



Ahmed El Salous  
Cecilia Valle-Lituma  
Luis Zúñiga-Moreno

# INTRODUCCION A LOS CEREALES EN ECUADOR

composición y  
**PROCESAMIENTOS**





Ahmed El Salous  
Cecilia Valle-Lituma  
Luis Zúñiga-Moreno

# INTRODUCCION A LOS CEREALES EN ECUADOR

composición y  
**PROCESAMIENTOS**

2025 by Atena Editora

Copyright © 2025 Atena Editora

Copyright do texto © 2025, o autor

Copyright da edição © 2025, Atena Editora

Os direitos desta edição foram cedidos à Atena Editora pelo autor.

*Open access publication by Atena Editora*

**Editora chefe**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira Scheffer

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Yago Raphael Massuqueto Rocha



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

A Atena Editora tem um compromisso sério com a transparência e a qualidade em todo o processo de publicação. Trabalhamos para garantir que tudo seja feito de forma ética, evitando problemas como plágio, manipulação de informações ou qualquer interferência externa que possa comprometer o trabalho.

Se surgir qualquer suspeita de irregularidade, ela será analisada com atenção e tratada com responsabilidade.

O conteúdo do livro, textos, dados e informações, é de responsabilidade total do autor e não representa necessariamente a opinião da Atena Editora. A obra pode ser baixada, compartilhada, adaptada ou reutilizada livremente, desde que o autor e a editora sejam mencionados, conforme a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Cada trabalho recebeu a atenção de especialistas antes da publicação. A equipe editorial da Atena avaliou as produções nacionais, e revisores externos analisaram os materiais de autores internacionais.

Todos os textos foram aprovados com base em critérios de imparcialidade e responsabilidade.

# Introducción a los Cereales en Ecuador: composición y procesamiento

## | Autores:

Ahmed El Salous

Cecilia Valle-Lituma

Luis Zúñiga-Moreno

## | Revisão:

Os Autores

## | Diagramação:

Nataly Gayde

## | Capa:

Yago Raphael Massuqueto Rocha

### Datos de catalogación en publicación internacional (CIP)

S175 Salous, Ahmed El  
Introducción a los cereales en Ecuador: composición y  
procesamientos / Ahmed El Salous, Cecilia  
Valle-Lituma, Luis Zúñiga-Moreno. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2026.

Formato: PDF

Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acceso: World Wide Web

Incluye bibliografía

ISBN 978-65-258-3937-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.370261401>

1. Cereales y productos derivados de cereales. I.  
Salous, Ahmed El. II. Valle-Lituma, Cecilia. III.  
Zúñiga-Moreno, Luis. IV. Título.

CDD 664.7

**Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166**

## Atena Editora

☎ +55 (42) 3323-5493

☎ +55 (42) 99955-2866

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



# CONSELHO EDITORIAL

## CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidade de Pernambuco  
Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

# PRESENTACIÓN

## PRESENTACIÓN

El presente libro ofrece una visión integral sobre los principales cereales de interés en el contexto ecuatoriano, abordando de manera sistemática su composición química, valor nutricional y los procesos de transformación mas importante a los que son sometidos desde la cosecha hasta obtener el producto final. A lo largo de sus capítulos se analizan cultivos fundamentales como el arroz, el maíz, el trigo, la avena, el amaranto y la quinua, destacando su relevancia cultural, económica y productiva, así como su contribución al bienestar de la población.

Asimismo, la obra profundiza en los procesos de procesamiento e industrialización de los cereales, poniendo énfasis en cómo estas etapas influyen en la calidad nutricional de los productos derivados. Se examinan tanto los beneficios del procesamiento — como la mejora de la digestibilidad y la seguridad alimentaria— como los desafíos asociados a la pérdida de ciertos micronutrientes, resaltando la importancia de estrategias como la fortificación y el aprovechamiento integral de los subproductos.

Este libro está dirigido a estudiantes, docentes, investigadores y profesionales vinculados a las ciencias agroalimentarias, la nutrición y la agroindustria, así como a todas aquellas personas interesadas en comprender el papel estratégico de los cereales en el desarrollo sostenible. Su contenido busca servir como una herramienta de consulta y formación, contribuyendo al fortalecimiento del conocimiento técnico y científico necesario para impulsar sistemas agroalimentarios más eficientes, nutritivos y sostenibles en el Ecuador y la región.

# SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>EL TRIGO .....</b>	<b>3</b>
Introduccion .....	3
Morfología y Botánica.....	4
Principales usos del trigo .....	5
Estructura del Grano.....	6
Requerimientos Climáticos .....	6
Composición Nutricional.....	6
Procesamiento del trigo.....	7
Harinas .....	9
Sémolas y harinas precocidas .....	9
Impacto nutricional del Procesamiento del Trigo.....	9
Cambios en el valor nutricional (pérdidas y mejoras) .....	9
Fortificación del trigo .....	10
Bioaccesibilidad de nutrientes .....	10
<b>ARROZ .....</b>	<b>11</b>
Introducción .....	11
<b>Morfología del grano de arroz .....</b>	<b>13</b>
Composición (Oryza sativa) .....	13
Procesos del arroz.....	14
Impacto nutricional del Procesamiento del arroz .....	15
<b>MAÍZ .....</b>	<b>16</b>
Introducción .....	16
Compisicion del grano de maíz .....	18
Procesamiento del maíz.....	18
Impacto nutricional del Procesamiento del maíz .....	20



# SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>AVENA SATIVA L .....</b>	<b>21</b>
Introducción .....	21
Poscosecha de la avena .....	22
Producción de harina de avena .....	24
Proceso para la elaboración de leche de avena .....	25
Subproductos industriales .....	26
Composición del grano .....	26
Impacto nutricional del procesamiento de la avena .....	26
 <b>AMARANTO .....</b>	 <b>28</b>
Introducción .....	28
Usos principales del amaranto .....	29
Características del grano .....	31
Composición del amaranto .....	33
Procesos de poscosecha .....	34
Producción de etanol y bioplásticos .....	36
 <b>QUINUA .....</b>	 <b>38</b>
Introducción .....	38
Tipos de Quinua .....	39
Compisicion del grano .....	40
Procesos de Postcosecha .....	41
Procesamiento .....	41
Impacto Nutricional del Procesamiento .....	42
 <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	 <b>44</b>
 <b>AUTORES .....</b>	 <b>52</b>



# INTRODUCCIÓN

Los cereales, tanto a nivel mundial como en América Latina y en Ecuador, constituyen una de las principales fuentes de energía para la mayoría de la población. Estos granos, ricos en carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales, han acompañado la evolución de las civilizaciones humanas desde tiempos antiguos, siendo la base de la alimentación en prácticamente todas las culturas. Entre los más importantes se destacan el trigo, el maíz, el arroz, la cebada, la avena y el centeno, los cuales no solo se consumen directamente, sino que también son la materia prima de una amplia gama de productos alimenticios industriales.

A lo largo de la historia, los cereales han desempeñado un papel crucial en la seguridad alimentaria mundial. Su fácil almacenamiento, alta productividad por hectárea y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas han permitido que se conviertan en cultivos estratégicos para garantizar la disponibilidad de alimentos. En el contexto de los países en desarrollo, los cereales representan un pilar fundamental en la lucha contra la desnutrición y la pobreza, al ser accesibles, económicos y de alto valor nutritivo.

En América Latina, la producción y el consumo de cereales presentan características particulares, influenciadas por factores culturales, económicos y geográficos. El maíz, por ejemplo, es considerado un alimento básico y emblemático de la identidad latinoamericana, no solo por su uso culinario, sino también por su relevancia cultural y simbólica. En países como México, Perú y Ecuador, este cereal está profundamente arraigado en la gastronomía tradicional, dando origen a una diversidad de platos que forman parte del patrimonio cultural de la región. Asimismo, el arroz y el trigo tienen un papel destacado en la dieta diaria de millones de personas, integrándose a diferentes preparaciones que varían según las costumbres locales.

En el caso de Ecuador, los cereales ocupan un lugar prioritario dentro del sistema agroalimentario nacional. El maíz, tanto amarillo como blanco, es uno de los cultivos más extensos y productivos del país, utilizado no solo para el consumo humano, sino también como insumo esencial en la industria avícola y porcina. El arroz, por su parte, es un alimento básico en la mesa ecuatoriana, especialmente en las regiones Costa y Oriente. El trigo y la avena, aunque con menor producción local, son igualmente importantes en la elaboración de pan, pastas y otros productos derivados que tienen gran demanda en el mercado nacional.

Además, con el crecimiento de tendencias alimentarias como el veganismo, el vegetarianismo y la alimentación saludable, los cereales han adquirido aún más relevancia al ser uno de los pilares fundamentales en la dieta basada en plantas. Su versatilidad permite que sean utilizados en la preparación de bebidas vegetales, harinas integrales, barras energéticas, panes sin gluten, entre otros productos que responden a las exigencias de un consumidor moderno más consciente de su salud y del impacto ambiental de su alimentación.

La importancia de los cereales no se limita únicamente a la alimentación humana. Estos granos desempeñan un papel esencial en la nutrición animal, constituyendo la base principal de los alimentos balanceados utilizados en la producción ganadera, avícola y porcina. En este sentido, su producción y procesamiento tienen un efecto multiplicador sobre la economía agroindustrial, impulsando el empleo, la generación de valor agregado y la seguridad alimentaria del país.

Gracias al avance en la tecnología alimentaria y en las ciencias de los alimentos, se han desarrollado múltiples innovaciones que aprovechan los cereales, sus derivados y los subproductos industriales generados durante su procesamiento. Estos desarrollos tecnológicos permiten obtener ingredientes funcionales con propiedades específicas, tales como fibras dietéticas, proteínas vegetales, almidones modificados y compuestos bioactivos con potencial beneficio para la salud. A su vez, dichas innovaciones están siendo cada vez más aplicadas en modelos de **\*\*economía circular\*\***, que buscan optimizar el uso de recursos naturales, minimizar el desperdicio y fomentar la sostenibilidad en toda la cadena de producción y distribución alimentaria.

La innovación y el procesamiento industrial de los cereales no solo tienen como objetivo generar nuevas alternativas alimenticias o responder a las tendencias del mercado. En la actualidad, también se están explorando aplicaciones en áreas no convencionales, como la producción de biocombustibles, bioplásticos y otros materiales biodegradables, ampliando así el potencial económico y ambiental de estos cultivos. De esta manera, los cereales no solo representan una fuente de sustento para la humanidad, sino también una oportunidad estratégica para el desarrollo sostenible y la transición hacia economías más verdes y resilientes.

Este libro tiene como propósito ofrecer una **\*\*visión integral\*\*** sobre los cereales en Ecuador, abordando aspectos relacionados con su composición, los principales procesos de transformación industrial y su relevancia en distintos sectores productivos. Asimismo, se busca poner en valor el potencial de los cereales como materia prima para la innovación tecnológica y el desarrollo de nuevos productos con valor agregado. Se espera que en futuras entregas se profundice en cada tipo de cereal, así como en los procesos específicos que permiten su aprovechamiento integral dentro de un enfoque sostenible, competitivo y acorde a las necesidades del contexto actual.





# EL TRIGO

## Introducción

Yebra,( 2017) nos explica que la palabra trigo procede del latín triticum, que significa trillado, haciendo referencia a la operación de separar el grano de la cáscara que lo recubre.

El trigo es uno de los cultivos que mayor importancia tiene en la vida del hombre. Aún así, nadie sabe en forma exacta, donde y cuando se originaron las plantas de trigo que hoy en día se cultivan. Si bien es cierto, se le atribuyen diversos orígenes, un numero- so grupo de investigadores e historiadores, admiten y suponen con cierto grado de seguridad que el trigo tendría su fuente de origen en la región montañosa y árida del suroeste Asiático, donde las condiciones climáticas, sobre todo lo relacionado a temperaturas son muy variables (Jobet, 1968).

El trigo es el grano alimenticio que domina el comercio mundial con unos 650-685 millones toneladas de producción, 654-660 millones de toneladas de consumo y 160-190 millones de toneladas de producto almacenado anualmente. (Yara, 2025)

El trigo es uno de los cereales más importantes del mundo, con alta producción y consumo global, jugando un rol fundamental en la seguridad alimentaria. Su capacidad de adaptación a distintos ambientes, valor nutricional y versatilidad en la industria alimentaria lo hacen esencial en los sistemas agrícolas y mercados internacionales (Velasquez, 2019).

El principal productor a nivel mundial es China con aproximadamente 130 millones de toneladas, seguido por la India con 90 millones de toneladas, y los EEUU y Rusia con aproximadamente 60 millones de toneladas cada uno. (Yara, 2025).

En el Ecuador el trigo (*Triticum aestivum* L.), junto con el arroz, el maíz y la cebada, son los cereales de mayor importancia. El consumo nacional de trigo supera las 450 000 Tm/año. El Ecuador importa el 98% de los requerimientos internos de trigo según datos del Banco Central del Ecuador en el 2007 (INIAP, 2007).

En este contexto, el INIAP está impulsando el cultivo de trigo en el Ecuador, mediante la producción de semillas con énfasis en la generación de variedades mejoradas que presentan buenas características, con resistencia a las principales enfermedades y de buena calidad molinera. (INIAP, 2007).

El cultivo del trigo, está restringido casi exclusivamente a la región interandina, en provincias como Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua y Carchi. Este cereal requiere temperaturas moderadas, entre 10 y 20 °C, y suelos bien drenados, con un pH cercano a 6.5. La siembra se realiza a finales de la temporada lluviosa, generalmente entre abril y junio, con cosechas hacia agosto o septiembre. Aunque el trigo no es tan ampliamente cultivado como el maíz, sigue siendo importante para la seguridad alimentaria de comunidades indígenas y campesinas de la Sierra (INEC, 2022).

El origen del actual trigo cultivado se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates, en la zona de Mesopotamia, desde Oriente Medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones. Los historiadores y arqueólogos cuentan que las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre datan desde hace más de doce mil años, las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Irak (Arevalo, 2025).

El trigo (*Triticum spp.*) pertenece a la familia Poaceae, pero se ubica dentro de la subfamilia Pooideae, tribu Triticeae. Existen varias especies de trigo, pero las más cultivadas en el mundo son el trigo común (*Triticum aestivum* L.), de grano blando, y el trigo duro (*Triticum durum*), utilizado principalmente en la producción de pastas. A diferencia del maíz, el trigo es una planta autógama, con predominancia de autofecundación (Acevedo, 2002).

El trigo, es una planta delgada, con tallo hueco y entrenudos definidos. Sus hojas son más estrechas, alternas, con una vaina cerrada y lígula prominente. Su inflorescencia es una espiga compuesta por espiguillas alternas, cada una con varias flores hermafroditas. El fruto también es una cariósipide, aunque con mayor contenido proteico en algunas variedades, como el trigo duro (Espitia-Rangel, 2013).

