta saludable (73).

Tabla 2.15. Composición química y nutricional del trigo
(*Triticum aestivum* L)

Componente	Contenido aproximado por 100 g de trigo
Agua	10.8 – 11
Proteína cruda	26.5 – 31.4
Grasa cruda	7 – 15
Fibra dietética	1.5 – 18.5
Cenizas (minerales totales)	4 – 4.2
Carbohidratos	17
Vitaminas y compuestos bioactivos	(mg/100g de trigo)
Tocoferoles (Vitamina E)	300 – 740 mg
Fitoesteroles	24 – 50 mg
Policosanoles	10 mg
Carotenoides	4 – 18 mg
Tiamina (B1)	15 – 23 mg
Riboflavina (B2)	6 – 10 mg
Aminoácidos esenciales	(g/100 g de proteína)
Isoleucina	4.06 g
Leucina	10.47 g

Lisina	10.26 g
Metionina	2.08 g
Fenilalanina	5.03 g
Treonina	2.54 g
Triptófano	1.80 g
Valina	6.21 g

Fuente: Muhammad, Hanif Mughal, 2024. (73)

2.6.5 Usos Comunes del Trigo

Se utiliza para producir harina de trigo, que es la base para una amplia variedad de alimentos, incluyendo panes, pasteles, galletas, pastas y productos horneados. Las características únicas de la harina de trigo le vuelven un ingrediente importante en la panadería y cocina por la gran cantidad de preparaciones que se pueden elaborar con esta como ingrediente básico o secundario.

Al igual que otros cereales, el trigo también es utilizado para la alimentación de ganado y aves de corral, aportando nutrientes y energía proveniente tanto de sus granos como de sus partes aéreas.

En los alimentos procesados constituyen también una buena opción el trigo. La harina de trigo se utiliza como ingrediente base en productos como cereales para el desayuno, snacks y alimentos enlatados. Además, el gluten, una proteína presente en el trigo, se utiliza en la industria alimentaria para mejorar la textura y la elasticidad de los productos horneados(74).

Figura 2.10. Productos a base de trigo (*Triticum aestivum* L.)



Fuente: Imagen generada por AI, Gemini. 2025

El trigo es un cultivo comercializado a nivel internacional. Diferentes países producen y exportan trigo para satisfacer la demanda global de alimentos y productos a base de trigo. El comercio de trigo desempeña un papel importante en la economía y en la seguridad alimentaria mundial. La versatilidad del trigo en su consumo humano, alimentación animal, uso industrial y potencial de investigación destaca su relevancia en la sociedad moderna. Su papel como alimento básico y su capacidad para adaptarse a diferentes usos hacen del trigo un cultivo esencial en la agricultura y en la cadena de suministro alimentario.

2.7 Arroz (*Oryza sativa*)

2.7.1 Historia

El arroz (*Oryza sativa*) tiene sus raíces en el desarrollo de la agricultura hace más de 10,000 años en el sudeste asiático, donde el arroz se convirtió en un cultivo esencial. A lo largo de la historia, los esfuerzos de clasificación y estudio de botánicos y científicos llevaron a la identificación de subespecies como el arroz índico y el arroz japónica.

Según la FAO, el arroz se cultiva en todos los continentes del mundo, excepto en la Antártida. Como alimento global, tiene un gran dominio en la nutrición humana y la seguridad alimentaria a nivel mundial. Es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial. Solo en Asia, más de 2 mil millones de personas obtienen entre el 60 % y el 70 % de su ingesta calórica del arroz y sus derivados. El arroz es la fuente de alimento de más rápido incremento en África.

Aproximadamente mil millones de hogares en Asia, África y América dependen de los sistemas arroceros como su principal fuente de empleo y sustento. Alrededor de cuatro quintas partes del arroz mundial es producido por pequeños agricultores y se consume localmente. Los sistemas arroceros sustentan una amplia diversidad de plantas y animales, que también ayudan a completar la dieta y los ingresos rurales. Por lo tanto, el arroz es indispensable para combatir el hambre y la pobreza en el mundo (74).

La taxonomía moderna se basa en análisis morfológicos y genéticos, y sigue siendo crucial para mejorar las variedades de arroz, aumentar la resistencia a enfermedades y adaptarse a los cambios climáticos, contribuyendo a la seguridad alimentaria global y al desarrollo agrícola sostenible(75).

2.7.2 Taxonomía del arroz

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, considerado alimento esencial para más de la mitad de la población del planeta. Su clasificación taxonómica lo ubica dentro del reino Plantae y la división de las angiospermas, caracterizadas por la producción de flores y semillas protegidas en frutos. Pertenece a la clase de las monocotiledóneas, el orden Poales y la familia Poaceae, grupo que incluye a los principales cereales cultivados por la humanidad. Dentro del género *Oryza*, la especie *Oryza sativa* es la más cultivada y representa un recurso estratégico para la seguridad alimentaria global, no solo por su aporte energético, sino también por su relevancia económica, social y cultural en diversas regiones del mundo(76).

Tabla 2.16. Clasificación taxonómica del arroz (*Oryza sativa*)

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Angiospermas (Magnoliophyta)
Clase	Monocotiledóneas (Liliopsida)
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Gramíneas)
Género	<i>Oryza</i>
Especie	<i>Oryza sativa</i> .

Fuente: INIAP, (2016)(70)(76)

2.7.3 Descripción Botánica del Arroz

La descripción botánica detallada del arroz nos brinda información esencial sobre su apariencia, estructura y adaptaciones. Estos aspectos son fundamentales para comprender la planta desde una perspectiva biológica y agrícola, así como su importancia en la alimentación humana y la economía mundial.

Tabla 2.17. Descripción botánica del Arroz (*Oryza sativa*)

Partes de la planta de maíz	Descripción
Tamaño y Altura.	El arroz es una planta anual que varía en altura según la variedad y las condiciones de cultivo. Puede alcanzar alturas que oscilan entre 0.5 y 1.8 metros. La altura del arroz puede influir en su rendimiento y en su resistencia a factores ambientales como el viento y la lluvia
Hojas.	Las hojas del arroz son una característica distintiva de la planta. Son largas, estrechas y con venas paralelas. La textura de las hojas es suave al tacto y presenta una coloración verde vibrante que es típica de las plantas fotosintéticas. Las hojas emergen de la base de la planta y rodean el tallo
Flores.	La floración del arroz es un proceso esencial en su ciclo de vida. Las flores se agrupan en estructuras llamadas panículas, que se desarrollan en la parte superior del tallo. Cada panícula contiene múltiples espiguillas que, a su vez, albergan las flores individuales del arroz. Estas flores son cruciales para la reproducción y la formación de semillas
Granos.	Los granos de arroz, también conocidos como carióspsides, son la parte más valiosa de la planta en términos de alimentación humana. Cada carióspside está encerrada en una espiguilla y contiene el embrión de una nueva planta de arroz. Estos granos son la fuente principal de calorías y nutrientes en muchas dietas alrededor del mundo
Raíces.	El sistema de raíces del arroz es esencial para su crecimiento y absorción de agua y nutrientes. Consiste en raíces fibrosas que se extienden en el suelo circundante, lo que le permite extraer los recursos necesarios para su desarrollo. Las raíces también juegan un papel en la estabilización de la planta en el suelo.

Fuente: Ortega-Ramírez, 2018(77)(78).

2.7.4 Composición Química del Arroz

El arroz es una fuente valiosa de nutrientes esenciales para la salud humana. Sus componentes nutricionales incluyen carbohidratos, proteínas, fibras, vitaminas y minerales. Estos nutrientes desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de diversas funciones corporales y en el suministro de energía.

Los carbohidratos son el componente principal del arroz y representan la mayor proporción de su contenido calórico. Principalmente, el arroz contiene almidones, que son carbohidratos complejos. Durante la digestión, estos almidones se descomponen en glucosa, que proporciona energía sostenida para actividades diarias.

Aunque el contenido proteico del arroz es relativamente bajo en comparación con algunas otras fuentes de proteínas, aún aporta una cantidad significativa de este macronutriente. Las proteínas son esenciales para la construcción y reparación de tejidos, así como para funciones metabólicas. El arroz contribuye a la ingesta total de aminoácidos en la dieta.

El arroz es una fuente de fibra dietética, aunque su contenido de fibra es menor en comparación con algunos otros granos enteros. El estreñimiento es una enfermedad que se puede aliviar con el aporte de fibra que proviene del arroz, recordemos que la fibra previene las enfermedades ocasionadas por una mala función digestiva-intestinal, así como también regula la glicemia postprandial lo que ayudaría a controlar el apetito y el peso de una persona. Las vitaminas del complejo B también están presentes en el arroz, así como minerales juntos intervienen en la función del sistema nervioso y en el metabolismo.

En términos de minerales, el arroz contiene fósforo, necesario para la salud ósea, y magnesio, vital para múltiples procesos biológicos(76).

No obstante, su contenido en proteínas y grasas es bajo, aporta minerales y vitaminas esenciales para el organismo. Entre los minerales más representativos reportados en la tabla 2,18 destacan el potasio, el fósforo y el magnesio, fundamentales para el equilibrio electrolítico, la salud ósea y el metabolismo energético. En cuanto a vitaminas, el arroz es fuente de niacina, vitamina B6 y folatos, micronutrientes clave en procesos metabólicos, la síntesis de neurotransmisores y la formación de glóbulos rojos. Estos nutrientes hacen del arroz un alimento de gran valor nutricional, especialmente como complemento dentro de una dieta equilibrada.

Tabla 2.18. Composición nutricional del Arroz (*Oryza sativa*)

Nutriente / Componente	Cantidad por 100 g
Energía	381 kcal
Proteínas	7.0 g
Lípidos totales	0.9 g
Ácidos grasos saturados	0.21 g
Ácidos grasos monoinsaturados	0.23 g
Ácidos grasos poliinsaturados	0.32 g
ω -3	0.008 g
Ácido linoleico (ω -6)	0.315 g
Colesterol	0 mg
Hidratos de carbono (carbohidratos)	86 g
Fibra alimentaria	0.2 g
Agua	5.9 g
Calcio	10 mg
Hierro	0.5 mg
Yodo	2 μ g
Magnesio	13 mg
Zinc	0.2 mg
Sodio	6 mg
Potasio	110 mg
Fósforo	100 mg
Selenio	7 μ g
Tiamina (vitamina B1)	0.05 mg
Riboflavina (vitamina B2)	0.03 mg
Niacina (equivalentes)	3.1 mg
Vitamina B6	0.30 mg
Folatos	20 μ g

Fuente: Moreiras, O (79).

2.7.5 Usos Comunes del Arroz

Uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial es el arroz y es un componente básico de muchas dietas. Se prepara de diversas maneras, como hervido, cocido al vapor o como ingrediente en platos como sushi. La cultura alimentaria de muchos países incluye al arroz como ingrediente principal de varias preparaciones.

El arroz es utilizado en la alimentación ya sea en grano y en harina, de manera domestica e industrial, por ejemplo, la industria elabora cereales para el desayuno, productos horneados, enlatados y procesados. Cotidianamente como plato fuerte, sopas, postres e inclusive bebidas.

La seguridad alimentaria y la economía de muchos países está en función de la producción arroceras. En áreas donde el arroz es un alimento básico, su cultivo y comercio desempeñan un papel vital en la generación de ingresos y empleo. Además, la agricultura de arroz puede tener un impacto en la gestión del agua y en la conservación del medio ambiente.

Es una fuente importante de nutrición en la alimentación infantil. Es uno de los primeros alimentos sólidos que se introducen en la dieta de los bebés debido a su suavidad y digestibilidad. Además, el arroz puede ser utilizado en la preparación de papillas y alimentos para bebés.(80).

La figura 2,11 presenta una diversidad de platos nutritivos a base de arroz, marcando su versatilidad en la cocina. Se pueden observar disímiles preparaciones, incluyendo sushi, un tazón de arroz frito con verduras como brócoli, pimientos y tomates cherry, y un bol de arroz integral o quinoa con pollo a la parrilla, aguacate, frijoles y maíz. Asimismo, hay un plato con tortitas de arroz con plátano, un tazón de yogur con frutas, y un vaso de leche, sugiriendo un enfoque en una alimentación equilibrada que va más allá del plato principal.

Figura 2.11. Productos a base de Arroz (*Oryza sativa*)



Fuente: Imagen generada por AI, Gemini. 2025

El arroz (*Oryza sativa*) es objeto de investigación científica en la mejora de variedades y técnicas de cultivo. Los científicos trabajan para desarrollar variedades de arroz que sean más resistentes a enfermedades, con mayor rendimiento y adaptadas a condiciones climáticas cambiantes. Esto tiene el potencial de mejorar la producción y la seguridad alimentaria en el futuro.

La variabilidad del arroz para diferentes formas de consumo humano, el papel en la tecnología alimentaria, la importancia en la agricultura y la importancia en la investigación destaca su relevancia en la sociedad moderna. Su papel como alimento básico y su contribución a la alimentación humana en todo el mundo lo convierten en un cultivo esencial en la cadena de suministro alimentario y en la economía global(81)

CAPITULO III LEGUMINOSAS

El enriquecimiento de nitrógeno del suelo se debe a los cultivos de leguminosas por la acción de bacterias con sus raíces, lo que las convierte en cultivos necesarios para la agricultura. Las leguminosas aportan con una gran cantidad de proteínas y nutrientes a la alimentación humana, se caracterizan por sus frutos en forma de vainas que contienen sus semillas, son del grupo de las angiospermas y representan una amplia variedad de herbáceas y arbustivas.

La sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria se lograría gracias a las leguminosas, alimentos fuentes de proteínas vegetales, carbohidratos complejos, minerales (calcio, hierro y zinc), fibra (soluble) y ciertos compuestos bioactivos. Los frejoles, las lentejas, los guisantes, los garbanzos, las habas entre otros forman parte de las mas de 150 tipos de leguminosas que se consumen dentro de la ingesta humana y animal.

Las leguminosas contienen lectina sustancia toxica sensible al calor que se elimina con la cocción lo que ayuda también a la reducción de los oligosacáridos sin alterar su contenido de proteínas y fibra. La industria alimentaria brinda al consumidor varias alternativas de leguminosas listas para su consumo, facilitando su inclusión en el menú de varias personas sin importar sus condiciones económicas, sociales ni culturales. Existe una gran variedad de leguminosas tanto como variado es su consumo, por ejemplo, Europa presenta un menor consumo de leguminosas comparado con otros continentes.

La OMS recomienda el consumo de legumbres para reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con la alimentación como la diabetes tipo 2 y obesidad. En recomendaciones dietéticas recientes para la población estadounidense, se destaca la importancia del consumo de legumbres (incluidas en el grupo de verduras y proteínas)(82).

En el Ecuador la superficie cosechada de leguminosas alimenticias se redujo visiblemente en la década de los años setenta es a finales de ella, prácticamente en 1979 cuando intenta recuperarse el área consignada a los cultivos de leguminosas. Las estadísticas publicadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería indican que la superficie cosechada en 1981 alcanzó las 76116 hectárea, la región más importante es el Callejón Interandino en el que se cultivan alrededor del 95% del área total anual en la actualidad.

En el marco de la celebración del Pawkar Raymi, fiesta andina en agradecimiento a la Pacha Mama por la cosecha de granos tiernos y la tradición gastronómica elaborada con motivo de Semana Santa, se realizó en la ciudad de Quito la cuarta edición del evento “Arma tu fanesca con la Agricultura Familiar Campesina” 2018. Este espacio se dio como objetivo para fortalecer la identidad agrícola y culinaria del país; valorizando el rol de la Agricultura Familiar Campesina en la conservación y uso del Patrimonio Alimentario; demás de posicionar los espacios directos de abastecimiento e intercambio de alimentos naturales y promoviendo las ventajas del consumo de leguminosas, ingredientes esenciales para la elaboración de la fanesca.

En su 68º período de sesiones, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el 2016 como el Año Internacional de las Legumbres y con el apoyo de la FAO, se promueve la sensibilización de la población sobre la importancia nutricional que tiene estos alimentos para la dieta de las personas; como una fuente rica de proteínas, aminoácidos esenciales y vitaminas cuya producción contribuye a reducir los gases de efecto invernadero. Además de propiciar una mayor absorción de carbono en beneficio del planeta. Según información de la FAO, la producción sostenible de este alimento es fundamental para la consecución del “Hambre Cero”.

El Ecuador cuenta con una amplia oferta de legumbres que se destacan por sus variedades, entre ellas tenemos el chocho, la arveja, el fréjol, las habas, las lentejas, los garbanzos y las habichuelas, ingredientes básicos del plato típico ecuatoriano(83).

3.1 Beneficios para controlar Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT)

Para inducir a la población sobre el consumo de legumbres y su beneficio, las Naciones Unidas declararon en el año 2026 como “Año Internacional de las Legumbres”, destacando bondades nutricionales, ambientales, económicas y sostenibles(84).

Estudios efectuados con meta -análisis, afirman que el consumo de leguminosas disminuye significativamente la mortalidad por efecto de enfermedades no transmisibles; a continuación en la tabla 3.1 se indican reportes relacionados con el consumo de leguminosas para minimizar riesgos por malos hábitos alimentarios(85).

Tabla 3.1. Evidencia científica del consumo de leguminosas y su relación con ECNT

Enfermedades crónicas no transmisibles	Evidencia científica
Enfermedad cardiovascular (ECV)	La ECV en la actualidad representa la principal causa de muerte a nivel mundial en un 31 % y se define como un trastorno que daña el corazón y vasos sanguíneos, en este contexto la Asociación Americana del corazón y Fundación Canadiense recomienda el consumo de legumbres(84). Además, destacan a las mismas como un componente de patrón alimentario saludable reportado en Guías alimentarias en Estados Unidos y Canadá. Diferentes estudios observacionales han analizado que la dieta mediterránea que no solamente incluye legumbres, sino también, frutas, verduras, frutos secos, pescado, aceite de oliva, se relaciona con frecuencia con la reducción del 19 % del riesgo de ECV en una población adulta. Por otra parte, en un meta- análisis amplio de 20 estudios prospectivos se asoció el consumo de leguminosas con la reducción del 33% de infarto de miocardio, 24% accidente cerebro vascular. Así mismo, en el estudio de seguimiento epidemiológico de la Encuesta Nacional de Examen de Salud y Nutrición, relacionaron que el consumo de leguminosas entre 4 veces o más por semana reduce en un 11% el riesgo de ECV en adultos mayores(86).

Otra publicación elaborado en Chile, evidenció que el consumo de frutos secos combinado con 100 g de leguminosas por semana, redujo en un 14% el riesgo de enfermedad cardiovascular isquémica e infarto de miocardio(87), se debe al aporte de fibra, grasas saludable y proteína entre 17 a 25 % en composición total de las leguminosas como soya, garbanzo y frejol(88).

Diabetes Tipo 2

De acuerdo al Atlas de diabetes, el 10,5% de población adulta está afectada actualmente con diabetes mellitus tipo II (DM2) y va en aumento, se atribuye a cambios de estilos de vida, poca actividad física y una dieta con alimentos densos como bebidas azucaradas. Según la Asociación Americana de Diabetes, el manejo de la DM2, implica estrategias dietéticas con la reducción de carbohidratos refinados, aumento de ingesta de alimentos integrales, no procesados, más fibras y mayor consumo de legumbres que son las semillas secas y comestibles de las plantas leguminosas que han sido parte integral de diversas cocinas durante siglos. Las mismas son una fuente rica de fibra soluble e insoluble junto con la proteína(89).

En un meta-análisis se evidenció los principales hallazgos de ensayos agudos posprandiales que investigaron el efecto del consumo de legumbres sobre los índices glucémicos en pacientes con diabetes tipo 2, se probó una amplia variedad de legumbres tanto en su forma natural como en preparaciones como panes o galletas. De 28 estudios revisados las legumbres más estudiadas incluyeron frijoles pintos, negro, blanco, marino y rojo, lentejas, garbanzos, guisantes verdes, altramuces. Las pruebas evaluaron índices glucémicos de porciones estandarizadas de carbohidratos de comidas de legumbres individuales y mixtas, se compararon con comidas compuestas de arroz refinado, pan o bebida de prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG) o con comidas mixtas de pan y huevos. En estos ensayos se recolectaron muestras de sangre iniciales para medición basal y muestras posteriores en intervalos de tiempos entre 30 a 120 minutos.

Las legumbres y comidas mixtas a base de legumbres demostraron consistentemente respuestas de glucosa más baja en comparación con los controles con carbohidratos equivalentes, que resultó en niveles de glucosa sérica significativamente reducidos en intervalos de tiempo posprandiales

El consumo de porciones de 50 g de frijoles, lentejas y garbanzos con muestras control de harina de pan integral y requesón; revelaron que el consumo de frijoles exhibe una respuesta de glucosa en sangre más baja en comparación con otros alimentos ricos en almidón; por otra parte, el consumo de garbanzos y lentejas presentaron respuestas de glucosa en sangre más baja al comparar con el consumo de otros alimentos como pan integral, pan blanco, patatas y avena que tuvieron respuestas de glucosa en sangre más altas. Además los niveles plasmáticos de glucosa e insulina son bajos(89).

En un ensayo clínico se examinó el impacto del altramuza (*Lupinus mutabilis*) cocido y sus alcaloides en los niveles de glucosa e insulina en sangre en voluntarios con DM2, los resultados indicaron que el consumo del altramuza redujo los niveles de glucosa y con la forma cocida se indica una disminución más pronunciada.

En una investigación efectuada en adultos en la India, se determinó que el consumo diario y semanal de leguminosas reduce el 86 % el riesgo de padecer diabetes tipo 2(90), comparados con pacientes que consumen de manera ocasional (91).

En este contexto, una investigación realizada a 60 estudiantes universitarios que recibieron 15 gramos de leguminosas por 3 meses, diariamente por cinco días seguidos y dos días de descanso, demostró al finalizar la intervención, la reducción de niveles séricos de glucosa y el Índice HOMA con un p-valor <0,05; los investigadores manifestaron que podría atribuirse a la presencia de polifenoles e isoflavonas presentes en las leguminosas (92).

Las legumbres representan una solución viable para mejorar el control glucémico en dietas diabéticas, su amplia aceptación, y versatilidad en diversas cocinas y formas de elaboración permiten el uso en la dieta de múltiples formas, más allá del atractivo culinario, el consumo constante de legumbres puede contribuir al control glucémico, mayor sensibilidad a la insulina y podría minimizar la dependencia de los medicamentos para la diabetes, tanto en términos de variedad como de dosis(93).

Hipertensión arterial

Según la OMS, 1 de cada 3 adultos entre 30 a 79 años padece de hipertensión arterial, y en el Ecuador 1 de cada 5 adultos presentan hipertensión, de los cuales el 46% desconoce su padecimiento. Ecuador es uno de los 16 países que se incluyó en un plan estratégico para mejores prácticas en la prevención y control de enfermedades cardiovasculares, así como la detección y tratamiento de la hipertensión(94)(95).

