

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Valor nutricional y biológico del amaranto variedad
Amaranthus caudatus L. (kiwicha)**

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Emily Estefanía Cano Naranjo

Tutor: PhD. Rubén Vilcacundo Chamorro

Ambato – Ecuador

Marzo - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

CERTIFICA:

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

Ambato, 03 de febrero de 2022

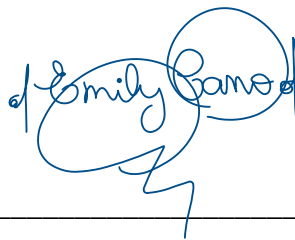
PhD. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

C.I. 1802738102

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Emily Estefanía Cano Naranjo, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Emily Estefanía Cano Naranjo

C.I. 1804541892

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

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

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

Dr. José Homero Vargas López

C.I. 1801978048

Dr. Irvin Ricardo Tubón Usca

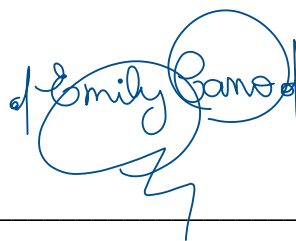
C.I. 0604250357

Ambato, 07 de marzo de 2022

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mi derecho de autor.



Emily Estefanía Cano Naranjo

C.I. 1804541892

AUTORA

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Justificación	1
1.2 Antecedentes	2
Valor Nutricional	3
1.3 Composición Química.....	3
1.3.1 Humedad	3
Macronutrientes	4
1.3.2 Proteínas	4
1.3.2.1 Aminoácidos.....	5
1.3.3 Carbohidratos	6
1.3.3.1 Polisacáridos.....	6
1.3.3.1.1 Almidón.....	7
1.3.3.2 Fibra.....	7

1.3.3.2.1	Fibra Soluble:	7
1.3.3.2.2	Fibra Insoluble:.....	8
1.3.3.3	Azúcares Reductores y No Reductores	8
1.3.4	Lípidos.....	8
1.3.4.1	Simples	8
1.3.4.2	Complejos.....	9
1.3.4.3	Precursores y Derivados	9
	Micronutrientes	9
1.3.5	Minerales	9
1.3.5.1	Calcio (Ca).....	9
1.3.5.2	Potasio (K).....	10
1.3.5.3	Magnesio (Mg)	10
1.3.5.4	Hierro (Fe).....	10
1.3.5.5	Fósforo (P).....	10
1.3.5.6	Zinc (Zn).....	10
1.3.5.7	Manganeso (Mn)	11
1.3.6	Vitaminas.....	11
1.3.6.1	Hidrosolubles.....	11
1.3.6.1.1	Tiamina (B1)	11
1.3.6.1.2	Niacina (B3)	12
1.3.6.1.3	Ácido Fólico (B9).....	12
1.3.6.1.4	Ácido ascórbico (C).....	12
1.3.6.2	Liposolubles	12
1.3.6.2.1	Vitamina E.....	12
	Valor Biológico	13
1.4	Compuestos Bioactivos.....	13

1.4.1	Propiedades Antioxidantes	13
1.4.1.1	Tocoferoles	13
1.4.1.2	Fenoles.....	13
1.4.1.3	Escualeno.....	14
1.4.1.4	Biopéptidos.....	14
1.4.2	Propiedades Anticolesterolémicas.....	14
1.4.2.1	Fitoesteroles.....	15
1.4.3	Propiedades Anticancerígenas.....	15
1.4.3.1	Lunasina	15
1.4.4	Propiedades Antimicrobianas.....	17
1.4.4.1	Flavonoides.....	17
1.5	Objetivos	17
1.5.1	Objetivo General	17
1.5.2	Objetivos Específicos	17
CAPÍTULO II		19
METODOLOGÍA		19
2.1	Definición del Problema	19
2.2	Búsqueda de la Información	19
2.3	Bases de datos de investigación científica	19
2.3.1	Libros electrónicos	19
2.3.2	Trabajos Fin de Estudios	20
2.3.3	Organización de la Información	20
2.4	Análisis de la Información	20
CAPÍTULO III.....		21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		21
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	21

3.2	Composición Nutricional	22
3.2.1	Determinación de Humedad	22
Macronutrientes		24
3.2.2	Cuantificación de Proteínas	24
3.2.2.1	Cuantificación de Aminoácidos	26
3.2.3	Cuantificación de Carbohidratos	29
3.2.3.1	Polisacáridos	30
3.2.3.1.1	Almidón	30
3.2.3.2	Fibra	31
3.2.3.3	Cuantificación de Azúcares Reductores y No Reductores	32
3.2.4	Cuantificación de Lípidos	34
Micronutrientes		37
3.2.5	Cuantificación de Minerales	37
3.2.6	Cuantificación de Vitaminas	40
3.2.6.1	Hidrosolubles (B1, B3, B9, C)	40
3.2.6.1.1	Tiamina (B1)	41
3.2.6.1.2	Niacina (B3)	41
3.2.6.1.3	Ácido Fólico (B9)	41
3.2.6.1.4	Ácido Ascórbico (C)	41
3.2.6.2	Liposolubles (E)	42
3.2.6.2.1	Vitamina (E)	42
3.3	Composición Biológica	43
3.3.1	Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Antioxidante	44
3.3.1.1	Tocoferoles	45
3.3.1.2	Fenoles	46

3.3.1.3 Escualeno.....	48
3.3.1.4 Actividad Antioxidante de Biopéptidos	49
3.3.2 Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Anticolesterolémica.....	50
3.3.2.1 Fitoesteroles.....	50
3.3.3 Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Anticancerígena.....	52
3.3.3.1 Cuantificación e Identificación de Lunasina	52
3.3.3.1.1 Actividad Anticancerígena	52
3.3.4 Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Antimicrobiana.....	53
3.3.4.1 Flavonoides.....	53
CAPÍTULO IV	55
CONCLUSIONES.....	55
4.1 Conclusiones	55
4.2 Recomendaciones.....	57
CAPÍTULO V.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	58
5.1 Referencias Bibliográficas	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativo del análisis de humedad entre el grano de Amaranto y otros cereales de uso común (g/100 g).....	23
Tabla 2. Contenido de humedad en 3 variedades de <i>A. caudatus</i> L.....	24
Tabla 3. Contenido de proteína en distintos alimentos	25
Tabla 4. Contenido de Aminoácidos del grano de amaranto y de otros granos de uso común (g de aminoácido/100 g de proteína).....	26

Tabla 5. Necesidades dietéticas de aminoácidos en adultos sanos	28
Tabla 6. Análisis comparativo de carbohidratos entre el grano de amaranto con otros pseudocereales y granos (g/100 g).....	30
Tabla 7. Contenido de azúcares reductores en extractos de amaranto.....	32
Tabla 8. Perfil lipídico de la semilla cruda de <i>A. caudatus</i> L.	34
Tabla 9. Comparativo del análisis proximal de grasas entre el grano de Amaranto y otros cereales de uso común (g/100 g).....	36
Tabla 10. Composición mineral de semillas crudas de <i>A. caudatus</i> L.....	38
Tabla 11. Cantidad diaria recomendada (CDR) UE 2008 de vitaminas	40
Tabla 12. Cantidad diaria recomendada (CDR) UE 2008 de vitaminas	42
Tabla 13. Contenido total de tocoferoles y contenido de α , β , γ y δ tocoferoles en semillas de <i>Amaranthus caudatus</i> L. (mg/kg).....	45
Tabla 14. Contenido total de fenoles de semillas y brotes.....	46
Tabla 15. Contenido total (mg/100 g) y porcentaje de ácidos fenólicos solubles en semillas de kiwicha.	48
Tabla 16. Comparativo del contenido de escualeno entre 3 pseudocereales	48
Tabla 17. Porcentaje de reducción de la oxidación de lípidos o peroxidación lipídica en modelos <i>in vivo</i> en larvas y embriones de pez cebra.....	50
Tabla 18. Principales esteroides en aceites de alimentos seleccionados ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)...	51
Tabla 19. Equivalente de lunasina contenida en semillas.	52
Tabla 20. Cuantificación de Flavonoides expresados en quercitina en las hojas y granos de Amaranto.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de una sección transversal y longitudinal de una semilla de <i>Amaranthus</i>	4
Figura 2. Fórmula general de un aminoácido	5

Figura 3. Secuencias de aminoácidos y funciones de los fragmentos peptídicos de la lunasina	16
Figura 4. Algunas características del amaranto en Ecuador	21
Figura 5. Comparación del contenido de aminoácidos presentes en el amaranto y otros granos de uso común	28
Figura 6. Micrografías electrónicas de barrido típicas de almidones de cultivares de amaranto.	31
Figura 7. Sacáridos en las semillas de amaranto.....	33
Figura 8. Principales beneficios para la salud de los Omega-3, y -9 presentes en el <i>A. caudatus</i> L.....	36
Figura 9. Espectro de emisión óptica del amaranto	38
Figura 10. Contenido de minerales en kiwicha (mg/100 g).....	40
Figura 11. Contenido de vitaminas en el amaranto.....	43
Figura 12. Representación esquemática de las principales actividades biológicas del <i>Amaranthus caudatus</i> L.	44

RESUMEN

La kiwicha, conocida científicamente como *Amaranthus caudatus* L. es una variedad de amaranto de la que se pueden aprovechar sus hojas, tallos, y brotes. Considerado uno de los pseudocereales andinos antiguos más completos con características de alimento funcional. Su riqueza nutricional viene dada por su contenido en macro y micronutrientes tales como proteínas con un porcentaje de 13,4 superior a otros pseudocereales como la quinua y cereales como el arroz y el maíz; presenta todos los aminoácidos esenciales, cada uno de vital importancia para el correcto funcionamiento del organismo. Los hidratos de carbono sobresalen por ser nutrientes mayoritarios con un valor porcentual del 65,25; dentro de este grupo figuran azúcares reductores y no reductores, la fibra de tipo soluble e insoluble que cuida la salud digestiva. En cuanto a los lípidos, resaltan los omegas 3 y 9 por su papel de prevención de enfermedades cardiovasculares. Con relación a los micronutrientes presenta minerales como Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Fósforo (P) y Manganeseo (Mn), cuyo contenido satisface las recomendaciones de ingesta; vitaminas hidro y liposolubles, que cuidan la piel, corazón y otros órganos. Sus propiedades biológicas engloban actividades de carácter antioxidante, antimicrobiano, anticancerígeno, anticolesterolémico, entre otras, que conceden ventajas valiosas en la salud de los consumidores por prevenir y reducir el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles. A pesar de ser una matriz alimentaria tan completa, es poco conocida y consumida, es por esto, que esta revisión bibliográfica proporciona datos cualitativos y cuantitativos de sus componentes para difundirlos y promover su ingesta.