Es una especie hexaploide ( $2n=6x=42$ ), resultado de una hibridación natural entre especies ancestrales. Su alta plasticidad genética le ha permitido adaptarse a climas templados y altitudes elevadas, como las de la Sierra ecuatoriana, donde se cultiva principalmente en provincias como Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi (INEC, 2022).

## Morfología y Botánica

Según (Manangón, 2014) El trigo es una planta herbácea anual perteneciente a la familia Poaceae, que se caracteriza por un sistema radicular fasciculado, con raíces que penetran hasta 1 metro en el suelo para absorber agua y nutrientes. El tallo es hueco, segmentado en nudos, y alcanza alturas variables entre 0.5 y 2 metros según la variedad y condiciones ambientales. Sus hojas son lineales y alargadas, con nervaduras paralelas, compuestas por una vaina que envuelve el tallo y un limbo extendido. La inflorescencia es una espiga con espiguillas que contienen flores.

#### Clasificación Taxonómica

Reino	Plantae (Plantas)
División	Magnoliophyta (Plantas con flores)
Clase	Liliopsida (Monocotiledóneas)
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Gramíneas)
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>Triticum aestivum</i>

### Principales usos del trigo

El trigo es el cereal más utilizado por los seres humanos para su alimentación, por lo que sus usos son variados, la mayoría del trigo se destina a la fabricación de harinas para panificadoras y pastelería. En general, las harinas procedentes de variedades de grano duro se destinan a las panificadoras y a la fabricación de pastas alimenticias, y las procedentes de trigos blandos a la elaboración de masas pasteleras (Castro, 2022).

El trigo se usa también para fabricar: cereales de desayuno, en menor medida, en la elaboración de cerveza, whisky y alcohol industrial. Los trigos de menor calidad y los subproductos de la molienda y de la elaboración de cervezas y destilados se aprovechan como piensos para el ganado, los cuales se destinan pequeñas cantidades a fabricar sucedáneos del café, sobre todo en Europa; el almidón de trigo se emplea como apresto de tejidos (Serna-Saldivar, 1996; Pomeranz, 1988). Además de su uso alimenticio directo (harinas para pan, pastas y productos de panadería), el trigo es fuente de subproductos como el salvado, usado en alimentación animal y suplementos dietéticos. Su germen se emplea en la extracción de aceites y vitaminas, y el almidón tiene aplicaciones industriales variadas (Nuñez, 2010).

En otros países, como México, aproximadamente el 70% es consumida por la industria panificadora, el 11% en la fabricación de galletas y pastas, el 7% en frituras y tortillas y el 12% es comercializada para consumo doméstico (Castro, 2022)

Por otro lado, el trigo, grano que tradicionalmente tiene como destino los molinos, obviamente por un aspecto de precio, hoy podría ser destinado a la generación de concentrado para diferentes animales, entregando con ello una materia prima de importante valor nutritivo. Además, destaca por su alto contenido de energía metabolizable y proteína, parámetros mucho mayores que la avena, la cual es utilizada con mayor frecuencia en alimentación de vacas, terneros y novillos entre otros. (Aproval-Leche AG., 2020)



## Estructura del Grano

El grano del trigo es una cariopsis, fruto seco donde el pericarpio está fusionado a la semilla. Se compone principalmente por:

- **Salvado:** capas externas formadas por pericarpio y testa, ricas en fibra dietética.
- **Endospermo:** constituye alrededor del 82% del peso, contiene principalmente almidón y proteínas, y es la principal fuente energética del grano.
- **Germen:** representa cerca del 2% del peso, contiene lípidos, vitaminas y enzimas importantes para la germinación y valor nutritivo. (Chancusig, 2023).

## Requerimientos Climáticos

El trigo se adapta a climas templados, prefiriendo temperaturas entre 10°C y 25°C durante su crecimiento. Requiere humedad suficiente en la fase vegetativa, pero prefiere condiciones secas en la maduración para evitar enfermedades. En cuanto al suelo, se desarrolla mejor en suelos bien drenados con textura franca a franco-arcillosa y pH ligeramente ácido (5.5 - 6.5), lo que favorece la disponibilidad de nutrientes. (Manangón, 2014)

## Composición Nutricional

El trigo es una fuente importante de carbohidratos, principalmente almidón, que proporciona energía. Además, contiene proteínas, destacando el gluten, que le otorga propiedades viscoelásticas necesarias para la panificación. También aporta fibra dietética (especialmente en el salvado), vitaminas del complejo B, minerales como hierro, magnesio y zinc, y pequeñas cantidades de lípidos. (Chancusig, 2023).

Componente	Cantidad aproximada	Porcentaje del total (%)
Carbohidratos (almidón)	71,0 g	71 %
Proteínas	13,2 g	13,2 %
Fibra dietética	12,2 g	12,2 %
Lípidos (grasas)	2,0 g	2 %
Minerales (Fe, Zn, Mg)	1,6 g	1,6 %
Agua	10,0 g	10 %
Vitaminas (B1, B2, B3)	Trazas (mg)	<0,1 %

**Composición nutricional del trigo (Grano entero por cada 100 g)**

(FAO, 2017)

Los valores reflejan el papel del trigo como una fuente energética esencial, ya que el almidón (carbohidrato complejo) representa más del 70% del peso del grano. Este macronutriente es la principal fuente de calorías, ideal para dietas de trabajo físico o alimentación básica. Las proteínas (13,2%), donde destaca el gluten, son clave para las propiedades viscoelásticas de la harina y para la formación de masa en panadería.

El contenido de fibra dietética (12,2%), concentrado en el salvado, mejora la digestión y regula el metabolismo de azúcares. Aunque los lípidos están en menor proporción (2%), el germen de trigo concentra grasas saludables, vitamina E y enzimas esenciales.

Los minerales y vitaminas del complejo B, aunque en pequeñas cantidades, son vitales para funciones metabólicas y la salud neuromuscular. El bajo contenido de agua (10%) facilita el almacenamiento y la vida útil del trigo.

## Procesamiento del trigo

En el proceso poscosecha del trigo, la cosecha se realiza generalmente con cosechadoras mecánicas cuando el grano alcanza una humedad de entre 12-14%. Tras la cosecha, se procede a la limpieza del grano, eliminando impurezas como tierra, paja, semillas de malezas o granos dañados. El secado suele ser menos crítico que en el maíz debido a que el trigo suele cosecharse en estaciones secas, pero si es necesario, se realiza un secado natural o artificial para evitar el desarrollo de micotoxinas (INIA, 2022).

Los usos del trigo ecuatoriano son principalmente para elaboración de pan, fideos y harinas tradicionales, aunque una gran parte del trigo panadero aún se importa. Las variedades locales, aunque con menor productividad comparadas con variedades internacionales, ofrecen ventajas en resistencia a enfermedades y adaptación a las condiciones del suelo andino. Además, los programas de mejoramiento buscan fortalecer la producción nacional para reducir la dependencia externa (INEC, 2022).

El almacenamiento del trigo debe garantizarse en ambientes secos, limpios y protegidos contra plagas. Se emplean silos metálicos, bodegas ventiladas o sacos de polipropileno con tecnologías herméticas (como los sacos PICS). Es fundamental controlar parámetros como temperatura, humedad relativa y actividad biológica dentro del almacén, ya que los granos son susceptibles al ataque de insectos como el gorgojo y a hongos como *Aspergillus* y *Fusarium* que pueden producir micotoxinas peligrosas (Rodríguez, 2019).

Según Roman (2013) el trigo pasa por diferentes etapas para su procesamiento, las cuales son:

### La trilla

Se realiza para separar los granos del trigo, tradicionalmente realizado en una era, donde las gavillas se pisan con animales, personas o un trillo, aunque también puede hacerse golpeándolas contra una superficie dura, aunque este método es menos eficiente.

### Secado.

El proceso se realiza para reducir el nivel de humedad en los mismos, por debajo de un nivel considerado de seguridad, lo cual contribuye a garantizar su conservación.

### Aventado

Es una etapa del proceso de trilla del trigo que consiste en separar los granos de trigo de la paja y otras impurezas. Tradicionalmente, se realiza lanzando al aire la mezcla de granos y paja, aprovechando la acción del viento o de un ventilado.

### Almacenamiento.

Esta etapa se lleva a cabo tanto a pequeña/media escala, en las instalaciones de procesamiento, como a gran escala, en los grandes centros de distribución y comercialización.

### Limpieza

Los granos que llegan hasta la harinera transportan con ellos elementos extraños tales como pequeñas piedras, tierra, paja o semillas de otros cereales. Por ello es de suma importancia eliminar todos estos contaminantes antes de proceder a la molienda.

### Acondicionamiento del grano

Es una operación previa a la molienda, que consiste en añadir agua al cereal, dejándolo a continuación reposar unas 24 horas, si bien la cantidad de tiempo exacta necesita ser optimizada en función del tipo de cereal

### Molienda

La molienda tiene por objetivo la transformación del endospermo en harina y sémolas, y la separación, lo más íntegras posible de las cubiertas del grano (fibra o salvado) y el germen.

### Envasado y almacenamiento

La harina se envasa en condiciones higiénicas para su distribución y venta. El envasado puede variar desde sacos industriales hasta paquetes para el consumidor final.



## Harinas

El trigo duro (*Triticum durum*) presenta un contenido de proteína que oscila entre el 12% y el 16%, lo que es considerado medio-alto en comparación con otras variedades de trigo. Esta característica es crítica para su aplicación en la panificación industrial. Las harinas de trigo duro son especialmente valoradas por su alto contenido de gluten, que les otorga elasticidad y resistencia durante el procesamiento mecánico. Esta propiedad es fundamental para la estructura del gluten, la cual es esencial para la calidad del pan, ya que afecta no solo la textura, sino también el volumen del producto final (Espítia-Rangel et al., 2022; Villanueva-Flores, 2014).

Los estudios indican que el contenido proteico en las harinas de trigo influye en su comportamiento reológico durante el amasado, así como en sus características funcionales y organolépticas. Por ejemplo, harinas con mayor contenido proteico permiten una mejor formación de gluten, favoreciendo así la calidad del pan (Espítia-Rangel et al., 2022; Villanueva-Flores, 2014). Además, investigaciones indican que variedades de trigo con un contenido de proteína de entre un 11% y un 12% demuestran un rendimiento aceptable en la elaboración de productos panificados (Zegarra et al., 2019). Sin embargo, harinas con un menor contenido proteico son más adecuadas para la producción de ciertos productos, como galletas, donde se propone una menor agresividad en el proceso de mezclado (Lozano et al., 2020).

## Sémolas y harinas precocidas

### Sémolas:

Según Murray et al., (2016). La producción de sémolas y harinas precocidas es un campo de gran interés en la industria alimentaria, especialmente en la elaboración de productos como pastas y cereales. La sémola de trigo duro, particularmente de la variedad *Durum*, se caracteriza por su alto contenido proteico, que oscila entre el 10 y 16%. Este tipo de sémola es crucial para la fabricación de pastas de alta calidad, como macarrones y spaghetti, y se utiliza en la preparación de platos tradicionales en varias culturas, incluyendo el couscous en países árabes.

## Impacto nutricional del Procesamiento del Trigo

### Cambios en el valor nutricional (pérdidas y mejoras)

El procesamiento del trigo, desde la molienda hasta la cocción, genera alteraciones importantes en su perfil nutricional. Uno de los principales efectos negativos es la pérdida de nutrientes durante el refinamiento, ya que en la producción de harina blanca se elimina el salvado y el germen, que son ricos en fibra dietética, ácidos grasos esenciales, vitaminas del complejo B, minerales y antioxidantes (Shewry & Hey, 2015).

No obstante, algunos procesos pueden tener efectos positivos. La cocción inactiva compuestos antinutricionales y mejora la digestibilidad de las proteínas. La fermentación (por ejemplo, en la elaboración del pan) puede aumentar la biodisponibilidad de minerales como el hierro y el zinc (Hurrell & Egli, 2010). Además, técnicas como la micronización o tratamientos térmicos controlados ayudan a preservar mejor los nutrientes (FAO, 2021).

## Fortificación del trigo

La fortificación de la harina de trigo es una estrategia clave a nivel global para prevenir deficiencias nutricionales. Consiste en la adición de micronutrientes esenciales como hierro, zinc, ácido fólico, tiamina, riboflavina y vitamina B12 (Peña-Rosas & Mora, 2009). Esta práctica compensa las pérdidas que ocurren durante el procesamiento y busca garantizar un mínimo aporte nutricional en dietas donde el trigo es base energética.

Se ha demostrado que la fortificación es efectiva en la reducción de anemia, defectos del tubo neural y otras enfermedades carenciales (Ranum, Peña-Rosas, & García-Casal, 2014). Además, su implementación ha sido recomendada por organismos como la FAO y la OMS por su bajo costo y alto impacto poblacional (FAO, 2021).

## Bioaccesibilidad de nutrientes

La bioaccesibilidad de los nutrientes del trigo puede verse limitada por la presencia de antinutrientes como el ácido fítico, que reduce la absorción de minerales como el hierro, calcio y zinc (Hurrell & Egli, 2010). Sin embargo, procesos como la fermentación, el remojo, la germinación o el uso de fitasas permiten disminuir estos compuestos y aumentar la biodisponibilidad de micronutrientes (Hotz & Gibson, 2007).

Además, técnicas térmicas como el horneado o la extrusión pueden mejorar la digestibilidad de proteínas y almidones, contribuyendo a una mejor utilización nutricional del trigo (Shewry & Hey, 2015). Por lo tanto, el procesamiento, cuando se maneja adecuadamente, no solo transforma la textura y sabor, sino que también puede potenciar su valor nutricional (FAO, 2021).



# ARROZ

## Introducción

El arroz es considerado un pilar de la seguridad alimentaria mundial. Su bajo costo, alto rendimiento por hectárea y facilidad de preparación lo hacen accesible a millones de personas. Además, tiene una gran versatilidad culinaria, siendo la base de platos tradicionales en casi todas las culturas: desde el sushi japonés hasta la paella española, el risotto italiano, el arroz chaufa peruano, o el arroz con pollo latinoamericano.

El arroz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, siendo un alimento básico para más de la mitad de la población mundial (Álvarez et al, 2014). Su cultivo tiene un impacto económico y cultural significativo a nivel mundial. En América Latina y otras regiones, el arroz desempeña un papel crucial en la canasta alimentaria y las economías de los hogares (Carlos Mora et al., 2024). China domina el mercado mundial del arroz como el mayor productor e importador, mientras que Brasil se encuentra entre los 10 principales productores y exportadores (Damasio Nery y Cella, 2022). El cultivo del arroz ha propiciado una hibridación cultural en algunas regiones, como se observa en las representaciones simbólicas de los arrozales en Sevilla, España (Sánchez, 2009). La importancia del arroz trasciende la nutrición y la economía, influyendo en la educación y la formación profesional. Por ejemplo, en Ecuador, se están realizando esfuerzos para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje del cultivo del arroz mediante módulos didácticos (Carlos Mora et al., 2024).