Diferentes factores dietéticos pueden influir en la presión arterial (PA) y por consiguiente el desarrollo de la hipertensión arterial (HT), en este contexto, existe evidencia que la PA aumenta con un mayor consumo de sodio, alcohol, proteínas de origen animal como carne roja, carbohidratos de baja calidad como bebidas azucaradas y ácidos grasos saturados. Por lo contrario, otros componentes de la dieta tiene efectos reductores de la PA que incluyen potasio, calcio, magnesio, yogurt, huevos, ácidos grasos mono y poliinsaturados, carbohidratos de alta calidad como cereales integrales, frutas y proteínas de origen vegetal como la soya y las legumbres; además se ha demostrado que la implementación de cambios en la dieta con enfoques dietéticos para detener la hipertensión (dieta DASH) o adoptar una dieta mediterránea, reduce y controla la PA(96).

Así en un ensayo clínico sobre enfoques dietéticos DASH, se investigó los efectos de los patrones

dietéticos en 459 participantes durante 11 meses con PA diastólica entre 80 y 95 mmHg, en el cual se probaron dos patrones dietéticos, una dieta combinada saludable y otra dieta control; los asignados aleatoriamente a la dieta combinada presentaron cambios significativos en la presión arterial sistólica con una reducción de -5,5 mmHg y diastólica con una reducción de -3 mmHg; las personas hipertensas mostraron respuestas favorables con reducciones de PA significativamente mayores a los grupos control(97).

En un metaanálisis, los autores mencionan que en 17 ensayos clínicos randomizados y controlados, sugieren que la dieta nórdica y mediterránea contempla frutas, vegetales, pescado, bajo contenido de carnes, dulces(98) y las leguminosas como frijoles, lentejas, garbanzos, soya, entre otras son importantes dentro de este tipo de dieta, con el patrón alimenticio indicado, lograron reducir la presión arterial sistólica en 4,2 mm/Hg y diastólica en 2,3 mm/Hg de manera significativa(99).

La dieta DASH es una modificación eficaz del estilo de vida para reducir la PA en pacientes HT de normal – alta o estadio 1.

Peso corporal

Patrones dietéticos saludables mejoran el control metabólico y la pérdida de peso(100), así se indica en un meta-análisis con 21 ensayos clínicos randomizados y controlados. que aplicaron dietas isocalóricas o hipocalóricas en dos grupos con una muestra de 940 individuos, y se reveló que el grupo que consumió leguminosas a diario con 132 g/día en una ración por día, obtuvieron una reducción de peso corporal de -0,34 Kilos a las 6 semanas con un p-valor 0,005 con las dos dietas(101).

El efecto puede ser por la sensación de saciedad aguda que se logra modulando la ingesta de alimentos a corto plazo(102).

Otro estudio en países de sur américa relacionó que el consumo de leguminosas al menos una vez por semana combinada con lácteos mantiene el IMC normal(103).

En un estudio realizado en escolares chilenos, menciona que el consumo de leguminosas mayor o igual a 2 porciones por semana refuerza los hábitos alimentarios saludables para controlar el sobrepeso y obesidad mediante una intervención educativa(104).

Colesterol

En un estudio de metaanálisis con 10 ensayos clínicos aleatorios, compararon ingestas de leguminosas de 80 a 440 gramos por día con dieta control sin la inclusión de leguminosas, se evidenció que la dieta que incorporó variedades de leguminosas disminuyó significativamente el colesterol en - 11,7 mg/dl $p<0,001$ (105).

La soja es una leguminosa que según los reportes científicos contiene isoflavonas, sustancias importantes por su papel en la reducción del hipercolesterolemia total, particularmente al disminuir los niveles de colesterol LDL conocido como colesterol malo, llamado así por su relación directamente proporcional con el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Con el consumo de proteína de soja enriquecida con isoflavonas, la disminución del colesterol LDL fue aún mayor, Las personas que ya tenían niveles de colesterol altos (hipercolesterolemia) experimentaron las mayores reducciones en su colesterol LDL al consumir soja, en comparación con aquellas que tenían niveles normales, los niveles de triacilglicerol (triglicéridos) no se vieron afectados significativamente por el consumo de soja o isoflavonas(106).

Cáncer

El cáncer es una de las principales causas de muerte de todo el mundo y representa un problema de salud pública, los factores de riesgo son diversos, entre los cuales algunos son modificables como el estilo de vida, una dieta saludable suplementaciones de vitamina D entre otros.

Los resultados de diversos estudios clínicos y epidemiológicos muestran con claridad la influencia de estilos de vida en el desarrollo y prevención del cáncer, donde una dieta incorrecta ha inducido un aumento en la incidencia de algunos tipos de cáncer como de mama, colorrectal y próstata.

La OMS manifiesta que es necesario controlar, organizar y elegir los comportamientos que pueden tener repercusiones en la salud de las personas, y una alimentación proporcional y adecuada se encuentra entre los elementos esenciales de un estilo de vida saludable, a esto se le suma la actividad física, control del estrés y eliminación del tabaco.

En una revisión sistemática de catorce estudios de cohortes prospectivos sobre la relación entre el consumo de leguminosas y la incidencia del cáncer colorrectal, respalda una asociación inversa entre un mayor consumo de leguminosas y el riesgo de cáncer colorrectal, entre las especies de leguminosas como la soya, mostraron estar asociados con un menor riesgo de cáncer colorrectal, pero aún se requiere validación adicional en población asiática.

El componente anticancerígeno más importante de las leguminosas son los flavonoides, en especial las isoflavonas, las cuales no solo inhiben el crecimiento de las células tumorales, sino que inducen a la diferenciación celular y el efecto inhibidor podría ser consecuencia de su interferencia con las actividades de la proteína quinasa implicadas en la regulación de la proliferación celular y apoptosis.

Por otra parte, las legumbres son ricas en fibra dietética lo que aumenta el volumen de las heces, disminuye el tiempo de tránsito y diluye los posibles carcinógenos en el tracto gastrointestinal; así mismo, la fibra de las legumbres estimula la fermentación anaeróbica bacteriana, que produce ácidos grasos de cadena corta como el butirato que inhiben el crecimiento, induce la apoptosis y la detección del ciclo

celular y promueve la diferenciación en las células del cáncer colorrectal; asimismo, son buenas fuentes de proteína dietética, vitamina E, vitamina B, selenio y lignanos con potencial efecto preventivos de Cáncer (107).

En estudios observacionales, señalan que existe relación entre el mayor consumo de leguminosas con la reducción de riesgo de adenoma colorrectal(108). Otro estudio de cohorte prospectivo de efecto dosis-respuesta, señala que el riesgo de cáncer de próstata se redujo en un 3,7 % al incrementar el consumo de 20 g/día de leguminosas en la dieta(102).

Envejecimiento

La evidencia científica ha reportado una relación entre el consumo de leguminosas y el comportamiento cognitivo, influyendo positivamente en el envejecimiento logrando que este sea lento saludable y funcional.

Por lo mencionado anteriormente resulta importante considerar que aunque estos resultados son preliminares, existiría una relación entre la ingesta de leguminosas y el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), así lo demuestra una investigación llevada a cabo en China, con una muestra de 5600 sujetos mayores de 65 años donde la regresión logística permitió concluir que la ingesta frecuente de este grupo de alimentos era inversamente proporcional al deterioro cognitivo (OR ajustado 0,78; 95% IC: 0,64-0,96) que implica que se reduce el deterioro cognitivo en un 22% y el consumo de leguminosas se asocia como un factor protector(109).

Fuente: elaborado por los autores.

3.2 Contribuciones de las Leguminosas a la Salud y su Composición Química

Las leguminosas (como frijoles, lentejas, garbanzos y soya) son reconocidas globalmente como un componente fundamental de las dietas saludables, trascendiendo su valor como fuente económica de alimento. Su contribución a la salud radica en una composición química única que ofrece una potente combinación de macro y micronutrientes esenciales.

Son una fuente excepcional de proteína vegetal, carbohidratos de bajo índice glucémico y, notablemente, fibra dietética (tanto soluble como insoluble), que actúa como el principal agente en la reducción del colesterol LDL y el control de la glucosa en sangre.

Más allá de estos nutrientes básicos, las leguminosas contienen una rica matriz de compuestos bioactivos o fitoquímicos, como las isoflavonas (particularmente en la soya), saponinas y fitoesteroles. Estos compuestos ejercen mecanismos de acción específicos —como la competencia en la absorción del colesterol, la modulación de la resistencia a la insulina y la actividad antioxidante— que han demostrado científicamente ser clave para la prevención y el control de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT), a continuación, en la tabla 3.2 se resumen los principales compuestos químicos y su relación con la salud.

Tabla 3.2. Contribuciones de las Leguminosas a la Salud y su Composición Química

Aporte Nutricional Principal	Beneficios para la Salud	Compuesto Químico Clave	Mecanismo de Acción para la Prevención de Enfermedades (Ampliado)	Formas de Minimizar Riesgos y Mejorar Absorción
Macronutrientes				
Fibra (11-25% de la composición total)	Reducción del colesterol LDL (malo) Prevención del estreñimiento Contribuye a la pérdida de peso	Polisacáridos no digeribles (solubles e insolubles).	La fibra soluble forma un gel en el intestino que atrapa los ácidos biliares y el colesterol dietético, promoviendo	Asegurar una ingesta adecuada de líquidos para prevenir el estreñimiento La cocción adecuada reduce los anti nutrientes

	y saciedad. Reducción del riesgo de cardiopatía isquémica (14% con 100g/sem) (86, 87).		su excreción. Esto obliga al hígado a utilizar el colesterol sanguíneo para sintetizar nuevos ácidos biliares, reduciendo así el LDL(88).	que podrían dificultar la digestión.
Proteína Vegetal (17-25% de la composición total)	Sustituto de proteínas animales (carnes). Mayor contribución al equilibrio metabólico. Asociación con IMC normal (96).	Aminoácidos (tienen un valor biológico alto, especialmente al combinarse con cereales).	La proteína vegetal requiere más energía para su digestión que la proteína animal y contribuye a la saciedad a largo plazo, favoreciendo el control del peso y la ingesta calórica general (95).	Combinar las leguminosas con cereales (ej. arroz, maíz) para obtener una proteína completa con todos los aminoácidos esenciales.
Carbohidratos	Control de la glucosa sérica e índice de insulina. Contribuyen a la pérdida de peso con dietas isocalóricas (95).	Hidratos de Carbono de bajo índice glucémico (aprox. 55% de la composición y almidón resistente.	Su lenta digestión evita picos de glucosa e insulina, mejorando la sensibilidad a la insulina y previniendo la diabetes tipo 2 (88, 90). El almidón resistente actúa como fibra, llegando intacto al intestino grueso, fermentando y produciendo ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que benefician la salud intestinal.	El remojo y la cocción prolongada son fundamentales para digerir correctamente los carbohidratos complejos y evitar la flatulencia.

Compuestos

Bioactivos

(Fitoquímicos)

Isoflavonas (principalmente en la soja)	Reducción significativa del colesterol total y LDL. Aumento del colesterol HDL (si la soja está enriquecida) (99). Se atribuye su presencia a la reducción de glucosa sérica e insulina resistente (90).	Polifenoles (Fitoestrógenos: genisteína, daidzeína).	Actúan de varias maneras: 1. Hipocolesterolémicos: Al modular receptor hepáticos. 2. Antioxidantes: Neutralizan radicales libres, reduciendo el estrés oxidativo asociado a las ECNT. 3. Modulación hormonal (fitoestrógenos), que podría influir en la salud ósea y cardiovascular (110).	El efecto es más notable en personas con hipercolesterolemia (99).
--	--	--	---	--

Saponinas	Contribuyen a la reducción del colesterol (98, 99).	Glucósidos triterpenoides (compuestos amargos presentes en la piel).	Secuestradores de colesterol: Forman complejos insolubles con el colesterol dietético en el intestino, impidiendo su absorción y favoreciendo su excreción a través de las heces(111). También pueden inhibir la absorción de grasas al inhibir la lipasa pancreática(111).	Se consideran antinutrientes porque pueden interferir con la absorción de minerales. La cocción adecuada y la eliminación del agua de remojo reducen su contenido (111).
------------------	---	--	---	--

Fitoesteroles	Contribuyen a la reducción del colesterol (98).	Esteroles vegetales (similares estructuralmente al colesterol).	Competencia de Absorción: Compiten con el colesterol por los sitios de absorción en el intestino. Al ser absorbidos con	Su efecto es sinérgico con una dieta baja en grasas saturadas.
----------------------	---	---	---	--

preferencia, reducen la cantidad de colesterol disponible para ingresar al torrente sanguíneo, lo que disminuye el colesterol LDL(110).

Antinutrientes (Riesgo Potencial)

Fitatos (Ácido Fítico)	(Beneficio secundario a la fibra) Contribuye a la reducción del riesgo de cáncer colorrectal (100).	Compuestos de fósforo (reservorio de fósforo de la semilla).	Quelación de Minerales: En grandes cantidades, pueden unirse a minerales esenciales como el hierro, zinc y calcio en el intestino, formando compuestos insolubles que dificultan su absorción.	Remojo: Remojar las leguminosas durante horas antes de la cocción (y desechar el agua) y la germinación activan la enzima fitasa, que descompone el ácido fítico, mejorando la biodisponibilidad de los minerales(112).
Inhibidores de Proteasas (ej. en soja)		Proteínas que inhiben enzimas digestivas.	Interferencia de Proteínas: Pueden interferir con la acción de enzimas digestivas como la tripsina, lo que reduce la digestibilidad de las proteínas(113).	Cocción: Son termolábiles (sensibles al calor). La cocción adecuada a altas temperaturas destruye estos inhibidores, eliminando el riesgo(113).

Fuente: elaborado por los autores.

3.3 Chocho (*Lupinus mutabilis*)

3.3.1 Historia

El chocho (*Lupinus mutabilis*) tiene sus raíces en la región andina de América del Sur, donde el chocho ha sido cultivado y consumido durante milenios. Desde tiempos ancestrales, las comunidades indígenas valoraron al chocho como una fuente esencial de nutrientes y proteínas. A medida que la agricultura se desarrolló en la región, el chocho se convirtió en un cultivo fundamental, adaptado a las altitudes y climas variados de los Andes. A pesar de su importancia histórica, la taxonomía y clasificación botánica precisa del chocho ha sido menos estudiada en comparación con otros cultivos. Sin embargo, la importancia cultural y nutricional del chocho ha llevado a un creciente interés en su estudio y conservación(114).

3.3.2 Taxonomía del chocho

El chocho es parte del género *Lupinus*, que comprende muchas especies de plantas de la familia Fabaceae. Este género es conocido por su capacidad de fijación de nitrógeno y por su valor nutricional en diversas culturas. *Lupinus mutabilis* es una especie específica de chocho que ha sido cultivada y apreciada en los Andes

La especie *Lupinus mutabilis* se refiere al chocho que se ha cultivado y consumido tradicionalmente en la región andina de América del Sur. Esta especie ha sido adaptada a diferentes altitudes y condiciones climáticas en los Andes y ha sido una fuente importante de proteínas y nutrientes en las dietas locales(115).

Tabla 3.3. Clasificación taxonómica del chocho
(*Lupinus mutabilis*)

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Angiospermas (Magnoliophyta)
Clase	Eudicotiledóneas (Magnoliopsida)
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (Leguminosas)
Género	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>Lupinus mutabilis</i>

Fuente: Peralta, E, et-al (2013)(115).

3.3.3 Descripción Botánica del Chocho

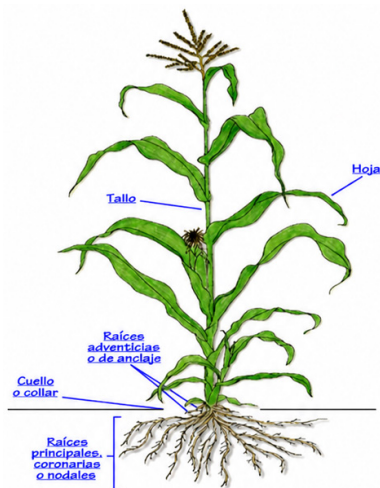
Desde el punto de vista morfológico, esta especie presenta características distintivas que facilitan su caracterización y manejo en el campo, como su porte variable, hojas palmadas pubescentes, flores de colores llamativos, frutos en forma de vaina y semillas con elevado potencial alimenticio. La siguiente tabla resume de manera técnica los principales aspectos botánicos de la planta, abarcando tamaño, hojas, tallo, flores, frutos, semillas y raíces(116).

Tabla 3.4. Descripción botánica del Chocho (*Lupinus mutabilis*)

Partes de la planta	Descripción
Tamaño y Altura.	Planta herbácea anual que alcanza entre 0,8 y 2,5 m de altura, según variedad y condiciones de cultivo.
Tallo	Erguido, extendido, cilíndrico, de composición semileñosa en la base y herbácea en las partes superiores; pubescente, de color verde generalmente grisáceo.
Hojas	Son dispuestas con pecíolo largo, contienen de 5 a 12 folíolos lanceolados y alargados, presentan un área con tricomas que generan semblante aterciopelado de color verde intenso a grisáceo.
Flores	Las flores son hermafroditas con inflorescencias dispuestas en racimos terminales densos, con una corola papilionada característica de leguminosas, los colores con variables, entre blanco, azul, violeta o morado, se polinizadas especialmente por insectos.
Fruto (vaina)	Legumbre alargada, comprimida, generalmente pubescente de 5 a 12 cm de longitud, que contiene 2 a 6 semillas en su interior.
Granos (semillas)	Lenticulares o elipsoidales, de 0,8 a 1,5 cm; colores blancos, crema o jaspeados; ricos en proteínas (40–50%) y aceites (15–20%); contienen alcaloides amargos eliminables mediante desamargado.
Raíces	Sistema pivotante profundo con abundantes raíces secundarias; presenta nódulos con bacterias fijadoras de nitrógeno (<i>Rhizobium</i>), mejorando la fertilidad del suelo.

Fuente: Carvajal-Larenas, F. E. (2016)(117).

Figura 3.1. Leguminosa- chocho (*Lupinus mutabilis*)



Fuente: Identificación de especies botánicas (71)

3.3.4 Composición Nutricional del Chocho

Una característica destacada del chocho (*Lupinus mutabilis*) es su contenido excepcionalmente alto de proteínas, que a menudo supera el de otros cultivos. Estas proteínas son de alta calidad y contienen aminoácidos esenciales para la salud humana(118).

El chocho (*Lupinus mutabilis*) también contiene carbohidratos y fibras, que son importantes para el suministro de energía y la función digestiva. Los carbohidratos proporcionan energía sostenida, mientras que las fibras apoyan la salud intestinal y pueden ayudar a mantener niveles saludables de glucosa en la sangre

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es una fuente de vitaminas y minerales esenciales para la salud. Contiene vitaminas del complejo B, como el ácido fólico (B9) y la niacina (B3), que son importantes para el metabolismo y la función celular. Además, el chocho aporta minerales como hierro, fósforo y calcio, que son esenciales para diversas funciones corporales(119).

El chocho (*Lupinus mutabilis*) contiene fitonutrientes, que son compuestos bioactivos que pueden tener efectos positivos en la salud. Algunos fitonutrientes tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que podría contribuir a la prevención de enfermedades crónicas(120)

En términos de composición de perfil de ácidos grasos, el más abundante es el ácido palmítico con valores de 11 %, ácido esteárico 4%, el ácido graso monoinsaturado predominante es el oleico con 49% y los ácidos grasos poliinsaturados destacan el linoleico y linolénico; además, presenta tocoferoles aproximadamente con 1300 ug/g de peso fresco que juegan un papel importante en la salud cardiovascular y ocular(121).

El *Lupinus mutabilis* constituye una fuente excepcional de proteínas vegetales, con un contenido que oscila entre el 40 y 50 % de su peso seco, superando a otros granos leguminosos; en este contexto en los últimos años se ha despertado un interés creciente para la extracción de proteínas de chocho mediante un proceso de desengrasado con dióxido de carbono supercrítico, el mismo se reconoce ampliamente como una alternativa ecológica y respetuosa con el ambiente, y permite obtener aislados de proteína y aceites de chocho (*Lupinus mutabilis*) libres de solventes y fácilmente utilizables en la industria alimentaria (121).

Las proteínas aisladas de chocho (*Lupinus mutabilis*) son ricas en péptidos bioactivos asociados a beneficios para la salud por sus propiedades tecno funcionales; los mismos se usan para el desarrollo de alimentos saludables por que contienen aminoácidos esenciales como lisina, leucina, valina, isoleucina y treonina; que benefician las funciones neuromoduladoras; por otra parte, los hidrolizados se usan con mayor frecuencia en las industrias nutraceuticas y cosméticas(122).

Estas características hacen del chocho (*Lupinus mutabilis*) un alimento estratégico en la lucha contra la desnutrición y en la prevención de enfermedades crónicas, siendo un aliado importante para la seguridad alimentaria y la salud humana(117).

Tabla 3.5. Composición nutricional del Chocho (*Lupinus mutabilis*)

Componente	Cantidad aproximada por 100 g de semillas secas
Energía	446 kcal
Agua	9–10 g
Proteínas	40–50 g
Lípidos totales	14–24 g
Ácidos grasos poliinsaturados	55–65 g
Carbohidratos totales	24–30 g
Fibra alimentaria	18–20 g
Calcio	60–80 mg
Hierro	4–5 mg

Magnesio	150–200 mg
Potasio	800–1000 mg
Fósforo	350–400 mg
Zinc	3–4 mg
Aminoácidos esenciales	
Lisina	5.0 – 6.0 g
Leucina	6.5 – 7.5 g
Isoleucina	3.5 – 4.5 g
Valina	3.5 – 4.5 g
Treonina	3.5 – 4.0 g
Fanilalanina	3.5 – 4.5 g
Triotófano	0.8 – 1.2 g
Metionina	0.5 – 1 g (limitante)

Fuente: Carvajal-Larenas, F. E. (2016)(117)

3.3.5 Usos y Potencial del Chocho

El chocho (*Lupinus mutabilis*) ha sido un componente fundamental de la dieta en las regiones andinas, aportando proteínas y nutrientes esenciales. Sin embargo, un factor limitante es la presencia de alcaloides quinolizidínicos en las especies amargas. No obstante, existen programas de mejoramiento genético modernos que han permitido la selección de especies dulces con cantidad reducida de alcaloides (menor a 0.2 g/Kg)(122).

En la ilustración se aprecia la forma que tradicionalmente las semillas de chocho son preparadas en diversas formas, como sopas, guisos y alimentos procesados. Su capacidad para ser almacenado a largo plazo lo hace valioso en tiempos de escasez.