Palabras clave: Investigación bibliográfica, industria alimentaria, pseudocereales, componentes bioactivos, *Amaranthus caudatus* L., kiwicha.

ABSTRACT

Kiwicha, scientifically known as *Amaranthus caudatus* L. is a variety of amaranth whose leaves, stems and shoots can be used for different purposes. It is considered one of the most complete ancient Andean pseudocereals with functional food characteristics. Its nutritional richness in macro and micronutrient content such as protein with a percentage of a 13,4 much higher compared to other pseudocereals such as quinoa and cereals such as rice and corn; it contains all the essential amino acids, each one of vital importance for the correct functioning of the organism. Carbohydrates stand out as major nutrients with a percentage value of 65.25; within this group are the reducing and non-reducing sugars, soluble and insoluble fiber whose main action is to take care of digestion. Regarding lipids, omegas 3 and 9 stand out for their role in the prevention of cardiovascular diseases. In relation to micronutrients, it contains minerals such as Iron (Fe), Magnesium (Mg), Phosphorus (P) and Manganese (Mn), whose content satisfies the intake recommendations; and water and fat-soluble vitamins, which take care of the skin, heart, and other organs. Its biological properties include antioxidant, antimicrobial, anticarcinogenic, anticholesterolemic, among other activities, which provide valuable health benefits to consumers by preventing and reducing the development of chronic non-transmissible diseases. Despite of being a complete food matrix, it is little known and consumed, that is why this bibliographic review provides qualitative and quantitative data of its components to disseminate them and promote their intake.

Key words: Bibliographic research, food industry, pseudocereals, bioactive components, *Amaranthus caudatus* L., kiwicha.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Justificación

Las propiedades nutricionales, funcionales y agrícolas, así como los posibles usos en la industria alimentaria han despertado un gran interés en el amaranto. En la antigüedad se lo consideraba un grano sagrado. Forma parte de los 36 cultivos más prometedores para la humanidad, su producción y consumo pueden aumentar el suministro de alimentos orientado a las personas más vulnerables (**Ferreira et al., 2007**).

Desde el punto de vista de **Rastogi & Shukla (2013)**, este pseudocereal ha sido infrautilizado a pesar de presentar un buen rendimiento y excepcionales características nutricionales, no obstante, a nivel mundial ha causado gran interés tanto en producción como en consumo por su diversidad genética, y por desarrollarse incluso en condiciones de cultivo extremas. Su calidad nutricional depende de la variedad, la región de cultivo, prácticas agronómicas aplicadas, y demás.

Existen algunas variedades de amaranto, sin embargo, las tres más cultivadas son: *A. cruentus* L., *A. caudatus* L. y *A. hypochondriacus* L. La kiwicha (*A. caudatus* L.) es un grano originario de América del Sur, su cultivo se mantiene en Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina; constituye una fuente natural de proteína vegetal, vitaminas y cenizas (minerales). En contraste con otras no gramíneas presenta un perfil de aminoácidos excelente, siendo rico en lisina y fenilalanina, destaca también su alto contenido de ácidos grasos, gran aporte de fibra dietética y minerales como Calcio, Potasio, Hierro, entre otros (**Estrada Zuñiga, 2011**).

Junto con la quinua es considerado de los pseudocereales más importantes por su potencial para erradicar la creciente desnutrición que afecta a la población, en especial a niños y lactantes (**Peralta I, 2012**).

Por la presencia de compuestos bioactivos, las personas que lo consumen podrían fortalecer su salud, ya que estos componentes tienen efectos positivos en cuanto a prevenir enfermedades catastróficas como la diabetes, algunos tipos de cáncer, problemas cardiovasculares, estreñimiento, entre otras (**Urango Marchena et al., 2011**).

En relación a su versatilidad culinaria, la harina que se obtiene al molerlo se utiliza para incorporarlo en bebidas como la horchata, elaborar preparaciones básicas como postres, galletas y panes; al amaranto reventado se lo consume como barra de cereales recubiertos de chocolate u otros ingredientes (**Ibarra-Morales et al., 2021; Mora, 2016**).

Esta revisión bibliográfica sintetiza las propiedades nutricionales y biológicas del *Amaranthus caudatus* L. y será de gran ayuda para aprovechar los beneficios de este pseudocereal como alimento funcional.

1.2 Antecedentes

La kiwicha o *Amaranthus caudatus* L. es un pseudocereal que pertenece a la familia de las amarantáceas, su planta es dicotiledónea y autógama; por sus raicillas y ramificaciones absorbe abundante agua y nutrientes, su tallo es cilíndrico y de una tonalidad similar al de sus hojas de forma ovalada que van del color verde hasta llegar al púrpura (**Aguilar Hernández, 2012**). En los años 80's se introdujo al país y se adaptó al suelo andino por las características climáticas de la Sierra ecuatoriana. La FAO y UNICEF han demostrado su interés en este producto, pues tiene potencial para mejorar la nutrición de las personas de bajos ingresos en los países en desarrollo, e incluso la NASA ha pensado en obtener productos para el personal espacial por su aptitud para proporcionar todo lo que el cuerpo requiere para soportar tales condiciones (**Mora, 2016; Olalla Salazar, 2017; Pérez & Luzuriaga, 2017**).

Es una planta tradicional de la cual se pueden consumir tanto hojas como semillas, tiene un excelente valor nutricional, pero ha sido subutilizado. Por sus componentes de alto valor biológico se lo considera un alimento funcional que puede proporcionar

muchos beneficios para la salud y también se puede aprovechar de manera comercial como un producto de alto valor agregado (**López et al., 2019**).

Valor Nutricional

1.3 Composición Química

Garantiza la seguridad alimentaria de la población y abastece a los consumidores de alimentos más nutritivos. Estos datos han ayudado a crear tablas y bases de datos de la composición proporcionando información enfocada en la elaboración de guías dietéticas para determinar los valores de ingesta diaria, además de ser necesarias en el etiquetado de productos. Pueden variar por diversos factores como ambientales, de almacenamiento, su biodiversidad, y hábitos de consumo (**FAO, 2021**).

1.3.1 Humedad

Es la cantidad de agua que contiene la kiwicha y su determinación permite prolongar su tiempo de vida útil previo a su comercialización y consumo (**Huamán Castilla et al., 2016**).

En todos los alimentos se encuentran dos tipos que hacen referencia a la forma y estado energético del líquido, y son el agua ligada y el agua libre; la primera se considera no congelable y está fuertemente unida a los solutos de la semilla, mientras que la libre o capilar es volátil, se congela y es la responsable de aquella porción de agua que tiene movilidad e influye directamente en la estabilidad y vida útil del producto, conocida como actividad de agua. Su importancia radica en que muchas actividades biológicas propias de células vivas como la fotosíntesis y la asimilación de nutrimentos del suelo, cuando el pseudocereal se encuentra en la planta, no se pueden llevar a cabo sin su presencia (**Badui Dergal, 2016**). Incluso en la molienda para transformar al amaranto se convierte en un factor crucial para obtener harinas ya que los materiales

pulverulentos tienden a aglomerarse en presencia de agua (Da Silva Lannes & Bernal Gómez, 2020).

Macronutrientes

1.3.2 Proteínas

Formadas en mayor cantidad por Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno. Vasudevan et al. (2017); Badui Dergal (2016) coinciden en que son fundamentales en los sistemas biológicos; conforman el código genético en conjunto con los ácidos nucleicos. Siempre que se consuman de manera balanceada en la dieta, participan en la estabilidad del sistema inmune, desarrollo neuronal y cognitivo, además de la prevención de diversas patologías.

Se encuentran en todos los tejidos del pseudocereal, concentrándose en mayor cantidad en el embrión conformado por dos cotiledones, la capa de aleurona y el endospermo, en contraste al perisperma y raíz (Martinez-Lopez et al., 2020).