El cultivo de arroz tiene una gran importancia económica, social y ambiental en Ecuador, siendo un alimento básico para muchas familias (Lombeida García et al, 2022). Es uno de los principales cultivos del país, junto con el maíz, el banano y la caña de azúcar (Albán et al, 2023). Sin embargo, la producción de arroz enfrenta desafíos como los bajos precios, las cadenas intermedias en la comercialización y el uso de altas dosis de fertilizantes y pesticidas (Lombeida García et al., 2022). También existe preocupación por la presencia de metales pesados como el arsénico en las zonas arroceras, que podrían contaminar este alimento de amplio consumo (Moreno et al,

2022). Para abordar estos problemas y mejorar la producción de arroz, la biotecnología ofrece posibles soluciones, incluyendo técnicas de cultivo de tejidos, caracterización de germoplasma y el desarrollo de nuevas variedades resistentes a enfermedades y agresiones ambientales. Estos avances podrían conducir a la biofortificación, una mejor calidad del grano y productos finales con valor añadido (Almeida, 2019).

Desde el punto de vista nutricional, el arroz blanco es rico en carbohidratos complejos, aporta proteínas vegetales, es bajo en grasas y naturalmente libre de gluten. El arroz integral aporta además fibra, antioxidantes y vitaminas. En regiones con altos niveles de desnutrición, el arroz ha sido enriquecido con micronutrientes como hierro, zinc y ácido fólico para combatir deficiencias nutricionales (FAO, 2021).

Otra clasificación relevante es según el contenido de amilosa y amilopectina, dos tipos de almidón. Por ejemplo, el arroz glutinoso o “sticky rice” tiene muy poca amilosa y mucho de amilopectina, lo que le da su textura pegajosa característica. Este tipo de arroz es común en la cocina del sudeste asiático y se usa en postres o preparaciones que requieren que el arroz se compacte fácilmente.

También se distinguen variedades por su aroma y sabor. El arroz Basmati, originario de India y Pakistán, es un arroz de grano largo con un aroma fragante y sabor delicado. El arroz Jazmín, típico de Tailandia, también es aromático y se caracteriza por una textura ligeramente pegajosa. Ambas variedades son muy apreciadas en platos exóticos y de alta cocina.

La producción de arroz en Ecuador es económica y socialmente significativa, con más de 414.000 hectáreas cultivadas principalmente en las provincias de Guayas y Los Ríos (Viteri y Zambrano, 2017). El sistema de cultivo tradicional enfrenta desafíos, incluyendo altos costos de producción y vulnerabilidad a plagas y cambios climáticos (Cedeño Plaza et al., 2022). La cadena de producción de arroz involucra a múltiples actores, desde productores hasta consumidores, generando más de \$146 millones en actividad económica (Viteri y Zambrano, 2017). Sin embargo, los agricultores enfrentan problemas como los bajos precios de la cosecha y la comercialización dominada por intermediarios (Lombeida García et al., 2022). Para abordar estos desafíos, algunos agricultores están adoptando un sistema de producción intensiva, que ofrece un mayor crecimiento de las plantas, resistencia a las plagas y una rentabilidad potencialmente mayor en comparación con el método tradicional (Cedeño Plaza et al., 2022).

El grano de arroz es usado en la industria alimentaria como una de las principales fuentes de alimentos en el mundo, algunos de sus derivados son: El Arroz blanco / integral / parabolizado, harina de arroz, fideos de arroz, tortillas o galletas de arroz, leche de arroz, aceite de salvado de arroz y hasta pasteles, dulces y postres

La clasificación taxonómica del arroz (*Oryza sativa*), organizada desde el nivel más general hasta el más específico:

Clasificación taxonómica de *Oryza sativa*:

- I Reino: Plantae (plantas)
- I División: Magnoliophyta (plantas con flores)
- I Clase: Liliopsida (monocotiledóneas)
- I Orden: Poales
- I Familia: Poaceae (gramíneas)
- I Género: *Oryza*
- I Especie: *Oryza sativa*

## Morfología del grano de arroz

El grano de arroz presenta una estructura compleja, conformada por varias partes principales. La **cáscara** o cubierta externa (gluma, lema y pálea) protege el grano entero en el arroz con cáscara (Takeda & Kaneko, 2015). Las capas del **pericarpio y la testa**, propias del arroz integral, cumplen una función protectora frente al daño mecánico y la pérdida de humedad (Wang & Palmgren, 2020). El **endospermo** representa la mayor parte del grano y constituye la principal fuente de energía, debido a su alto contenido de almidón (Das & Nayak, 2023; Zhang et al., 2019). Finalmente, el **germen o embrión**, localizado en la base del grano, contiene proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, y es la parte viva capaz de germinar (United States Department of Agriculture [USDA], s.f.).

## Composición (*Oryza sativa*)

El arroz (*Oryza sativa*) es una fuente crucial de alimento a nivel mundial, ya que aporta el 25 % de la ingesta calórica mundial (Kusano et al., 2014). Su composición química varía según los métodos de procesamiento, y el arroz integral contiene mayores niveles de minerales, grasas y fibra que el arroz blanco (Tagliapietra et al., 2024). Los granos de arroz contienen diversos metabolitos, como azúcares, aminoácidos y compuestos aromáticos (Kusano et al., 2014). La paja de arroz, un subproducto agrícola, es rica en compuestos lipofílicos como ácidos grasos, esteroides y triglicéridos, que tienen posibles aplicaciones industriales (Rosado et al., 2022). La composición nutricional de los productos derivados del arroz varía según las técnicas de procesamiento, y el arroz integral, el arroz pulido y el arroz precocido ofrecen diferentes perfiles nutricionales (Tagliapietra et al., 2024). La harina y el almidón de arroz se utilizan en diversos productos alimenticios debido a su naturaleza hipoalérgica y a su ausencia de gluten (Tagliapietra et al., 2024). Comprender la composición química del arroz es crucial para optimizar sus beneficios nutricionales y explorar su potencial en diversas industrias.



## Procesos del arroz

El arroz pasa por un complejo proceso desde su cosecha hasta que llega a las mesas de los consumidores, siendo cada etapa fundamental para asegurar la calidad, seguridad alimentaria y aprovechamiento del cereal (FAO, s.f.; IRRI, s.f.).

- a) Cosecha y trilla. La cosecha del arroz se realiza cuando el grano ha alcanzado su punto óptimo de maduración; luego, mediante la trilla, se separa el grano de la paja utilizando maquinaria o métodos manuales (IRRI, s.f.; IRRI Rice Knowledge Bank, “Harvesting”).
- b) Secado. Tras la trilla, los granos deben ser secados para reducir su contenido de humedad desde aproximadamente 20–25 % hasta 13–14 % para almacenamiento seguro, ya que un secado inadecuado favorece el desarrollo de hongos o deterioro microbiológico (IRRI, “Drying”; FAO, s.f.).
- c) Descascarado. En esta etapa se elimina la cáscara exterior no comestible (husk), resultando en arroz integral que conserva la capa de salvado, el germen y buena parte de sus nutrientes (FAO Post-Harvest Operations; IRRI, “Milling and Processing”).
- d) Blanqueado o pulido. El arroz integral puede someterse a pulido para remover las capas externas y dejar solo el endospermo, generando arroz blanco. Este proceso ocasiona pérdida de nutrientes como vitaminas del complejo B, hierro y fibra (ScienceDirect, “Rice”; FAO, s.f.).
- e) Clasificación y envasado. Luego del pulido, el arroz se clasifica según tamaño y calidad, y se empaqueta en envases sellados para su distribución (FAO, Post-Harvest Operations).

El procesamiento industrial de productos alimenticios derivados del arroz abarca diversos aspectos, desde la calidad del grano hasta el manejo poscosecha y la industrialización (Oliveira y Amato, 2021). El arroz y sus subproductos, como el salvado, tienen numerosas aplicaciones en la producción alimentaria y otras industrias. El salvado de arroz, a menudo desechado, puede utilizarse para desarrollar productos innovadores, sin gluten y ricos en nutrientes, como galletas, en consonancia con prácticas sostenibles y principios de economía circular (Mutuberria et al, 2024).

Uno de los productos más comunes es la harina de arroz, que se obtiene moliendo finamente el arroz blanco o integral en molinos especiales. Este tipo de harina no contiene gluten, por lo que es una excelente alternativa para personas celíacas. Su uso en panadería, pastelería y como espesante en sopas o salsas ha crecido significativamente. El proceso incluye secado del arroz, molienda, tamizado y envasado en condiciones secas para preservar su calidad.

Otro derivado muy popular son los fideos o pastas de arroz, especialmente en la gastronomía asiática. Para su elaboración, se mezcla harina de arroz con agua para formar una masa que luego se estira o se extruye en forma de tiras delgadas. Estas tiras se secan cuidadosamente para prolongar su conservación. En algunos casos, los fideos se precocinan antes de empacarse, lo que facilita su preparación en casa.

También destaca la bebida vegetal de arroz, comúnmente llamada “leche de arroz”. Este producto se obtiene cocinando arroz, que luego se muele con agua hasta obtener una mezcla líquida que se filtra, homogeneiza y pasteuriza. Es una opción popular entre personas con intolerancia a la lactosa, o que siguen dietas veganas.

### **Impacto nutricional del Procesamiento del arroz**

El procesamiento del arroz impacta significativamente su composición nutricional. La molienda reduce el contenido de minerales, grasas y fibra, y el arroz integral retiene niveles más altos de estos nutrientes en comparación con el arroz blanco (Storck et al, 2005). El arroz precocido contiene almidón más resistente, mientras que el arroz blanco tiene almidón más digerible (Storck et al, 2005). Diversos métodos de procesamiento a nivel mundial afectan el contenido, la estabilidad y la retención de macro y micronutrientes (Atungulu y Pan, 2014). El arroz es una fuente primaria de energía debido a su alto contenido de almidón y proporciona proteínas, lípidos, vitaminas y minerales (Walter et al, 2008). Las mejoras genéticas buscan mejorar las características nutricionales del arroz (Walter et al, 2008). Enriquecer el arroz blanco con vegetales, como okra y jamaica, puede mejorar su perfil nutricional, acercándolo al del arroz integral (Souza et al, 2024). El impacto nutricional del procesamiento del arroz resalta la importancia de considerar tanto los factores genéticos como los métodos de procesamiento al evaluar la composición nutricional del arroz (Storck et al, 2005).



# MAÍZ

## Introducción

En Ecuador, el cultivo del maíz se realiza principalmente en dos regiones: la Costa, donde se siembra el maíz duro (*Zea mays* var. *indurata*), y la Sierra, donde predomina el maíz suave (*Zea mays* var. *amylacea*). En la Costa, el clima cálido y húmedo favorece dos ciclos agrícolas al año, mientras que en la Sierra se cultiva durante la época seca, aprovechando la altitud y el clima templado. Estas diferencias geográficas influyen directamente en las prácticas agrícolas, en la duración del ciclo del cultivo y en el tipo de manejo agronómico aplicado (MAG, 2020).

En cuanto a las prácticas tradicionales, muchas comunidades indígenas utilizan métodos ancestrales como la asociación de cultivos (maíz con fréjol o zapallo), el uso de semilla criolla, el riego por gravedad y la fertilización orgánica con estiércol o abonos verdes. Estos métodos han sido transmitidos de generación en generación y se adaptan a los conocimientos locales y a la biodiversidad de los ecosistemas altoandinos. También es común la rotación de cultivos para conservar la fertilidad del suelo y reducir plagas (Caicedo, 2017).

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia Poaceae, subfamilia Panicoideae, tribu Andropogoneae. Es una planta monocotiledónea originaria de Mesoamérica, domesticada hace más de 7.000 años. Su clasificación botánica se fundamenta en características morfológicas como la forma de sus inflorescencias, tipo de semilla y estructura foliar. Es una especie alógama, es decir, se fecunda principalmente mediante polinización cruzada (FAO, 2021).

Taxonómicamente, *Zea mays* L. es una especie diploide ( $2n=20$ ), con una gran variabilidad genética que ha dado lugar a numerosas razas y ecotipos adaptados a distintas condiciones agroclimáticas. En Ecuador, se cultivan diversas razas de maíz como el maíz suave y el duro costeño, que varían en tamaño, color y forma del grano, y que responden a diferentes usos culinarios y comerciales (MAG, 2020).

Su importancia se refleja en su producción anual, que supera los mil millones de toneladas a nivel global (Chand et al., 2022; USDA FAS, 2024). Estados Unidos, China y Brasil figuran entre los principales

productores del maíz (DevelopmentAid, s.f.; ReportLinker, 2023). En América Latina, el maíz tiene una importancia cultural y alimentaria única. Se consume de formas tradicionales como tortillas, arepas, tamales y chicha (Guzzon et al, 2021). En Ecuador, el maíz es un cultivo fundamental para la dieta nacional, especialmente en zonas de la Sierra y la Costa, donde se cultivan variedades nativas y comerciales. Su uso va desde el consumo directo (mazorcas cocidas, mote, chicha) hasta productos industrializados como harinas, balanceados para animales y bioetanol (Maize agro-food systems Ecuador, s.f.). Los usos principales del maíz pueden dividirse en tres categorías: alimentación humana (grano entero, harinas, tortillas, cereales), alimentación animal (forraje, ensilaje, balanceados) e industrial (etanol, almidón, bioplásticos, aceites, productos farmacéuticos). Cada uso implica un tipo específico de procesamiento y distintas variedades del cultivo (Díaz et al, 2024).

Taxonómicamente, el maíz pertenece a la familia Poaceae, género Zea, especie Zea mays L.

#### **Clasificación taxonómica de maíz**

- I Reino:** Plantae
- I División:** Magnoliophyta
- I Clase:** Liliopsida
- I Orden:** Poales
- I Familia:** Poaceae
- I Género:** Zea
- I Especie:** Zea mays L

Desde el punto de vista morfológico, el maíz es una planta robusta, de tallo macizo y entrenudos largos. Presenta hojas grandes, con una vaina envolvente, lámina plana y lígula membranosa. La inflorescencia masculina es una panícula terminal (espiga), mientras que la femenina es una mazorca envuelta en brácteas (tusa) (González, 2018). El fruto del maíz es un grano seco tipo cariósido, adherido al pericarpio.

Dentro del maíz suave, destacan variedades nativas como Harinoso de la Sierra y Mishca, conocidas por su gran adaptabilidad a altitudes entre 2.500 y 3.200 msnm. Estas variedades tradicionales presentan un menor rendimiento por hectárea (entre 1.500 y 2.500 kg/ha), pero son valoradas por su sabor, textura y resiliencia a condiciones climáticas adversas. En cambio, los híbridos mejorados como INIAP H-553 o INIAP H-602 ofrecen rendimientos de hasta 6.000 kg/ha en condiciones óptimas, pero requieren mayor inversión en fertilización y control de plagas (Moreno, 2015).