Figura 3.2. Productos a base de chocho (*Lupinus mutabilis*)



Fuente: Imagen generada por AI, Gemini. 2025

Asimismo, tiene un potencial significativo en la agricultura sostenible debido a su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo, mejorando la fertilidad y reduciendo la necesidad de fertilizantes nitrogenados; su adaptabilidad a diferentes climas y su resistencia a condiciones adversas lo hacen valioso para la diversificación de cultivos

El chocho (*Lupinus mutabilis*) ha captado la atención internacional como una fuente de proteínas y nutrientes en la búsqueda de soluciones para la seguridad alimentaria. Su capacidad para crecer en suelos marginales y condiciones climáticas diversas lo convierte en una opción atractiva para mejorar la nutrición y la autosuficiencia en diversas comunidades.

3.3.6 Importancia Cultural y Nutricional del chocho

El chocho (*Lupinus mutabilis*) ha sido un alimento básico en la dieta de las poblaciones andinas debido a su alto contenido de proteínas y nutrientes. Tradicionalmente, las semillas de chocho son sometidas a un proceso de remojo y cocción para eliminar compuestos antinutricionales y hacerlas aptas para el consumo humano. El chocho también ha sido utilizado en prácticas agrícolas tradicionales, como la fertilización del suelo(40).

Las leguminosas tienen la capacidad natural de movilizar el fósforo y otros nutrientes y micronutrientes esenciales hacia los suelos, lo cual contribuye a que el cultivo rinda más y las plantas crezcan más sanas. Por este motivo, la FAO y su Alianza mundial sobre los suelos promueven el cultivo de leguminosas en rotación con productos básicos, a fin de enriquecer el suelo y contribuir a obtener alimentos más nutritivos(123).

El conocimiento ancestral sobre el cultivo, conservación y diferentes formas de uso del chocho (*Lupinus mutabilis*), aún se conservan entre los pueblos indígenas de la cultura andina; es esencial para la conservación de sistemas agroecológicos en tierras altas y presenta capacidad de adaptación a disímiles condiciones climáticas.

Además, puede crecer en ambientes de suelos pobres (con bajo contenido de nutrientes) y sistemas agrícolas de bajo insumo, generalmente se cultiva como monocultivo, o en asociación con cultivos de maíz, quinua o papa. Se considera de suma importancia para la seguridad alimentaria en la región andina(124).

Su papel como fuente de proteínas y nutrientes en las dietas locales, así como su potencial para la diversificación agrícola, demuestra su relevancia en la búsqueda de soluciones alimentarias sostenibles y nutritivas.

3.4 Haba (*Vicia faba* L.)

3.4.1 Historia

La historia del haba (*Vicia faba* L.) es una leguminosa versátil que se usa en todo el mundo como alimento y medicina entre otras cosas y se remonta a miles de años atrás, siendo uno de los cultivos más antiguos de la humanidad. Originaria de la región mediterránea y del Medio Oriente, el haba ha desempeñado un papel fundamental en la dieta de diversas culturas a lo largo de la historia.

En investigaciones arqueológicas llevadas a cabo por Caracuta et – al, utilizó tomografía computarizada de rayos x y mostró que una variedad silvestre (*Vicia faba* L.) crecía cerca de la Baja Galilea (Monte Carmelo, Israel) 14000 a.C. casi tres mil años antes de que la planta fuera domesticada. En tiempos bíblicos las habas (*Vicia faba* L.) eran un alimento valioso según el libro de Samuel; fue cultivada en el antiguo Egipto, Palestina, Grecia y Roma. En Egipto se hallaron semillas de haba en tumbas de faraones. Por otro lado, en Grecia se servían platos de haba en las ceremonias fúnebres.

Su domesticación y cultivo se remontan a la época neolítica, y su adaptabilidad a diferentes climas y suelos la han convertido en un alimento esencial en muchas partes del mundo. A lo largo de los siglos, las variedades de habas han sido seleccionadas y mejoradas para adaptarse a diferentes condiciones y preferencias culinarias(125).

3.4.2 Taxonomía del haba

En el caso del haba, conocida científicamente como *Vicia faba* L., su clasificación taxonómica revela no solo su lugar en el reino vegetal, sino también sus relaciones evolutivas con otras plantas y sus características distintivas. Comprender la taxonomía del haba es crucial para estudiar su biología, su importancia agrícola y su papel en los ecosistemas globales.

Tabla 3.6. Clasificación taxonómica del haba (*Vicia faba* L.)

Característica Taxonómica	Nombre Científico
Reino	Plantae
División	Angiospermas (Magnoliophyta)
Clase	Dicotiledóneas (Magnoliopsida)
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (Leguminosas)
Género	<i>Vicia</i>
Especie	<i>Vicia faba</i>

Fuente: Saavedra, Gabriel Real, (2020) (126)

3.4.3 Descripción Botánica de la Haba

Tabla 3.7. Descripción botánica del Haba (*Vicia faba* L.)

Partes de la planta de maíz	Descripción
Tamaño y Altura.	El haba (<i>Vicia faba</i>) es una planta anual que presenta un impresionante rango de tamaño, con alturas que varían desde 1 metro hasta más de 2 metros, dependiendo de factores como la variedad cultivada y las condiciones ambientales. Su crecimiento es de tipo erecto, lo que significa que tiende a crecer verticalmente. Sin embargo, debido a la longitud de sus vainas y su peso, a menudo es necesario proporcionar algún tipo de soporte a las plantas para prevenir el doblamiento o el quiebre del tallo.
Hojas.	Las hojas del haba son compuestas, lo que significa que cada hoja está compuesta por varios folíolos. Estos folíolos pueden variar en número según la variedad y las condiciones de crecimiento, pero generalmente oscilan entre 2 y 7 folíolos por hoja. Los folíolos de forma ovalada, están dispuestos sucesivamente a lo largo del tallo.
Flores.	Las flores presentan particularidades diferenciadas que desempeñan un papel fundamental en el ciclo de vida de las mismas, las cuales se agrupan en forma de racimos mediante inflorescencias en la parte superior de la planta. Cada flor individual tiene una estructura que se asemeja a un "estandarte", con pétalos que pueden variar en color desde el blanco hasta el rosado. Las flores son visitadas por polinizadores, como abejas y otros insectos, que facilitan la transferencia del polen necesario para la fertilización y la formación de vainas.
Vainas y semillas.	Después de la polinización exitosa, las flores del haba se convierten en vainas que albergan las semillas. De acuerdo con la variedad, las vainas pueden crecer hasta 20 cm. son alargadas de forma cilíndrica, cada una tiene varias semillas dispuestas en filas dentro de su interior. Las semillas por su tamaño son notablemente más grandes que otras leguminosas, la forma es ovalada y varían en color que van desde el blanco hasta tonos verdosos.

Raíces.

Las raíces facilitan soporte y estabilidad para beneficiar el crecimiento vertical; asimismo, desempeñan un papel significativo en la absorción del agua y nutrientes del suelo, las cuales se despliegan a manera de estructura fibrosa que se extiende en el suelo circundante; conjuntamente, presenta una relación simbiótica con bacterias fijadoras del nitrógeno en las turgencias de las raíces.

Estas bacterias tienen la habilidad única de capturar nitrógeno atmosférico y convertirlo en una forma utilizable por la planta, enriqueciendo así el suelo circundante.

Fuente: Saavedra, Gabriel Real, (2020) (126)

Figura 3.3. Legumbre – Haba (*Vicia faba* L.)



Fuente: Saavedra, Gabriel Real, (2020) (126)

3.4.4 Importancia nutricional del Haba

El consumo de habas (*Vicia faba* L.) es muy importante para la salud debido a su alto valor nutricional y la presencia de compuestos beneficiosos. Diversas revisiones científicas concluyen que las semillas son fuente de proteína vegetal, carbohidratos complejos que ayudan a regular el tránsito intestinal combatiendo el estreñimiento y mantiene la salud del microbiota intestinal, posee vitaminas esenciales, minerales y fitoquímicos. Al mismo tiempo, presenta pequeñas cantidades de lípidos y son una buena fuente de 1,3,4. dihidroxifenilalanina (L_DOPA), precursor de la dopamina, que se usa en el tratamiento de Parkinson, el GABA (ácido gamma- aminobutírico) presente en las habas, es un aminoácido que

reduce la presión arterial(127). Según la evidencia científica el consumo regular se relaciona con la regulación del azúcar en la sangre, reducción de enfermedades crónicas no transmisibles como la prevención de la diabetes tipo 11y enfermedades cardiovasculares. Además, son ricas en hierro, lo que ayuda a combatir la anemia, y contienen antioxidantes y vitaminas que fortalecen el sistema inmunitario(128). Por otra parte, las semillas de haba contienen sustancias antinutricionales, como la vicina y la convicina, que exacerban los síntomas de la anemia hemolítica conocida como favismo(127).

Tabla 3.8. Composición nutricional del Haba (*Vicia faba* L.)

Componente	Valor aproximado por 100 g
Calorías	65 kcal
Proteínas	4.6 g
Grasas	0.4 g
Hidratos de carbono	8.6 g
Fibra	4.2 - 6.5 g
Hierro	1.2 mg
Potasio	323 mg
Fósforo	84 - 105 mg

Fuente: Ayala Rodríguez, V, (2016)

3.4.5 Usos Comunes del Haba

Las habas (*Vicia faba* L.) tienen un lugar destacado en la alimentación humana, tanto por su valor nutricional como por su versatilidad culinaria.

Estas leguminosas son una fuente rica en proteínas vegetales, fibra dietética y una variedad de vitaminas y minerales. Se consideran una de las principales fuentes de proteína vegetal de bajo costo especialmente en países en desarrollo. Así una tasa de habas cocidas (170 g) proporciona aproximadamente 13 g de proteína que representa el 26 % de ingesta diaria recomendada, además presenta una alta proporción de proteínas con relación de carbohidratos en comparación con otras leguminosas(127).

Las habas se pueden consumir en diferentes etapas de desarrollo: como habas jóvenes en sus vainas tiernas o como habas maduras secas después de haber sido desprendidas de las vainas. En muchas culturas, las habas frescas se utilizan en sopas, guisos, ensaladas y platos principales. Las habas

secas, una vez cocidas, se incorporan en diversas recetas, como hummus, sopas, purés y platillos a base de legumbres como se observa en la ilustración 1,5. Su sabor suave y textura tierna hacen que sean una adición apreciada en una amplia gama de platos(129).

Figura 3.4. Productos a base de Haba (*Vicia faba L.*)



Fuente: Imagen generada por AI, Gemini. 2025

El cultivo de habas juega un papel esencial en la agricultura sostenible al contribuir a prácticas de manejo que promueven la salud del suelo y la biodiversidad. Además de su capacidad para fijar nitrógeno, las habas también mejoran la estructura del suelo, aumentan su retención de agua y disminuyen la erosión. Como cultivos de cobertura, las habas ayudan a suprimir el crecimiento de malas hierbas, reduciendo la necesidad de herbicidas(126).

- Investigación Genética

Las habas han sido objeto de investigación genética con el objetivo de mejorar su rendimiento, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas. Los científicos trabajan en la selección y desarrollo de variedades de haba que sean más productivas y puedan enfrentar desafíos climáticos y patológicos. Estos avances pueden tener un impacto significativo en la seguridad alimentaria y la sustentabilidad agrícola

En resumen, las habas no solo son una opción nutricionalmente rica en la dieta humana, sino que también desempeñan un papel esencial en la

agricultura sostenible, la investigación genética, la educación y la alimentación animal. Su capacidad para mejorar la salud del suelo, su adaptabilidad y su versatilidad culinaria hacen que sean un recurso valioso en la seguridad alimentaria y en la promoción de prácticas agrícolas responsables(130).

3.5 Arveja (*Pisum sativum* L.)

3.5.1 Historia

La arveja (*Pisum sativum* L.) tiene una historia que se remonta a miles de años y está entrelazada con el desarrollo de la agricultura y la alimentación humana. Se cree que la arveja fue una de las primeras plantas en ser cultivadas por los seres humanos, contribuyendo a la transición de la caza y la recolección a la agricultura sedentaria, se cree que fueron domesticados hace unos 10000 años en lo que hoy es Oriente Medio / Asia Ventral, Mesopotamia y posiblemente la meseta central de Etiopía, su cultivo se extendió luego a diferentes partes del mundo y hoy en día se encuentran miles de variedades cultivadas de *Pisum sativum* L. en todo el mundo

Según la OMS en 2022, China fue el mayor país productor de guisantes, seguido de India, Estados Unidos, Francia y Egipto. Se espera el que mercado crezca alrededor de un 5% hasta el año 2027(131).

3.5.2 Taxonomía de la Arveja

La arveja (*Pisum sativum* L.), pertenece a la familia de las leguminosas (*Fabaceae*), ha sido recientemente clasificado taxonómicamente como *Lathyrus oleraceus*. Desde la perspectiva agrícola se explota ampliamente la capacidad de nitrógeno que poseen los guisantes, lo convierte en un cultivo ideal para cultivos de rotación en monocultivos, favorecen el crecimiento de bacterias nitrificantes que resultan en la alimentación del humus del suelo, la producción de nutrientes disponibles para otros cultivos más susceptibles que contribuyen a la salud de los ecosistemas, por lo que se le considera un cultivo “inteligente en clima”, que soporta fluctuaciones climáticas periódicas, pero su entorno óptimo es el clima frío con mínimo de 10 °C y máximo de 23°C , la especie *Pisum sativum* L., puede ser usada como “cultivos de relleno” para la agricultura actual y futura contribuyendo al aumento global – local de la agro diversidad. Las especies en el género *Pisum* comparten características botánicas similares y han sido cultivadas por su valor nutricional y su importancia agronómica(132).

Tabla 3.9. Clasificación taxonómica de la Arveja (*Pisum sativum* L.)

Característica Taxonómica	Nombre Científico
Reino	Plantae
División	Angiospermas (Magnoliophyta)
Clase	Eudicotiledóneas (Magnoliopsida)
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (Leguminosas)
Género	<i>Pisum</i>
Especie	<i>Pisum sativum</i>

Fuente: Olmedilla Alonso, B, (2020)

3.5.3 Descripción botánica de la arveja

La arveja (*Pisum sativum* L.), comúnmente conocida como guisante o chícharo, es una planta herbácea anual de la familia de las leguminosas (*Fabaceae*). Su descripción botánica es fundamental para comprender su ciclo de vida, sus características morfológicas y su importancia agronómica(10). Desde sus delicadas flores hasta su sistema radicular, cada parte de la planta desempeña un papel crucial en su desarrollo y en la producción de los nutritivos granos que consumimos. A continuación, se detallan las características de las principales partes de la planta(133).

Tabla 3.10. Descripción botánica de la Arveja (*Pisum sativum* L.)

Características	Descripción Botánica
Tamaño y Altura.	La planta de arveja es una hierba trepadora o erecta que puede alcanzar una altura de 0.5 a 2 metros, dependiendo de la variedad. Su tallo es delgado, hueco y de color verde. Algunas variedades requieren soporte para crecer, mientras que otras son más compactas.
Hojas	Las hojas exhiben folíolos dispuestos en pares opuestos a través de todo el peciolo, se identifican por la presencia de zarcillos terminales al final de las hojas y actúa como estructura de soporte para inmovilizar a otras plantas.
Flores	Las flores de peculiaridad hermafroditas tienen color variado desde blanco a morado y se agrupan en racimos axiales, con estructura típicamente papilionácea, parecido a una mariposa que se representa por un estandarte, dos alas y una quilla.

Granos

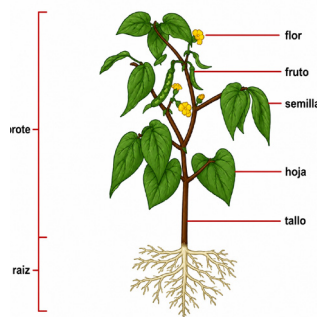
Los guisantes se desarrollan en una vaina, tienen forma redonda u ovalada, el color que predomina es verde, pero pueden presentarse también amarillos, o grisáceo, es la parte comestible de la planta.

Raíces

La arveja posee un sistema radicular principal y numerosas raíces laterales. Como otras leguminosas, sus raíces forman una simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*). Estas bacterias crean nódulos en las raíces que convierten el nitrógeno atmosférico en una forma que la planta puede utilizar, enriqueciendo el suelo.

Fuente: Smýkal, Petr et-al (2015)

Figura 3.5. Leguminosa- Arveja (*Pisum sativum* L.)



Fuente: Smýkal, Petr et-al (2015)

3.5.4 Composición Química de la Arveja

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una valiosa fuente de nutrientes esenciales tanto para la alimentación humana como animal. Su perfil nutricional incluye carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales que contribuyen a su valor nutricional y beneficios para la salud. Los carbohidratos son uno de los principales componentes de la arveja. Están presentes en forma de almidones y azúcares, que proporcionan energía al organismo. Son excelente fuente de carbohidratos complejos que favorecen mantener niveles de energía estables(134).

El contenido de proteínas y fibra de la arveja (*Pisum sativum* L.) en comparación con otras verduras comunes, es significativamente mayor y contiene variedad de aminoácidos esenciales, que la convierte en opción vegetariana; además, no es obligatorio declarar los guisantes como alérgeno. La evidencia científica recalca que contiene cantidades apreciables de vitamina K y vitamina C las cuales favorecen a la coagulación sanguínea, salud ósea y poder antioxidante, respectivamente; con respecto a los minerales este guisante es una buena fuente de Fe y Mn, necesarios para diferentes funciones biológicas (135).

Además, es rica en fibra dietética, lo que contribuye a la salud digestiva y al funcionamiento adecuado del sistema gastrointestinal. La fibra ayuda a regular el tránsito intestinal, previene el estreñimiento y puede contribuir a mantener niveles saludables de glucosa y colesterol en sangre(136). Conjuntamente a los nutrientes mencionados, la arveja (*Pisum sativum* L.) contiene fitonutrientes, como los carotenoides y los flavonoides, que tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Estos compuestos contribuyen a la protección de las células contra el estrés oxidativo y pueden tener efectos beneficiosos para la salud en general. La composición química (137) descrita a continuación en la tabla 3,9 de la arveja refuerza el conocimiento que es un alimento nutricionalmente valioso y versátil, que puede ser incorporado en una dieta equilibrada para obtener beneficios para la salud y el bienestar (138).

Diversos estudios manifiestan que la forma de conservación presenta impacto en la calidad nutricional, recomendando que se consuman los guisantes frescos o congelados, de esta forma tienen más alta concentración de proteína, polifenoles , flavonoides y antioxidantes que los guisantes que son enlatados y deshidratados(139).

Tabla 3.11. Descripción botánica de la Arveja (*Pisum sativum* L.)

Componente	Valor por 100 g de Arveja Cruda
Calorías	81 kcal
Agua	78.9 g
Proteínas	5.4 g
Carbohidratos	14.5 g
Fibra dietética	5.1 g
Lípidos (Grasas)	0.4 g
Vitaminas	
Vitamina C	40 mg
Vitamina K	24.8 µg
Vitamina B1 (Tiamina)	0.266 mg
Vitamina B9 (Folato)	65 µg
Minerales	
Hierro	1.5 mg
Magnesio	33 mg
Fósforo	108 mg
Potasio	244 mg
Zinc	1.2 mg

Fuente: Sjoberg, P., et al. (2019)

3.5.5 Usos Comunes de la Arveja

La arveja (*Pisum sativum* L.) es un alimento versátil y nutritivo que se consume en todo el mundo en diversas formas. Puede ser consumida fresca, cocida, congelada o enlatada. Las arvejas frescas se utilizan en ensaladas, guisos, sopas y platos principales. La aceptación del consumidor se considera uno de los factores relevantes para la prosperidad económica en la producción industrial y gastronómica como la obtención de harinas que puede ser usado como ingrediente en complementos nutricionales para niños menores de 5 años, puesto que mejora la calidad proteica de diversos productos. (115).

En la figura 3.6 se ilustra preparaciones como ingrediente nutritivo a la arveja (*Pisum sativum* L.), se pueden preparar diversidad de platos desde sopas hasta innovadores acompañamientos como ensaladas, menestras, postres, donde se destacan el valor sensorial con relación a la textura y color que aporta calidad organoléptica

Las arvejas (*Pisum sativum* L.), al igual que otras leguminosas, tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo mediante una relación simbiótica con bacterias específicas. Esto enriquece el suelo con nitrógeno y mejora su calidad. Las arvejas también se utilizan en la agricultura como cultivo de cobertura, lo que ayuda a reducir la erosión y mejorar la estructura del suelo(115).

Figura 3.6. Productos a base de Arveja (*Pisum sativum* L.)



Fuente: Imagen generada por AI, Gemini. 2025

La arveja (*Pisum sativum* L.), exhibe una contribución a la Seguridad Alimentaria, pues es un componente importante en la alimentación humana, especialmente en regiones donde es un cultivo tradicional. Su disponibilidad durante gran parte del año y su valor nutricional ayudan a asegurar la seguridad alimentaria y la diversidad en la dieta, que tienen la capacidad única de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo mediante simbiosis con bacterias y se utiliza en la rotación de cultivos como parte de prácticas agrícolas sostenibles (138).

CAPITULO IV

MEZCLAS ÓPTIMAS DE LEGUMINOSAS Y CEREALES

La Organización Mundial de la Salud (OMS), revela que una “mala alimentación” es un problema de salud pública a nivel mundial. La OMS considera que las causas de las enfermedades no transmisibles (ENT) es la alimentación no saludable y la inactividad física. La alimentación saludable nos protege de múltiples enfermedades, en especial de las ENT como la diabetes, hipertensión, obesidad y sobrepeso; de allí la importancia que los buenos hábitos alimentarios se inicien en los primeros años de vida y continúen en la vida adulta para mantener la salud y calidad de vida(140).

Entre el 6% y el 11% de la población mundial sufren malnutrición o desnutrición asociada a la pobreza, el envejecimiento o la hospitalización prolongada(141). La desnutrición crónica infantil afecta al 27,2% de los niños menores de 2 años en Ecuador(142). Esta problemática repercute en la productividad del país y tiene un impacto a lo largo de la vida de las personas. Esta realidad impulsa investigaciones que permitan el desarrollo de nuevos productos con mejores contenidos nutricionales, con este objetivo se han desarrollado investigaciones que contemplan el uso de harinas, que permitan la sustitución parcial o total de subproductos a base de trigo, debido a la intolerancia o trastornos digestivos que puede ocasionar este cereal, en la elaboración de productos de panificación, galletería, pastelería y pastas(143).

Para remplazar el gluten (para celíacos) que representa el 50% en peso de la proteína del trigo, se puede suplir con el maíz que no tiene gluten, pero posee zeína la proteína de almacenamiento abundante, con el inconveniente de limitaciones de aminoácidos esenciales como la lisina, triptófano y metionina, de modo que, esta deficiencia lo lleva a complementarse con otros alimentos como las leguminosas que tiene proteína de alta calidad(144).