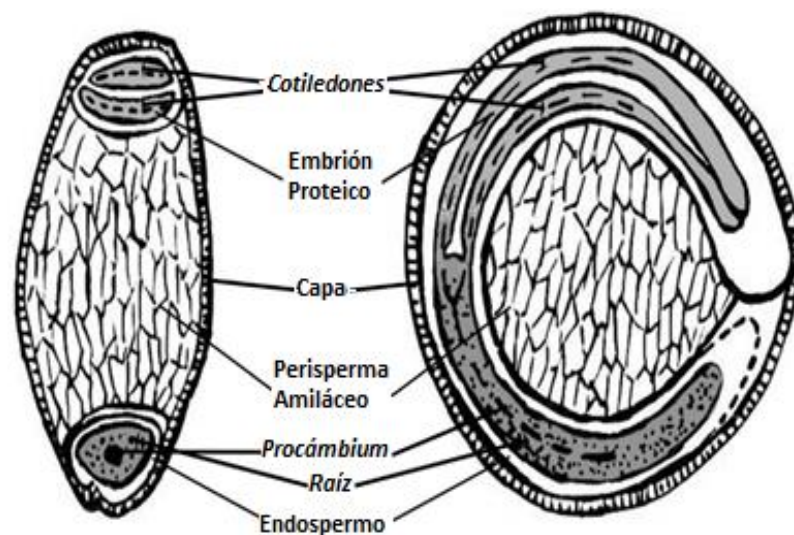


Figura 1. Diagrama de una sección transversal y longitudinal de una semilla de *Amaranthus*

Fuente: (Martinez-Lopez et al., 2020)

1.3.2.1 Aminoácidos

Compuestos orgánicos que contienen grupos funcionales amina (-NH₂) y carboxilo (-COOH), adyacentes a un grupo R que es único para cada aminoácido (Azad, 2017).

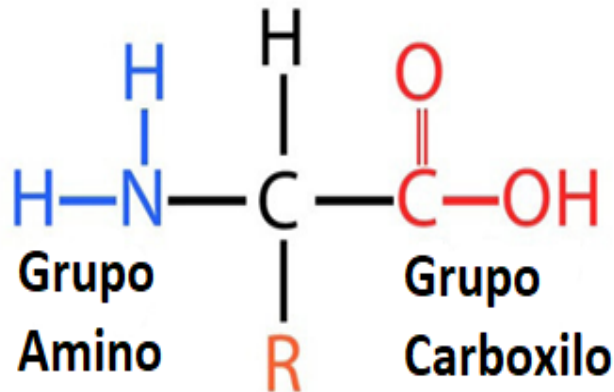


Figura 2. Fórmula general de un aminoácido

Fuente: (Mustatea et al., 2019)

Al combinarse, los aminoácidos participan en la estructuración o formación de proteínas, ejercen actividades hormonales, de transporte, y enzimáticas. Por su fisiología se los puede distinguir como esenciales a aquellos que al no ser sintetizados por el cuerpo humano deben ser suplementados por la ingesta de alimentos, y los no esenciales que son producidos netamente por el organismo (Cardona Serrate, 2020).

La ficha técnica del Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MIDAGRI, 2019) indica que, aunque en productos vegetales no es común la presencia de arginina (aminoácido no esencial), se encuentra en el *A. caudatus* L., además de aquellos que no son producidos por el cuerpo humano es decir aminoácidos esenciales, tales como:

- Isoleucina
- Leucina

- Lisina
- Metionina
- Fenilalanina
- Treonina
- Triptófano
- Valina
- Histidina

1.3.3 Carbohidratos

Una vez consumidos, el proceso digestivo descompone a los hidratos de carbono en glucosa, la cual el cuerpo la emplea como fuente de energía; el excedente se almacena en el tejido muscular e hígado hasta ser necesaria su liberación. Participan en el control de glucosa en la sangre y metabolizan la insulina, el colesterol y los triglicéridos. Están compuestos por Carbono, Hidrógeno y Oxígeno (**Badui Dergal, 2016; Holesh et al., 2020**).

Los hidratos de carbono presentes en el *Amaranthus caudatus* L. son los polisacáridos de reserva energética como el almidón que forman parte de la estructura de la semilla como la fibra.

1.3.3.1 Polisacáridos

Conjunto de más de 10 monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos. En este pseudocereal se encuentra el almidón.

1.3.3.1.1 Almidón

Principal componente del grano de amaranto en un rango del 62 al 65% lo que lo convierte en su carbohidrato más abundante, posee diversas aplicaciones alimentarias, como espesante, sustituto de grasas, películas biodegradables, revestimiento de empaques, e ingrediente de cereales de desayuno, galletas, y otros (**Luis et al., 2018; Singh et al., 2019**).

Corke et al. (2016) agregan que el almidón de amaranto puede presentar forma poligonal, lenticular, circular o elíptica; es muy pequeño, con un tamaño entre 0.8 a 2.5 mm de diámetro, que le concede propiedades como menor adelgazamiento por cizallamiento, menor retrogradación, mayor temperatura y energía de entalpía para la gelatinización.

1.3.3.2 Fibra

Como expresa **Badui Dergal (2016)**, la composición de fibra en los alimentos es muy variada y depende de la madurez del producto. No se encuentra naturalmente en los alimentos de origen animal porque es exclusiva de los vegetales. Su función principal se desempeña en el colon; debido a su capacidad de hinchazón, al absorber agua aumenta el volumen de la materia fecal incrementando los movimientos peristálticos del intestino facilitando la deposición.

Ciudad-Mulero et al. (2019) consideran que se divide en dos grupos, la fibra soluble y la fibra insoluble.

1.3.3.2.1 Fibra Soluble:

Se mezcla con facilidad con el líquido gástrico y se fermenta con la microbiota intestinal lo que le concede la capacidad de metabolizar carbohidratos y lípidos.

1.3.3.2 Fibra Insoluble:

Su consumo beneficia a prevenir el estreñimiento, disminuye el tiempo de las heces en el tracto colónico y aumenta su peso.

1.3.3.3 Azúcares Reductores y No Reductores

Se encuentran los oligosacáridos rafinosa, inositol y estaquiosa. Se observó una pequeña cantidad del disacárido maltosa y ausencia de maltotriosa. Destaca la sacarosa en mayor cantidad, 92 veces más que en el trigo, el mijo, y otros. Y como en la mayoría de los granos andinos, hay muy poca glucosa y fructosa (**Becker et al., 1981**).

1.3.4 Lípidos

Moléculas hidrófobas, sus componentes (Carbono, Hidrógeno y Oxígeno) forman cadenas hidrocarbonadas aromáticas o alifáticas. En contraste con los carbohidratos y las proteínas, en sus moléculas poseen más Carbono, generando 9 kcal (38.2 kJ), por esto se consideran la principal fuente de energía (**Badui Dergal, 2016**).

Carvajal Carvajal (2020) plantea que hay tres tipos de lípidos, los cuales son:

1.3.4.1 Simples

Comprenden a ésteres de ácidos grasos con diversos alcoholes. En la kiwicha se encuentran alcoholes terpénicos, ceras, ácidos grasos saturados como el palmítico (C16:0), esteárico (C18:0); e insaturados, tales como el ácido vaccénico (C18:1) y el linoleico (C18:2).

1.3.4.2 Complejos

Son ésteres de ácidos grasos que además de un alcohol y un ácido graso contienen otros grupos. En el pseudocereal de estudio se encuentra al escualeno que mejora la apariencia de la piel.

1.3.4.3 Precursores y Derivados

Para el *Amaranthus caudatus* L. figuran triacilgliceroles y fitoesteroides. El autor **Carvajal Carvajal (2020)** indica que a este grupo lo conforman el glicerol, esteroides, y muchos otros.

Micronutrientes

1.3.5 Minerales

Los granos de amaranto contienen altos niveles de Calcio (Ca), Hierro (Fe), Magnesio (Mg) y Fósforo (P), en comparación con los granos de cereales (**Hernández Arizpe, 2019**). Son una parte valiosa de la dieta humana. Proporcionan nutrientes importantes necesarios para la vida y salud psicofísica de los organismos (**Jimoh et al., 2020**).

Sus características se exponen a continuación:

1.3.5.1 Calcio (Ca)

La variedad negra de kiwicha es la más rica en este elemento, demostrando que puede ser una fuente complementaria de Ca (**Repo-Carrasco-Valencia, 2020**). Tiene un impacto funcional importante porque interfiere en una gran cantidad de transformaciones y mecanismos, como la coagulación sanguínea, la contracción muscular, la activación enzimática, la transmisión de impulsos nerviosos, entre otros (**Badui Dergal, 2016**).

1.3.5.2 Potasio (K)

Es de gran importancia fisiológica como cationes intracelulares y extracelulares necesarios para el mantenimiento de la presión arterial, la contractilidad muscular y la conducción de los impulsos nerviosos (**Jimoh et al., 2020**).

1.3.5.3 Magnesio (Mg)

Forma parte de la estructura de los ácidos nucleicos, las proteínas y los polisomas, libera neurotransmisores, participa en la adhesión celular, la estabilidad de la homeostasis del Calcio y el Potasio y también actúa como cofactor de reacciones enzimáticas (**Jimoh et al., 2018**).

1.3.5.4 Hierro (Fe)

Un alto contenido de Hierro puede disminuir la incidencia de anemia en los niños (**Chamorro Gómez, 2018**). María Alejandra Muñoz, exvicepresidenta de la República del Ecuador, dio a conocer en la 36ª Conferencia Regional de la FAO, que en el país uno de cada cuatro niños menores a cinco años presenta desnutrición crónica por lo que la ingesta de kiwicha será beneficiosa en este aspecto (**Imbaquingo, 2020**).

1.3.5.5 Fósforo (P)

En el cuerpo humano es el segundo mineral más importante (**Zemanate Quisoboni, 2019**). Junto con el Calcio, se presenta en un 80% en huesos y dientes y forman la hidroxiapatita que es responsable de su color característico. Integra el Adenosín Trifosfato (ATP), Ácido Desoxirribonucleico (ADN) y Ácido Ribonucleico (ARN); y participa como amortiguador del pH en la sangre (**Badui Dergal, 2016**).