En la Costa ecuatoriana, se cultivan variedades como INIAP H-551, INIAP H-552 y INIAP 122, todas desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estas variedades híbridas presentan buena resistencia al acame, adaptación a suelos húmedos, y ciclos cortos de producción (90 a 110 días), lo que permite realizar dos ciclos agrícolas por año. Su uso principal es la elaboración de balanceado para aves y cerdos, por su alto contenido energético (FAO, 2021).

## Composición del grano de maíz

El grano de maíz (*Zea mays* L.) es una de las semillas más importantes en la agricultura mundial, debido a su valor nutricional, versatilidad industrial y relevancia cultural. Su estructura se divide principalmente en tres partes: el pericarpio, el endospermo y el germen. El pericarpio es la cubierta externa del grano, compuesta mayormente por celulosa y lignina, lo que le confiere resistencia mecánica y protege a las partes internas (Salinas & Chávez, 2019).

El endospermo representa entre el 80 y el 85 % del peso del grano y es la principal fuente de almidón, siendo el componente más utilizado en la industria alimentaria y bioenergética. Además de almidón, contiene proteínas como la zeína, que aunque es deficiente en aminoácidos esenciales como la lisina y el triptófano, sigue siendo fundamental en dietas complementadas (García-Lara & Serna-Saldívar, 2013).

Por su parte, el germen constituye cerca del 10 % del grano y alberga la mayor parte de los lípidos, vitaminas (especialmente del complejo B y vitamina E) y minerales como el zinc y el hierro. Este componente es clave para la obtención de aceites y productos funcionales de alto valor nutritivo (Vázquez-Carrillo et al., 2020).

Las características físicas del grano, como su color, dureza y tamaño, varían dependiendo de la variedad de maíz y del uso al que esté destinado. Por ejemplo, los maíces duros son más utilizados en la producción de harinas, mientras que los maíces blandos o dentados se prefieren para consumo directo y elaboración de alimentos procesados (Espinosa-Calderón et al., 2016). Esta diversidad ha permitido el desarrollo de múltiples variedades mejoradas y nativas, adaptadas a diferentes condiciones climáticas y culturales

## Procesamiento del maíz

El proceso poscosecha del maíz (*Zea mays*) y del trigo (*Triticum spp*) comprende una serie de operaciones técnicas que buscan conservar la calidad del grano, evitar pérdidas y garantizar su inocuidad para el consumo humano o animal. Estas etapas incluyen: cosecha, secado, limpieza, almacenamiento, y en algunos casos, transformación inicial. Una correcta gestión poscosecha es clave para evitar el

deterioro por hongos, insectos o fermentación, especialmente en países con climas tropicales como Ecuador, donde la humedad puede acelerar la degradación del grano (FAO, 2021).

En el caso del maíz, una vez que las mazorcas alcanzan la madurez fisiológica (aproximadamente 20-25% de humedad), se procede a la cosecha manual o mecanizada. Luego se realiza el desgrane, que consiste en separar los granos de la tusa. Posteriormente, los granos deben ser secados hasta alcanzar un contenido de humedad de alrededor del 13-14%, ideal para el almacenamiento. El secado puede realizarse al sol o mediante secadores artificiales, siendo este último más eficiente y controlado (CIMMYT, 2020)

El procesamiento primario del maíz incluye todas las actividades necesarias para transformar el grano en productos intermedios útiles para consumo humano o industrial. Una de las técnicas más comunes en América Latina es la nixtamalización, un proceso tradicional que consiste en cocer el maíz en agua con cal (hidróxido de calcio), lo que mejora su digestibilidad, incrementa su valor nutricional (aumenta la disponibilidad de niacina y calcio) y permite obtener masa para tortillas, tamales o arepas. Otra forma de procesamiento primario es la molienda seca, donde el grano se separa en fracciones: sémola, harina y germen, usados en cereales, snacks y piensos.

El maíz también puede someterse a molienda húmeda, un proceso más industrializado en el que los granos se remojan para separar los componentes principales: almidón, gluten, fibra y aceite. Esta técnica es común en industrias que producen almidones modificados, jarabes de maíz (como el jarabe de alta fructosa), etanol, y productos fermentados. El subproducto del germen de maíz es fuente de aceite comestible, mientras que la fibra se utiliza en alimentación animal o en formulaciones de fibra dietética (CIMMYT, 2020).

El proceso industrial del maíz depende del tipo de producto final deseado. En la industria alimentaria, el maíz puede ser transformado en una amplia gama de productos, como harinas precocidas, cereales extruidos, snacks, almidones modificados y jarabes. En la molienda húmeda industrial, el maíz se remoja en soluciones sulfurosas para facilitar la separación de sus componentes: almidón, germen, fibra y gluten. Este almidón se puede transformar mediante hidrólisis en jarabe de maíz de alta fructosa, usado como endulzante en bebidas y productos procesados (Belitz et al, 2009). También se produce etanol a partir de la fermentación del almidón, lo que convierte al maíz en una fuente importante de biocombustibles.



## Impacto nutricional del Procesamiento del maíz

El procesamiento del maíz y del trigo conlleva cambios significativos en su valor nutricional, tanto positivos como negativos. Durante la molienda refinada del trigo, por ejemplo, se pierde gran parte del contenido de fibra, vitaminas del complejo B, minerales como el hierro y el zinc, y compuestos bioactivos que se concentran en el salvado y el germen. De manera similar, en el procesamiento del maíz (como en la molienda seca o húmeda), también se eliminan nutrientes esenciales, sobre todo si se desechan el germen y la fibra. No obstante, procesos como la nixtamalización del maíz aumentan la disponibilidad de ciertos nutrientes como el calcio y la niacina, y reducen la presencia de antinutrientes como los fitatos, que interfieren en la absorción de minerales (INEC, 2022)

Por otro lado, diferentes métodos como la molienda, el remojo, la cocción y la nixtamalización afectan el contenido de micronutrientes y la biodisponibilidad (Devika J Suri y S. Tanumihardjo, 2016). Si bien la mayoría de las vitaminas B se pierden durante el almacenamiento y el procesamiento, la fermentación y la nixtamalización pueden aumentar la biodisponibilidad de la riboflavina y la niacina. La biodisponibilidad de minerales mejora con la reducción del ácido fítico mediante diversas técnicas de procesamiento (Devika J Suri y S. Tanumihardjo, 2016). Las variedades de maíz coloreado contienen antioxidantes que pueden ayudar a prevenir enfermedades, pero el procesamiento afecta su concentración (Clara Elena Villacrés Poveda et al., 2019). Los métodos de procesamiento seco y húmedo crean diferentes productos de maíz con composiciones nutricionales variables (A. N. Acad et al., n.d.). Las tortillas nixtamalizadas tradicionales muestran un menor contenido de humedad y ausencia de tiamina y riboflavina en comparación con las tortillas industriales a base de harina. El contenido de proteína y grasa cruda se mantiene constante en las tortillas de masa, pero varía en las tortillas a base de harina debido a los aditivos (J. Morales & R. A. G. Zepeda, 2017).

Por lo mismo, la fortificación del maíz y del trigo ha surgido como una estrategia para contrarrestar las pérdidas nutricionales causadas por el refinamiento industrial. En muchos países, las harinas de maíz y trigo se enriquecen con hierro, ácido fólico, zinc, vitaminas B1, B2 y B3, como política de salud pública para reducir la desnutrición y los defectos del tubo neural en recién nacidos. En Ecuador, por ejemplo, desde el año 2001 se exige la fortificación de harinas con micronutrientes según la normativa del Ministerio de Salud Pública. Esta medida ha contribuido significativamente a mejorar el estado nutricional de la población, especialmente en sectores vulnerables con acceso limitado a dietas variadas (FAO, 2021)



# AVENA SATIVA L

## Introducción

La avena (*Avena sativa* L.) es una planta herbácea bienal que pertenece a la familia Poaceae, es un cereal de gran relevancia a nivel mundial, considerado el quinto en importancia económica dentro de los cereales por su volumen de producción y su amplia adaptabilidad a diferentes condiciones agroclimáticas. En comparación con otros granos, la avena crece bien en condiciones ambientales adversas con nutrientes insuficientes, se puede cultivar en climas fríos y húmedos, tiene bajos requerimientos de fertilizantes químicos, tiene menos plagas y requiere menos control químico, lo que la hace ecológica (Hwang, Kim, & Yang, 2021).

La producción mundial de avena es muy significativa y alcanza **aproximadamente 3,8 millones de toneladas** en Rusia, seguida por Canadá y Australia, que también se encuentran entre los principales productores globales del cereal (TheWorldRanking, 2023).

En América Latina, aunque su producción es limitada, países como Argentina han experimentado un crecimiento en la cosecha de avena, llegando a producir cerca de **556.000 toneladas** en el año comercial 2024/2025 (Statista, 2025).

Los datos antiguos de la FAO muestran que en Ecuador la producción de avena ha sido muy baja en comparación con otros países sudamericanos, pero con presencia en algunas provincias de clima templado (FAO, 2003).

La avena (*Avena sativa*) es valorada no solo por su potencial productivo, sino también por su elevado valor nutricional: alto contenido de fibra soluble, especialmente  $\beta$ -glucano, antioxidantes como avenantramidas, y una composición de grasas mayormente insaturadas, lo que la hace atractiva para productos alimenticios industrializados y funcionales (Alemayehu et al, 2023).

En Ecuador su cultivo se concentra en regiones de la sierra donde condiciones de altitud, clima templado y suelos adecuados favorecen su desarrollo óptimo; aunque la información específica de provincias como Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Loja requiere más estudio local para cuantificar

producción, rendimiento y variedades nativas. En Ecuador, la avena tiene especial relevancia en el sector ganadero, donde se desarrollan variedades forrajeras como la INIAP-Fortaleza 2020 para mejorar la alimentación animal y la producción lechera, lo que evidencia su importancia regional tanto en la seguridad alimentaria como en la economía rural (Jiménez, López, Marín, & Caiza, 2023).

En la alimentación animal, se emplea como forraje o grano molido para ganado, caballos y aves, gracias a su valor nutricional y adaptabilidad a diferentes suelos y climas. A nivel industrial, se utiliza en la producción de cosméticos por sus propiedades calmantes y antiinflamatorias para la piel.

Desde el punto de vista botánico, la avena pertenece a la familia *Poaceae*, tribu *Aveneae*, género *avena*, y la especie más cultivada es *Avena Sativa* L. Es una planta herbácea anual, con buena tolerancia al frío y un ciclo vegetativo que varía entre 120 y 180 días dependiendo del clima.

**Categoría taxonómica**

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División o Filo:</b>	Magnoliophyta (Plantas con flores o angiospermas)
<b>Clase:</b>	Liliopsida (Monocotiledóneas)
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae (Gramíneas)
<b>Subfamilia:</b>	Pooideae
<b>Tribu:</b>	Aveneae
<b>Género:</b>	<i>Avena</i> L.
<b>Especie:</b>	<i>Avena sativa</i> L.

**Poscosecha de la avena**

**Secado de la avena**

Después de la cosecha, el secado es una etapa crítica para garantizar la calidad y la inocuidad de la avena. El grano cosechado suele tener un contenido de humedad entre el 16 % y el 20 %, lo cual es demasiado alto para su almacenamiento seguro. Por lo tanto, debe reducirse al 12 % o menos para prevenir el desarrollo de mohos, levaduras y bacterias. Este secado puede realizarse de forma natural (al sol) o mecánicamente mediante secadores de flujo continuo o por lotes, cuidando que la temperatura no supere los 43 °C para evitar el deterioro del grano y la desnaturalización de sus proteínas (FAO, 2019).

Además del control de temperatura y tiempo, es fundamental monitorear constantemente el contenido de humedad con higrómetros digitales para asegurar un secado uniforme. Un secado deficiente puede facilitar la proliferación de hongos

productores de micotoxinas, como el género *Aspergillus* y *Fusarium*. Por tanto, el secado debe ser rápido, uniforme y controlado para preservar la calidad tecnológica y nutricional del grano (IICA, 2021). Este paso es clave para el éxito de las etapas posteriores como la limpieza y el almacenamiento.

### **Limpieza de la avena**

Una vez seco, el grano pasa por procesos de limpieza para eliminar impurezas como piedras, polvo, tierra, restos vegetales y semillas de otras especies. Este procedimiento suele incluir el uso de zarandas, cribas vibratorias y separadores por aire, que permiten clasificar los granos por tamaño y peso, asegurando un producto más uniforme y comercialmente aceptable. La limpieza también contribuye a reducir la carga microbiana inicial y a prevenir contaminaciones cruzadas en el almacenamiento (FAO, 2013).

Una limpieza eficiente ayuda además a prevenir el desarrollo de plagas e infecciones fúngicas posteriores, ya que las impurezas orgánicas pueden servir como foco de infección. Se recomienda realizar una limpieza inmediata después del secado y aplicar procedimientos estandarizados de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), incluyendo la limpieza de las máquinas y superficies de contacto con los granos para evitar recontaminación (Codex Alimentarius, 2020). Esta etapa es clave para cumplir con estándares de calidad física y sanitaria exigidos por los mercados.

### **Almacenamiento de la avena**

El almacenamiento de la avena requiere condiciones óptimas para preservar su calidad durante el tiempo que permanezca sin procesar. Se recomienda mantener el grano en ambientes con humedad relativa menor al 70 % y temperatura inferior a 20 °C, en silos metálicos, celdas herméticas o sacos sobre tarimas elevadas. El contenido de humedad del grano debe mantenerse por debajo del 12 % para evitar la germinación espontánea, el enranciamiento del aceite del germen y la proliferación de hongos (ISO, 2018).

El control de plagas y hongos en almacenamiento debe realizarse mediante una combinación de estrategias preventivas y correctivas. Entre las medidas están la limpieza previa de las instalaciones, el uso de trampas para insectos, la ventilación periódica y, si es necesario, la fumigación controlada con productos autorizados. Es fundamental evitar la contaminación cruzada con otros productos y monitorear periódicamente la temperatura y humedad del grano para evitar la aparición de micotoxinas, especialmente aflatoxinas y ocratoxinas (FDA, 2023; IICA, 2021). Un buen manejo postcosecha garantiza la inocuidad y el valor comercial del producto final.

## **Producción de harina de avena**

La producción de harina de avena implica un proceso de transformación del grano de avena, que incluye limpieza, descascarillado, molienda y en algunos casos, tratamiento térmico y laminación para la obtención de diferentes productos (Rodríguez et al., 2016), por ello es importante mencionar los procesos, que en este caso son:

### **Recepción y limpieza**

Se recibe la avena y se limpia para eliminar impurezas como polvo, piedras y materiales extraños.

### **Descascarillado**

Se elimina la cáscara o cascarilla del grano de avena.

### **Molienda**

Se muele el grano de avena para obtener diferentes tipos de sémola o harina, dependiendo del grado de molienda.

### **Sémola**

Se obtiene moliendo el grano de manera más gruesa.

### **Harina**

Se obtiene moliendo el grano de manera más fina.

### **Tratamiento térmico**

Se puede someter la avena a un tratamiento térmico para mejorar su sabor, aroma, y textura, especialmente para la producción de hojuelas.