El grano de quinua, a pesar de no pertenecer a la familia de las gramíneas, se clasifica como un pseudo- cereal por su alto contenido de almidón y

tiene relevancia por su contenido y calidad proteica, siendo rico en lisina y aminoácidos azufrados, deficientes en los cereales, presenta como aminoácidos limitantes, al triptófano y la leucina. Dentro del grupo de las leguminosas está el lupino (chocho) y las habas, que puede complementar granos de cereales en muchos productos alimenticios, incrementando la calidad nutricional del producto por su contenido en proteína y caroteno, se incorporan en pastas y panes, en productos crujientes, fórmulas de bebé, sopas y ensaladas(145).

4.1 Beneficios de Combinar Leguminosas y Cereales en la Alimentación

La combinación de leguminosas (como frijoles o lentejas) y cereales (como arroz o maíz) es una práctica nutricional y agrícola de gran importancia. Esta sinergia no solo mejora la calidad de la dieta al complementar los nutrientes que cada grupo alimenticio no tiene, sino que también fomenta la sostenibilidad en la agricultura. Esta estrategia se basa en la complementariedad de proteínas, el aporte de fibra y energía sostenida, y la fertilización natural del suelo. Esta sabiduría ancestral, presente en platos tradicionales de diversas culturas, sigue siendo una base para una alimentación moderna y sostenible(145).

Tabla 4.1. Aspectos importantes de la combinación de cereales y leguminosa

Aspecto	Descripción y Beneficios
Proteínas Completas	La combinación de cereales y leguminosas forma una proteína completa, ya que los cereales son ricos en aminoácidos que las leguminosas tienen en menor cantidad (metionina y cisteína) y viceversa. Esto es crucial para dietas vegetarianas o de bajos recursos, garantizando que el cuerpo reciba todos los aminoácidos esenciales necesarios para la reparación y crecimiento de tejidos(146).
Salud y Energía	Gracias al contenido de fibra y carbohidratos complejos, las mezclas de cereales y leguminosas poseen un bajo índice glucémico que normalizan los niveles de azúcar y previenen picos de glucosa dominantes, además suministran energía duradera a lo largo del día
Sostenibilidad Agrícola	Generalmente las leguminosas presentan una capacidad de fijar el nitrógeno del suelo por medio de las bacterias simbióticas, que enriquece la tierra de forma natural, esto implica disminución de uso de fertilizantes químicos. Por otra parte, los cereales muestran en su mayoría un soporte de estructura para las leguminosas

Sabiduría Culinaria Tradicional	La combinación de cereales y leguminosas es una práctica arraigada en la cultura gastronómica de diversas regiones del mundo. Platos como el arroz con frijoles en América Latina o el arroz con lentejas en la India demuestran la eficacia de esta combinación para satisfacer necesidades nutricionales y reflejar la riqueza cultural.
Nutrientes Esenciales y Bienestar	Al mezclar cereales con leguminosas se proporciona una amplia gama de nutrientes esenciales y complementarios que incluyen desde minerales, vitaminas, fibra y los aminoácidos, de manera que mejorar la salud integral y fortalecen el sistema inmune.

Fuente: Mezquita Cereza P, (2011)

Los cereales como leguminosas poseen alto valor proteico, pero tienen aminoácidos limitantes, para superar esta limitación y crear proteínas de alta calidad, es fundamental complementar estos alimentos; así se debe realizar una práctica que ha sido vital en dietas de bajos recursos y vegetarianas, donde se deben tomar en cuenta algunos criterios de selección para efectuar la mezcla alimentaria.

Tabla 4.2. Criterios para mezclas óptimas de cereales y leguminosas.

Criterio	Aspectos Importantes para Nutrición y Dietética
Valor Nutricional y Cómputo Aminoacídico	Las leguminosas son ricas en lisina, pero tienen limitada concentración de metionina, por otra parte, los cereales son excelente fuente de metionina, pero limitantes en lisina; en este contexto al combinar en proporciones adecuadas se forma una proteína completa que garantice que el cómputo de aminoácidos llegue a 1 comparado con la proteína patrón del huevo.
Biodisponibilidad y Digestibilidad	De preferencia la cantidad de los macronutrientes de las mezclas deben ser digeribles con facilidad para garantizar la correcta absorción; además asegurarse que no tengan sustancias tóxicas como residuos de pesticidas, metales pesados, toxinas entre otros.
Disponibilidad y Producción Local	Un aspecto importante es que las materias primas de preferencia se produzcan o estén disponibles de manera local, con el objetivo de reducir costos y apoyar a la economía local o regional de modo que se garantice una producción sostenible y el suministro sea constante.

Compatibilidad y Aceptación	Para que las mezclas alimentarias sean aceptadas deben ser compatibles con hábitos alimentarios que existen de acuerdo a la zona geográfica; de manera que, tengan aceptación por la población en general, esto aumenta la probabilidad que el producto se consuma de forma regular y se integre en la dieta de manera segura y efectiva.
Conservación y Facilidad de Uso	Un producto complementario a base de mezcla de harinas de preferencia debe garantizar una larga vida útil, que se guarde en envases de vidrio o polietileno sin la necesidad de usar refrigeración; además, para consumir sea de fácil preparación.
Costo y Viabilidad Económica	Su viabilidad económica y atractivo para la inversión privada y pública son determinantes para su producción a gran escala y su distribución masiva, lo que la convierte en una solución accesible para la seguridad alimentaria.

Fuente: Chiriboga, F (2024)(147).

4.1.1 Complementación de Aminoácidos

Los cereales y las leguminosas poseen perfiles de aminoácidos únicos, con deficiencias en diferentes aminoácidos esenciales. Al combinar estos dos grupos alimenticios, se crea una sinergia que equilibra las deficiencias de aminoácidos. Los cereales son ricos en metionina y triptófano, pero carecen de lisina, mientras que las leguminosas son altas en lisina, pero pueden tener cantidades limitadas de metionina. Esta combinación proporciona una mezcla completa de aminoácidos esenciales, mejorando la calidad nutricional de las proteínas consumidas y favoreciendo el crecimiento y la reparación celular(148).

¿Qué es un aminoácido limitante y una proteína patrón?

Aminoácido limitante En nutrición, es el aminoácido esencial que se encuentra en la menor cantidad en una proteína de un alimento, lo que limita la capacidad del cuerpo para usar esa proteína de modo eficiente. Para que el cuerpo construya nuevas proteínas, requiere todos los aminoácidos esenciales en las proporciones correctas. Si uno falta o es insuficiente, la síntesis de proteínas se detiene. A continuación, en la Tabla 4.2 se presentan ejemplos sencillos de alimentos con aminoácidos limitantes y su adecuada combinación con leguminosas, con el fin de complementar los requerimientos diarios de aminoácidos en la dieta.

Tabla 4.2. Ejemplos de alimentos con aminoácidos limitantes

Criterio	Aminoácido Limitante	Ejemplo de Combinación para Complementar
Cereales (arroz, maíz,trigo)	Lisina y treonina	Arroz con frijoles: El arroz, bajo en lisina, se complementa con los frijoles, ricos en este aminoácido.
Leguminosas (frijoles, lentejas, garbanzos, habas)	Metionina y cisteína	Lentejas con arroz: Las lentejas, con baja metionina, se complementan con el arroz, que la contiene en buena cantidad.
Verduras de hoja verde	Metionina	Ensalada de espinacas y tofu: El tofu, derivado de la soja (una leguminosa), aporta la metionina que le falta a la espinaca.
Frutos secos y semillas (nueces, almendras)	Lisina y treonina	Mantequilla de maní en pan de trigo integral: El maní (leguminosa) complementa el pan de trigo (cereal).

Fuente: Flores-Fernández, J et-al (2022)

Por lo contrario, una proteína patrón es una proteína de alta calidad que contiene todos los aminoácidos esenciales en las proporciones adecuadas, sirviendo como punto de referencia para medir la calidad de otras proteínas alimentarias. El huevo es un ejemplo clásico de proteína patrón, con una puntuación de aminoácidos del 100%.

Tabla 4.3. Valores de referencia de ejemplos de proteína patrón

Alimento	Valor de Referencia	Descripción
Huevo	1.0 (o 100%)	Es la proteína de referencia o proteína patrón por excelencia. Su valor es 1.0 porque contiene todos los aminoácidos esenciales en las proporciones y cantidades ideales para las necesidades humanas.
Leche y lácteos	0.95 - 0.98	La caseína y la proteína de suero (whey) de la leche tienen perfiles de aminoácidos muy completos y una alta digestibilidad. Por ello, su valor biológico es muy cercano al del huevo.

Carnes, pescados y aves	0.95 - 0.99	Las proteínas de origen animal, como el pollo, la carne de res y el pescado, son consideradas proteínas completas de alta calidad. Contienen todos los aminoácidos esenciales en proporciones óptimas.
Quinoa y amaranto	0.80 - 0.90	Aunque de origen vegetal, estos pseudocereales son únicos por contener un perfil de aminoácidos esenciales muy completo, lo que los convierte en una de las mejores fuentes de proteína vegetal. Son una excelente opción para dietas vegetarianas y veganas.

Fuente: elaboración propia

4.1.2 Cómputo de aminoácidos

El cómputo de aminoácidos en mezclas de leguminosas y cereales se basa en la complementariedad alimentaria, dado que ambos tipos de alimentos presentan déficits en diferentes aminoácidos esenciales. Las leguminosas suelen ser deficitarias en aminoácidos azufrados (metionina y cistina), mientras que los cereales son pobres en lisina y a veces triptófano.

El método para calcular la calidad de la mezcla de proteínas está basado en identificar el aminoácido limitante, es decir, aquel aminoácido esencial que se encuentra en menor proporción en la mezcla respecto a un patrón de referencia. El cómputo aminoácido (CA) se expresa como la relación del contenido del aminoácido limitante entre su contenido en la proteína de referencia, proporcionando una fracción o porcentaje.(148)

Las mezclas generalmente se recomiendan combinar en proporción 2:1 de cereal a leguminosa, sin embargo, en algunas investigaciones demuestran que la proporción ideal varía dependiendo de los alimentos específicos y su contenido aminoacídico. Se deben ajustar las cantidades para maximizar el CA y asegurar una proteína de calidad similar a la de origen animal. Es fundamental que los aminoácidos limitantes estén presentes en la misma comida, ya que el organismo no los almacena para su uso posterior.(149)

Tabla 4.4. Valores de proporciones y computo de aminoácidos al mezclar leguminosa con cereales.

Cereal	Leguminosa	Proporción Cereal: Leguminosa (%)	Aminoácido Limitante en Mezcla	Cómputo Aminoácido (CA) aproximado
Arroz	Arveja	67 : 33	Lisina	1.03
Arroz	Chocho	20 : 80	Lisina	0.82
Arroz	Frijol	65 : 35	Lisina	0.99
Arroz	Lenteja	70 : 30	Lisina	1.00
Trigo	Arveja	60 : 40	Lisina	0.87
Trigo	Chocho	10 : 90	Lisina	0.72
Trigo	Frijol	50 : 50	Lisina	0.83
Trigo	Lenteja	50 : 50	Lisina	0.85
Avena	Arveja	60 : 40	Lisina	0.93
Avena	Chocho	10 : 90	Lisina	0.78
Avena	Frijol	50 : 50	Lisina	0.90
Avena	Lenteja	50 : 50	Lisina	0.91
Maíz	Arveja	10 : 90	Lisina	0.80
Maíz	Chocho	10 : 90	Lisina	0.88
Maíz	Frijol	30 : 70	Lisina	0.86
Maíz	Lenteja	40 : 60	Lisina	0.82

Fuente: Collins, Sean P, (2021)

El aminoácido limitante generalmente es la lisina en cereales-leguminosas mezclados, y el cómputo aminoácido cercano a 1 indica una mezcla de alta calidad. Para el maíz, se sugiere aumentar la proporción de leguminosa para mejorar el perfil aminoácido. Las proporciones ideales dependen del cereal y la leguminosa involucrados.

Este método permite obtener mezclas proteicas con aminoácidos esenciales en proporciones adecuadas, asegurando un aprovechamiento metabólico eficiente y proporcionando una proteína de calidad similar a la de origen animal, con un costo económico menor.(148).

En el trabajo de titulación “Características físicas químicas y nutricionales de mezclas de harinas de haba, quinua, chocho y maíz” Los resultados más

relevantes sobre las mezclas de cereales y leguminosas se centran en la formulación de un suplemento nutricional de alto valor proteico y calórico con un buen perfil de aminoácidos esenciales.

Los hallazgos clave de la mezcla óptima son:

Alto Aporte Proteico (Suplemento Nutricional): La mezcla identificada (10% quinua, 10% maíz, 60% chocho, 20% haba con cáscara) aportó un contenido proteico 34,57 %, haciéndola apta como un suplemento nutricional. La combinación presentó un requerimiento en calorías con un valor de 402Kcal, elevado comparado con las otras combinaciones evaluadas y representa el 20% de la ingesta diaria recomendada.

Se evidenció niveles relevantes de aminoácidos esenciales, así tanto la lisina, treonina y triptófano tienen valores de 0,97, 0,90 y 0,92 de cómputo de aminoácidos acercándose a la proteína patrón de la leche, carne y quinua respectivamente.

Como en toda combinación alimentaria, existe limitaciones y para esta mezcla alimentaria se reportó los aminoácidos azufrados y el triptófano con valores de puntuación de cómputo de aminoácidos de 0,8 y 0,85 respectivamente.

Las leguminosas como el chocho (*Lupinus mutabilis*) tiene más proteína con 44,9 % y es la que en la proporción del 60% aporta de manera favorable a la obtención de una mezcla óptima; por otra parte el haba (*Vicia faba L.*) se destacó por la cantidad de fibra con un valor de 5,24% (147).

4.1.3 Equilibrio de Nutrientes

Las mezclas adecuadas de leguminosas y cereales ofrecen una combinación equilibrada de carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Estos componentes son esenciales para el funcionamiento óptimo del cuerpo humano. Los carbohidratos proporcionan energía, las proteínas son bloques de construcción para tejidos y enzimas, la fibra promueve la salud digestiva, y las vitaminas y minerales desempeñan roles clave en una serie de funciones corporales. Al incorporar estas mezclas en la dieta, se garantiza una nutrición completa y diversa(150).

- **Mayor contenido de proteína.** Las leguminosas, como el chocho y el haba, son una excelente fuente de proteína vegetal.

- **Mayor contenido de fibra.** La fibra dietética presente con abundancia en cereales integrales y leguminosas, contribuyen a mejorar la salud digestiva y a controlar los niveles de glucosa en la sangre.
- **Mayor contenido de minerales.** Estas mezclas aportan minerales esenciales como hierro, magnesio y potasio, importantes para diversas funciones del organismo.
- **Mayor contenido de vitaminas.** Son fuente de complejo B como protector y vitamina E como antioxidante.

Por lo contrario, como la lisina generalmente es un aminoácido limitante en la dieta tiene importantes efectos en la salud porque limita la síntesis proteica en el organismo. Cuando la lisina es insuficiente en la dieta, aunque haya suficientes proteínas o aminoácidos en general, el cuerpo no puede completar la formación adecuada de proteínas estructurales y funcionales.

Esto sucede porque la síntesis de proteínas depende de la disponibilidad del aminoácido esencial más escaso o limitante, en este caso la lisina. Si falta suficiente lisina, se produce un "cuello de botella" que reduce la efectividad de la utilización del resto de aminoácidos, generando desperdicio metabólico de estos nutrientes. Las consecuencias incluyen reducción en la formación de tejidos, enzimas, hormonas, proteínas plasmáticas y componentes del sistema inmune(151).

4.1.4 Índice Glucémico Más Bajo

La inclusión de leguminosas en combinación con cereales puede atenuar el índice glucémico de las comidas. Las leguminosas tienen un efecto regulador en los niveles de azúcar en sangre, lo que es particularmente valioso para personas con diabetes. La liberación más gradual de azúcar en el torrente sanguíneo contribuye a mantener niveles de energía estables a lo largo del día y previene picos y caídas abruptas en los niveles de glucosa

Efectos en la salud de personas con ciertas condiciones médicas

La incorporación de mezclas de harinas de quinua, maíz, trigo, chocho y haba en la dieta puede ofrecer beneficios específicos para personas con ciertas condiciones médicas:

- **Diabetes.** La elevada cantidad de fibra ayuda a regular el nivel de glucosa de sangre y mantiene un control de los picos de insulina
- **Enfermedades cardiovasculares.** La fibra soluble presente en estas harinas contribuye a reducir los niveles de colesterol LDL, disminuyendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares

- **Obesidad.** La cantidad apreciada de proteína y fibra pueden dar la sensación de saciedad que ayuda a la pérdida progresiva de peso.
- **Enfermedades gastrointestinales.** La fibra insoluble actúa como prebiótico para promover el crecimiento de bacterias beneficiosas del intestino y mejorar la salud digestiva.

4.2 Seguridad Alimentaria

La inclusión de leguminosas y cereales en la dieta aumenta la diversidad de alimentos consumidos. Las comunidades sensibles donde no existe variabilidad de alimentos, pueden conllevar a presentar deficiencias nutricionales, por lo contrario, una diversificación de alimentos garantiza la ingesta de varios nutrientes esenciales que mejoran la seguridad alimentaria y salud de la población (116).

La práctica culinaria de combinar los cereales y leguminosas, ha constituido la base de la alimentación desde tiempos ancestrales en diferentes regiones del mundo y representa una técnica sostenible que garantiza factores proaterogénicos que al incorporar estas mezclas en la dieta diaria es una forma inteligente de apoyar la salud individual y el bienestar global (116).

4.3 Aspectos Toxicológicos

Si bien las mezclas de harinas de cereales y leguminosas ofrecen numerosos beneficios, es importante considerar algunos aspectos toxicológicos. El chocho, por ejemplo, contiene alcaloides que pueden causar malestar gastrointestinal si se consume en grandes cantidades o sin un adecuado procesamiento. Asimismo, algunos cultivares de haba pueden contener lectinas, que pueden afectar la absorción de nutrientes.

Al complementar los perfiles de aminoácidos y aportar una amplia gama de nutrientes, estas mezclas pueden contribuir a prevenir enfermedades crónicas y mejorar la salud en general. Sin embargo, es importante considerar los aspectos toxicológicos asociados con algunos de estos alimentos y seleccionar variedades con bajo contenido de compuestos anti nutricionales, a continuación, se detalla los principales compuestos tóxicos presentes en leguminosas y/o cereales, efectos en la salud y las formas para minimizar el riesgo(152), por lo que se sugiere consultar con un profesional de la salud antes de introducir grandes cantidades de las mezclas en la dieta, en especial para pacientes con problemas médicos preexistentes relacionados con anti nutrientes.

Tabla 4.5. Efectos de compuestos tóxicos en la salud y métodos para inactivarlos

Compuesto Tóxico	Fuente	Efectos en la Salud	Métodos para Inactivarlos
Lectinas	Principalmente en leguminosas (frijoles, lentejas, soja, habas) y en menor medida en cereales.	Interfieren con la digestión y absorción de nutrientes. Pueden causar síntomas gastrointestinales como náuseas, vómitos, diarrea y dolor abdominal.	La cocción a altas temperaturas (hervido, olla a presión) durante un tiempo prolongado es el método más efectivo. Para reducir el contenido se recomienda el remojo de las leguminosas, al menos 4 horas y posterior desechar el agua de remojo.
Inhibidores de la tripsina: Kunits (KTI), Bowman-Birk (BBI)	Son proteínas anti nutricionales localizados en el cotiledón de la semilla y se hallan mayoritariamente en leguminosas como soja, frijoles, garbanzos, lentejas y en menor cantidad en cereales.	Estas proteínas al unirse con la tripsina forman complejos estables que bloquean la acción de digestión de proteínas en el intestino, lo que conllevaría en niños menores de 5 años causarles un deficiente crecimiento.	Como toda proteína, estos inhibidores son inestables frente al calor, porque desnaturalizan su actividad anti nutricional, por otra parte, se puede optar por procesos de germinación y / o fermentación para minimizar el riesgo de inhibición de tripsina.
Fitatos	Se encuentran en las capas externas de las semillas de cereales integrales, leguminosas y frutos secos, sirven como reserva del fósforo.	Al unirse con facilidad a minerales como el zinc, hierro, calcio y magnesio, provocarían la reducción de absorción de los minerales y ocasionar problemas como anemia, sistema inmunológico deficiente, problemas de osteoporosis entre otros.	Como los casos anteriores, el remojo, cocción, germinación y fermentación de las semillas reducen de manera significativa la concentración de fitatos en las leguminosas

Fitatos	El problema se ha observado comúnmente en dietas que son estrictamente vegetarianas	Sin embargo, la evidencia científica menciona que pueden actuar como antioxidantes y prevenir cálculos renales de calcio; además, ayudan a minimizar el riesgo de cáncer de colon rectal	
Gluten	Es conocido que esta proteína se encuentra en los cereales y mayoritariamente con 48 % en peso en el trigo, en menor cantidad en la cebada, centeno y sus derivados. El gluten se forma al mezclar las harinas con agua y se realiza un amasado mecánico.	El problema es común en personas con enfermedad celíaca, donde se presenta una reacción autoinmune, que deteriora específicamente las vellosidades del intestino delgado; por consiguiente, induce a una mala absorción de nutrientes que se manifiestan con síntomas como diarrea, fatiga, dolor frecuente del abdomen, fatiga crónica, pérdida de peso, en casos raros linfoma intestinal y si se consume de forma habitual puede desencadenar en una anemia, osteoporosis entre otras deficiencias	A diferencia de los anti nutrientes r e v i s a d o s anteriormente, el gluten no se puede eliminar con remojo, cocción ni fermentación; la única solución es que el paciente con enfermedad celiaca restrinja el consumo de trigo y derivados y adquiera cereales sin gluten como el maíz, arroz y avena.

		nutricionales para el caso de niños con el retraso en el crecimiento y desarrollo físico y neurológico.	
Saponinas	Principalmente en leguminosas (quinoa, soja, garbanzos).	Tienen un sabor amargo y pueden causar una leve irritación en el revestimiento intestinal. En grandes dosis, pueden interferir con la absorción de nutrientes.	El lavado o enjuague vigoroso antes de la cocción es el método más común y efectivo para eliminarlas. La cocción también ayuda a reducir su concentración.(153).