1.3.5.6 Zinc (Zn)

Chasapis et al. (2020) refieren que este mineral es un participante imprescindible de la proliferación, diferenciación, apoptosis y adecuado funcionamiento a nivel celular. Interviene en la síntesis de proteínas, ARN y ADN, también en este último en su replicación. Es esencial en los sistemas endocrino e inmune. Por su capacidad para sintetizar colágeno facilita la cicatrización y conserva la piel sana.

1.3.5.7 Manganese (Mn)

Es un oligoelemento esencial para la biología normal de los seres humanos, sus efectos beneficiosos se deben a la incorporación del metal en las metaloproteínas. Se involucra en la salud ósea, el metabolismo de macronutrientes y la defensa contra las ERO (especies de oxígeno reactivo) (Carver et al., 2019).

1.3.6 Vitaminas

Compuestos orgánicos de bajo peso molecular que son necesarios en la nutrición humana en cantidades mínimas para el normal funcionamiento de actividades fisiológicas como el crecimiento y desarrollo (Combs Jr & McClung, 2016).

El valor nutricional del *A. caudatus* L. incluye un contenido de vitaminas cuantiosamente alto que se modifica cuando el grano se cuece, se revienta, germina o se seca (Mapes Sánchez, 2015).

Según sus propiedades se las puede separar en hidro y liposolubles:

1.3.6.1 Hidrosolubles

Como su nombre lo indica se disuelven en agua, deben ser consumidas diariamente y su exceso se elimina mediante el sudor o la orina (Rojas Salazar & Gomez, 2020).

Dentro de este grupo en el amaranto están algunas vitaminas del grupo B y la vitamina C, como se detalla a continuación.

1.3.6.1.1 Tiamina (B1)

Se encuentra en cereales integrales, carne y pescado. Participa en la producción de energía, ayuda a mantener el funcionamiento normal del corazón, además de los sistemas nervioso y digestivo (Health, 2016).

1.3.6.1.2 Niacina (B3)

Contribuye en la producción de hormonas sexuales, el crecimiento y el metabolismo (**Luis et al., 2018**). Ayuda a que los alimentos ingeridos se conviertan en energía y también en el desarrollo y funcionamiento de las células del cuerpo (**Health, 2016**).

1.3.6.1.3 Ácido Fólico (B9)

Es necesario para la creación y división de células, en especial para el ADN, por lo que es fundamental para el feto durante el embarazo. Previene el cáncer de ovario, ayuda a tratar la depresión y las enfermedades cardíacas (**Cárdenas Hernández, 2018**).

1.3.6.1.4 Ácido ascórbico (C)

Nutriente que actúa como antioxidante. Mejora la absorción del hierro de los vegetales, fortalece el sistema inmunitario para proteger al organismo de enfermedades e interviene en la generación de colágeno para sanar cicatrices y heridas (**Health, 2016**).

1.3.6.2 Liposolubles

Se disuelven en grasas. A diferencia de las vitaminas hidrosolubles, el cuerpo humano no libera su exceso, se absorben en el intestino y requieren varios procesos metabólicos para su eliminación (**Stevens, 2021**).

En la kiwicha se ha encontrado a la vitamina E.

1.3.6.2.1 Vitamina E

Ejerce un impacto como barrera antioxidante. Sus isómeros protegen el anillo embrionario del grano rico en lípidos de la oxidación, en particular durante el almacenamiento del grano (**Ferreira et al., 2007**).

Valor Biológico

1.4 Compuestos Bioactivos

De acuerdo con **Velarde-Salcedo et al. (2019)** por sus beneficios para la salud, el *A. caudatus* L., ha llegado a considerarse como un alimento funcional; contiene varios compuestos biológicamente activos, con propiedades de prevención del cáncer y otros que se utilizan para controlar la hipertensión, diabetes, trombosis, embolias, obesidad, envejecimiento celular, como defensores de infecciones, analgésicos y muchos otros atributos que se detallan a continuación.

1.4.1 Propiedades Antioxidantes

Su actividad se relaciona con prevención de la formación de radicales libres y la oxidación de los lípidos LDL (lipoproteínas de baja densidad), lo cual ayuda a la prevención de enfermedades cardiovasculares (ECV) entre ellas infartos, insuficiencias cardiacas, arritmias, derrames cerebrales, arteriopatías periféricas, etcétera (**Calleja Vargas et al., 2020**).

Dentro de estos se presencian los siguientes:

1.4.1.1 Tocoferoles

Son isómeros de la vitamina E. Su actividad antioxidante se fundamenta en inhibir la peroxidación lipídica secuestrando los radicales libres de los fosfolípidos ubicados en el cerebro, las lipoproteínas, la membrana celular, tejido adiposo y todos los tejidos con alto valor de ácidos grasos poliinsaturados, permitiendo su regeneración (**Jamanca Gonzales & Alfaro Cruz, 2017**).

1.4.1.2 Fenoles

Actúan como agentes que ceden electrones o Hidrógeno para de esta manera eliminar los radicales libres que causan la oxidación. Además, presentan la característica de quelación de metales, en específico de Hierro y Cobre (**Vuolo et al., 2019**).

En los pseudocereales los compuestos fenólicos se encuentran como solubles libres, solubles conjugados, e insolubles. El contenido de estos compuestos bioactivos puede variar según los procesos como la germinación, horneado y molienda que pueden aumentarlos o disminuirlos (**Huamanchumo, 2020**).

1.4.1.3 Escualeno

Se trata de un ácido graso insaturado y metabolito intermedio en la síntesis del colesterol. No es muy propenso a la peroxidación, e interfiere en la asimilación de lípidos y el metabolismo (**Algara Suárez et al., 2013**).

Actúa neutralizando los radicales libres que se forman dentro y fuera de la célula. En virtud de que cuenta con un umbral de ionización muy bajo, tiene la capacidad de donar y recibir electrones sin alterar su composición molecular, lo que lo convierte en un gran antioxidante (**Du Preez, 2007**).

1.4.1.4 Biopéptidos

Pequeñas secuencias de aminoácidos entre 2 y 15 residuos; son inactivos en la proteína intacta, pero pueden ser liberados en el proceso digestivo o mediante un procesamiento previo como la hidrólisis enzimática. Su actividad antioxidante se atribuye a la eliminación de radicales, inhibición de la peroxidación lipídica y quelación de iones metálicos. Se ha demostrado que tienen múltiples beneficios en cuanto a enfermedades cardiovasculares protegiendo a las células de la peroxidación (**Cavazos & Gonzalez de Mejia, 2013; Sarmadi & Ismail, 2010; Silva-Sanchez et al., 2008**).

1.4.2 Propiedades Anticolesterolémicas

Los componentes biológicamente activos del *A. caudatus* L. actúan impidiendo que el colesterol sea absorbido, y aumentan la presencia de receptores de lipoproteínas de baja densidad (LDL) disminuyendo su concentración en la sangre (**Zapata Rincón & Carmona Salcedo, 2016**).

1.4.2.1 Fitoesteroles

Compuestos triterpénicos propios de alimentos de origen vegetal. Su ingesta regula los niveles de colesterol y ácidos grasos, ayudando a controlar la obesidad; enfermedades arteriales coronarias y cardiovasculares ateroscleróticas (**Feng et al., 2020**).

Su mecanismo de acción se basa en que impiden la absorción en el intestino del colesterol biliar y obtenido por ingesta, abstienen la reesterificación del colesterol a nivel de la actividad de la acilCoA-colesterol-acil-transferasa (ACAT), y agilizan el eflujo de colesterol desde las células intestinales al lumen. Como los fitoesteroles son más lipofílicos que el propio colesterol, lo desplazan, ocupan su lugar y el colesterol no emulsionado se elimina con las deposiciones (**Valenzuela B. & Ronco M., 2004**).

(**Marcone et al., 2003**) expresan que el amaranto contiene cantidades importantes de los principales fitosteroles β -sitosterol, campesterol y estigmasterol a diferencia de otras no gramíneas como la soya, cacahuete y otros alimentos, los cuales cuentan con cantidades traza de estos biocompuestos.

1.4.3 Propiedades Anticancerígenas

La malignización y la división celular incontrolada debido a factores externos desencadenan en carcinogénesis la cual es un proceso muy complejo e incompleto en donde las células cancerosas esquivan el sistema inmunitario, se propagan en diversos tejidos y alteran las funciones del organismo. Ventajosamente en las semillas de amaranto se ha identificado la presencia de lunasina que es un péptido que previene el cáncer (**Velarde-Salcedo et al., 2019**).

1.4.3.1 Lunasina

Liu et al. (2014) explican que es un péptido único compuesto por 43 residuos de aminoácidos cuya secuencia es serina (S), lisina (K), triptófano (W), glutamina (Q), histidina (H), glutamina (Q), glutamina (Q), ácido aspártico (D), serina (S), cisteína (C), arginina (R), lisina (K), glutamina (Q), lisina (K), glicina (G), valina (V), asparagina (N), leucina (L), treonina (T), prolina (P), cisteína (C), ácido glutámico

(E), lisina (K), histidina (H), isoleucina (I), metionina (M), ácido glutámico (E), lisina (K), isoleucina (I), glutamina (Q), glicina (G), arginina (R), glicina (G), ácido aspártico (D), ácido aspártico (D), ácido aspártico (D), ácido aspártico (D), ácido aspártico (D), ácido aspártico (D), ácido aspártico (D), ácido aspártico (D).