### **Laminación**

El tratamiento térmico seguido de la laminación permite transformar el grano cortado en hojuelas de avena.

### **Clasificación y Envasado**

Los productos finales, como la sémola, harina o hojuelas, se clasifican y envasan para su distribución.

### **Producción de bioplásticos**

La producción de bioplásticos a partir del almidón de avena es una alternativa prometedora a los plásticos convencionales, ya que utiliza un recurso renovable y biodegradable (Gusñay,2021). Este proceso implica la extracción del almidón de la avena, su conversión en un polímero y la adición de plastificantes para mejorar sus propiedades físicas.

La extracción de almidón de avena implica un proceso de molienda, remojo y separación para liberar los gránulos de almidón de la matriz del grano. Este proceso puede ser simple a nivel de laboratorio o más complejo a nivel industrial, involucrando métodos como la molienda en húmedo, el uso de enzimas y la separación por centrifugación o sedimentación (Basantes et al.,2021).

Se combina el almidón extraído con plastificantes como glicerol o sorbitol para mejorar su flexibilidad y procesabilidad (Rodriguez,2017).

El material resultante puede ser moldeado en diversas formas, como películas o envases, utilizando técnicas como el moldeo por inyección, extrusión o termoconformado.

Los bioplásticos de avena son biodegradables, lo que significa que pueden descomponerse por microorganismos en el medio ambiente, reduciendo su impacto ambiental en comparación con los plásticos derivados del petróleo (de Jesus,2020).

Los bioplásticos de avena son una opción prometedora para la fabricación de envases de alimentos y otros productos, reduciendo el impacto ambiental de los residuos de envases (Lopez,2011).

## **Proceso para la elaboración de leche de avena**

Uno de los productos más conocidos con este cereal, es la leche de avena en el cual es importante mencionar los pasos para la elaboración de este y los equipos utilizados para que se lleva a cabo el producto (Sepúlveda,2016).

Para iniciar , es importante llevar a cabo la limpieza y selección del grano, una vez realizado este paso, continua el remojo de la avena por lo general se lleva a cabo de 8 a 12 horas, culminado este proceso, sigue la molienda húmeda con agua, luego se prosigue con la filtración del líquido (leche) y separación del bagazo, posteriormente se desarrolla la pasteurización para asegurar la inocuidad y para culminar, se desarrolla el proceso de homogenización y empaque para obtener un producto final (Guerrero,2010).

### **Aceite de avena**

Extraído del grano entero o de residuos grasos y su uso, se da en cosméticos y suplementos funcionales (Martinez,2019).

### **Bebidas fermentadas**

Kombucha de avena o kéfir vegetal a base de avena, el cual es rico en probióticos y fibras solubles (Villegas et al, 2015)



## Subproductos industriales

La valorización de los subproductos de la avena es importante para la sostenibilidad de la industria alimentaria y para reducir el impacto ambiental de los desechos. La investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones para estos subproductos, como la obtención de fibra con propiedades antioxidantes o la extracción de compuestos bioactivos, son áreas de interés para la industria (Villacorta, 2017). El salvado de avena es un subproducto del descascarado, el cual se lo usa como fibra dietética en panadería y suplementos (Rojas, 2019). Otro ejemplo es el Bagazo de avena, como subproducto de la leche de avena, en el que se usan para galletas, barras energéticas, compostaje.

## Composición del grano

La composición nutricional de los granos de avena se ha estudiado ampliamente, revelando su alto valor nutricional y beneficios para la salud. La avena contiene cantidades significativas de proteína, fibra y compuestos bioactivos como las avenantramidas (Avns) (Ortiz-Robledo et al., 2013). Un estudio sobre avena forrajera en Puno, Perú, encontró una composición química promedio de 27.95% de materia seca, 8.67% de proteína cruda y 46.97% de fibra detergente neutra (Mamani Paredes & Gutiérrez, 2018). Se ha demostrado que las Avns, los principales fitoquímicos de la avena, tienen efectos hipocolesterolémicos, inmunomoduladores, hipoglucémicos, antitumorales, antioxidantes y antiinflamatorios (Kuri García & Pérez, 2020). Entre cuatro variedades mexicanas de avena, los granos de Avemex presentaron el mayor contenido de Avns (3.0-3.6 mg/kg) y de proteína, con una correlación positiva entre ambos (Ortiz-Robledo et al., 2013). Estos hallazgos resaltan el valor nutricional de la avena y su potencial como alimento funcional tanto para consumo humano como para la alimentación animal (Mamani Paredes, 2018; Kuri García y Pérez, 2020).

## Impacto nutricional del procesamiento de la avena

### Cambios en el valor nutricional (pérdidas y mejoras)

El contenido de proteína (con un balance de aminoácidos), carbohidratos y fibra en el grano de avena hacen que sea considerada un alimento de alto valor nutritivo.

El procesamiento de la avena, que incluye etapas como el descascarillado, calentamiento y molienda, es esencial para hacer el grano comestible y mejorar la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, este proceso puede modificar su valor nutricional. Por ejemplo, la avena instantánea suele tener un índice glucémico más alto (IG=75) en comparación con las hojuelas (IG=53) o el grano entero descascarado (IG=55), lo que implica una absorción más rápida de glucosa y menor efecto saciante. No obstante, el procesamiento también puede aumentar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes y facilitar su digestión (Martínez M. F., 2010).

Durante el procesamiento, pueden perderse ciertos nutrientes sensibles al calor como algunas vitaminas como (B1 y B6), compuestos fenólicos. Sin embargo, también puede mejorarse la digestibilidad de proteínas y almidones, y disminuir factores antinutricionales como fitatos y taninos, además la aplicación de calor puede aumentar la biodisponibilidad de algunos antioxidantes como el ácido ferúlico.

### **Fortificación de la avena**

En respuesta a las demandas del mercado y las necesidades nutricionales, existen productos de avena fortificados con vitaminas y minerales, especialmente hierro, calcio y vitaminas del grupo B, lo que contribuye a mejorar el perfil nutricional y combatir deficiencias específicas en la población (Martínez L, 2021).

### **Bioaccesibilidad de nutrientes**

El procesamiento térmico y mecánico de la avena puede mejorar la bioaccesibilidad de nutrientes como la fibra soluble (betaglucanos), antioxidantes (avenantramidas) y proteínas, al romper las paredes celulares y facilitar la acción de enzimas digestivas. Sin embargo, un procesamiento excesivo puede reducir el contenido de algunos micronutrientes sensibles al calor o a la oxidación (Martínez M. F., 2010).



# AMARANTO

## Introducción

Durante cientos de años, los penachos coloridos de los amarantos de grano adornaron los campos de cultivo americanos, desde los Andes del Sur hasta los desiertos del Suroeste Norteamericano. El amaranto fue uno de los alimentos más importantes para las culturas precolombinas, incluyendo Incas, Mayas y Aztecas (Herrera Flores & Götz, 2014).

Existen amarantos también en Asia, Europa y África, pues la familia de estas plantas es grande, pero solo en Mesoamérica y en los Andes alcanzaron el papel de cultivos de importancia, con varias especies y cientos de variedades de alto rendimiento, gracias al desarrollo de sus granos. De los amarantos del Viejo Mundo solo se consumen las hojas tiernas, pues sus semillas son muy pequeñas e indigeribles (Arenas Martínez & Tejerina Oller, 2018).

Los amarantos son plantas extraordinarias: se adaptan con facilidad a distintos climas, son muy resistentes a plagas y enfermedades, toleran las sequías, y a menudo logran crecer en lugares donde ningún otro grano puede hacerlo. Realizan un tipo especial de fotosíntesis, llamado C4, que les permite aprovechar el intenso sol de los trópicos con más eficiencia (Raya-Pérez & Aguirre-Mancilla, 2008). Y por si esto fuera poco, producen además los granos más ricos en proteína que se pueden cultivar (Contreras et al, 2011).

En América hubo dos fuentes principales de domesticación. En México se produjeron dos especies principales de amaranto de grano altamente productivas, el *Amaranthus cruentus* y el *Amaranthus hypochondriacus*. El nombre dado a ambos por los aztecas fue Huauhtli (Aguilera-Cauich et al, 2021). Durante la colonia, los conquistadores condenaron su cultivo por varias razones, que hoy parecen absurdas. El pretexto oficial fue que, en uno de sus festivales principales, los aztecas consumían bizcochos de Huauhtli mezclados con sangre de víctimas sacrificadas. Pero había otras razones: era un alimento importante para los ejércitos aztecas, que podían marchar muchos días alimentándose con bizcochos de amaranto, fáciles de llevar y muy duraderos. El amaranto, además, no constaba en la Biblia, lo cual lo hacía

sospechoso; con su forma especial y coloraciones vistosas (muchas veces de un rojo o anaranjado intensos), seguramente pareció un tanto “diabólico” a los ojos de los misioneros cristianos. Finalmente, el amaranto tiene bajos requerimientos de cultivo, por lo cual los campesinos pobres podían depender de él y vivir lejos del control de los centros de poder coloniales, a diferencia del maíz que requería intensos trabajos agrícolas. Esta última razón, de orden político y económico, fue quizá la que más pesó: el amaranto fue oficialmente prohibido en México, aunque los campesinos mantuvieron su cultivo hasta nuestros días (FAO México, 2024).

La otra fuente de domesticación fueron los Andes Centrales, donde hoy están Perú y Bolivia. Allí se cultiva principalmente el *Amaranthus caudatus*, conocido como coime, del cual se aprovechan las hojas como verdura, el grano como cereal, y toda la planta como forraje (Arenas Martínez & Tejerina Oller, 2018). [agris.fao.org] El amaranto de grano producido en esta zona es el *Amaranthus caudatus*, conocido en quechua como Kiwicha. Dentro del imperio Inca ocupó un lugar especial, como uno de los cultivos más importantes a lo largo del Tawantinsuyu. En los Andes Ecuatoriales se domesticó otra especie, el *Amaranthus quitensis*, conocido como Ataco o Sangorache, de alto valor medicinal pero con poco grano. Ambas especies declinaron durante la colonia, pues fueron erróneamente consideradas alimentos inferiores a los cereales traídos por los europeos. En las zonas mineras del altiplano peruano y boliviano los invasores aceptaron su cultivo y uso pues eran uno de los pocos alimentos disponibles para la sobreexplotada población indígena condenada a la minería. Pero fuera de estas zonas, el cultivo declinó (Carrera, 2020).

## Usos principales del amaranto

El procesamiento de los granos de amaranto puede ser de manera tradicional o bien a través de un proceso de industrialización con mayor complejidad. Para los pequeños productores, las instalaciones consisten en pequeños talleres familiares donde se procesa la semilla de manera artesanal: se verifica el contenido de humedad del grano para enseguida colocar la semilla en comales de barro o metálicos calentados con fuego de leña o de gas para que se infle (esta forma de reventado ya es muy rara) (Ayala Garay et al., 2014)

El grano reventado se criba o cierce para separar el grano que no se expandió, se envasan bolsas para almacenarlo, se vende como cereal o se utiliza como insumo de otros productos. Otra opción es molerlo y cernirlo para obtener harina. El amaranto tiene una serie de aplicaciones similares a la de los cultivos básicos, principalmente del maíz, que van desde dulces artesanales como granola, harinas integrales, alimentos extruidos (frituras), panificados, pastas; hasta productos más sofisticados como aceites comestibles, papillas para bebés, concentrados proteicos, barras energéticas y alimentos nutricionales y funcionales para mejorar la salud humana (FAO, 2024)

Las galletas y panes adicionados con harina de amaranto son un alimento hipoalergénico para los que padecen intolerancia al gluten, y no pueden consumir panificados a base de harina de trigo (Montero-Quintero et al., 2015). Otras maneras de consumo incluyen mazapanes, granolas, harinas, cereales enriquecidos, concentrados, almidones, aceites, sopas, panqués, galletas, pastas, botanas, bebidas, confitería y colorantes del amaranto. Cabe señalar que la semilla es utilizada también como insumo en los sectores de alimentos y bebidas o como materia prima de sectores industriales (químico, cosmetología, farmacéutica, entre otros) (Arenas Martínez & Tejerina Oller, 2018).

Existen también los transformadores que realizan todo el proceso desde el tostado y reventado, para elaborar una gran diversidad de productos, desde los relacionados con la panadería hasta los dulces típicos. Desde el inicio de la historia se recolectaban las hojas y tallos jóvenes que servían como alimento. En la época de los aztecas el amaranto se consideraba un alimento importante, además que lo usaban en ceremonias y festividades religiosas, pues con masa de harina de amaranto a la que le llamaban Zoale, hacían figuras de sus dioses para venerarlos y después comerlos a manera de comunión (Ayala Garay et al., 2014).

Otro uso que le daban a este cultivo era hacer atoles y tamales con la semilla. La hoja de amaranto tiene más hierro que la espinaca, lo que la hace ideal para evitar la anemia que afecta principalmente a mujeres embarazadas y a niños (Contreras et al., 2011).

En los últimos veinte años ha existido un aumento notorio en la investigación y producción de amaranto en América, Asia, África, y varios países del este de Europa. En África, el amaranto es domesticado y considerado como verdura, mientras que en otros países como en Rusia, el amaranto silvestre es usado como forraje. En China se usa el amaranto cultivado para grano y forraje. En Dinamarca, la investigación con amaranto se inició en 1986, pero todavía no se cultiva comercialmente. En otros países se utiliza además de la semilla, la planta (tallos y hojas) que se procesa y consume en la alimentación humana, como forraje para los animales y en la industria farmacéutica (FAO, 2024).

En la India se conoce como *rajgeera*, el grano de los reyes. Se sabe que en la región del Himalaya existen pequeñas unidades de producción, donde se obtiene como un producto de autoconsumo. En Europa el consumo de amaranto como cereal, se hace mezclando amaranto con trigo, linaza y avena entre otros y empleándolo reventado, inflado, como hojuela o cubierto de miel. En los noventa el consumo de amaranto se basaba principalmente en productos que contenían grano reventado, aunque en Estados Unidos ya lo consumía como harina con la que complementaba la mezcla para elaborar panques, muffins y multigranos que promovieran la salud (Montero-Quintero et al., 2015).

El amaranto es utilizado en los Estados Unidos, donde las semillas se combinan con granos de trigo (*Triticum aestivum* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en productos para desayuno, panes, harina de panques y pasta, además se preparan panes de consistencia esponjosa aprovechando sus buenas condiciones para el horneado. En México se prepara con las semillas “tostadas”, molidas o enteras, el conocido plato denominado “atole” y “pinole”, que es una especie de mazamorra, del mismo modo se elaboran los tamales con harina de maíz, tallos y hojas de amaranto picadas, potaje conocido desde la época prehispánica con los nombres de “vauquilitl”, “hoauhquilitl” en México. Los granos reventados se consumen mezclados con miel de abejas, miel de caña o chocolate, dándole diferentes formas en moldes de madera o metálicos a las que se conoce como turrone de kiwicha en Perú (Arenas Martínez & Tejerina Oller, 2018).