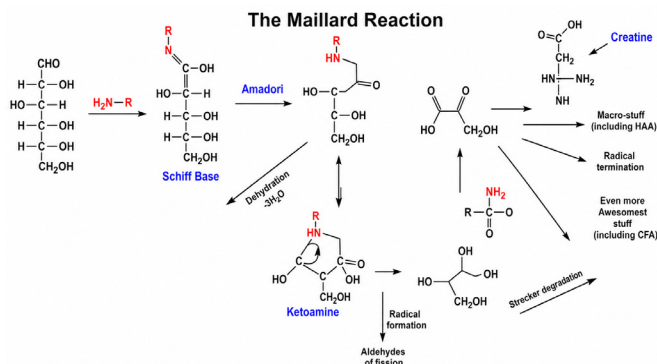
Fuente: elaborado por los autores

CAPITULO V REACCIONES BIOQUÍMICAS DE LOS CEREALES Y LEGUMINOSAS

5.1 Reacción de Maillard

La reacción fue descubierta por el químico francés Louis Camille Maillard en 1912 durante un tratamiento térmico al mezclar glicina y glucosa(154). Es una reacción no enzimática de importancia que, al aplicar calor, se modifican las propiedades organolépticas con respecto al color, aroma y sabor de manera que el alimento se hace apetecible; se debe al resultado de la reacción del grupo carbonilo libre de los azúcares reductores como glucosa, fructosa, maltosa con el grupo amino libre de las proteínas o aminoácidos y da como resultado reacciones de condensación y polimerización mediante una base de schiff, para producir melanoidinas que conlleva a cambios de la estructura química denominados glicotoxinas, también conocidas como productos finales de glicación avanzada (AGEs); su toxicidad se relaciona con el aumento del estrés oxidativo y la inflamación celular, alterando la función de tejidos y órganos. El consumo excesivo de alimentos procesados o cocinados a altas temperaturas incrementa la exposición a AGEs, asociándose con enfermedades crónicas como diabetes, aterosclerosis, insuficiencia renal y trastornos neurodegenerativos debido al daño celular

Figura 5.1. Reaccion de Mayllard



Fuente: Badui, (2020)

Los factores y fuentes que afectan la reacción de Maillard en el procesamiento de productos de harina son:

- **Tipo de aminoácido:** Cuando reaccionan hidrolizados de harinas (cereales, o leguminosas) que contiene cisteína, metionina, tiamina en una proporción de 10 a 3 con relación al azúcar a temperaturas de $120^{\circ}C$, la evidencia demuestra que la mezcla que tiene cisteína exhibe sabor intenso, productos con tiamina dan un sabor a carne más pronunciado y la mayoría de productos de reacción de Maillard (MRP) tienen sabor intenso a caramelo.
- **Tipo de azúcar reductor:** El nivel de azúcar reductor dentro de los granos tienen un impacto potencial en el aroma, sabor y color, no se explica que azúcar reductor juega el papel clave, sin embargo, algunas investigaciones evidenciaron que los azúcares reductores como la glucosa y ribosa pueden reaccionar con los alfa – aminoácidos, donde el furano es un intermediario necesario de algunos sistemas químicos y está compuesto de pentosa, que se genera por enolización del intermediario de Amadori. Por otra parte, en una investigación de hidrolizados de harina de semillas, el factor influyente de ribosa, xilosa, glucosa, fructosa en relación 2 a 1 de cisteína: azúcar a $110^{\circ}C$ presentan sabores a carne y umami; los azúcares influyen considerablemente en la velocidad de reacción y en el sabor de los productos y la xilosa es ampliamente usada para potenciar sabores(155).

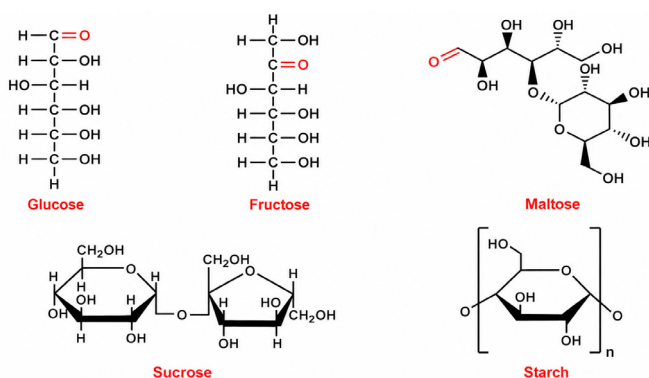
Existen diferencias en el contenido de azúcares reductores naturales entre las materias primas para productos de harina, Entre la cebada, centeno, el trigo sarraceno, la avena y el trigo, la secuencia básica de concentración de azúcares reductores es la maltosa de 4,8 a 12 ppm, que

supera a la glucosa con niveles de 1,5 a 4,9 'ppm, a su vez sobresale a la fructosa con 0,7 a 4,5 ppm. Por otra parte, están azúcares reductores que proceden de la molienda de harinas que contiene almidón y amilasa, la misma puede hidrolizar el almidón y originar glucosa y maltosa. Durante la molienda de la harina, las fuerzas mecánicas como la compresión y fricción perjudican las estructuras celulares y aumenta la temperatura, lo que potencia la acción de la amilasa que degrada el almidón dañado; por lo tanto, produce azúcares reductores. Sin embargo, la falta de diseños experimentales para cuantificar la contribución de azúcares reductores por efecto de la molienda del trigo en la reacción de Maillard para diferentes productos de harina no permite controlar los procesos en función de requisitos específicos del nivel de azúcar reductor que influya en los aromas o colores de productos procesados(156).

Así mismo, los azúcares reductores pueden derivarse de la degradación de polisacáridos durante procesos de fermentación de masas; donde la activación enzimática endógena de la alfa amilasa sucede durante la hidratación de las harinas e hidrolizan los enlaces glucosídicos alfa 1-4 en el almidón y lo convierte en dextrinas de maltosa que es un sustrato para reacción de Maillard.

En algunos procesos de fermentación se usa levadura ζ , que permite la producción metabólica de beta-glucosidasa e hidroliza aún más los oligosacáridos de bajo peso molecular; en la etapa inicial de la fermentación se presenta la invertasa de la levadura hidrolizando la sacarosa en glucosa y fructosa, aumentando el contenido de azúcares reductores(156).

Figura 5.2. Azúcares reductores



Fuente: Qi Yajing et-al (2025)

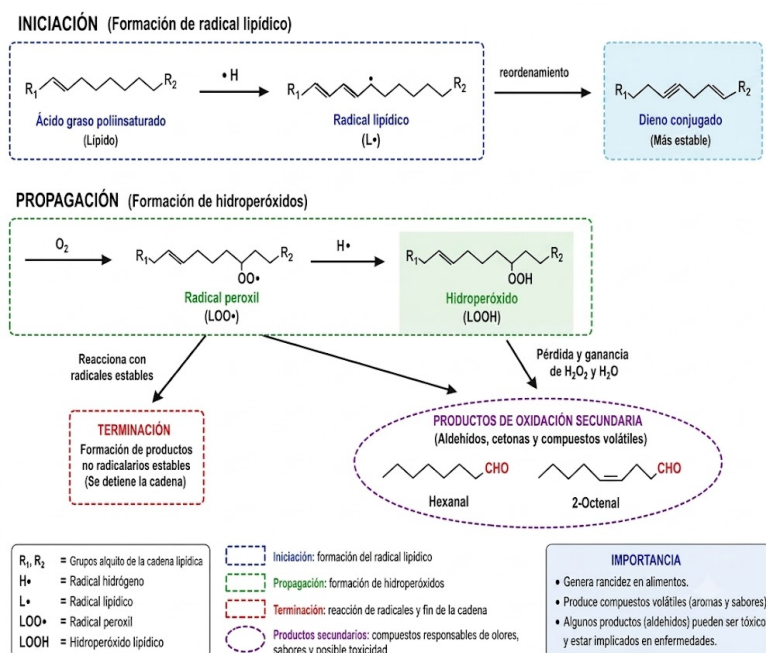
- **Fuentes de proteína:** En los últimos años se han utilizado cada vez más proteínas o péptidos vegetales en la producción de potenciadores de sabor mediante la reacción de Maillard (MR); las proteínas de almacenamiento de los cereales y leguminosas son las globulinas y aportan grupos amino libres mediante la lisina; por otra parte, los péptidos de soja se han usado para generar una gama de sabores que incluyen umami, dulce, salado y carnosos como precursor potencial del sabor; las condiciones ideales para potenciar el sabor se dieron al combinar xilosa con péptidos de soja luego de calentar entre 100 a 140°C a un pH de 7,6 durante 2 horas.
- **Condición de la hidrólisis de la materia prima:** La harina contiene variedad de proteínas como la gliadina, glutenina, globulina y albúmina. Durante el proceso de hidrólisis, las estructuras de algunas proteínas se ven alteradas, las proteasas endógenas presentes de forma natural en la harina hidrolizan de forma inicial en pequeños fragmentos polipeptídicos en condiciones adecuadas de temperatura y humedad. Seguidamente las bacterias lácticas cambian los péptidos en aminoácidos mediante endopeptidasas específicas de cada cepa, proporcionando grupos amino para la reacción de Maillard(157).

Las características finales de los productos de reacción de Maillard, se ven afectadas por aminoácidos, péptidos y proteínas que se han hidrolizado; así varios estudios han demostrado completamente que la ruptura específica de proteasas es uno de los medios para mejorar la calidad sensorial de los productos de la reacción. Así mismo, los azúcares reductores producidos por hidrólisis enzimática del almidón juega un papel en la RM que alteran la producción de componentes del sabor directa o indirectamente; por lo tanto, al seleccionar las materias primas se puede optar por elegir proteasas al tratar sustancias con alto contenido proteico para obtener péptidos más activos, por lo contrario al tratar con materias primas con alto contenido de carbohidratos se puede emplear amilasa y glucosidasa para aumentar el contenido de azúcares reductores(155).

- **Peso molecular de polipéptidos:** Estudios revelan que péptidos de peso molecular de 128 a 1000 Da son los principales responsables del sabor similar a la carne e influye en otras características sensoriales, otros estudios han demostrado que los péptidos con pesos moleculares menores a 5 kDa. son más adecuados y péptidos con bajo peso molecular tienen a aportar olores y sabores amargos, por lo tanto, se puede usar la hidrólisis enzimática específica para mejorar la preferencia de los consumidores y aceptabilidad de los productos procesados.
- **Productos de degradación de lípidos:** En ambientes de elevada temperatura como hornear y freír los ácidos grasos pierden un protón en

e doble enlace para formar radicales libres alquilo, que se oxidan para producir radicales piróxilo, los cuales atraen átomos de hidrógeno de otras moléculas de ácidos grasos insaturados, formando hidroperóxidos y nuevos radicales alquilo, propagando una reacción en cadena de hidroperóxidos inestables los que producen aldehídos y cetonas, suministrando fuentes de carbonilo para la reacción de Maillard que pueden interactuar con los sustratos e intermedios de la reacción para regular la formación de productos volátiles(158).

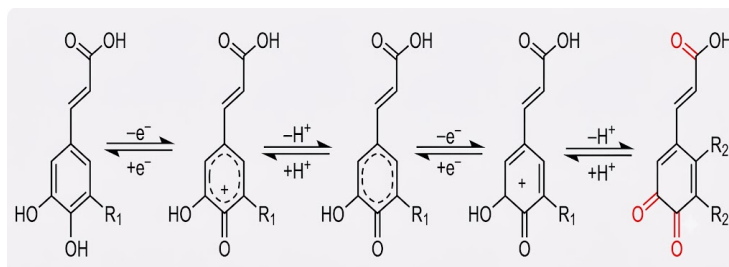
Figura 5.3. Productos de degradación de oxidación de lípidos



Fuente: Qi Yajing et-al (2025)

- **Quinonas:** En materias primas de productos de harina, los polifenoles existen en forma libre, solubles unidas o insolubles, siendo la gran mayoría unidas; la molienda de los granos de trigo destruye las estructuras celulares, liberando polifenol oxidasas, las cuales catalizan la oxidación de los polifenoles para formar o-quinonas. Pueden dar reacciones con aminoácidos y proteínas. El ácido ferúlico es el compuesto fenólico más prominente en el trigo el cual carece del grupo orto -dihidroxi, no es un sustrato para la polifenol oxidasas y no puede participar en reacciones de Maillard(158).

Figura 5.4. Formación de o-quinona.



Fuente: Qi Yajing et-al (2025)

- **Temperatura:** La regulación de la temperatura y el tiempo puede nivelar efectivamente la fabricación de productos perjudiciales y sustancias de sabor en la reacción de Maillard. Las temperaturas de horneado más altas entre 205- 230°C que producen la formación de compuestos volátiles mientras que las temperaturas más bajas entre 155 a 205 °C, benefician de aminoácidos durante el horneado de galletas. Por otro lado, un enfoque equilibrado de 180°C por 16 minutos minimizó riesgos, pero no descartó compuestos nocivos; en otras indagaciones se ha confirmado que la fermentación a bajas temperaturas y elevado tiempo puede promover la formación de sustancias de sabor y aumento de sustancias volátiles claves en el pan, como el 3-metil-1-butanol, 3-metilbutanal y 2-metil-1-propano.
- **pH,** Ajustar el valor del potencial de hidrógeno es una estrategia importante para inhibir los productos que hacen daño, así a un pH bajo se consigue con la adición de ácido tartárico y láctico al pan y las galletas, que resulta en la disminución lineal de los niveles de aminoácidos(159).

Se sabe que la presencia de productos de reacción de Maillard reduce la calidad nutricional de los alimentos, en particular al reducir la digestibilidad de las proteínas debido a la reticulación que perjudica el valor nutricional en general. Nutricionalmente una reacción de Maillard excesiva reduce significativamente la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales particularmente la lisina.

Los primeros informes han vinculado las reacciones de Maillard, especialmente los productos finales de glicación avanzada, presentes en alta concentración en la dieta occidental típica, con afecciones y enfermedades. Sin embargo, desde entonces se han reportado datos contradictorios, y solo unos pocos productos (acrilamida, aminas heterocíclicas y 5-hidroxi-metilfurfural) han documentado posibles efectos tóxicos o cancerígenos. Los productos de la reacción de alto peso molecular no se absorben directamente en el tracto gastrointestinal superior y, por lo tanto, son metabolizados principalmente por los microbios.

residentes del colon, los mismos han sido objeto de escasa investigación en comparación con otros elementos dietéticos no digeribles.(160)(161).

Tabla 5.1. Efectos de compuestos tóxicos por reacciones bioquímicas y métodos para inactivarlos

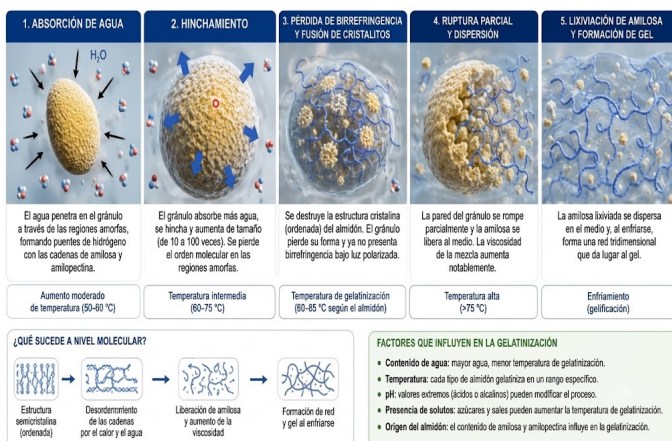
Compuesto Tóxico	Alimentos donde se encuentra	Riesgos para la Salud	Cómo Evitar su Formación
Acrilamida	Principalmente en alimentos ricos en carbohidratos sometidos a fritura o horneado, como papas fritas, galletas, pan tostado y café.	Potencialmente cancerígeno en altas dosis. Ha sido clasificada como "probable carcinógeno humano" por agencias de salud internacionales.	1. No sobre cocinar los alimentos hasta que estén muy dorados. 2. Optar por cocinar al vapor, hervir o estofar en lugar de freír. 3. Almacenar las papas en un lugar fresco y oscuro, no en el refrigerador, para reducir la formación de azúcares reductores.
Heterociclos Aminas Aromáticas (HAA)	Se forman en la superficie de carnes, aves y pescados al ser asados, a la parrilla o fritos a altas temperaturas.	Se ha demostrado que son mutagénicos y carcinógenos en estudios con animales.	1. Evitar la cocción a fuego directo o a temperaturas muy elevadas. 2. Marinar la carne antes de cocinar, lo que puede reducir la formación de HAA. 3. Voltear la carne frecuentemente para evitar que se queme.
Productos Finales de Glicación Avanzada (AGEs)	Se forman en alimentos cocinados a altas temperaturas, especialmente con grasas y proteínas. Se encuentran en carnes fritas, productos horneados y lácteos ultra-pasteurizados.	Los productos de glicación se asocian con procesos inflamatorios que pueden contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas metabólicas.	1. Realizar la cocción de los alimentos a temperaturas bajas, de preferencia al vapor. 2. Se debe minimizar la ingesta de fritura y alimentos ultra-procesados e incluir alimentos naturales con antioxidantes

Fuente: elaborado por los autores

5.2 Reacción de Gelatinización

Los gránulos de almidón no se disuelven en agua fría, pero pueden absorber agua de forma reversible, aumentando de tamaño con el agua y luego volviendo a su tamaño original al secarse. Cuando se calientan en agua, experimentan gelatinización, un proceso que interrumpe la estructura molecular de los gránulos. Durante la gelatinización, la amilosa se disuelve gradualmente, y esto generalmente ocurre en un rango de temperaturas amplio, comenzando con los gránulos más grandes. Y es conocido como proceso de lixiviación. Los diferentes estados de gelatinización pueden ser identificados utilizando un microscopio de polarización. Estos estados incluyen la temperatura de inicio (cuando se observa por primera vez la pérdida de birrefringencia), la temperatura media, la temperatura final de pérdida de birrefringencia (TFPB, cuando el último gránulo en el campo de visión pierde su birrefringencia) y el rango de temperaturas de gelatinización. Al final de este proceso, se forma una pasta en la que las cadenas de amilosa de bajo peso molecular, altamente hidratadas, rodean a los agregados de restos de gránulos, también hidratado, como se aprecia en la ilustración a continuación detallada(162).

Figura 5.5. Gelatinización del almidón



Fuente: Gómez, J Video (163).

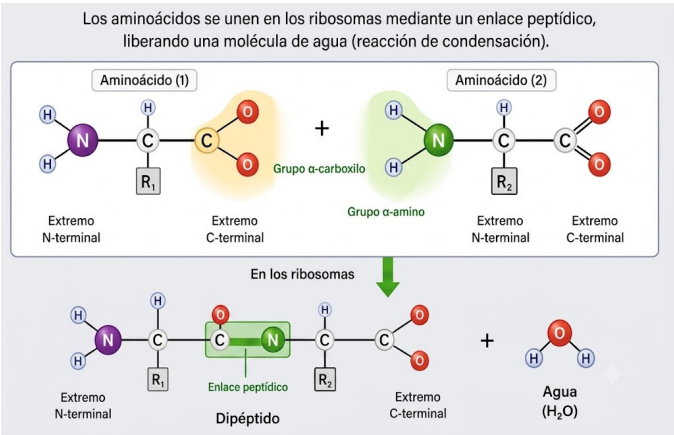
5.3 Reacción de Proteólisis y formación de péptidos

La FAO, propuso al año 2016 como el año internacional de las legumbres secas para potenciar los cultivos entre estos las arvejar (*Pisum sativum*) que al realizar estudios de fermentación y digestión gastrointestinal simulada ajustando las variables de temperatura y pH, tiempo de digestión , así como la concentración y naturaleza de proteasas para la producción de hidrolizados proteicos, se evidenció la generación de péptidos antioxidantes, Los guisantes

son ideales para preparación de productos diversos como harinas, aislados o concentrados de proteína, que se pueden mezclar con almidones como el arroz y garantizar diseño de alimentos saludables dirigidos para dietas especiales (164).

Se han aislado péptidos bioactivos a partir de hidrolizados de cereales como el arroz, trigo y leguminosas como la soja, de donde se han separado péptidos antioxidantes, así se asocia con la baja incidencia de hipercolesterolemia, enfermedades del corazón y cáncer en algunas poblaciones de Asia por el elevado consumo de proteína de soja. La estructura primaria de la proteína de soja ha demostrado presencia de secuencia aminoácidos con actividades antihipertensiva.

Figura 5.6. Reacción de proteólisis



Fuente: Sanvictores, T (2022)(166).

Figura 5.7. Proteólisis en cereales y leguminosas al combinarlos en procesos alimentarios



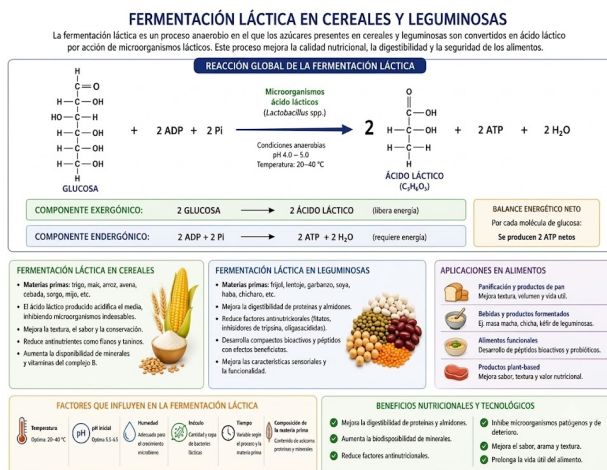
Fuente: Sanvictores, T (2022)(166).

5.4 Fermentación de leguminosas.

La fermentación en las leguminosas es un proceso bioquímico en el cual los carbohidratos presentes en estos alimentos, como almidones y azúcares, son descompuestos por microorganismos. El proceso de fermentación comienza cuando las leguminosas son sumergidas en agua y se crea un ambiente húmedo y anaeróbico, es decir, sin oxígeno.

En un medio ideal, los microorganismos pueden comenzar a descomponer los carbohidratos en monosacáridos; los cuales son metabolizados por bacterias ácido – lácticas, proporcionando ácido láctico y los subproductos de fermentación como CO₂ en forma de gas responsable de la producción de burbujas y expansión de la masa de leguminosas en un proceso de fermentación(167). Los beneficios de la fermentación son variados, entre los que destacan el mejoramiento de la digestión para que los nutrientes como proteínas, vitaminas, y minerales se puedan absorber con mejor accesibilidad, además de ayudar ala microbiota intestinal. Algunos estudios han demostrado que el proceso de fermentación de legumbres reduce anti nutrientes endógenos como el ácido fitico, además ejercen efectos que facilitan la digestibilidad de proteínas y el valor biológico de las legumbres y puede producir la liberación de péptidos con actividad biológica (165). En conclusión, la reacción de fermentación hace que las leguminosas sean más digestibles y beneficiosas para la salud intestinal.