Esta cadena está dividida en 4 fragmentos de los cuales cada uno cumple una función que se explica en la [Figura 3](#).

Su mecanismo molecular contra el cáncer está basado en la inhibición de la acetilación de las histonas en las células de los mamíferos. En el interior de su secuencia presenta una región de poliaspartato que le otorga una carga negativa a la proteína; ésta es la responsable de unirse a las histonas cargadas positivamente, interrumpe los procesos de acetilación/desacetilación que se producen con gran frecuencia en las células recién transformadas, lo que conduce a la muerte celular (**Maldonado-Cervantes et al., 2010**).

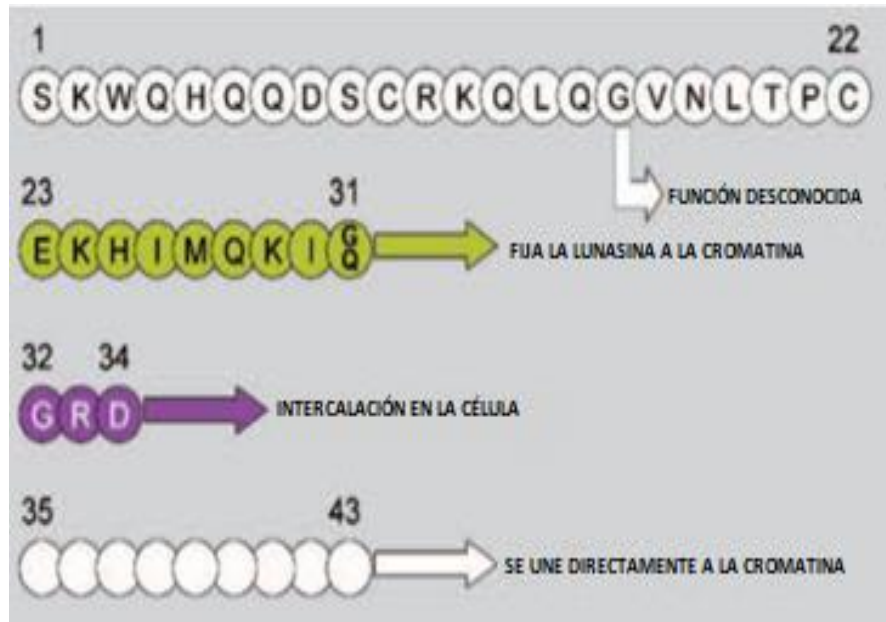


Figura 3. Secuencias de aminoácidos y funciones de los fragmentos peptídicos de la lunasina

Fuente: (Liu et al., 2014)

1.4.4 Propiedades Antimicrobianas

Corresponden a cómo actúan los distintos componentes en el cuerpo humano de acuerdo con la ingesta de kiwicha con sus efectos para destruir células extrañas como virus, bacterias (Calleja Vargas et al., 2020).

1.4.4.1 Flavonoides

Ejercen su actividad biológica como protectores ante sustancias tóxicas y antivirales, cuando poseen los radicales [-OSO₃] o metoxilo en el anillo C de su estructura (Savi et al., 2010). Combaten en el sistema inmune a radicales libres, microbios, virus. Cuidan del sistema circulatorio, reducen el riesgo de padecer trastornos en la visión, tumores e hipertensión (Guapi Cando, 2014). Adicionalmente protegen al cuerpo humano de citomegalvirus, herpes, gripe, el virus respiratorio sincitial, adenovirus, varicela zoster, poliovirus, coronavirus, VIH, rotavirus y muchos otros (Savi et al., 2010).

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Investigar en fuentes bibliográficas, estudios científicos relevantes sobre las propiedades nutricionales y biológicas del amaranto variedad *Amaranthus caudatus* L.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Conocer la composición nutricional de la Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).

- Identificar compuestos con actividad biológica provenientes del *Amaranthus caudatus* L.
- Evaluar las ventajas tanto nutricionales como biológicas del consumo de la Kiwicha.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Definición del Problema

¿Cómo la evaluación nutricional y biológica del *Amaranthus caudatus* L. (kiwicha) mediante investigación bibliográfica aportan a recopilar información para comunicar y difundir las propiedades de este poco apreciado y consumido pseudocereal?

2.2 Búsqueda de la Información

Este trabajo se realizó mediante indagación, compilación y análisis de información recabada de Libros Electrónicos, Revistas Académicas, Artículos de carácter científico, Guías, Fichas Técnicas, Reviews y Trabajos de grado que hacen referencia a la identificación de nutrimentos, componentes bioactivos y la evaluación de las múltiples ventajas que genera en la salud el consumo de amaranto. El contenido muestra datos obtenidos a lo largo de los años por distintos investigadores, dedicados al estudio de la composición nutricional y compuestos con actividad biológica provenientes de la Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).

2.3 Bases de datos de investigación científica

Se emplearon Sitios web de ciencia e investigación como Wiley, Science Direct ELSEVIER, Research Gate, Dialnet, SciELO, Scopus, ProQuest, entre otros.

2.3.1 Libros electrónicos

Por medio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), además de otros autores destacados como Salvador Badui, se accedió a estudios y datos que forman parte de esta revisión bibliográfica.

2.3.2 Trabajos Fin de Estudios

Los Repositorios de Instituciones de Educación Superior a nivel nacional, en especial de la Universidad Técnica de Ambato, que reúnen trabajos de grado, con alto nivel investigativo tales como Tesis de tercer y cuarto nivel, Proyectos de Investigación, y Revisiones Bibliográficas, sirvieron de guía y orientación, además aportaron con información actualizada.

2.3.3 Organización de la Información

Los artículos de interés se descargaron en formato PDF y se emparentaron con el gestor de referencias bibliográficas EndNote, donde se obtuvieron las citas de estos en formato APA 6ª edición. Las cantidades tanto de macro como de micronutrientes y elementos con tendencias biológicas se han organizado en tablas y figuras como diagramas de barras y otros para una mejor apreciación.

2.4 Análisis de la Información

Para la composición de esta revisión bibliográfica se escogieron artículos científicos publicados en distintos formatos, en los cuales se detalla a la Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) desde su descripción botánica, hasta conocer su composición nutricional, identificar los compuestos bioactivos y evaluar las ventajas nutricionales y biológicas derivadas a su ingesta.

La indagación cualitativa y cuantitativa por medio del análisis bibliográfico - documental describe y analiza al pseudocereal. Recoge datos exigüos y explora propiedades del amaranto de las que se sabe poco, a juicio de diversas perspectivas, puntos de vista, metodologías e interpretación por parte de investigadores de distinto grado de preparación académica y experiencia.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Por sus valiosas cualidades nutritivas y biológicas; la kiwicha reveló ser un pseudocereal que complementa muy bien la dieta de los consumidores sin distinción de edad. Esta característica que la vincula directamente con gozar de una buena salud, recalca la importancia de que los alimentos o diversos ingredientes alimentarios participen en funciones específicas que cuiden del organismo (Kaur & Das, 2011).

En la siguiente imagen, se exponen datos pocos conocidos del *A. caudatus* L.

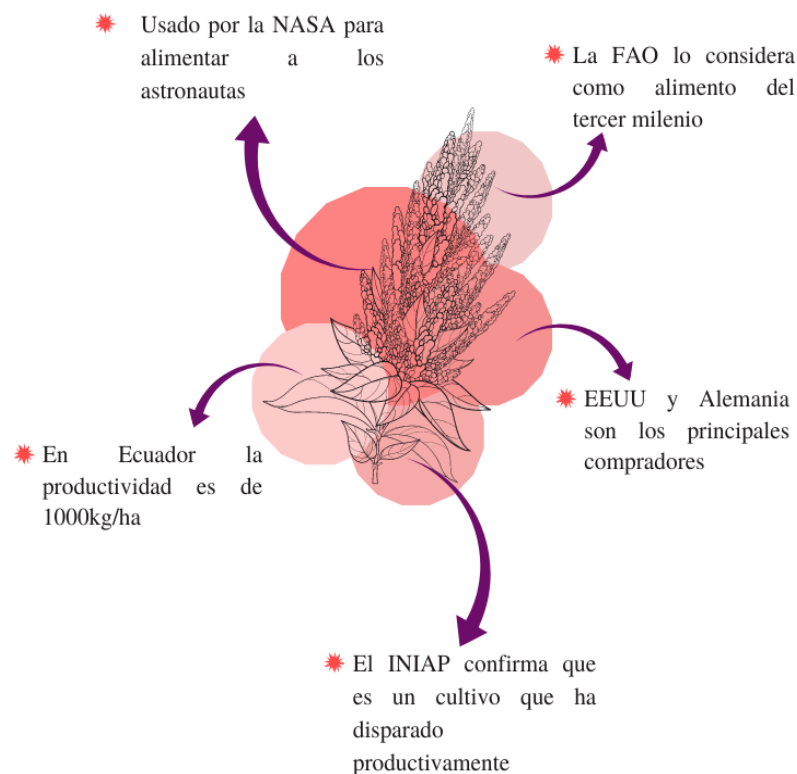


Figura 4. Algunas características del amaranto en Ecuador

Fuente: (Valenzuela, 2017)

A continuación, se reportan los valores de nutrientes y compuestos bioactivos de esta no gramínea, recopilados de investigaciones desarrolladas por diversos autores, quienes de acuerdo con el componente de estudio aplicaron varias metodologías para su obtención y cuantificación.