Por otro lado, aceite de amaranto tiene un gran valor debido a su elevada cantidad de escualeno. El amaranto se ha integrado en varios alimentos industrializados como productos de repostería (panes, pasteles y galletas), productos de extrusión (hojuelas de cereal, tortillas y pastas) (Garcés et al., 2018).

**Taxonomía del Amaranto**

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>División:</b>	Fanerógama
<b>Clase:</b>	Dicotyledoneae
<b>Subclase:</b>	Archyclamidae
<b>Orden:</b>	Centrospermales
<b>Familia:</b>	Amaranthaceae
<b>Género:</b>	Amaranthus
<b>Especie:</b>	<i>A.Caudatus</i> , <i>A.Cruentus</i> y <i>A.Hypochondriacus</i>
<b>Nombre científico:</b>	<i>Amaranthus</i> L.

**Características del grano**

El amaranto es una planta de cultivo anual que puede alcanzar de 0.5 a 3 metros de altura; posee hojas anchas y abundantes de color brillante, espigas y flores púrpuras, naranjas, rojas y doradas. La familia **Amaranthaceae** reúne cerca de sesenta géneros, de los cuales unas cincuenta son nativas de América y aproximadamente quince corresponden a Europa, Asia, África y Australia (Agudelo & Franco, 1991).

Existen tres especies de amaranto que producen semilla y que, a su vez, son las más apreciadas:



- I **Amaranthus caudatus:** se cultiva en la región de los Andes y se comercializa como planta de decoración, principalmente en Europa y Norteamérica (Arenas Martínez & Tejerina Oller, 2018).
- I **Amaranthus cruentus:** es originaria de México y de los Andes de Sudamérica, con sus razas sudamericanas, mexicana, guatemalteca y africana, donde se cultiva principalmente para obtener grano. También se consume como vegetal (Aguilera-Cauich et al, 2021).
- I **Amaranthus hypochondriacus:** con sus razas aztecas, mercado, mixteco, Nepal y picos procedentes de la parte central de México, se cultiva para obtener grano (Espitia-Rangel et al., 2010).

La planta de amaranto tiene una **panícula (panoja)** muy parecida al sorgo, con una longitud promedio de 50 centímetros a un metro. Esta panoja está formada por muchas espigas que contienen numerosas florcitas pequeñas, que abrigan a una semilla cuyo diámetro varía entre 0.9 y 1.7 milímetros. Esta semilla representa el principal producto de la planta de amaranto, con la que se elaboran diferentes productos como cereales, dulces y harinas (Arenas Martínez & Tejerina Oller, 2018).

El ciclo vegetativo del amaranto tiene un promedio de **180 días**, desde que germina hasta que la semilla alcanza su madurez. Tiene la particularidad de **fijar dióxido de carbono** mediante fotosíntesis tipo C4 y requiere muy poca cantidad de agua para producir la misma cantidad de follaje que otros cereales, lo que lo hace altamente eficiente en condiciones de baja disponibilidad hídrica (García Parra et al, 2019).

### Los granos

Son pequeñas, de forma circular y ovalada, tiene colores dorado, rosa, café, rojo o negro. Está formada por tres partes importantes: primera capa (episperma), la segunda (endospermo), que está constituida por cotiledones que contiene proteína y la capa interna (perisperma) conformado por almidones.

La cosecha se lleva a cabo una vez que el amaranto se torne de color pardo amarillento, seguidamente, se debe dejar secar bajo el sol durante 2 a 3 días, para evitar su germinación descontrolada y otras formas de daño. Después del secado, el grano es separado de las impurezas como tallos y hojas. Si se cosecha antes de que la planta se seque, el grano se adherirá al material húmedo y no se logrará almacenar, para esto, la humedad se debe encontrar entre 10 y 12% para evitar la presencia de mohos (Perez, 2024)



## Composición del amaranto

Según Perez (2024) el almidón es el componente mayoritario del amaranto (50 - 60 % del peso del grano). Se localiza principalmente en el perisperma. El almidón del amaranto está constituido por una baja cantidad de amilosa formada por 500 a 2000 unidades de  $\alpha$ -D-glucosa y por una fracción ramificada (amilopectina) integrada por cadenas lineales de 25 a 30 unidades de  $\alpha$ -D-glucosa. Se diferencia de los almidones de trigo y maíz por su menor capacidad de hinchamiento y viscosidad, alta solubilidad y capacidad de absorción de agua. Los almidones del amaranto suelen gelatinizar a temperaturas superiores a 60°C, mientras que la proteína del amaranto está constituida por 12 - 22% de aminoácidos esenciales, incluyendo la lisina, triptófanos y aminoácidos sulfurados. Estas proteínas se localizan, principalmente, entre el embrión y la cáscara. Su distribución aproximada es: 20.7% albúminas, 19.2% globulinas, 2.2% prolaminas, 44% glutelinas y 13.4% residuos.

Así mismo los granos proporcionan una cantidad considerable de fibra, está constituida por el 78% de fibra insoluble, que incluye: lignina, celulosa, hemicelulosa y almidón resistente; y por el 22% de fibra soluble, que comprende pectinas, gomas y otros carbohidratos no digeribles.

Mientras que los lípidos del amaranto están constituidos por una combinación de ácidos grasos saturados (21.9–26.4%) como palmítico, e insaturados (71.6–72.4%) como linoleico y oleico; que se ubican en la testa y el embrión, principalmente. Además, el aceite derivado de estas semillas es rico en tocoferoles y tocotrienoles (vitamina E y análogos insaturados),

Así mismo, el amaranto se destaca por ser una fuente rica en minerales como calcio, hierro, potasio, fósforo, sodio, zinc y magnesio. Esta característica lo convierte en una opción beneficiosa para personas que padecen de osteoporosis y anemia, para quienes se recomienda su consumo. Además, el magnesio que contiene relaja las arterias y tiene efectos antihipertensivos, anticancerígenos y ayuda a controlar los niveles de glucosa en la sangre (Peña Ocaña, s.f.; Salud Responde, 2023).

Por otro lado, la calidad nutricional de un aceite se define por el tipo de ácidos grasos que contiene, destacando especialmente la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, entre ellos, el ácido linoleico, siendo el más abundante con el 37–45%, y el oleico con aproximadamente el 30%. Además, posee una baja proporción de ácidos grasos saturados, entre 21.9–26.4%, como el ácido palmítico (17%), que provee energía, reduce las enfermedades cardiovasculares e impide la formación de coágulos de sangre (FAO, s.f.; Material Properties, s.f.; Fedepalma, 2017).

## Procesos de poscosecha

### I Recepción y limpieza inicial

El amaranto cosechado se recibe en sacos o bultos y se vierte sobre una tolva de alimentación, luego se utiliza una criba vibratoria para separar partículas gruesas y residuos. También puede usarse aire a presión (sopladores) para eliminar restos más ligeros por diferencia de densidad (Escamilla et al., 2007).

El objetivo de este paso es eliminar materiales no deseados como tierra, piedras, hojas secas, ramitas, insectos y otras impurezas grandes.

Equipos usados:

- I Cribas vibratorias
- I Zarandas manuales o mecánicas
- I Despalilladora (si contiene restos de tallos)

### I Secado

El secado puede hacerse al sol (secado natural) o en secadoras estáticas o de flujo continuo, en estos métodos artesanales, se extiende el grano en mantas negras o sobre pisos de cemento, removiéndolo cada 30 minutos para lograr un secado uniforme, a su vez en sus métodos semi-industriales, se usan hornos de aire caliente controlado.

Su objetivo es disminuir la humedad del grano (de 16–20% a menos de 12%) para evitar proliferación microbiana y permitir almacenamiento seguro.

El tiempo estimado en este proceso es de 4–6 horas (secado mecánico) por cada 1–2 días (secado al sol, dependiendo del clima) (Bressani, 2023).

Equipos usados:

- I Secadora estática
- I Secadora de flujo continuo
- I Bandejas o lonas para secado solar

### I Descascarado (opcional)

En esta etapa se separa la cáscara o pericarpio para mejorar la digestibilidad o textura si el producto se usará para harinas o consumo directo. Aunque no siempre es necesario, pero cuando se desea una textura más suave o mayor blancura en el producto final, se somete a descascarado, se utilizan descascaradoras abrasivas que friccionan los granos entre superficies rugosas, eliminando la capa externa sin dañar el grano (FAO, 2011).

Tiempo estimado: 20–30 minutos por lote

Equipos usados:

- Descascaradora abrasiva
- Aspirador para separar cáscara desprendida

#### 1. Clasificación por tamaño

Los granos pasan por tamices vibratorios con mallas de diferentes calibres, que separan los granos por tamaño, esto mejora la uniformidad del producto para comercialización o transformación (p. ej., reventado o molienda). Aquí los granos se separan en fracciones de tamaño homogéneo, eliminando granos rotos o inmaduros (FAO, 2011).

Tiempo estimado: 15 minutos

Equipos usados:

- Tamizadora vibratoria
- Juego de mallas o cribas

#### ■ Acondicionamiento final y embolsado

El amaranto seco, limpio y clasificado se pasa a tolvas dosificadoras y luego a sacos de polipropileno o bolsas selladas, este proceso es clave para evitar humedad y contaminación cruzada, a su vez prepara a el grano para almacenamiento o transporte en condiciones adecuadas (Gonzales y Valdivia,2017).

Equipos usados:

- Tolva dosificadora
- Balanza
- Selladora manual o automática
- Sacos o envases con barrera de humedad

#### **Producción de sémolas y harinas precocidas**

**Recepción** del grano de amaranto: Se recibió la materia prima de acuerdo a las especificaciones y se almacena en un lugar fresco y seco (Manzo Ramos & López Ornelas, 2018).

**Limpieza:** En esta operación se retiran impurezas como piedras, insectos, pajillas y otras partículas. Esta etapa es esencial para evitar la contaminación cruzada y garantizar la calidad del producto final (FAO, 1993).

**Selección y clasificación:** Se seleccionaron y clasificaron los granos de acuerdo a los requerimientos del producto, eliminando aquellos en mal estado o contaminados (FAO, 1993).

**Lavado y fricción:** Se lavó la materia prima las veces necesarias para reducir la carga microbiana, utilizando agua limpia y, de ser necesario, potabilizada con hipoclorito de sodio (FAO, 1993).

**Molienda:** Esta operación se realizó para reducir el tamaño de los granos de amaranto a partículas correspondientes a la harina. (Rosas Mendoza & Zambrano Zaragoza, s.f.).

**Precocción:** Se utilizaron dos técnicas: método en plancha y en marmita. Para la precocción por plancha se usa la mezcla de amaranto y agua (Manzo Ramos & López Ornelas, 2018).

**Secado:** El producto húmedo se sometió a secado por pulverización en una estufa con aire caliente a 70°C durante 9 horas, o hasta obtener un peso constante y nivel de humedad deseado (Rosas Mendoza & Zambrano Zaragoza, s.f.).

**Molienda final:** Se utilizó la molienda para obtener un producto tipo polvo (harina) (Rosas Mendoza & Zambrano Zaragoza, s.f.).

**Tamizado:** La harina pasó por diferentes mallas para separar los gránulos gruesos y obtener una harina uniforme con la misma granulometría (FAO, 1993).

**Envasado:** El producto final se envasó y almacenó en un ambiente seco y fresco. (Manzo Ramos & López Ornelas, 2018)

## Producción de etanol y bioplásticos

Actualmente, los biocombustibles han despertado gran interés debido a su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en el sector del transporte. El etanol, por ejemplo, se utiliza como aditivo en las gasolinas para elevar su octanaje y mejorar la combustión (Correia Santos et al, 2021).

Una de las técnicas más eficientes para la producción de etanol a partir de materias primas ricas en almidón es la sacarificación y fermentación simultánea (SSF). Este método emplea enzimas como  $\alpha$ -amilasa, amiloglucosidasa y pululanasa, junto con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, para convertir el almidón en etanol en un solo proceso (Nikolić et al, s.f.).

El grano de amaranto contiene aproximadamente un 60% de almidón, lo que lo convierte en una fuente potencialmente viable de carbono para la producción de etanol, diversificando así sus aplicaciones más allá del consumo alimentario (Cuervo et al, 2009).

Además, el almidón no solo se utiliza en biocombustibles, sino también en la elaboración de bioplásticos, que representan una alternativa sostenible a los polímeros derivados del petróleo. Estos biopolímeros, elaborados a partir de almidón modificado, son biodegradables, renovables y contribuyen a la reducción de la huella de carbono (López et al, 2023; Oropeza González et al., 2016).

El almidón del amaranto se logró hidrolizar completamente mediante procesos enzimáticos, obteniéndose una concentración máxima de etanol de **23.62 g/L** y un rendimiento del **46.2%**. Este resultado se alcanzó utilizando el método de **sacarificación y fermentación simultánea (SSF)**, que combina la acción de enzimas como la  $\alpha$ -amilasa y la amiloglucosidasa, junto con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Lauzurique Guerra et al., 2013).

En estudios previos, se ha reportado que el etanol producido a partir de almidón de trigo presenta valores ligeramente superiores: **33 g/L de concentración, 46% de rendimiento** y una **productividad de 0.43 g/L/h** después de 76 horas de fermentación, en comparación con los valores obtenidos del amaranto tras 72 horas (Correia Santos et al, 2021). Estas diferencias pueden atribuirse a la estructura molecular del almidón, la eficiencia enzimática durante la hidrólisis, y la disponibilidad de nutrientes e iones metálicos que facilitan el transporte de azúcares al interior celular (Cuervo et al, 2009). También se puede deber a que cuando se utilizó el almidón de amaranto hubo alguna inhibición enzimática por sustrato, o que haya una acumulación de dextrinas y maltotrealosas, por lo que la levadura no los puede consumir, otra posibilidad es que los requerimientos de iones metálicos no sean suficientes para que los azúcares sean transportados al interior de la célula (Barrón et al, 2015).

El amaranto se presenta como un pseudocereal de alto valor nutricional y versatilidad industrial. sus múltiples aplicaciones en la alimentación humana y animal, así como su potencial en la industria farmacéutica, cosmética y energética.

Además, los granos de amaranto es una fuente rica en proteínas, fibra, minerales y aceites saludables, lo que lo convierte en un alimento funcional y atractivo para consumidores con necesidades dietéticas específicas, como intolerancia al gluten.



# QUINUA

## Introducción

La **quinua** (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un cultivo ancestral de gran relevancia cultural, nutricional y económica en Ecuador. Originaria de la región andina, ha sido cultivada durante siglos en los suelos de altura del país, especialmente en las provincias de **Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi e Imbabura**, donde comunidades indígenas y campesinas han conservado su producción mediante prácticas tradicionales (Murillo et al., 2023; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

La quinua ecuatoriana destaca por su **alto contenido proteico**, su **perfil completo de aminoácidos esenciales** y su **resistencia a condiciones climáticas adversas**, lo que la convierte en un cultivo resiliente y adaptable a los efectos del cambio climático (FAO, 2011; Guamán-Rivera & Flores-Mancheno, 2023). Estas características la posicionan como un alimento estratégico tanto para la **seguridad alimentaria nacional** como para la **oferta de productos agrícolas de alto valor en los mercados internacionales** (Cuadrado, 2012).