Figura 5.8. Reacción de fermentación



Fuente: Hernández, T (2013)

CAPITULO VI
CONTROL DE CALIDAD DE CEREALES Y LEGUMINOSAS

6.1 Muestreo

6.1.1 Normas generales de muestreo

El muestreo de cereales y leguminosas tiene como objetivo principal obtener una muestra representativa de un lote completo para que los análisis de calidad (físicos, químicos o microbiológicos) reflejen con precisión las características promedio del material.

Las normativas más utilizadas a nivel internacional son las de la Organización Internacional de Normalización (ISO), las cuales a menudo son adoptadas o adaptadas por organismos nacionales como el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) y son referenciadas por la AOAC para asegurar la uniformidad en la toma de muestras.

Tabla 6.1. Normas generales de muestreo

Norma	Descripción General	Alcance
ISO 13690	Cereales, leguminosas y productos molidos — Muestreo de un lote.	Es la norma general que establece los principios y métodos para el muestreo de lotes, incluyendo productos a granel, ensacados o pre-ensacados(168).
ISO/TC 34/SC 4	Cereales (como grano).	Especifica el método de muestreo en granos enteros, aplicable a la determinación de la calidad comercial(169).
ISO 24333	Cereales y productos de cereales	Establece los principios generales, aplicables a cereales y sus productos derivados (harinas)(170).
INEN 523	Semillas comestibles. Requisitos.	Aunque es una norma de requisitos, generalmente contiene o hace referencia a procedimientos de muestreo para determinar la conformidad con sus especificaciones(171).

Fuente: elaborado por los autores

Figura 6.1. Muestreo de granos



Fuente: Imagen generada por AI, Gemini. 2025.

6.1.2 Plan de muestreo

El proceso de muestreo se rige por un plan de Muestreo definido y documentado, que varía según el tamaño y la condición del lote (a granel, en sacos, etc.), se debe considerar la finalidad de los análisis y los conceptos que a continuación se detallan.

Tabla 6.2. Conceptos para planes de muestreo

Concepto	Fundamento
Definición del Lote	La cantidad total de producto que se supone que tiene una calidad uniforme.
Determinación de Muestras Primarias	Se especifica la cantidad mínima de puntos de muestreo a tomar, así como muestras primarias, que dependen del tamaño del lote.
Muestreo por Lotes Ensacados	Cuando las muestras se encuentran en sacos, la cantidad de números de sacos a muestrear se aplica la raíz cuadrada del número total de sacos (N).
Muestreo de Lotes a Granel	Se establecen puntos de muestreo en la superficie y a diferentes profundidades dentro de los silos, vagones o bodegas para asegurar la representación vertical y horizontal.

Fuente: Norma ISO 13690

6.1.3 Tipos de Muestras y Reducción

El muestreo se realiza en varias etapas secuenciales hasta obtener la porción final para el laboratorio, en la tabla 6.3 se especifica el propósito del tipo de muestra para trabajar en los análisis.

Tabla 6.3. Tipos de muestras.

Tipo de Muestra	Descripción	Propósito
Muestra Primaria	Pequeña cantidad de producto tomada de un solo punto y en un solo momento en el lote (ejemplo: una calada de sonda, un puñado de un saco).	Garantizar que todas las partes del lote, contenidas las potencialmente heterogéneas, estén representadas.
Muestra Global (o Muestra Bruta)	El conjunto de todas las muestras primarias combinadas.	Describe le promedio del lote.
Muestra Reducida	Se aplica métodos para reducir la muestra como cuarteo, o udo de divisores mecánicos entre otros con la finalidad de obtener muestras manejables a nivel de laboratorio.	La submuestra debe ser representativa.
Muestra de Laboratorio	Es la cantidad de muestra representativa que se usará para los análisis de laboratorio. Debe estar sellada, etiquetada e ir acompañada del acta de muestreo.	Proporcionar la cantidad exacta solicitada para los análisis químicos y microbiológicos sin sesgo.

Fuente: Norma ISO 13690

Figura 6.2. Muestra– etiquetado para laboratorio



Fuente: Imagen generada por IA, ChatGPT, 2025

6.1.4 Equipos y Condiciones

Sondas y Caladores: Son herramientas diseñadas para penetrar los sacos o el producto a granel (a diferentes profundidades) y extraer la muestra de forma uniforme.

Divisores Mecánicos: Son equipos (como el divisor de tipo rifle) para reducir la muestra global de manera imparcial.

Contenedores: Deben ser limpios, inertes (no reactivos con la muestra), resistentes a la humedad y herméticos para evitar alteraciones durante el transporte.

Higiene: Las muestras destinadas a análisis microbiológicos deben tomarse utilizando material estéril para evitar la contaminación cruzada(168).

6.2 Análisis físicos

El aseguramiento de la calidad en cereales y leguminosas es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria y la nutrición. La calidad de estas materias primas se evalúa mediante una serie de análisis físicos y físico-químicos que determinan su aptitud para el procesamiento, el almacenamiento y el consumo.

Los siguientes análisis se realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Salud Pública y Ciencias de la ESPOCH, utilizando metodologías

estandarizadas. Comprender estos parámetros es concluyente, ya que afectan directamente la utilidad industrial, la vida útil y la aprobación del consumidor.

En las secciones subsiguientes, se detallarán para cada ensayo:

- El método utilizado.
- El fundamento teórico de la medición.
- Los cálculos necesarios para la obtención de resultados.

Se abordarán específicamente las siguientes determinaciones: Impurezas, Granulometría, pH, Actividad de Agua (aw), destacando cómo influyen cada uno en la calidad integral de los cereales y las leguminosas. Por ejemplo, un control riguroso de la aw y el pH es vital para inhibir el crecimiento microbiano y mantener la estabilidad del producto.

6.2.1 Impurezas

Método: Separación manual y/o mecánica con tamices. ISO 605:1995 (NTC-ISO 605:1995)

Fundamento:

Se basa en que la presencia de impurezas como tierra, piedras, tallos, semillas de maleza, insectos o granos dañados/quebrados que reducen el valor comercial del producto y puede comprometer su conservación. Las impurezas, especialmente la materia orgánica y el polvo, pueden incrementar la actividad microbiana, la humedad y la temperatura, favoreciendo el deterioro y el ataque de plagas.

Procedimiento:

1. Pesar los tamices vacíos y se colocan en orden de tamaño de malla, de mayor a menor abertura.
2. Pesar la masa total de la muestra que se va a analizar.
3. Verter la muestra sobre el tamiz superior.
4. Colocar la columna de tamices en movimiento, ya sea de forma mecánica usando un vibrador o manualmente, para que las partículas más pequeñas pasen a través de las mallas y las más grandes queden retenidas.
5. El proceso continúa hasta que el 1% del material retenido se haya pasado en un minuto de verificación manual.
6. Pesar el material retenido en cada tamiz

Cálculo:

Se calcula el porcentaje de material que pasa por el último tamiz. Este porcentaje representa la fracción de impurezas finas que se busca medir.

$$\% \text{ Impurezas} = \frac{(P_i)}{(P_m)} \times 100$$

Donde:

P_i: Peso total de las impurezas separadas (g).

P_m: Peso de la muestra de trabajo original (g).

Figura 6.3. Tamiz



Fuente: Laboratorio de Ciencias, 2025

6.2.2 Granulometría

Método: Análisis por tamizado en seco Norma ISO 5223

Fundamento:

El método se basa en el principio de separación física de las partículas de la muestra mediante una serie de tamices (cribas) con aberturas de malla (luz) progresivamente decrecientes. Al someter la muestra a agitación mecánica, las partículas son clasificadas por su tamaño, quedando retenidas en el tamiz cuya abertura sea ligeramente menor a su diámetro. El porcentaje en peso retenido en cada tamiz representa la fracción granulométrica correspondiente a ese rango de tamaño.

Procedimiento:

1. Pesar 150 g de muestra (Pt)

Seleccionar una serie de tamices normalizados: conjunto de mallas 30, 40, 60, 80 y 100 U con aberturas de malla que van desde la más grande en la parte superior hasta la más pequeña en la parte inferior. Los tamices deben estar limpios y apilados en orden decreciente de abertura sobre un plato colector (fondo).

2. La muestra (Pt) se vierte en el tamiz superior. La columna se coloca en un agitador de tamices mecánico (tamizadora) y se somete a agitación (horizontal, vibratoria o por golpeteo) durante un tiempo predeterminado por la norma (5 a 10 minutos). Pesado de las Fracciones:
3. Una vez finalizada la agitación, cada tamiz se retira por separado.
4. Se pesa la masa del material retenido (Pi) en cada tamiz (i) y en el plato colector (que contiene las partículas más finas que pasaron por el último tamiz).
5. Se verifica que la suma de las masas retenidas se acerque al peso inicial de la muestra (la diferencia no debe superar un margen de error, típicamente <1%).

Cálculos:

Se calcula el porcentaje en peso retenido y el porcentaje acumulado que pasa (o retenido) para cada tamiz.

- 1 . Porcentaje de masa retenida en cada tamiz (%R1):

Calcula la proporción de la muestra que tiene un tamaño comprendido entre la luz del tamiz actual y la luz del tamiz inmediatamente superior.

$$\% Ri = \frac{(Pi)}{(Pt)} \times 100$$

Donde:

Pi: Peso del material retenido en el tamiz i(g).

Pt: Peso total de la muestra de trabajo (g).

Porcentaje acumulado que pasa (Granulometría Acumulada) (%Pa):

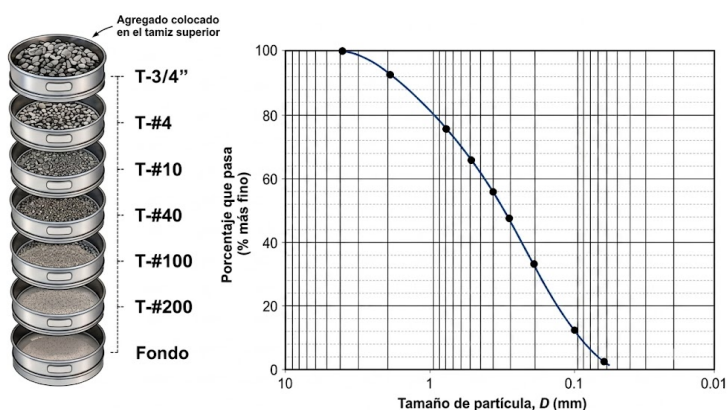
Indica el porcentaje total de la muestra que tiene un tamaño menor a la abertura de un tamiz específico.

$$\% Pa,i = 100 - \sum \% R_j$$

Donde $\sum_{j=1}^i \% R_j$ es la suma de los porcentajes retenidos en el tamiz i y en todos los tamices superiores.

Los resultados se representan típicamente en una Curva Granulométrica, graficando el tamaño de la abertura del tamiz (eje x, logarítmico) versus el porcentaje acumulado que pasa (eje y, lineal)(172)

Figura 6.4. Representación de una curva de granulometría



Fuente: Laboratorio de Ciencias, 2025

6.2.3 Potencial Hidrógeno (pH)

Método: Determinación del pH por Potenciometría en Suspensión Acuosa

Fundamento:

El método se basa en la potenciometría, que mide la diferencia de potencial eléctrico (E) entre un electrodo de vidrio sensible a los iones hidrógeno (H^+) y un electrodo de referencia (generalmente de calomel o $Ag/AgCl$), ambos inmersos en una suspensión acuosa de la muestra.

La concentración de iones H^+ en la solución se relaciona con el potencial medido mediante la Ecuación de Nernst (simplificada para fines prácticos).

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones

$$H^+:$$

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

El potenciómetro (pH-metro) está calibrado para convertir la diferencia de potencial (E) directamente en unidades de pH.

Procedimiento:

1. Calibrar el equipo usando soluciones tampón (buffer) de pH conocido (típicamente pH 4.00, 7.00 y 10.00) a la temperatura de medición para asegurar la precisión.
2. El electrodo se enjuaga con agua desionizada y se seca suavemente.
3. Pesa una cantidad representativa y homogénea de la muestra, por ejemplo, 5 a 10 gramos (Pm) de cereal o leguminosa molida
4. Adicionar un volumen conocido de agua desionizada o destilada, por ejemplo, 50 a 100 mililitros (V agua), para crear una suspensión.
5. Agitar mecánicamente (con agitador magnético o varilla de vidrio) durante un tiempo específico de 15-30 minutos para asegurar la extracción completa de los componentes solubles y el equilibrio de los iones H⁺
6. Se apaga el agitador y se permite que las partículas grandes se asienten por unos segundos.
7. Sumergir la punta del electrodo en la suspensión, asegurando que cubra el bulbo de vidrio sin tocar el fondo.
8. Registrar el valor de pH cuando la lectura en el pH-metro se estabiliza (generalmente, cuando la variación es menor a 0.01 unidades de pH en 5 segundos).
9. El electrodo se retira, se enjuaga y se almacena en su solución de conservación.

El ensayo se realiza por duplicado o triplicado.(173).

Cálculos

Lectura directa del pH-metro, mínimo por triplicado para obtener el promedio

$$pH \text{ muestra} = \frac{(\sum pH_i)}{(n)}$$

Donde:

pH_i: Valor de pH de la réplica i.

n: Número de réplicas.

Figura 6.5. Medición de pH



Fuente: Laboratorio de Ciencias, 2025

6.2.4 Actividad de agua

Método: El AQUALAB 4TE utiliza el método, que se basa en medir la humedad relativa del aire en una cámara sellada.

Fundamento:

Cuantificar el agua "libre" o "disponible" para reacciones químicas y el crecimiento de microorganismos, utilizando la presión de vapor como indicador. La a_w se define como la relación entre la presión de vapor del alimento y la presión de vapor del agua pura (P/P°), indicando la energía del agua en un alimento, no solo su cantidad. Al medirla, se puede predecir y controlar la seguridad alimentaria, la estabilidad y la vida útil.

Procedimiento:

1. Comprobar de que el medidor esté limpio y listo para la operación. Realizar una verificación rápida utilizando sales estándar con un valor de actividad de agua conocido.
2. Colocar la muestra del alimento en el vaso del medidor. Verificar que la cantidad de muestra sea suficiente para cubrir el área requerida de la cápsula.
3. Ubicar la cápsula del medidor en la cámara de medición. Cierre y selle la cámara.
4. El equipo iniciará automáticamente la medición. El sensor de punto de rocío medirá la humedad relativa del espacio de cabeza hasta que alcance el equilibrio con la muestra. Este proceso dura solo unos minutos.

5. El medidor emitirá un aviso sonoro y una alarma cuando la lectura sea estable.
6. Anotar el valor de actividad de agua (a_w) y la temperatura de la muestra.
7. Retirar la cápsula y limpiar la cámara de medición para evitar la contaminación de futuras muestras.

Cálculos

Se realiza lectura directa.

Figura 6.6. Medición de actividad de agua en el AQUALAB 4TE



Fuente: Laboratorio de Bromatología de Salud Pública, 2025

6.3 Análisis químico

El análisis químico bromatológico es esencial para garantizar la calidad, seguridad y valor nutricional de los cereales y leguminosas. Estos análisis van más allá de la simple inspección visual, proporcionando métodos esenciales para su comercialización, proceso y consumo. Parámetros clave como la humedad influyen claramente en la duración durante el almacenamiento, ya que un exceso de agua induce al daño microbiológico y a la producción de toxinas. De esta manera, la cuantificación precisa de proteínas, grasas y fibra, no solo establece el valor nutritivo y comercial de un lote, sino que también es decisivo para garantizar que los productos como harinas o suplementos cumplan con los estándares y regulaciones nacionales (INEN) e internacionales (AOAC). En esencia, el análisis químico implica la calidad de los granos en datos medibles, asegurando el cumplimiento de inocuidad de toda la cadena productiva.

6.3.1 Humedad

Método:

1. Deshidratación en estufa de aire caliente

Fundamento:

El principio es la evaporación del agua de los granos de cereal. El aire caliente proporciona la energía térmica necesaria para convertir el agua en vapor, facilitando su remoción del cereal. Este proceso es esencial para inhibir el crecimiento de hongos, evitar la deterioración y la germinación de las semillas, y mejorar la calidad de almacenamiento del grano

Procedimiento:

1. Tarar los crisoles y pesar
2. Pesar el crisol vacío en balanza analítica con precisión 0,001 g (P1)
3. Pesar de 1 a 2 gramos de muestra previamente homogenizada colocado en el crisol tarado (P2)
4. Colocar en la estufa a 130° C durante 4 horas.
5. Pasado el tiempo, dejar enfriar en desecador.
6. Pesar el crisol con la muestra seca (P3)
7. Repetir el proceso, con menos tiempo de la muestra en la estufa.

Cálculos

$$\% \text{ humedad} = \frac{(P2 - P1) - (P3 - P1)}{(P2 - P1)} \times 100$$

Donde:

P1: Peso del crisol vacío

P2: Peso del crisol con la muestra húmeda

P3: Peso del crisol con muestra seca

Figura 6.7. Equipos para medir la humedad



Fuente: Laboratorio de Bromatología de Salud Pública, 2025

6.3.2 Ceniza

Método: Incineración en mufla

Fundamento: Se basa en la calcinación de una muestra de alimento a altas temperaturas (entre 550 y 600°C) para eliminar completamente la materia orgánica a través de la oxidación, dejando un residuo incombustible. Este residuo, o ceniza, es una medida aproximada de la cantidad total de componentes minerales inorgánicos presentes en el alimento, y su determinación es importante para evaluar la calidad, pureza e índice de procesamiento de diversos productos alimenticios como es el caso de los carbohidratos y leguminosas.

Procedimiento:

1. Pesar los crisoles previamente tarados en estufa a 80 °C durante una hora para eliminar la humedad. (P1)
2. Pesar la muestra seca (P0)
3. Colocar en la mufla a 550 °C por cuatro horas o hasta obtener residuo blanco
4. Finalmente se retiran los crisoles y se enfrían en el desecador para volverlos a pesar. (P2)

Cálculo:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P2 - P1)}{(P0)} \times 100$$

Donde:

P2= Es el peso del crisol con la muestra calcinada

P1= peso del crisol tarado (peso inicial)

P0= peso inicial de la muestra

Figura 6.8. Medición de la ceniza en mufla



Fuente: Laboratorio de Bromatología de Salud Pública, 2025

6.3.3 Grasa total

Método: Extracción Soxhlet continua con hexano como disolvente.

Fundamento:

El método de extracción Soxhlet para grasas se fundamenta en el lavado continuo y cíclico de una muestra sólida con un disolvente caliente, lo que maximiza la extracción de lípidos. El disolvente se evapora, se condensa y luego se desplaza a través de la muestra, extrayendo la grasa para luego ser recuperada y reutilizada, permitiendo así una determinación eficiente del contenido graso

Procedimiento:

1. Pesar entre 15 gramos de muestra secada y triturada y colocar en un cartucho de papel filtro, sellado adecuadamente.
2. Armar el equipo Soxhlet adicionando 250 mL de hexano en el balón de destilación.
3. El cartucho con la muestra ubicar en el sifón del equipo
4. La extracción se debe realizar por un periodo de tiempo de 2:30
5. Transcurrido este tiempo tanto la grasa y el solvente contenidos en el balón de destilación se deben concentrar con ayuda de un rotavapor, para eliminar la mayor cantidad de hexano a 50 °C y 60 rpm.
6. Una vez concentrada la muestra se procede a pesar el balón de destilación tanto vacío como con la muestra, posteriormente con los datos obtenidos se realiza el cálculo correspondiente.

Cálculos

$$\% \text{ grasa} = \frac{(P2 - P1)}{(P0)} \times 100$$

Donde:

P2= Peso del balón con el extracto final de grasa.

P1= peso del balón vacío (peso inicial)

P0= peso inicial de la muestra

Figura 6.9. Equipo Extracción Soxhlet



Fuente: Laboratorio de Bromatología de Salud Pública, 2025

6.3.4 Fibra cruda

Método: Digestión secuencial utilizando el sistema automatizado ANKOM.

Fundamento:

Se basa en el fraccionamiento de la materia seca de la muestra mediante la simulación de procesos digestivos o el uso de reactivos químicos agresivos para aislar los componentes insolubles y no digeribles.

Procedimiento:

1. Pesar aproximadamente 0,5 g de muestra seca (W2) y molida fue colocada en bolsas de filtro de fibra (ANKOM F57), previamente pesadas (W1) y selladas térmicamente.
2. Las bolsas fueron dispuestas en el equipo ANKOM y sometidas a una digestión con 2 L de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,3130 N y 4 L de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0,255 N durante 4 horas, bajo condiciones controladas de temperatura y agitación.
3. Una vez finalizado el proceso de digestión, las bolsas se deben retirar para posteriormente sumergirlas en acetona durante 10 minutos para eliminar compuestos solubles remanentes.
4. Posteriormente, se colocan en una estufa a 105 °C durante 1 hora para su secado y pesado (W3).

5. Las bolsas secas se transfieren a crisoles previamente tarados y pesados para calcinar en una mufla a 550 °C durante 2 horas o hasta que se obtenga las cenizas.
6. Por último, los crisoles se enfrían en un desecador y pesar nuevamente para calcular el contenido de fibra cruda, considerando las pérdidas por combustión de la materia orgánica residual.

Cálculos

$$\text{Cenizas} = \frac{(\text{Crisol} + w3) - (\text{crisol} + \text{cenizas})}{W1}$$

$$\text{Fibra \%} = \frac{W3 - (W1 * \text{Cenizas})}{W2}$$

Donde:

W1: Peso de los filtros para la fibra

W2: Peso muestra seca inicial

W3: Peso muestra seca por segunda vez.