3.2 Composición Nutricional

Sin lugar a duda lo más destacable del *Amaranthus caudatus* L. en comparación con otros pseudocereales, es su valor nutricional (**Luis et al., 2018**). Por esta razón es conveniente recordar que la estructura de su semilla (Figura 1), comprende varias capas que van desde su cubierta, seguido del perisperma el cual es exquisito en almidón, después se ubican el endospermo y el embrión abundantes en proteínas, finalmente el procambium, radícula y raíz (**Montoya-Rodríguez et al., 2015**).

3.2.1 Determinación de Humedad

Badui Dergal (2016) expresa que, aunque al agua no se la considera un nutriente, puesto que a nivel biológico en el organismo no está sujeta a transformaciones químicas; participa en la absorción de los otros compuestos. En sintonía con esto en la revista de macronutrientes y micronutrientes de la Universidad Nacional de La Plata (**UNLP, 2020**) se indica que a pesar de que la humedad no proporciona energía, en el cuerpo humano mantiene su equilibrio y forma parte de una adecuada alimentación.

La kiwicha es un pseudocereal con poca humedad. Su contenido se determinó empleando el método de secado en horno a 105 °C tanto para recipientes (W_1) como para 1 g \pm 0,001 de la muestra macerada de grano o de hoja de *A. caudatus* L (W_2). Del horno se transfirió al desecador el recipiente de porcelana con la matriz de interés para enfriarlo y se volvió a pesar, obteniendo un dato W_3 (**Jimoh et al., 2020**).

Para calcular el porcentaje de humedad se aplicó la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

Fuente: (Jimoh et al., 2020)

Tabla 1

Comparativo del análisis de humedad entre el grano de Amaranto y otros cereales de uso común (g/100 g).

Amaranto	Maíz	Arroz	Trigo
11,1	13,8	11,7	12,5

Fuente: (Pico Aguirre & Bautista Cornejo, 2013)

En la Tabla comparativa se observa que el arroz muestra un porcentaje del 11,7 y el amaranto 11,1; sin embargo, el maíz y el trigo son los granos con mayor contenido de humedad debido a su fisiología que les otorga la capacidad de absorber más agua del suelo en el que crecen.

Para el pseudocereal de estudio el valor de 11,1% presentado por **Pico Aguirre & Bautista Cornejo (2013)** se ajusta al dato reportado por **Reyes García et al. (2017)** en las Tablas Peruanas de composición en las que se indica que la kiwicha posee un porcentaje de humedad de 10,9 y coincide con el autor **Badui Dergal (2016)** quien señala que aunque muchos alimentos aparenten carecer de humedad contienen del 10 al 12% de agua.

Tabla 2

Contenido de humedad en 3 variedades de A. caudatus L.

Muestra	% de Humedad
Blanca	12,14
Roja	16,61
Café	16,24

Fuente: (Mekonnen et al., 2018)

En la Tabla 2 se agrupan los porcentajes de agua acorde a cada tonalidad de grano de amaranto estudiados por **Mekonnen et al. (2018)**, poniendo de manifiesto que la variedad roja fue la que más agua presenta debido a la región en la que se desarrolla. El suelo por su característica de buena retención de agua influyó en que su porcentaje de humedad sea de 16,61 superior a los valores de amaranto blanco y café.

Macronutrientes

3.2.2 Cuantificación de Proteínas

Chamorro Gómez (2018) & Nascimento et al. (2014) en sus investigaciones expresan que el método más empleado para cuantificar proteínas es Kjeldahl, sugerido y descrito por la **AOAC (2011)** (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales), ISO y otras entidades.

Este tratamiento aproximado e indirecto; midió cuánto Nitrógeno hubo en la muestra, y la cantidad de proteína se calculó una vez realizadas 3 etapas: digestión, destilación y valoración.

Se puede observar en la Tabla 3 que el contenido proteico de la kiwicha obtenido por **Nascimento et al. (2014)** fue 13,4 g por cada 100 g, superior a otros alimentos consumidos con frecuencia como arroz, maíz y quinua.

Tabla 3

Contenido de proteína en distintos alimentos.

Parámetro	Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> L.)	Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>)	Maíz Morado (<i>Zea mays</i> L.)	Arroz (<i>Oriza sativa</i>)
Proteína (g/100 g)	13,4 ± 0,2	12,10 ± 0,3	9,10 ± 0,1	7,10 ± 0,3

Fuente: (Nascimento et al., 2014)

En otro estudio presentado por **Ruíz Rodríguez & Vásquez Reyes (2018)**, se aplicó la digestión de Kjeldahl en muestras de heces y orina recolectadas de 10 roedores de la especie *Rattus rattus*, var. *norvegicus* de entre 33 a 57 días de vida, y con un peso que osciló en un rango de 50 a 60 g, a las cuales se les suministró la matriz en estudio, dando como resultado 13,59% de contenido proteico, una Digestibilidad de 86,26%; Utilización Proteica Neta igual a 70,58% y un Valor Biológico equivalente a 81,81%.

Una vez realizados los ensayos de cuantificación, identificación y comparación, **Jimoh et al. (2020)** indican que las proteínas del amaranto son de mayor calidad, entre otras cosas, porque carecen de gluten y contienen poco sodio.

El contenido proteico obtenido en ensayos *in vitro* (**Nascimento et al., 2014**) e *in vivo* (**Ruíz Rodríguez & Vásquez Reyes, 2018**), muestra que la kiwicha es una fuente importante de este macronutriente con un valor que se ubica entre 13 - 14% y, respecto

a este dato **Ramírez García & Estefano Quinto (2018)** indican que con esta equivalencia el amaranto cubriría aproximadamente el 25% de la ingesta diaria recomendada; que de acuerdo con **Lonnie et al. (2018)** independientemente de la edad debe ser 0,8 g por kg de peso corporal (**Ruíz Rodríguez & Vásquez Reyes, 2018**).

3.2.2.1 Cuantificación de Aminoácidos

Ruíz Rodríguez & Vásquez Reyes (2018); Monteros et al. (1994) explican que la cromatografía líquida de alta eficiencia en fase inversa (RP-HPLC), permitió cotejar los aminoácidos presentes en la kiwicha con otros granos que se consumen diariamente, evidenciando que destacan 4 de los 9 aminoácidos esenciales tales como triptófano, metionina, fenilalanina y lisina que no suele encontrarse comúnmente en la mayoría de los pseudocereales (**Ramírez García & Estefano Quinto, 2018**), además es mucho más rica en arginina (Tabla 4) que a pesar de ser un aminoácido no esencial; en conjunto ayudan a que el cuerpo humano funcione bien y conserve su sistema inmune fuerte (**Monteros et al., 1994**).

Tabla 4

Contenido de Aminoácidos del grano de amaranto y de otros granos de uso común (g de aminoácido/100 g de proteína).

	Aminoácidos	Amaranto	Arroz	Maíz	Trigo	Frejol
	Triptófano	1,50	1,20	0,70	1,20	0,00
Esenciales	Lisina	8,00	3,80	2,90	2,20	5,00
	Histidina	2,50	2,10	2,60	2,20	3,10

	Treonina	3,60	3,80	3,80	2,90	3,90
	Valina	4,30	6,10	4,60	4,50	5,00
	Metionina	4,20	2,20	1,40	1,60	1,20
	Isoleucina	3,70	4,10	4,00	3,90	4,50
	Leucina	5,70	8,20	12,50	7,70	8,10
	Fenilalanina	7,70	5,00	4,70	5,30	5,40
No Esencial	Arginina	10,00	6,90	4,20	3,80	6,20

Fuente: Monteros et al. (1994)

La histidina y leucina se presentaron en mayor cantidad en el maíz; el frejol superó al resto de granos en contenido de treonina e isoleucina; y el arroz destacó con el aminoácido valina, como se aprecia en la [Figura 5](#).

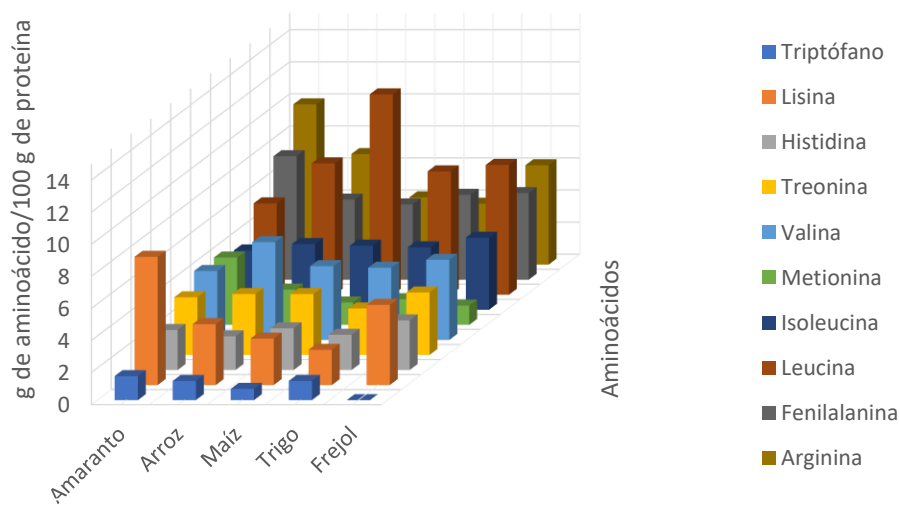


Figura 5. Comparación del contenido de aminoácidos presentes en el amaranto y otros granos de uso común

Fuente: (Monteros et al., 1994)

El *Amaranthus caudatus* L. es equilibrado en aminoácidos y complementa la dieta de granos deficientes en lisina y otros. Aunque el maíz, el arroz, el fréjol y el trigo lo superan en contenido de leucina, su presencia permite que su proteína sea absorbida y utilizada hasta en un 70% por el organismo (**Guapi Cando, 2014**).