En el contexto global, la creciente demanda de alimentos saludables y sostenibles ha impulsado el interés por la quinua ecuatoriana, lo que subraya la importancia de **promover su producción sostenible** como una herramienta clave para el **desarrollo rural**, la **reducción de la pobreza** y la **mejora de la nutrición** en comunidades vulnerables (Peralta & Mazón, 2014; Maldonado, 2023).

Además, es un cultivo versátil que se adapta a diversos climas y suelos, pero prospera en suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos, con buen drenaje y contenido de materia orgánica. Requiere una humedad adecuada para la germinación y un riego ligero y frecuente durante su crecimiento. Es resistente a temperaturas bajas y sequías, pero crece mejor con temperaturas moderadas y riego adecuado. Presenta características propias de coloración y comportamiento de acuerdo a la zona geográfica donde se le cultive. Su ciclo de vida varía desde los 90 a 180 días, la planta es erguida, alcanza alturas variables de 50 a 200 cm, se encuentra clasificada como una planta C3, cuyo sistema radicular consta de una raíz pivotante principalmente; la inflorescencia es racimosa y por la disposición de las flores es considerada una panícula

(panoja); las flores son pequeñas, incompletas y son principalmente hermafroditas. El fruto de la quinoa es un aquenio, cuyas principales características son el alto contenido de proteínas (14%) y una alta concentración de saponinas en la primera capa del epispermo (capa más externa de la semilla). Las semillas pueden ser blancas, cafés, amarillas, grises, rosadas, rojas o negras (PRONALEG, 2019).

Los granos andinos, hoy reconocidos como verdaderos “granos de oro”, destacan por su alto valor nutricional y se consideran alimentos ancestrales con un papel clave en la alimentación del futuro. En Ecuador, estos granos forman parte del legado cultural y agrícola de las comunidades andinas, siendo cultivados por generaciones en zonas de altura como los Andes centrales y del sur. Estudios realizados por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos han posicionado a la quinua y el amaranto como algunos de los mejores alimentos de origen vegetal para el ser humano, al punto de ser seleccionados por la NASA para formar parte de la dieta de los astronautas en misiones espaciales (Tapia, Peralta y Mazón, 2014).

Este cereal posee ocho aminoácidos esenciales para el ser humano, resulta un alimento muy completo. Los granos de quinua pueden ser tostados para la producción de harina o incluso se fermentan para obtener cerveza. La quinua molida es utilizada diariamente para guisos, y para la preparación de panes y otros productos como coladas y sopas (Luis et al., 2018).

**Taxonomía**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Subfamilia	Chenopodioideae
Tribu	Chenopodieae
Género	Chenopodium
Especie	Chenopodium quinoa

**Tipos de Quinua**

La **quinua (Chenopodium quinoa Willd.)** es un pseudocereal andino que presenta una gran diversidad genética, con más de 3,000 variedades adaptadas a distintas zonas agroecológicas de América del Sur. Estas variedades se diferencian por su color, sabor, textura y composición nutricional. Las más comunes en el mercado son la **quinua blanca**, la **quinua roja** y la **quinua negra**, aunque también existen variedades menos frecuentes como la morada y la naranja (Campos-Rodríguez et al., 2022; Reyes Montaña et al., 2006).

### Quinua Blanca

Desde el punto de vista nutricional, la quinua blanca contiene entre **13% y 17% de proteínas**, dependiendo de la zona de cultivo, y es rica en minerales como **hierro (hasta 8.2 mg/100 g)**, **magnesio (hasta 295 mg/100 g)** y **fósforo**, además de contener todos los **aminoácidos esenciales**, incluyendo lisina, metionina y treonina (Blanco Blasco et al., 2002; Rojas et al., 2022).

### Quinua Roja

La **quinua roja** se caracteriza por su sabor más intenso, con notas similares a la nuez, y una textura más firme en comparación con la quinua blanca. Esta variedad contiene un mayor contenido de **carbohidratos complejos y fibra dietética**, lo que la convierte en una excelente fuente de energía sostenida, especialmente útil para personas con alta demanda física, como los deportistas (Campos-Rodríguez et al., 2022).

### Quinua Negra

La **quinua negra** es una variedad menos común, reconocida por su sabor terroso y textura crujiente. Aunque a veces se menciona como un híbrido entre quinua y espinaca, **no existe evidencia científica que respalde esta afirmación**. En realidad, todas las variedades de quinua pertenecen a la misma especie: *Chenopodium quinoa* (Campos-Rodríguez et al., 2022).

Nutricionalmente, la quinua negra destaca por su **alto contenido de proteínas**, que puede alcanzar hasta 18% en peso seco, y por su riqueza en **lisina**, un aminoácido esencial poco común en otros cereales (Gallardo, 2019). También contiene compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que la convierte en un alimento funcional de interés (Vargas Zambrano et al., 2019).

## Compisicion del grano

La **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)** destaca que la composición nutricional y química de los granos de quinua es de gran relevancia debido a su alto contenido y calidad proteica (FAO, 2013). Este pseudocereal es una fuente rica en minerales esenciales como calcio, hierro, potasio, magnesio, fósforo y zinc, así como en aminoácidos como lisina y azufrados como metionina y cistina (Bazile et al., 2014).

El contenido proteico de la quinua es notablemente alto, ya que el embrión representa una proporción significativa de la semilla. En promedio, el grano contiene alrededor del 16% de proteínas, aunque puede alcanzar hasta un 23%, superando ampliamente a otros cereales tradicionales como el trigo o el arroz (Campos-Rodríguez et al., 2022). Además, las proteínas de la quinua presentan un perfil de aminoácidos altamente balanceado, lo que le confiere un elevado valor biológico (Chacchi, 2009).



## Procesos de Postcosecha

Según Mejía, Lewis & Meyhuay, (1997) **para** separar el grano de la planta, se puede realizar de diversas maneras: Manualmente, empleando palos o haitanas, animales de carga, pisando con las ruedas de un tractor, seguido con el proceso de separación o limpieza empleando corrientes de aire se basa en el hecho de que la semilla tiene mayor peso que las impurezas, quedando en la parte más baja por su mayor densidad.

Además se utiliza zarandas o mallas metálicas accionadas manual o mecánicamente se retienen las impurezas (pajas, tierra, residuos vegetales, etc.) las etapas de tamizado y clasificación son fundamentales para garantizar la calidad del grano destinado al consumo o a procesos industriales posteriores. Estas operaciones permiten separar las semillas según su tamaño, peso y forma, y eliminar impurezas como polvo, piedras pequeñas, restos vegetales y semillas dañadas o inmaduras (FAO, 2003).

y se acondiciona la quinua remojándola por 30 minutos a temperatura ambiente con el fin de facilitar la desaponificación, pues al contacto con el agua los cristales de saponina se disuelven, eliminándose posteriormente en el lavado.

Asi mismo se realiza el escarificado, esta proceso consiste en la separación del episperma (descascarado) y segmentos secundarios del grano de quinua, donde se concentra el mayor contenido de saponina, que le confiere el sabor amargo y astringente.

Tambien se seca los granos hasta alcanzar la humedad comercial (12–14%), ya que si contiene mucha humedad se pueden originar fermentaciones que desmejoran la calidad del producto. El método de secado puede ser natural o artificial.

## Procesamiento

### Producción de sémolas y harinas precocidas

La quinua puede procesarse para obtener sémolas y harinas precocidas, que son ingredientes versátiles en la industria alimentaria. La precocción mejora la digestibilidad de los granos y reduce los tiempos de cocción para el consumidor final. Estas harinas y sémolas se utilizan en la elaboración de pastas, panes, productos de repostería, cereales para el desayuno y alimentos infantiles (Tipantuña, 2024).

### Obtención de almidón

Los granos de quinua son una fuente valiosa de almidón, que puede extraerse y utilizarse en diversas aplicaciones industriales, como espesante en alimentos, aglutinante en productos farmacéuticos y aditivo en la fabricación de papel. Además,

a partir de este almidón, es posible producir jarabes, los cuales son edulcorantes naturales que pueden sustituir a otros azúcares en la industria de bebidas y alimentos procesados (Porras, 2024).

### **Producción de etanol**

El alto contenido de carbohidratos en la quinua los convierte en materias primas prometedoras para la producción de etanol a través de procesos de fermentación. Este etanol puede utilizarse como biocombustible, contribuyendo a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles. Asimismo, la biomasa derivada de estos cultivos puede emplearse en la fabricación de bioplásticos, ofreciendo una alternativa sostenible a los plásticos convencionales y ayudando a mitigar la contaminación ambiental (Arévalo, 2023).

### **Subproductos industriales**

Los subproductos industriales de la quinua incluyen harinas, proteínas aisladas, aceites, fibras dietéticas y compuestos bioactivos. Estos derivados se obtienen del procesamiento de granos, hojas y residuos agroindustriales. Se utilizan en alimentos funcionales, suplementos nutricionales y cosméticos por su alto contenido de aminoácidos esenciales, antioxidantes y fibra. Además, poseen propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antihipertensivas. Su aprovechamiento contribuye a la sostenibilidad y a la valorización de cultivos andinos tradicionales (Lopez et al, 2022)

## **Impacto Nutricional del Procesamiento**

Estudios como el de Katharin et al. (2019), han demostrado que el procesamiento tiene un papel importante en la mejora de los componentes nutricionales, especialmente los compuestos bioactivos, como flavonoides y ácidos fenólicos. Algunos tratamientos térmicos, como la cocción, el horneado o el secado pueden afectar los componentes nutricionales y contribuir a la oxidación de proteínas, la degradación del triptófano y la carbonilación de proteínas. Los tratamientos como extrusión y tostado, en la harina de quinua resultan favorables, por contribuir a la degradación de las moléculas de saponina.

Así mismos, Campos-Rodríguez et al. (2022) comparó el perfil nutricional de la quinua en forma natural y la quinua expandida o popeada, la última resultó conservar en gran medida su perfil nutricional y los aminoácidos, donde los ácidos hidroxicinámico e hidroxibenzoico fueron los principales compuestos afectados por el calentamiento en seco. Al final el inflado o popeado de la quinua mejoró la liberación de flavonoides. La quinua hervida presenta ligeramente menor contenido de proteína bruta, grasa bruta, ceniza y almidón. A comparación de la cocción al

vapor/tostado donde este no causa diferencias significativas en la composición proximal. En el caso del contenido total de fenoles y flavonoides de los extractos de quinua, se detectó una mayor reducción con el tratamiento de hervido que con el de cocción a vapor

# BIBLIOGRAFÍA

Albán, M. G., Zambrano, J. L., Caviedes, M., & Carvajal, F. (2023). II Simposio Ecuatoriano del Maíz: Ciencia, Tecnología e Innovación. Archivos Académicos USFQ, 49, 1–67. <https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi49.3109>

Álvarez, R. C., Solís, S. D., Álvarez, G. E., Morejón, R., & Pérez, R. P. (2014). Rice (*Oryza sativa* L.) cultivars evaluation of rationing practices under Cuba conditions. 35, 85–91. <https://www.semanticscholar.org/paper/2f173344ad80e6ea48a5c694cd67d11ef2df0498>

Aliaga Porras, Y. C. (2024). Evaluación del efecto del pretratamiento con fluidos supercríticos y método convencional en las propiedades del almidón de quinua (*chenopodium quinoa*).

Agudelo, C. A., & Franco, P. (1991). Sinopsis de Amaranthaceae de Colombia. *Caldasia*, 16(79), 439–448. Universidad Nacional de Colombia. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/675abc1a0ce2cede71cf6486>

Aguilera-Cauich, E., Rodríguez-Hernández, A. I., & Martínez-González, C. L. (2021). Caracterización morfológica de variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(3), 543–556. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v12n3/2007-0934-remexca-12-03-543.pdf>

Alemayehu, G. F., et al. (2023). Nutritional and phytochemical composition and associated health benefits of oat (*Avena sativa*) grains and oat-based fermented food products. *The Scientific World Journal*.

Andrade, B. (2017). El empaque como oportunidad para el desarrollo del producto y el consumidor responsable: una mirada desde la industria en Norteamérica y Suramérica. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6571929>

Arenas Martínez, M., & Tejerina Oller, M. (2018). El amaranto: cultivo ancestral y alternativa alimentaria en los Andes. *Revista de Ciencias Sociales*, 24(1), 45–60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=280/28056196004>

Arévalo Guayacundo, G. (2023). Aprovechamiento del Almidón de Quinua en un Producto Colombiano a Base de Almidón de Yuca y Queso.

Arevalo, J. (2025). Origen del trigo y su historia.

Atungulu, G. G., & Pan, Z. (2014). Rice industrial processing worldwide and impact on macro- and micronutrient content, stability, and retention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1324(1), 15–28. <https://doi.org/10.1111/nyas.12492>

Ayala Garay, A. V., Rivas-Valencia, P., Cortes-Espinoza, L., de la O Olán, M., Escobedo-López, D., & Espitia-Rangel, E. (2014). La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *Ciencia Ergo Sum*, 21(1), 47–54. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10429976006.pdf>

Basantes, A. I. R., Guijarro, C. A. P., & Yaguarshungo, C. E. N. (2021). Incidencia de las variables de proceso en el rendimiento de la obtención del almidón de avena (*Avena sativa*). *Polo del Conocimiento*, 6(3), 2535–2546.

Bazile, D., Bertero, D., & Nieto, C. (Eds.). (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. FAO y CIRAD. <https://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/alimento-nutritivo/es/>

Blanco Blasco, T., Alvarado-Ortiz, C., Muñoz Jáuregui, A. M., & Muñoz Jáuregui, C. (2002). *Evaluación de la composición nutricional de la quinua blanca procedente de Junín, Puno, Apurímac, Cusco y Ancash*. *Horizonte Médico*, 2(1-2).