Figura 6.10. Equipo Extracción de fibra



Fuente: Laboratorio de Ciencias, 2025

6.3.5 Proteína

Método: Kjeldahl

Fundamento:

En primero lugar se determina la cantidad de nitrógeno básico volátil total (NBVT) mediante reacciones de hidrólisis ácida, seguidamente una destilación

por arrastre de vapor con hidróxido de sodio, el cual se recoge en borato de amonio para posteriormente titular con medio ácido. Finalmente se realizan los cálculos de NBVT y se aplica un factor de proteína donde su valor depende del tipo de alimento

Procedimiento:

1. Pesar 2 gramos de muestra, colocar en el tubo de Kjeldahl con 15 ml de ácido sulfúrico concentrado y un catalizador; calentar por fracciones de tiempo entre 10 a 180 minutos desde 90 °C hasta 400° C
2. Pasar el tubo con 30 ml. de agua destilada, y colocar en el destilador de Kjeldahl, por medio de arrastre de vapor se lleve hidróxido de sodio al 40% y pueda liberar el amonio.
3. Recoger las burbujas de amonio en una solución de ácido bórico para formar el borato de amonio
4. Finalmente, titular con 'HCl 0,1N hasta obtener el cambio de color a tono verde
5. Realizar los cálculos de NBVT y % de proteína

Cálculos

El porcentaje de nitrógeno se multiplica por un factor de conversión específico (comúnmente 6.25 para alimentos) para obtener el porcentaje de proteína

$$\%NBVT = \frac{(V(ml)muestra - V(ml)blanco) \times 14.007 \times \text{Normalidad HCl}}{\text{peso muestra seca(g)} \times 1000}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno volátil total} \times \text{Factor}$$

El valor 6,25 es el factor general, pero los factores específicos se aplican en laboratorios para mayor exactitud en estudios de nutrición como se detalla a continuación en la tabla 6.4

Figura 6.4. Factor de conversión de Nitrógeno básico volátil proteína de cereales y leguminosas

Alimento / Grupo	Proteína predominante	Factor de conversión
Arroz(Oryza sativa)	Orizalina, glutelinas	5,95
Trigo (Triticum aestivum)	Gluteninas, gliadinas	5,70

Maíz (Zea mays)	Zeínas	6,25
Cebada (Hordeum vulgare)	Hordeínas	5,83
Cebada (Hordeum vulgare)	Hordeínas	5,83
Avena (Avena sativa)	Aveninas, globulinas	5,83
Centeno (Secale cereale)	Secalinas	5,83
Sorgo (Sorghum bicolor)	Cafirinas	6,25
Leguminosas secas (frijol, lenteja, arveja, garbanzo)	Globulinas, albúminas	6,25
Soya (Glycine max)	Glicinina, β -conglucina	5,71
Maní (Arachis hypogaea)	Araquin, conaracina	5,46
Altramuces (Lupinus spp.)	Globulinas	5,71

Fuente: FAO (2007)(174)

6.3.6 Extracto libre de nitrógeno

Método: Cálculo matemático

Fundamento:

El Extracto libre de nitrógeno (ELN) es una fracción calculada por diferencia dentro del análisis aproximado de alimentos y representa, de forma indirecta, la porción de carbohidratos disponibles (azúcares solubles, almidón y otros glúcidos solubles). Se obtiene como el residuo de la materia total luego de descontar las fracciones medidas: humedad, cenizas (materia inorgánica), grasa (lípidos), fibra cruda y proteína (generalmente proteína cruda determinada por Kjeldahl).

Cálculos

$$\%ELN = 100 - (\%Humedad + \%Ceniza + \%Grasa + \%Fibra + \%Proteína)$$

6.4 Análisis microbiológicos.

Los análisis microbiológicos son cruciales para evaluar la seguridad e higiene de los cereales y leguminosas, especialmente en su almacenamiento, ya que son susceptibles al crecimiento de mohos y bacterias; en la tabla 6.5 se resume los principales métodos a seguir según normas INEN y AOAC.

Figura 6.5. Factor de conversión de Nitrógeno básico volátil proteína de cereales y leguminosas

Parámetro Microbiológico	Norma INEN/AOAC	Nombre del Método (Referencial)	Fundamento del Método	Expresión del Resultado
1. Recuento de Coliformes Totales y Fecales	INEN 1526 / AOAC 991.14	Método del Número Más Probable (NMP) o Siembra en Placa	Se basa en la capacidad de las bacterias coliformes para fermentar la lactosa a una temperatura específica. La presencia de coliformes fecales (termotolerantes, cultivadas a 44.5 °C) indica contaminación de origen fecal o sanitaria reciente.	NMP/g (Número Más Probable por gramo) o UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias por gramo)
2. Detección de Salmonella sp.	INEN 1526 / AOAC 967.26	Método de Enriquecimiento, Aislamiento e Identificación	Es un método cualitativo que utiliza pasos de enriquecimiento (crecimiento en caldos selectivos) y aislamiento (siembra en agares diferenciales/ selectivos) para detectar la presencia o ausencia de este patógeno.	Ausencia/ Presencia en una masa definida de muestra (Ausencia de Salmonella en 25 g).
3. Recuento de Mohos y Levaduras	INEN 1526 / AOAC 997.02	Método por siembra en placa	Las diluciones se inoculan en un medio de cultivo con pH bajo y Agar Rosa Bengala Para prevenir el crecimiento	UFC/g

			bacteriano y favorecer el conteo de colonias fúngicas.	
4. Recuento de Microorganismos Mesófilos Aerobios Viables (Recuento Total)	INEN 1526 / AOAC 966.23	Método de Siembra en Placa (Agar para Recuento en Placa - PCA)	Analiza la cantidad total de bacterias y otros microorganismos que crecen a temperatura moderada (30–35 °C) Sirve como un indicador general de la calidad sanitaria del producto.	UFC/g

Fuente: elaborado por los autores

CONCLUSIÓN

La combinación estratégica de leguminosas y cereales en la alimentación es una práctica que trasciende fronteras culturales y geográficas, aportando innumerables beneficios tanto para la salud humana como para el medio ambiente. A lo largo de esta exploración, hemos descubierto cómo esta sinergia nutricional se traduce en una fuente completa de aminoácidos esenciales, un equilibrio de nutrientes esenciales y una serie de efectos positivos en la salud metabólica y el control del peso.

La complementación de aminoácidos entre estos dos grupos alimenticios, donde los cereales contribuyen aminoácidos esenciales limitantes y las leguminosas aportan lisina, derivan en una calidad proteica óptima para el desarrollo, regeneración celular y la función enzimática. Conjuntamente, esta combinación brinda una gama equitativa de carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales, lo que favorece a una dieta completa y variada, evadiendo insuficiencias nutricionales.

La influencia positiva de las mezclas apropiadas con leguminosas en el índice glucémico y la sensación de saciedad suscita una respuesta glucémica estable, provechosa tanto para personas con diabetes como para quienes buscan conservar niveles de energía invariables a lo largo del día. A nivel

agrícola, la rotación de cultivos entre leguminosas y cereales enriquece el suelo con nitrógeno, minimiza la necesidad de fertilizantes químicos y fomenta la sostenibilidad agrícola, favoreciendo al bienestar de la Tierra.

La combinación de leguminosas y cereales trasciende lo nutricional y lo agrícola para que la diversidad cultural y el patrimonio culinario se unifiquen. Esta práctica mantiene la sabiduría atesorada de generaciones pasadas y exhibe una solución sostenible para retos contemporáneos, como la seguridad alimentaria y el impacto ambiental. A partir de la mejora de la calidad de las proteínas hasta la promoción de una dieta equilibrada y transformada, la combinación de leguminosas y cereales demuestra ser una elección inteligente tanto para la salud individual como para la prosperidad global.

Finalmente, las reacciones bioquímicas entre cereales y leguminosas y el control de calidad son vitales para su progreso, composición nutricional y usos culinarios. La comprensión de estas reacciones y métodos de análisis no solo es significativo para la producción agrícola y la seguridad alimentaria, sino también, para la programación de dietas equitativas que aprovechen los beneficios nutricionales que ofrecen estos alimentos vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nayik GA, Tufail T, Muhammad Anjum F JAMCG. Composition, Nutritional Attributes, and Potential Applications. *Cereal Grains Compos Nutr Attrib Potential Appl.* :2023. 1–336 p.
2. Garutti M, Nevola G, Mazzeo R, Cucciniello L, Totaro F, Bertuzzi CA et al. The Impact of Cereal Grain Composition on the Health and Disease Outcomes. *Front Nutr* 2022;9(May).
3. Hervert-Hernández D. El papel de los cereales en la nutrición y en la salud en el marco de una alimentación sostenible. *Nutr Hosp* [Internet]. 2022;(Extra 3):4–7. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v39nspe3/0212-1611-nh-39-nspe3-52.pdf>
4. NV G. Utilización de los derivados de cereales y leguminosas en la elaboración de productos cárnicos. *Nacameh.* 2007;1(2):110–7.
5. Figueroa C, Echeverría G, Villarreal G, Martínez X, Ferreccio C, Rigotti A. Introducing Plant-Based Mediterranean Diet as a Lifestyle Medicine Approach in Latin America: Opportunities Within the Chilean Context. *Front Nutr.* 2021;8(June):1–11.
6. Muhie SH. Novel. Approaches and practices to sustainable agriculture. *J Agric Food Res.* 2022;10:100446.
7. Salazar D. Boletín Técnico. 2021;1–15. Available from: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin Tecnico ESPAC 2020.pdf
8. Qin R, Yu J, Li Y, Copeland L, Wang S, Wang S. Structural Changes of Starch-Lipid Complexes during Postprocessing and Their Effect on in Vitro Enzymatic Digestibility. *J Agric Food Chem.* 2019;67(5):1530–6.
9. Salas Macias Carlos Alfredo, Pinargote Chang Miriam Angelica, Garcia Mera George et al. *Agricultura Sostenible. Vol. 6, Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar.* 2018. 128 p.
10. Chen X, Chen M, Lin G, Yang Y, Yu X, Wu Y, et al. Structural development and physicochemical properties of starch in caryopsis of super rice with different types of panicle. *BMC Plant Biol.* 2019;19(1):1–15.

11. Nirmala Prasadi VP, Joye IJ. Dietary fibre from whole grains and their benefits on metabolic health. *Nutrients*. 2020;12(10):1–20.
12. Student MT, Kumar RR, Omments REC, Prajapati A, Blockchain TA, MI Al, et al. Alimentación en tiempos de COVID-19. Estudio de caso para la ciudad de Ambato. *Front Neurosci*. 2021;14(1):1–13.
13. Bolla AM, Caretto A, Laurenzi A, Scavini M, Piemonti L. Low-carb and ketogenic diets in type 1 and type 2 diabetes. *Nutrients*. 2019;11(5):1–14.
14. Grafi G, Singiri JR. Cereal Husks: Versatile Roles in Grain Quality and Seedling Performance. *Agronomy*. 2022;12(1).
15. Sánchez-Zapata E, Viuda-Martos M, Fernández-López J, Pérez-Alvarez JA. Resistant starch as functional ingredient. *Polysaccharides Bioactivity Biotechnol*. 2015;(August 2020):1911–31.
16. Romano A, Mackie A, Farina F, Aponte M, Sarghini F, Masi P. Characterisation, in vitro digestibility and expected glycemic index of commercial starches as uncooked ingredients. *J Food Sci Technol*. 2016;53(12):4126–34.
17. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. 2017;
18. Mesias M, Olombrada E, González-Mulero L, Morales FJ, Delgado-Andrade C. Investigation on heat-induced chemical indexes in traditional and reformulated biscuits. *J Food Compos Anal*. 2021;101(March 2021).
19. Ishaq A, Irfan S, Sameen A, Khalid N. Plant-based meat analogs: A review with reference to formulation and gastrointestinal fate. *Curr Res Food Sci*. 2022;5(April):973–83.
20. Quesada-Molina M, Muñoz-Garach A, Tinahones FJ, Moreno-Indias I. A new perspective on the health benefits of moderate beer consumption: Involvement of the gut microbiota. *Metabolites*. 2019;9(11).
21. Güemes NV. Utilización de los derivados de cereales y leguminosas en la elaboración de productos cárnicos. *Nacameh*. 2007;1(2):110–7.

22. Calero C. Seguridad alimentaria en Ecuador desde un enfoque de acceso a alimentos. Flacso. 2011. 4–52 p.
23. Slavin J. Los Cereales Integrales y la Salud. Univ Minnesota. 2013;3(2):1–12.
24. Louise P. La nutrición y los sistemas alimentarios. Inf del Grup alto Niv Expert en Segur Aliment y Nutr del Com Segur Aliment Mundial, Roma. 2018;172.
25. FAO. Situación Alimentaria [Internet]. 2024. Available from: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
26. Yoon C. Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. Pap Knowl Towar a Media Hist Doc. 2014;
27. Khush GS. Strategies for increasing the yield potential of cereals: Case of rice as an example. Plant Breed. 2013;132(5):433–6.
28. Costa-Font M, Revoredo-Giha C. Importance of health claims in the adoption of new breakfast cereal products in the UK. Nutrients. 2019;11(12).
29. Tamayo Ortiz CV, Alegre Orihuela JC. Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. Siembra [Internet]. 2022;9(1):e3287. Available from: Siembra (2022) 9(1) 1-21
30. Shewry PR, Hey SJ. The contribution of wheat to human diet and health. Food Energy Secur. 2015;4(3):178–202.
31. Murphy KM, Matanguihan JB. Quinoa: Improvement and Sustainable Production [Internet]. 2015. 45 p. Available from: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:130176072>
32. Javier S. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. Fac Ciencias Agrar y For. 2021;
33. Orgaz García G. Adaptación de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) a las condiciones agroecológicas de la zona centro peninsular. 2020;

- 34.F. PRODAR, IICA FAO. Fichas técnicas Procesados de cereales. IICA - Fao -Prodar. 2017;20.
- 35.Chávez Caiza JP, Burbano Rodríguez RT. Cambio climático y sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo. *Let Verdes Rev Latinoam Estud Socioambientales*. 2021;(29):149–66.
- 36.Federación de Asociaciones de Celiacos. Manual de la enfermedad celiaca. España. 2017. 96 p.
- 37.Delgado-Andrade C, R. Olías, J. C. Jiménez-López y AC. Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. *Rev del Cons Super Investig Científicas - CSIC [Internet]*. 2016; Available from: <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3003>
- 38.Figueroa-gonzález JJ, Guzmán-maldonado SH, Herrera- MG, Isabel B. Nutritional and Nutraceutical Quality of Artisan Food Products Supplemented With Bean Flour (*Phaseolus vulgaris* L .) Calidad nutricional y nutraceutica de productos artesanales alimenticios suplementados con harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L .). 2023;30:61–74.
- 39.Suárez LSCVM, More JABJDSÁGHRL, Belinchón MAMMPP. Manual práctico de Nutrición en Pediatría.
- 40.Herrera Flores TS, Moreno Contreras MG, Licea de Anda EM, Arratia Castro AA. Tasas de crecimiento económico de leguminosas de bajo consumo de agua. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2019;10(5):987–98.
- 41.Acosta JEG. Conocimiento , manejo y uso de agrobiodiversidad en tres provincias de la sierra ecuatoriana como aporte a la adaptación al cambio climático [Internet]. Universidad Andina Simón Bolívar; 2023. Available from: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9381/1/T4122-MDSCC-Garces-Conocimiento.pdf>
- 42.Escudero Álvarez González Sánchez EP, Escudero E. La fibra dietética Correspondencia. *Nutr Hosp*. 2006;61–72.
- 43.Astiz V. Harinas de avena enriquecidas con beta-glucanos como ingredientes nutricionales para panes de diferentes variedades de trigo argentinos. 2023 Jun 26 [cited 2025 Sep 23]; Available from: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/156977>

44. Van Kol S, van der Horst HC, de Vries H. To eat or not to eat oats: factors associated with oats consumption using the I-Change model. BMC Public Health. 2024 Dec 1;24(1).
45. Itzayani N, Montiel A, Michelle B, Lira R, Alberto J, Ortega A, et al. Alternativas nutricionales y beneficios a la salud: harinas de trigo (*Triticum*) y avena (*Avena sativa* L.) en contraste con polvos de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) y huitlacoche (*Ustilago maydis*). South Florida J Dev [Internet]. 2024 Dec 24 [cited 2025 Sep 23];5(12):e4825. Available from: <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/article/view/482>
46. Rodriguez Garcia, Gonzalez Diaz TG. Environmental impact of the UEB of Cereals Frank País García of Introducción. 2019; Available from: <https://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/5043>
47. Amara Y. Forbes-Hernández, Greity Betancourt², Daliannis Rodríguez MAG. Capacidad antioxidante total de la dieta vs. balance redox Total antioxidant capacity of the diet vs. redox balance.
48. Beneficios de la Avena | Nutrición y Salud | CLA [Internet]. [cited 2025 Sep 23]. Available from: <https://www.centrallecheraasturiana.es/nutricionysalud/nutricion/grupos-de-alimentos/cereales-y-derivados/avena/>
49. María Elisa Herrera Fontana, Aida Maribel Chisaguano Tonato, Jessica Verónica Jumbo Crisanto, Nancy Pepita Castro Morillo APAO. Universidad San Francisco de Quito, USFQ. 2021 [cited 2025 Sep 23]. Vista de Tabla de composición química de los alimentos: basada en nutrientes de interés para la población ecuatoriana. Available from: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/bitacora/article/view/3326/3730>
50. Romero-Velarde E, Villalpando-Carrión S, Pérez-Lizaur AB, Iracheta-Gerez M de la L, Alonso-Rivera CG, López-Navarrete GE, et al. Consenso para las prácticas de alimentación complementaria en lactantes sanos. Bol Med Hosp Infant Mex. 2016;73(5):338–56.
51. Luis E, Mora A, Juan P, Alvarado DD. VI Congreso Iberoamericano de Tecnología de Alimentos. Vol. 1. 2018.
52. Gualoto Lata JA. Evaluación nutricional de la oca, mashua, quinua y avena para su uso en la elaboración de muesli. [Internet]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2021 [cited 2025 Sep 23]. Available from: <https://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/15542>

53. Paliwal RL. El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción [Internet]. [cited 2025 Sep 23]. Available from: <https://www.fao.org/4/x7650s/x7650s03.htm>
54. García, F., & Pérez F. El maíz en el mundo prehispánico. *An Antropol.* 2004;38(1):157–8.
55. FAO. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021;
56. INIAP. Caracterización del sistema de producción de maíz en la provincia de Los Ríos. Inst Nac Autónomo Investig Agropecu. 2019;
57. Alimentarius C. Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales. Organ las Nac Unidas para la Aliment y la Agric. 2007;4:125.
58. FAO. El maíz en la nutrición humana - Composición química y valor nutritivo del maíz [Internet]. 2019 [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://www.fao.org/4/t0395s/t0395s03.htm>
59. D CA de D (ADA) A de. Postura de la Asociación Americana de Dietética y de la Asociación de Dietistas de Canadá: Dietas Vegetarianas. *Journal of THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION.* 2013;103(8):748–65.
60. Morales Poveda PA, Padilla L, Aristizábal Mont AM. Análisis de las propiedades nutricionales, formas de consumo y potencial aplicación del maíz (*Zea Mays*) en la alimentación humana. Una revisión bibliográfica . In: *Ingeniería en alimentos* [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://repositorio.uco.edu.co/server/api/core/bitstreams/06e099e3-51f1-4654-a206-a7173bbe14f0/content>
61. Reb AM, Solutions HP. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Vol. 30, *Oncology nursing forum.* 2013. 35–50 p.
62. Taxonomía de Los Cereales y Leguminosas Produccion Agropecuaria.
63. Mendoza German VR. Alimentacion de ganado bovino con dietas altas en grano. 2016. 126–165 p.

64. Louise P. La nutrición y los sistemas alimentarios. Informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma. 2018;172.
65. Mellado M, Mtus I, Madariaga R. Ministerio de Agricultura. 2008 [cited 2025 Sep 24]. Antecedentes sobre el centeno en Chile y otros países. Available from: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/128-centeno.pdf
66. Propiedades del Pan de Centeno | IFEMA MADRID [Internet]. [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://www.ifema.es/noticias/alimentacion-bebidas/propiedades-del-pan-de-centeno>
67. Pan de centeno: cuáles son sus propiedades, beneficios y posibles contraindicaciones [Internet]. [cited 2025 Sep 24]. Available from: https://www.eldiario.es/consumoclaro/comer/pan-centeno-son-propiedades-beneficios-posibles-contraindicaciones_1_11950771.html
68. Delgado, M., Castilla, A., & De la Herran E. Guía del cultivo de trigo en Andalucía. Recuperado el 05 de 12 de 2018, de www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa. 2014;
69. FICHA SECTORIAL TRIGO SUBGERENCIA DE ANÁLISIS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS.
70. Nieto M, Garófalo J, Ponce L. Guía Cereales 2021 [Internet]. 2021. 114 p. Available from: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6096>
71. CCDEC. Sistemática y taxonomía vegetal: Identificación de especies botánicas.
72. Shewry PR, Hey SJ. The contribution of wheat to human diet and health. *Food Energy Secur.* 2015;4(3):178–202.
73. Muhammad HM. Compuestos del trigo: una revisión exhaustiva [Internet]. [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://www.oatext.com/wheat-compounds-a-comprehensive-review.php>
74. (FAO) O de las NU para la A y la A. EL AÑO INTERNACIONAL DEL ARROZ: ANTECEDENTES [Internet]. 2004 [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://www.fao.org/4/Y5167E/y5167e02.htm>

75. Marco A. Acevedo WAC y UCB. Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agron Trop*. 2020;56.
76. Rafael Hernández Lozano. El sector arrocerero en el 2018. *Rev ARROZ*. 2018;66.
77. Ortega-Ramírez AT, Trinidad MIQ. Alternativas del uso de la cascarilla de arroz como fuente energética. *Rev FUENTES*. 2021;19.
78. Data E people with, Países D e indicadores de 170 sectores de más de 150. Ranking de los principales países a nivel mundial con mayor consumo de arroz en 2022/2023.
79. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Tablas De Composicion De Alimentos (Ciencia Y Tecnica).
80. Cortez L, Vargas P. Arroz orgánico una alternativa para la seguridad alimentaria en la ciudad de Guayaquil. *Yachana Rev Científica* [Internet]. 2013 [cited 2025 Sep 24];2(1). Available from: <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/200>
81. Bolet Astoviza M, María I, Socarrás M, li S. Alimentación adecuada para mejorar la salud y evitar enfermedades crónicas An appropriate feeding to improve the health and to avoid chronic diseases. *Rev Cuba Med Gen Integr* [Internet]. 2010 [cited 2025 Sep 24];26(2):321–9. Available from: <http://scielo.sld.cu>
82. Olmedilla Alonso B, Farré Rovir R, Asensio Vegas C, Martín Pedrosa M. Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Act Dietética* [Internet]. 2010 Apr 1 [cited 2025 Sep 24];14(2):72–6. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1138032210700146>
83. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: FAO promueve el consumo de legumbres mediante la preparación de la fanesca | FAO en Ecuador [Internet]. 2016 [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/zh/c/1110851/>
84. Lukus P, KM D, AM. D. The Role of Pulses in Cardiovascular Disease Risk for Adults With Diabetes. *Am J Lifestyle Med* [Internet]. 2020;14(6):571–84. Available from: 10.1177/1559827620916698