Respecto a la sugerencia de consumo, **Wu (2016)** cita en su trabajo de investigación los valores que cubren las necesidades dietéticas de aminoácidos esenciales y no esenciales en adultos sanos establecidos por la FAO/WHO/UNU (Tabla 5), evidenciando que este pseudocereal satisface el 26% del total de la demanda metabólica de estos compuestos, garantizando la riqueza y calidad proteica del *A. caudatus* L. frente a distintos alimentos.

Tabla 5

Necesidades dietéticas de aminoácidos en adultos sanos.

Aminoácidos	FAO/WHO/UNU
	mg/kg peso corporal/día
Histidina	10
Isoleucina	20
Leucina	39

Lisina	30
Metionina	-
Fenilalanina	-
Treonina	15
Triptófano	4
Valina	26
Arginina	47,5

Fuente: (Wu, 2016)

3.2.3 Cuantificación de Carbohidratos

Burgos & Armada (2015); Jimoh et al. (2020) y Chamorro Gómez (2018) coinciden que el contenido de carbohidratos no fibrosos de la muestra se estima por diferencia, restando de 100 el peso en gramos de otros componentes, tales como humedad, proteínas y demás.

$$\% C = 100 - (\text{minerales} + \text{lípidos} + \text{proteínas} + \text{fibra} + \text{humedad})$$

Como resultado de esta operación **Burgos & Armada (2015)** manifiestan que el contenido de carbohidratos en la kiwicha laminada fue 64,32 g/100 g; cruda 40,51 g/100 g, y como pseudocereal inflado 61,2 g/100 g. En la experimentación de **Jimoh**

et al. (2020) 65,25 g fue el valor obtenido para la semilla cruda y 62,41 g en harina. Mientras que **Chamorro Gómez (2018)** obtuvo 52,4 g para el amaranto entero. Estos valores varían de investigador a investigador debido a la manipulación y a las características en las que se desarrolla el cultivo del amaranto. Respecto a estos datos **Haros & Schoenlechner (2017)** argumentan que es importante consumir hidratos de carbono por su aporte calórico. En los pseudocereales constituyen del 40 al 80 por ciento del grano entero por lo que es importante incorporarlo en la dieta, además como se demuestra a continuación es el mayor macronutriente del *A. caudatus* superando a otros pseudocereales como la quinua y a granos como el chocho o tarwi.

Tabla 6

Análisis comparativo de carbohidratos entre el grano de amaranto con otros pseudocereales y granos (g/100 g).

Amaranto	Quinua	Tarwi
74,4	72,1	43,9

Fuente: (Trino et al., 2017)

3.2.3.1 Polisacáridos

3.2.3.1.1 Almidón

Para su detección se puede usar el método empleado por **Choi et al. (2004)** citado y descrito por **Kong et al. (2009)**, donde al almidón se lo secó en un horno a 40°C, se lo maceró y tamizó por malla 70, obteniendo como resultado que el pseudocereal está formado por un 59% de este carbohidrato. **Mekonnen et al. (2018)** consideran que al ser cercano al 60%, el contenido de almidón influye en la densidad energética y la biodisponibilidad de los nutrientes por ser partícipes de la disminución de grasas,

mejorar la sensibilidad a la insulina, aumentar la microbiota intestinal, regular la glicemia y participar en el metabolismo lipídico (**Villarroel et al., 2018**).

En esta investigación, además, por microscopía electrónica de barrido se midieron los diámetros medios de los gránulos los cuales oscilaron entre 1,05 μm y 1,32 μm , y se observó su forma poligonal (**Figura 6**). Este tamaño del almidón influye en su capacidad para absorber agua (humedad).

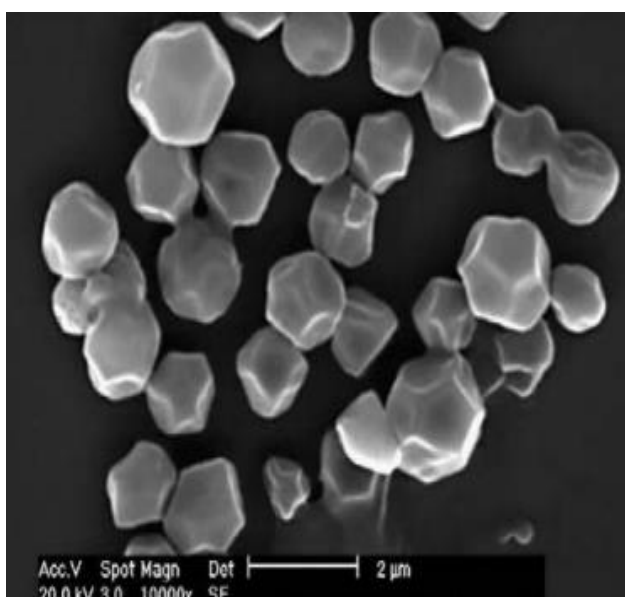


Figura 6. Micrografías electrónicas de barrido típicas de almidones de cultivares de amaranto.

Fuente: (Kong et al., 2009)

3.2.3.2 Fibra

La kiwicha se considera una excelente fuente de fibra por su concentración que ocupa un rango del 4 al 8% del total de carbohidratos, considerada más alta que en la mayoría de los granos de cereales comunes cuyo contenido de este componente es de 2% (**Ferreira et al., 2007**). En armonía con este dato **Ciudad-Mulero et al. (2019)** refieren que del 100%, el 75% es fibra insoluble y el 25% fibra soluble, mismas que cuidan la salud del tracto digestivo como se explica en el apartado 1.3.3.2.

Suasnavas (2014) sostiene que según las cifras dadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la ingesta diaria de fibra alimentaria total debe variar entre 27 a 40 g/día, por lo que se debe complementar al amaranto con otras fuentes de este nutriente, para suplirla.

3.2.3.3 Cuantificación de Azúcares Reductores y No Reductores

Miller (1959) aplicó el método que usa el reactivo ácido dinitrosalicílico (DNS) para la determinación de azúcares reductores, en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 540 nm se determinó su contenido como se manifiesta en la Tabla 7.

Tabla 7

Contenido de azúcares reductores en extractos de amaranto.

Muestras	Azúcares Reductores (mg/mL)
Extracto de amaranto sin tratamiento (ST)	10.953 ± 0.300
Extracto de amaranto lavado (LA)	9.330 ± 0.212
Extracto de amaranto cocido (CO)	3.135 ± 0.503
Extracto de amaranto reventado (RE)	3.325 ± 0.106

Fuente: (Vargas-Martínez et al., 2019)

Para **Becker et al. (1981)** el amaranto carece de monosacáridos, como la glucosa y la fructosa. La sacarosa y la rafinosa son los azúcares preponderantes y también se presenció estaquiosa, maltosa e inositol. Los valores de estos azúcares se pueden apreciar en la Figura 7.

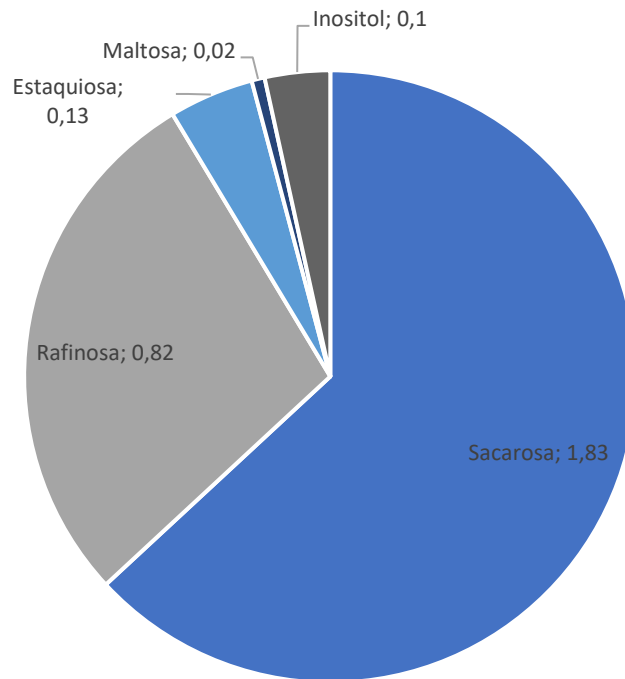


Figura 7. Sacáridos en las semillas de amaranto.

Fuente: (Becker et al., 1981)

El grano de kiwicha aporta con 371 kcal o 1554 kJ de energía obtenida de su riqueza en contenido de carbohidratos, cuyo valor aproximado total es 65,25 g/100 g (**Martinez-Lopez et al., 2020**). La OMS recomienda que en el día se consuma un 55% del valor calórico total que necesite cada persona, dependiendo de su requerimiento sujeto a su peso corporal y actividad física, también es importante que la dieta aporte no menos de 130 g de hidratos de carbono para evitar que en lugar de la glucosa el

cuerpo utilice grasa y cetonas como principal fuente de energía (cetosis) (**Alvariñas et al., 2020**).

3.2.4 Cuantificación de Lípidos

Para la identificación de estos componentes **Srigley & Mossoba (2017)** emplearon el método Soxhlet (AOAC 948.22) aprobado por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.