Carlos Mora, J. R., Macías Castro, V. E., Echeverría Guzmán, Á. Y., & Guzmán Hernández, R. (2024). Módulo instruccional para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje del cultivo de arroz. *Revista Scientific*, 9(Ed. Esp.), 38–56. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2024.9.e.2.38-56>

Campos-Rodríguez, Y., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinua (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y componentes bioactivos del grano y la hoja. *Scientia Agropecuaria*, 13(3). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172022000300209](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172022000300209)

Chacchi, M. (2009). *Composición química y valor nutricional de la quinua*. En: Formulación y evaluación de las características fisicoquímicas de una bebida nutritiva a base de maracuyá y quinua. <https://1library.co/document/z1dpwmvz>

Chand, K, et al. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D needs. (Artículo). Springer. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-022-01288-7>

Contreras, E., Jaimez, J., Soto, J. C., Castañeda, A., & Añorve, J. (2011). Aumento del contenido proteico de una bebida a base de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Revista Chilena de Nutrición*, 38(3), 322–330. <https://www.redalyc.org/pdf/469/46921378013.pdf>

Cuadrado Alvear, S. A. (2012). *La quinua en el Ecuador: situación actual y su industrialización* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5221>

Das, K., & Nayak, A. (2023). Rice caryopsis: Its nutritive value and medicinal properties. *Journal of Nutrition & Health Sciences*, 10(2), 1–9. <https://www.annexpublishers.com/articles/JNH/10201-Rice-Caryopsis.pdf>

De Oliveira, M., & Amato, G. W. (2021). Arroz: Tecnologia, processos e usos. <https://doi.org/10.5151/9786555062601>

Cuervo, L., Folch, J. L., & Quiroz, R. E. (2009). Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol. *BioTecnología*, 13(3). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/266610846>

DevelopmentAid. (s.f.). Top 10 corn-producing countries worldwide. Recuperado de <https://www.developmentaid.org/news-stream/post/167740/corn-producing-countries-worldwide>

Díaz, J. J. C., et al. (2024). Sustainable maize production by organic amendment. *Researcher'sLinks*. <https://researcherslinks.com/current-issues/Sustainable-Maize-Production-Organic-Amendment/14/32/10208/html>

Espitia-Rangel, E., Mapes-Sánchez, E. C., Núñez-Colín, C. A., & Escobedo-López, D. (2010). Distribución geográfica de las especies cultivadas de *Amaranthus* y sus parientes silvestres en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 421–431. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263120630011.pdf>

FAO México. (2024). El amaranto: cultivo estratégico para la seguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/es/c/1654325/>

FAO México. (2024). Promoviendo la transformación de los sistemas agroalimentarios en México: El rol del amaranto. <https://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/ar/c/1681339/>

FAO. (2010). Grasas y ácidos grasos en nutrición humana: Consulta de expertos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/4/i1953s/i1953s.pdf>

FAO. (2011). *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. <https://www.fao.org/4/aq287s/aq287s.pdf>

FAO. (2013). Manual de manejo poscosecha de granos básicos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2017). Food composition table for use in Latin America. <https://www.fao.org/3/x6877s/x6877s00.htm>

FAO. (2021). Producción y procesamiento del arroz. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>

FAO. (s.f.). Post-harvest operations: Rice. <https://www.fao.org/4/t0567e/T0567E0h.htm>

FAO. (1993). Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Roma, Italia. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/items/9ced-e1d6-b858-4083-9bfe-8c93f83d98bf>

FAO. (2003). Fodder oats: mean values for area harvested, grain yield and total oat yield in main producing countries in South America (Argentina, Brazil, Chile, Ecuador, etc.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAO. (s.f.). Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales. Recuperado de <https://www.fao.org/4/x5062s/x5062s08.htm>

Furtado Souza, L., Sampaio Pereira, E., Medeiros Guilherme, D., Tereza Silva de Medeiros, M., De Albuquerque Verás Câmara, T., & Ferreira dos Santos, A. (2024). Elaboração e análise da composição nutricional de um arroz enriquecido com vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) e quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Ensaio e Ciência: C Biológicas Agrárias e Da Saúde*, 28(1), 79–85. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2024v28n1p79-85>

Gallardo, S. (2019). *Secreto revelado: proteínas con alto contenido de lisina en la quinua*. *Nexciencia, UBA*. <https://nexciencia.exactas.uba.ar>

García, E. D. L., Litardo, R. M., Vélez, M. U., & Pérez, Á. P. (2022). Caracterización de un sistema de producción de arroz (*Oryza sativa* L.) en el cantón Babahoyo. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 9(2), 39–47. <https://doi.org/10.26423/rctu.v9i2.686>

García Parra, M. A., De la Cruz-Cruz, H. A., & Plazas-Leguizamón, N. Z. (2019). Ciclo de vida y curvas en S aplicadas al cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.). *Tecnológicas*, 22(46), 61–76. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344261485015>

Guzzon, F., et al. (2021). Conservation and use of Latin American maize diversity. *MDPI*. <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/1/172>

Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Mancheno, C. I. (2023). *Seguridad alimentaria y producción agrícola sostenible en Ecuador*. *Revista Científica Zambos*, 2(1). <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>

Herrera Flores, J., & Götz, C. M. (2014). El amaranto en la cosmovisión mesoamericana: usos rituales y alimentarios. *Estudios de Cultura Maya*, 44, 123–145. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281/28131396005>

Maldonado, P. (2023). *Seguridad alimentaria y su relación con factores socioeconómicos: caso familia de productores de quinua en Carchi*. *Revista PUCE*. <https://www.revistapuce.edu.ec>

IRRI. (2020). Rice Knowledge Bank. International Rice Research Institute. <https://www.irri.org>

IRRI. (s.f.). Drying. Rice Knowledge Bank. <https://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/drying>

IRRI. (s.f.). Harvesting. Rice Knowledge Bank. <https://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/harvesting>

IRRI. (s.f.). Milling and processing. Rice Knowledge Bank. <https://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/milling>

Kusano, M., Yang, Z., Okazaki, Y., Nakabayashi, R., Fukushima, A., & Saito, K. (2015). Using metabolomic approaches to explore chemical diversity in rice. *Molecular Plant*, 8(1), 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.11.010>

Lauzurique Guerra, Y., Acosta Cordero, L., Pérez Ones, O., & Zumalacárregui de Cárdenas, L. (2013). Procesos de separación en la producción de etanol anhidro. Grupo Análisis de Procesos, Facultad de Ingeniería Química, CUJAE. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/317290602>

López, A., Mejía, N., Zavala, A., & Ramos Flores, M. (2023). Biopolímeros a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*): Una revisión. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/372666511>

Luis, G. M., Hernández, B. R. H., Caballero, V. P., López, N. G. T., Espinoza, V., & Pacheco, L. R. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR*, 3(6), 423–436.

Mejía, D., Lewis, B., & Meyhuay, M. (1997). *Quinua: Operaciones de poscosecha* (Compendio de poscosecha). Instituto de Desarrollo Agroindustrial



Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). *Informe de rendimientos objetivos de quinua*. <https://sipa.agricultura.gob.ec>

Maize agro-food systems to ensure food and nutrition security in reference to the Sustainable Development Goals. (s.f.). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/336773057\\_Maize\\_agro-food\\_systems\\_to\\_ensure\\_food\\_and\\_nutrition\\_security\\_in\\_reference\\_to\\_the\\_Sustainable\\_Development\\_Goals](https://www.researchgate.net/publication/336773057_Maize_agro-food_systems_to_ensure_food_and_nutrition_security_in_reference_to_the_Sustainable_Development_Goals)

Manzo Ramos, F., & López Ornelas, G. (2018). Cambios, ajustes y sinergias: De la elaboración artesanal a la agroindustria del amaranto en Santiago Tulyehualco, Xochimilco, DF. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/322464799>

Montero-Quintero, K. C., Moreno-Rojas, R., Molina, E. A., Colina, M. S., & Sánchez-Urdaneta, A. B. (2015). Evaluación de panes enriquecidos con amaranto para regímenes dietéticos. *Interciencia*, 40(7), 473–478. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33940000006.pdf>

Murillo, Á., Vega, L., Rodríguez, D., & Yumisaca, F. (2023). *Manual del cultivo de quinua en Ecuador*. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec>

Mutuberria, M., Giménez, M. B., & Graiver, N. (2024). Aprovechamiento de un subproducto de la industria arroceras para el desarrollo de un alimento innovador. *Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social*, 6, 048. <https://doi.org/10.24215/26838559e048>

NIH. (2025). Supplement Facts - Red Lightning Proprietary Blend. National Institutes of Health. Recuperado de <https://api.ods.od.nih.gov/dslid/s3/pdf/49831.pdf>

Nikolić, S., Mojović, L., Rakin, M., Pejčin, J., Djukić-Vuković, A., & Bulatović, M. (s.f.). Simultaneous Enzymatic Saccharification and Fermentation (SSF) in Bioethanol Production from Corn Meal. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/227945371>

Oropeza González, R. A., Montes Hernández, A. I., & Padrón Pereira, C. A. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/309707042>

Peralta, E., & Mazón, N. (2014). *La quinua en Ecuador*. En D. Bazile, D. Bertero & C. Nieto (Eds.), *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* (pp. 462–476). FAO

Plaza, J. W. C., Campoverde, J. M. Q., Montealegre, V. J. G., Unda, S. A. B., & Aguilar, M. A. E. (2022). Comparación económica entre el sistema tradicional y el sistema intensivo de la producción de arroz en el Ecuador. *South Florida Journal of Development*, 3(1), 985–995. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-076>

Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA). (2019). Ficha técnica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 17 p.

Reyes Montaña, E. A., Ávila Torres, D. P., & Guevara Pulido, J. O. (2006). *Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región andina*

Raya-Pérez, J. C., & Aguirre-Mancilla, C. L. (2008). Fotosíntesis C4 en amaranto: eficiencia y adaptación a ambientes tropicales. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(2), 89–96. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v14n2/v14n2a2.pdf>

ReportLinker. (2023). Global maize production share by country. Recuperado de <https://www.reportlinker.com/dataset/d534ce64c24a4bdda0d0ae1703984461d17faf73>

Rojas, W., Vargas Mena, A., & Pinto Porcel, M. (2022). Valor nutricional de la quinua: diversidad genética y aplicaciones agroindustriales. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(2).

Rosas Mendoza, M. E., & Zambrano Zaragoza, M. L. (s.f.). Difusión de humedad en harina de amaranto (*Amaranthus cruentus*). UNAM. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/268266059>

Rosado, M. J., Marques, G., Rencoret, J., Gutiérrez, A., & Del Río, J. C. (2022). Chemical composition of lipophilic compounds from rice (*Oryza sativa*) straw: An attractive feedstock for obtaining valuable phytochemicals. *Frontiers in Plant Science*, 13, 868319. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.868319>

Stordk, C. R., da Silva, L. P., & Comarella, C. G. (2005). Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. *Alimentos e Nutrição*, 16, 259–264.

Statista. (2025). Production volume of oats in Argentina in the marketing year 2024/25. <https://www.statista.com/statistics/877286/argentina-oat-production-volume/> Statista

TheWorldRanking. (2023). Oats production by country. Russia, Canada, Australia, etc. <https://www.theworldranking.com/statistics/984/oats-production-by-country/> theworldranking.com

Tagliapietra, B. L., Soares, C. F., & Clerici, M. T. P. S. (2024). Rice (*Oryza sativa* L.) and its products for human consumption: General characteristics, nutritional properties, and types of processing. *Food Science and Technology*, 44. <https://doi.org/10.5327/fst.00292>

Takeda, H., & Kaneko, Y. (2015). Rice caryopsis development I: Dynamic changes in different cell layers. *Journal of Integrative Plant Biology*, 57(7), 714–723. <https://doi.org/10.1111/jipb.12440>

Tapia, C., Peralta, E., & Mazón, N. (2014). Colecciones núcleo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Banco de Germoplasma del INIAP, Ecuador

Tipantuña Mendoza, K. F. (2024). *Caracterización nutricional y funcional de la harina pre-cocida de amaranto (amaranthus zelenaya sosulka)* (Doctoral dissertation, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

USDA Foreign Agricultural Service (FAS). (2024). Corn — Production. Recuperado de <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000>

United States Department of Agriculture. (2023). World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE). <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde>

Vargas Zambrano, P., Arteaga Solorzano, R., & Cruz Viera, L. (2019). *Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua como alimento funcional*. *Centro Azúcar*, 46(4). <http://scielo.sld.cu>

Viteri, G. I. V., & Zambrano, C. E. (2017). Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor-consumidor. *Ciencia y Tecnología*, 9(2), 11–17. <https://doi.org/10.18779/cyt.v9i2.117>

Walter, M., Marchezan, E., & Avila, L. A. de. (2008). Arroz: Composición y características nutricionales. *Ciencia Rural*, 38(4), 1184–1192. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782008000400049>

Wang, Y., & Palmgren, M. (2020). Embryo–endosperm interaction and its agronomic relevance to rice quality. *Frontiers in Plant Science*, 11, 595452. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.595452>

Zhang, H., Wang, J., Chen, M., & Zhao, Q. (2019). Structural development and physicochemical properties of starch in rice caryopsis. *Frontiers in Plant Science*, 10, 389. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00389>

## AUTORES

**AHMED EL SALOUS:** es investigador y docente universitario con formación académica internacional, habiendo realizado sus estudios en países como Egipto, España y México, entre otros. A lo largo de su trayectoria profesional ha desempeñado destacados cargos académicos y de gestión, entre los que se incluyen Coordinador Académico, Director del Instituto de Investigación, Director de la Escuela de Posgrado y Decano de Facultad.

Ha impartido cátedra tanto dentro como fuera del Ecuador y participa activamente como docente en programas de posgrado. Asimismo, ha dirigido y tutorizado un elevado número de investigaciones en los niveles de pregrado, maestría y doctorado, contribuyendo de manera significativa a la formación de nuevos profesionales e investigadores.

Su producción académica incluye numerosas publicaciones científicas, entre ellas artículos en revistas de alto impacto, libros y capítulos de libros. Además, ha participado como ponente y asistente en diversos eventos científicos nacionales e internacionales, consolidando su experiencia, prestigio y reconocimiento en el ámbito académico y científico.

<https://orcid.org/0000-0001-7395-5420>

**LUIS ZUNIGA MORENO:** Trabajó en varias industrias alimentarias ecuatorianas en puestos relacionados con el procesamiento de alimentos, control de calidad y la investigación y desarrollo de nuevos productos. Recibió una beca de excelencia académica de la Universidad Nacional de Jeonbuk (Corea del Sur), para cursar una maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, donde colaboró como investigador en el laboratorio de Química de los Alimentos. Desde 2017, trabaja como profesor e investigador en la carrera de Agro-industria de la Universidad Agraria del Ecuador. Sus investigaciones se centran en la utilización, biotransformación, caracterización y valorización de componentes antioxidantes y funcionales obtenidos a partir de subproductos alimentarios. Los resultados de su trabajo han sido divulgados en conferencias nacionales e internacionales y publicados en revistas indexadas.

<https://orcid.org/0000-0002-1143-9022>

## AUTORES

**CECILIA MARIANA VALLE LITUMA:** Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Agropecuarias Producción Agroindustrial, Especialista en Postcosecha, manejo de frutas y hortalizas frescas y como materia prima para la agroindustria. Almacenamiento de frutas y hortalizas para venta local y para exportación. Sistemas de Gestión de Calidad Agroalimentario. Manejo de Productos de cuarta gama.  
<https://orcid.org/0009-0003-0328-3261>



# INTRODUCCION A LOS CEREALES EN ECUADOR

composición y  
**PROCESAMIENTOS**

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)





# INTRODUCCION A LOS CEREALES EN ECUADOR

composición y  
**PROCESAMIENTOS**

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)