85. Yu D, Zhang X, Xiang YB, Yang G, Li H, Gao YT, et al. Adherence to dietary guidelines and mortality: A report from prospective cohort studies of 134,000 Chinese adults in urban Shanghai. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2014 [cited 2025 Sep 28];100(2):693–700. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24944055/>
86. Bazzano LA, He J, Ogden LG, Loria C, Vupputuri S, Myers L WP. Legume consumption and risk of coronary heart disease in US men and women: NHANES I Epidemiologic Follow-up Study. *Arch Intern Med* [Internet]. 2001;161(21):2573–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11718588/>
87. Pimpin L, Wu JHY, Haskelberg H, Del Gobbo L, Mozaffarian D. Is Butter Back? A Systematic Review and Meta-Analysis of Butter Consumption and Risk of Cardiovascular Disease, Diabetes, and Total Mortality. *PLoS One* [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2025 Sep 28];11(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27355649/>
88. Legumbres, una saludable opción para reducir el riesgo de infarto y angina de pecho - Fundación Española del Corazón [Internet]. [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/2808-legumbres-una-saludable-opcion-para-reducir-el-riesgo-de-infarto-y-angina.html>
89. Thomas DJ, Shafiee M, Nosworthy MG, Lane G, Ramdath DD, Vatanparast H. Unveiling the Evidence for the Use of Pulses in Managing Type 2 Diabetes Mellitus: A Scoping Review. *Nutrients* [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2026 Mar 14];15(19):4222. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10574713/>
90. Cooper D, Doucet L, Pratt M. Understanding ‘appropriateness’ in multinational organizations. *J Organ Behav* [Internet]. 2007 Apr 1 [cited 2025 Sep 28];28(3):303–25. Available from: [/doi/pdf/10.1002/job.440](https://doi.org/10.1002/job.440)
91. Agrawal S, Ebrahim S. Association between legume intake and self-reported diabetes among adult men and women in India. *BMC Public Health* [Internet]. 2013 [cited 2025 Sep 28];13(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23915141/>

92. Dhillon PK, Bowen L, Kinra S, Bharathi AV, Agrawal S, Prabhakaran D, et al. Legume consumption and its association with fasting glucose, insulin resistance and type 2 diabetes in the Indian Migration Study. *Public Health Nutr* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2025 Sep 28];19(16):3017–26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27329792/>
93. Ramdath D, Renwick S, Duncan AM. The Role of Pulses in the Dietary Management of Diabetes. *Can J Diabetes* [Internet]. 2016 Aug 1 [cited 2026 Mar 14];40(4):355–63. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27497151/>
94. Cardiovascular diseases (CVDs) [Internet]. [cited 2026 Mar 14]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
95. Ecuador implementa el programa HEARTS para luchar contra la hipertensión - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. [cited 2026 Mar 14]. Available from: <https://www.paho.org/es/noticias/17-5-2021-ecuador-implementa-programa-hearts-para-luchar-contra-hipertension>
96. Tse YH, Tuet CY, Lau KK, Tse HF. Dietary modification for prevention and control of high blood pressure. *Postgrad Med J* [Internet]. 2023 [cited 2026 Mar 14];99(1176):1058–67. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37286197/>
97. Pagidipati NJ, Taub PR, Ostfeld RJ, Kirkpatrick CF. Dietary patterns to promote cardiometabolic health. *Nat Rev Cardiol* [Internet]. 2025 Jan 1 [cited 2026 Mar 14];22(1):38–46. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39020052/>
98. Ndanuko RN, Tapsell LC, Charlton KE, Neale EP, Batterham MJ. Dietary patterns and blood pressure in adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Adv Nutr* [Internet]. 2016 [cited 2025 Sep 28];7(1):76–89. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26773016/>
99. Dybvik JS, Svendsen M, Aune D. Vegetarian and vegan diets and the risk of cardiovascular disease, ischemic heart disease and stroke: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Eur J Nutr* [Internet]. 2023 Feb 1 [cited 2025 Sep 28];62(1):51–69. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36030329/>

100. Naja F, Itani L, Nasrallah MP, Chami H, Tamim H, Nasreddine L. A healthy lifestyle pattern is associated with a metabolically healthy phenotype in overweight and obese adults: a cross-sectional study. *Eur J Nutr* [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2025 Sep 28];59(5):2145–58. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31363827/>
101. Kim SJ, De Souza RJ, Choo VL, Ha V, Cozma AI, Chiavaroli L, et al. Effects of dietary pulse consumption on body weight: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2016 May 1 [cited 2025 Sep 28];103(5):1213–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27030531/>
102. Li J, Mao Q qi. Legume intake and risk of prostate cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Oncotarget* [Internet]. 2017 [cited 2025 Sep 28];8(27):44776–84. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28423366/>
103. Durán-Agüero S, Ulloa DM, Cubillos-Schmied G, Fernández-Frías F. Asociación entre hábitos alimentarios e índice de masa corporal normal en soldados chilenos. *Rev Española Nutr Humana y Dietética* [Internet]. 2016 Dec 31 [cited 2025 Sep 28];20(4):316–22. Available from: <https://www.renhyd.org/renhyd/article/view/265>
104. Rinat Ratner G, Samuel Durán A, María Jesús Garrido L, Sebastián Balmaceda H, Liliana Jadue H, Eduardo Atalah S. Impacto de una intervención en alimentación y actividad física sobre la prevalencia de obesidad en escolares. *Nutr Hosp* [Internet]. 2013 [cited 2025 Sep 28];28(5):1508–14. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000500021&lng=es&nrm=iso&tlng=es
105. Bazzano LA, Thompson AM, Tees MT, Nguyen CH, Winham DM. Non-soy legume consumption lowers cholesterol levels: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* [Internet]. 2011 Feb [cited 2025 Sep 28];21(2):94–103. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19939654/>
106. Taku K, Umegaki K, Sato Y, Taki Y, Endoh K, Watanabe S. Soy isoflavones lower serum total and LDL cholesterol in humans: A meta-analysis of 11 randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 2007 Apr 1;85(4):1148–56.

107. Zhu B, Sun Y, Qi L, Zhong R, Miao X. Dietary legume consumption reduces risk of colorectal cancer: evidence from a meta-analysis of cohort studies. *Sci Rep* [Internet]. 2015 [cited 2026 Mar 14];5:8797. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4350074/>
108. Wang Y, Wang Z, Fu L, Chen Y, Fang J. Legume consumption and colorectal adenoma risk: a meta-analysis of observational studies. *PLoS One* [Internet]. 2013 Jun 24 [cited 2025 Sep 28];8(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23826270/>
109. Guerrero Wyss L, Durán-Agüero S. Legume consumption and relationships with chronic noncommunicable diseases. *Rev Chil Nutr*. 2020 Sep 1;47(5):865–9.
110. FITOSTEROLES ALIADOS CONTRA EL COLESTEROL MALO.
111. Guo Q, Wang N, Liu H, Li Z, Lu L, Wang C. The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. – A review. *J Funct Foods*. 2020 Feb 1;65.
112. Petroski W, Minich DM. Is There Such a Thing as “Anti-Nutrients”? A Narrative Review of Perceived Problematic Plant Compounds. *Nutrients* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2025 Sep 28];12(10):2929. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7600777/>
113. Paloma Martínez Castañeiras Tutor M, Gírbés Juan T. Antinutrientes Proteicos de las Leguminosas: Tipos, Toxicidad Y Efectos biológicos.
114. El comercio. El tarwi o chocho: una super leguminosa de los Andes.
115. Peralta Eduardo, Murrillo Angel, Mazon Nelson PJV. Manual agrícola de frejol y otras leguminosas. cultivos, variedades y costos de producción. Programa Nac Legum y granos Andin INIAP. 2013;3:70.
116. FAO. Andean grains and legumes: guidelines for sustainable production. Food Agric Organ United Nations. 2014;
117. Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel MAJS. *Lupinus mutabilis*: Composition, use and production. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;56(9):1454–1487.

118. Gross, R., Von Baer, E., Koch, F., Marquard, R., Saur, M., & Stimming M. Lupins in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1988;
119. Wink, M., & Schimmer O. Molecular modes of action of defensive secondary metabolites of plants. Annual Review of Plant Biology, 50(1), 429–455. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.429>. 2000;
120. Caicedo V. C, Murillo I. A, Pinzón Z. J, Peralta I. E, Rivera M. M. INIAP-450 Andino: Variedad de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Manejo agronomico y recetas para su consumo [Internet]. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas, 1999; 1999 [cited 2025 Sep 24]. Available from: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2576>
121. Spina A, Saletti R, Fabroni S, Natalello A, Cunsolo V, Scarangella M, et al. Multielemental, Nutritional, and Proteomic Characterization of Different *Lupinus* spp. Genotypes: A Source of Nutrients for Dietary Use. Mol 2022, Vol 27, [Internet]. 2022 Dec 9 [cited 2026 Mar 17];27(24). Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/24/8771>
122. Boukid F, Pasqualone A. Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: characteristics, safety and food applications. Eur Food Res Technol 2021 2482 [Internet]. 2021 Nov 13 [cited 2026 Mar 17];248(2):345–56. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-021-03909-5>
123. Gomes PC. Las legumbres y los suelos: un dúo dinámico [Internet]. [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://www.fao.org/newsroom/story/Pulses-and-soils-a-dynamic-duo/es>
124. Ganadería M de A y. Siembran chocho en parcela demostrativa en Cochapamba.
125. Vanguardia L. Habas: propiedades, beneficios y valor nutricional.
126. Saavedra G, Real D, Agrónomo I. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA / MINISTERIO DE AGRICULTURA 169 Haba Vicia faba L. 2020;

127. Baranowska A. Health-Promoting Properties of Broad beans (*Vicia faba* L). *Heal Probl Civiliz* [Internet]. 2024 Nov 5 [cited 2026 Mar 17];18(4):481–90. Available from: <https://hpc.edu.pl/HEALTH-PROMOTING-PROPERTIES-OF-BROAD-BEANS-VICIA-FABA-L-,195388,0,2.html>
128. Ayala Rodríguez VA. Calidad nutricional in vitro de la fracción proteica de haba (*vicia faba*). *Univ Autónoma Nuevo León Fac Salud Pública y Nutr Maest en Ciencias en Nutr* [Internet]. 2021;2(4):1147–52. Available from: <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resources/screen-experiment/titration/experiment/2/5>
129. Ramsay G, Telemans B, Flores M, Medina M, Santini G, Womdim N, et al. Frutas y Hortalizas oportunidades y desafíos para agricultura sostenible a pequeña escala. Vol. 1, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD). 2021. 2–30 p.
130. Kassam A, Friedrich T, Derpsch R. Global spread of Conservation Agriculture. *Int J Environ Stud*. 2019 Jan 2;76(1):29–51.
131. Lara SW, Tsiami A. A Lexicon of Descriptive Sensory Terms for Peas (*Pisum sativum* L.): A Systematic Review. *Foods* 2024, Vol 13, [Internet]. 2024 Jul 19 [cited 2026 Mar 17];13(14). Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/14/2290>
132. Olmedilla Alonso, Begoña; Martín Pedrosa, Mercedes; Farré Rovir, R.; Asensio Vegas C. *Papel de las leguminosas en la alimentación actual*. Elsevier. 2020;
133. Smýkal P, Coyne CJ, Ambrose MJ, Maxted N, Schaefer H, Blair MW, et al. *Legume Crops Phylogeny and Genetic Diversity for Science and Breeding*. *CRC Crit Rev Plant Sci*. 2015 Jun 7;34:43–104.
134. Benítez DA. *Estudio de caracteres florales reproductivos y de la dehiscencia de la vaina en leguminosas*. 2021.
135. Guindon MF, Aguero MG, Gatti I, Cointry E. Comparative analysis of the physicochemical composition of pea cultivars. *Cienc Tecnol Agropecu*. 2021;22(3).

136. Caro MS. Exomorfología, anatomía vegetativa y citología de *Adesmia schickendanzii* (Fabaceae-Papilionoideae) del Noroeste argentino. *Lilloa*. 2016;53(1):3–11.
137. Sjöberg, P. et al. Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Food Chemistry*, 280, 1-7. 2019;
138. Lidia Poggio, Shirley M. Espert RHF. Citogenética evolutiva en Leguminosas americanas. SCIELO. 2018;
139. Mohamed A, Tlahig S, Yehmed Moussa J, Loumerem M. Study of the nutritional quality of peas (*Pisum sativum* L.) under different conservation conditions. *J OASIS Agric Sustain Dev*. 2024 Nov 6;6(03):28–34.
140. América EN, El Caribe LY. PANORAMA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL PARA LOS TERRITORIOS MÁS REZAGADOS 2020. 2020 [cited 2025 Sep 24]; Available from: <https://doi.org/10.4060/cb2242es>
141. Márquez-Mota CC, Rodríguez-Gaytan C, Adjibade P, Mazroui R, Gálvez A, Granados O, et al. The mTORC1-signaling pathway and hepatic polyribosome profile are enhanced after the recovery of a protein restricted diet by a combination of soy or black bean with corn protein. *Nutrients*. 2016;8(9).
142. UNICEF. Desnutrición Crónica Infantil | [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep 24]. Available from: <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrición-crónica-infantil>
143. Dussán-Sarria S, de la Cruz-Noguera RE, Godoy SP. Study of the amino acid profile and proximal analysis of extruded dry pastas based on quinoa flour and peach palm flour. *Inf Technol*. 2019;30(6):93–100.
144. Chan Chan M, Moguel Ordoñez Y, Gallegos Tintoré S, Chel Guerrero L, Betancur Ancona D. Caracterización química y nutrimental de variedades de maíz (*Zea mays* L.) de alta calidad de proteína desarrolladas en Yucatán, México. *Biotechnia*. 2021;23(2):11–21.

145. Mezquita Cerezal P, Gatica Urtuvia V, Quintanilla Ramírez V, Palacios Romero N, Zavala Arcos R. Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; I: Formulación y aceptabilidad. *Nutr Hosp*. 2011;26(1):152–60.
146. BIOTRENDIES. Ideas para combinar cereales y legumbres en un mismo plato.
147. Chiriboga Fernandez JE. Características físicas químicas y nutricionales de mezclas de harinas de haba, quinua, chocho y maíz [Internet]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2024 [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/23453>
148. Flores-Fernández J, Durán-Lugo R, Leal-Martínez MG, Báez-González JG. Cereales y legumbres: Alternativas a la Carne Roja desde la Perspectiva del Valor Biológico y la Salud. 2022;7:13–9.
149. Collins SP, Storrow A, Liu D, Jenkins CA, Miller KF, Kampe C, et al. Contenido denitrogeno, proteínas y aminoácidos de alimentos cereales y leguminosas. 2021;1(Suplemento 2):167–86.
150. Dimina L, Rémond D, Huneau JF, Mariotti F. Combining Plant Proteins to Achieve Amino Acid Profiles Adapted to Various Nutritional Objectives—An Exploratory Analysis Using Linear Programming. *Front Nutr* [Internet]. 2022 Feb 3 [cited 2025 Sep 25];8:809685. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8850771/>
151. Day L. Proteins from land plants - Potential resources for human nutrition and food security. *Trends Food Sci Technol*. 2013 Jul;32(1):25–42.
152. Siddhuraju P, Becker K. Effect of various domestic processing methods on antinutrients and in vitro protein and starch digestibility of two indigenous varieties of Indian tribal pulse, *Mucuna pruriens* Var. utilis. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2001 [cited 2025 Sep 25];49(6):3058–67. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11410009/>
153. Huma N, Anjum FM, Sehar S, Issa Khan M, Hussain S. Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutr Food Sci* [Internet]. 2008 [cited 2025 Sep 25];38(6):570–7. Available from: https://www.researchgate.net/publication/242335497_Effect_of_soaking_and_cooking_on_nutritional_quality_and_safety_of_legumes

154. Kathuria D, Hamid, Gautam S, Thakur A. Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control* [Internet]. 2023 Nov 1 [cited 2026 Mar 18];153:109911. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713523003110>
155. Liu S, Sun H, Ma G, Zhang T, Wang L, Pei H, et al. Insights into flavor and key influencing factors of Maillard reaction products: A recent update. *Front Nutr* [Internet]. 2022 Sep 12 [cited 2026 Mar 18];9:973677. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9511141/>
156. Qi Y, Wang W, Yang T, Ding W, Xu B. Maillard Reaction in Flour Product Processing: Mechanism, Impact on Quality, and Mitigation Strategies of Harmful Products. *Foods* 2025, Vol 14, [Internet]. 2025 Aug 2 [cited 2026 Mar 18];14(15). Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/15/2721>
157. microbiology MGF, 2014 undefined. Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. ElsevierMG GänzleFood Microbiol 2014•Elsevier [Internet]. [cited 2026 Mar 18]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002013000762>
158. Feng R, Yu Q, Bao Y, Chen L, Luo Y, ... YTFR, et al. Myofibrillar protein lipoxidation in fish induced by linoleic acid and 4-hydroxy-2-nonenal: Insights from LC-MS/MS analysis. ElsevierR Feng, Q Yu, Y Bao, L Chen, Y Luo, Y Tan, H HongFood Res Int 2024•Elsevier [Internet]. [cited 2026 Mar 18]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996924004277>
159. Sarion C, Codină G, Environmental ADIJ of, 2021 undefined. Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. *mdpi.com*C Sarion, GG Codină, A DabijaInternational J Environ Res Public Heal 2021•mdpi.com [Internet]. [cited 2026 Mar 18]; Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/8/4332>
160. ALjahdali N, Carbonero F. Impact of Maillard reaction products on nutrition and health: Current knowledge and need to understand their fate in the human digestive system. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2019 Feb 4 [cited 2025 Sep 25];59(3):474–87. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28901784/>

161. Voyer L, Alvarado C. Reacción de Maillard . Efectos patogénicos. Med (Buenos Aires). 2019;2(79):137–43.
162. Salgado-Ordosgoitia RD, Paternina-Contreras AL, Cohen-Manrique CS, Rodríguez-Manrique JA. Analysis of the gelatinization curves of native starches of three species of yam: Criollo (*Dioscorea alata*), Hawthorn (*Dioscorea rotundata*) and Diamond 22. Inf Tecnol. 2019;30(4):93–102.
163. Luis GJ. GELIFICACION Y RETROGRADACION DEL ALMIDON - YouTube [Internet]. [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=AzvTR87J7UM>
164. Cipollone, María Agustina, Tironi VA. Efecto de la fermentación y la digestión gastrointestinal simulada en la generación de péptidos antioxidantes a partir de harina de arveja amarilla (*Pisum sativum*). 2020.
165. Marbelly A. Davila, Elba Sangronis MG. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales.
166. Sanvictores T, Farci F. Biochemistry, Primary Protein Structure. StatPearls [Internet]. 2022 Oct 31 [cited 2025 Sep 28]; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564343/>
167. Davila MA. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales | Request PDF [Internet]. 2003 [cited 2025 Sep 25]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/262496397_Leguminosas_germinadas_o_fermentadas_alimentos_o_ingredientes_de_alimentos_funcionale
168. ISO 13690. Cereals, pulses and milled products-Sampling of static batches. 1999 [cited 2025 Sep 28]; Available from: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/82f3a378-99e5-4ccf-aed3->
169. ISO/TC 34/SC 4. Cereales y legumbres [Internet]. [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://www.iso.org/committee/47874.html>
170. ISO 24333:2009. Cereales y productos a base de cereales — Muestreo [Internet]. [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://www.iso.org/standard/42165.html>

171. INEN 523. Nte Inen de Grasa y Ceniza | PDF | Sustancias químicas | Química [Internet]. [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://es.scribd.com/document/336243253/Nte-Inen-de-Grasa-y-Ceniza>
172. 5223:1995 I. Instituto Nacional de Normalización. [Internet]. [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://ecommerce.inn.cl/iso-5223199512818>
173. AOAC INTERNATIONAL. Métodos oficiales de análisis, 22.a edición (2023) - [Internet]. [cited 2025 Sep 28]. Available from: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
174. WHO Technical Report Series 935 PROTEIN AND AMINO ACID REQUIREMENTS IN HUMAN NUTRITION Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation PROTEIN AND AMINO ACID REQUIREMENTS IN HUMAN NUTRITION Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation PROTEIN AND AMINO ACID REQUIREMENTS IN HUMAN NUTRITION Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. [cited 2025 Sep 29]; Available from: www.who.int/bookorders

“Cereales y Leguminosas” es una obra científica y aplicada que examina de manera integral el papel de estos cultivos en la nutrición humana, la prevención de enfermedades crónicas y la sostenibilidad agrícola. A través de un enfoque progresivo, analiza su origen, composición química y valor nutricional, profundizando en cereales como la quinua, el maíz, el trigo y el arroz, así como en leguminosas representativas como el chocho, el haba y la arveja. El eje central del libro expone la complementariedad proteica entre ambos grupos, explicando el concepto de aminoácido limitante y la importancia de sus mezclas para obtener proteínas de alto valor biológico y mejorar el perfil nutricional de la dieta. Asimismo, aborda las transformaciones bioquímicas que influyen en la calidad de los alimentos y establece lineamientos técnicos de control de calidad e inocuidad bajo estándares normativos. Constituye una herramienta esencial para estudiantes y profesionales comprometidos con una alimentación saludable y sostenible.

Betancourt Ortiz Sarita Lucila

Magíster en Nutrición Clínica y reconocida como la mejor egresada de su promoción, tiene una sólida trayectoria académica y profesional que integra excelencia docente, liderazgo institucional y amplia experiencia asistencial. Ha ejercido la docencia en pregrado y posgrado en prestigiosas instituciones como la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la Universidad San Francisco de Quito, la Universidad Nacional de Chimborazo y la Universidad Técnica de Ambato, consolidando una destacada labor formativa en nutrición. Su proyección internacional se fortaleció mediante su participación en un proyecto de desarrollo rural en Guatemala auspiciado por la Brigham Young University. Durante 26 años se desempeñó como nutricionista clínica en el Hospital San Juan – Riobamba y en consulta privada, combinando la práctica asistencial con la investigación y la publicación científica en revistas indexadas. Ha dirigido y evaluado trabajos de titulación de grado y posgrado, participado en proyectos de vinculación con la comunidad y ocupados cargos académicos y de gestión, incluyendo la dirección de Carrera, el Vicedecanato de la facultad y su participación en comisiones nacionales de evaluación de carreras de Nutrición.

Logroño Veloz Mayra Alexandra

Doctora en Química por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con formación de posgrado como Magíster en Procesamiento de Alimentos por la Universidad Agraria del Ecuador y Magíster en Química con mención en Química-Física por la Universidad Técnica de Ambato, la autora posee más de 17 años de experiencia docente en las carreras de Nutrición y Dietética, Gastronomía y Medicina, impartiendo cátedras clave como Química Orgánica, Bioquímica de los Alimentos, Bromatología, Microbiología, Procesamiento de Alimentos y Gestión e Inocuidad Alimentaria. Su trayectoria investigativa se orienta al desarrollo de alimentos funcionales y productos de alto valor nutricional a partir de recursos locales, liderando proyectos innovadores sobre mezclas deshidratadas de vegetales andinos y harinas combinadas para nuevas propuestas gastronómicas, con resultados publicados en revistas científicas indexadas de alcance internacional. En el ámbito de la vinculación y gestión universitaria, ha participado activamente en proyectos de prevención de la desnutrición infantil y en comisiones de evaluación, investigación y edición científica, destacándose por su liderazgo, rigor académico y compromiso con la excelencia institucional.

ISBN: 978-9942-801-32-6