Montoya-Rodríguez et al. (2015) identificaron en la kiwicha lípidos entre un 5 y 13%; muy parecido a **Mejía Ramírez (2019)** quien expresa que el pseudocereal de estudio tiene el contenido lipídico total del 7,6%. De este porcentaje total, se identificaron ácidos grasos saturados (27%), ácidos grasos insaturados (73%) y dentro de este grupo monoinsaturados y poliinsaturados con; 23,9 y 49,1 por ciento respectivamente.

Para kiwicha entera (Tabla 8) destacan el ácido palmítico (C 16:0) con un porcentaje del 20,9 y ácido linoleico (C 18:2) 44,5%. Se presencia además ácidos grasos esenciales que incluyen el oleico u omega 9 (C 18:1) con 23,7 g por cada 100 g, y en menor cantidad linolénico o también llamado omega 3 (C 18:3) con 0.9 g/100 g cuyas utilidades se resumen en la Figura 8. En consideración a los ácidos grasos saturados los investigadores presenciaron ácido palmítico (C 16:0), esteárico (C 18:0), y araquidónico (C 20:0), además de ácidos grasos saturados raros considerados así por la longitud de su cadena de átomos de carbono que es superior a 18, tales como el behénico (C 22:0) y lignocérico (C 24:0) (**Martínez-Lopez et al., 2020**).

Tabla 8

Perfil lipídico de la semilla cruda de A. caudatus L.

Lípidos	Amaranto g/100 g (L Alvarez-Jubete et al., 2009)
SATURADOS	27%
	26,9 ± 0,2
C 16:0	20,9 ± 0,3
C 18:0	4,1 ± 0,1
C 20:0	0,8 ± 0,0
C 22:0	0,4 ± 0,0
C 24:0	0,4 ± 0,0
INSATURADOS	73%
Monoinsaturados	23,9 ± 0,1
C 18:1	23,7 ± 0,1
Poliinsaturados	49,1 ± 0,2
C 18:2	47,8 ± 0,2
C 18:3	0,9 ± 0,0

Fuente: (Martinez-Lopez et al., 2020)

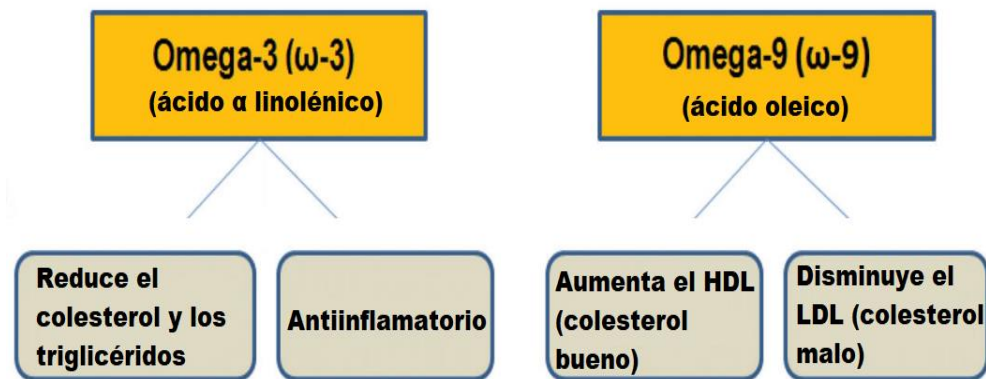


Figura 8. Principales beneficios para la salud de los Omega-3, y -9 presentes en el *A. caudatus* L.

Fuente: (Alagawany et al., 2021)

En cuanto a la composición de lípidos complejos; precursores y derivados, dada por **Carvajal Carvajal (2020)** estos comprenden del 7 al 8% para triacilgliceroles y fosfolípidos, un 11% de escualeno, 5% de tocoferoles y 8% para tocotrienoles. Y cantidades traza de alcoholes terpénicos, fitoesteroles y ceras (**Martinez-Lopez et al., 2020**).

Acorde a la recomendación de consumo diario, **Suasnavas (2014)** sugiere que la ingesta total de lípidos no debe superar al 30 % de aporte calórico total, el contenido de ácidos grasos saturados no puede ser mayor al 10% y los poliinsaturados deben mantenerse entre el 3 y el 7%. El *A. caudatus* L. cumple estos requisitos pues está conformado por 7,7 g de lípidos totales por cada 100 g de pseudocereal (Tabla 9), de dos a tres veces mayor al relacionarlo con otros granos (**Waisundara, 2020**).

Tabla 9

Comparativo del análisis de grasas entre el grano de Amaranto y otros cereales de uso común (g/100 g).

Amaranto	Maíz	Arroz	Trigo
7,7	4,5	2,1	2,1

Fuente: (Pico Aguirre & Bautista Cornejo, 2013)

Micronutrientes

3.2.5 Cuantificación de Minerales

Nascimento et al. (2014) se valieron de la digestión por microondas con recipiente cerrado que evita perder analitos por volatilización, no contamina la muestra, y optimiza el tiempo dedicado a la mineralización (**Silva-Trejos, 2012**).

Una vez realizado todo el proceso se empleó un espectrómetro con el cual se determinó la presencia y las líneas de emisión óptica de microelementos como:

- Zinc (Zn)
- Cobre (Cu)
- Hierro (Fe)
- Manganeso (Mn)

Y macroelementos entre ellos:

- Calcio (Ca)
- Magnesio (Mg)
- Fósforo (P)
- Sodio (Na)

- Potasio (K)

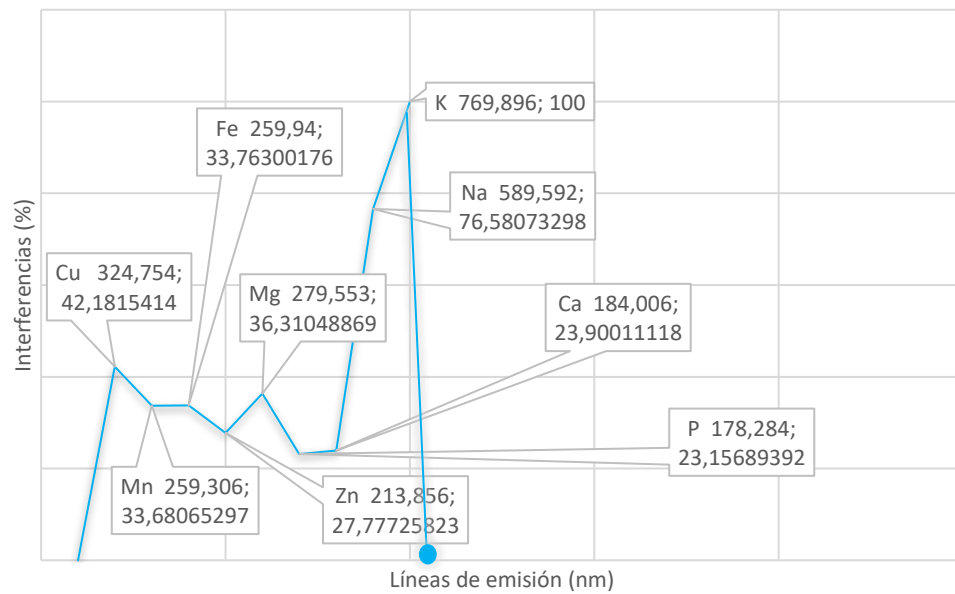


Figura 9. Espectro de emisión óptica del amaranto

Elaborado por: (Cano, E. 2021)

En la [Tabla 10](#) elaborada por **Martinez-Lopez et al. (2020)** se observa que en *A. caudatus* L., el Hierro (Fe) cubre prácticamente el 100% en la ingesta recomendada para hombres pero en mujeres lo hace en un 42%, el Fósforo (P) en ambos géneros se suple en un 79%, para los hombres el Magnesio (Mg) aporta el 59% y para mujeres el 77,5%, en cuanto al Manganeso (Mn) su contenido supera la recomendación por lo tanto complementa en su totalidad su consumo de acuerdo con la cantidad recomendada como ingesta diaria tanto en hombres como en mujeres, mientras que el Ca proporciona un 15,9% en ambos géneros y el Zn aporta 26 en hombres y 36 en mujeres en valores porcentuales respectivamente.

Tabla 10

Composición mineral de semillas crudas de A. caudatus L.

Nutriente	mg/100 g	DRI* hombres/mujeres mg/día
Ca	159	1000
Fe	7,61	8/18
Mg	248	420/320
P	557	700
Zn	2,87	11/8
Mn	3,33	2,3/1,8

***Ingestas dietéticas de referencia (DRI):** Cantidades dietéticas recomendadas e ingesta suficiente para satisfacer las necesidades de nutrientes (97%-98%) de casi todos los adultos sanos. (Dietary Reference Intakes, 2002/2005).

Fuente: Martínez-Lopez et al. (2020)

La Figura 10 demuestra la distribución de minerales; siendo el de mayor cantidad el Fósforo, seguido del Magnesio, otros y finalmente el Zinc y Manganeso que son prácticamente elementos traza. Nascimento et al. (2014) identificó además otros oligoelementos presentes como el Vanadio 7.19 ± 0.22 y el Níquel 16.4 ± 3.7 ambos en unidades de μg por cada 100 g de pseudocereal.



Figura 10. Contenido de minerales en kiwicha (mg/100 g).

Elaborado por: (Cano, E. 2021)

3.2.6 Cuantificación de Vitaminas

Por su tendencia a oxidarse con facilidad y ser sensibles al exponerse a la luz, los métodos aplicables dependen de si se tratan de vitaminas hidrosolubles a las que pertenecen todas las del grupo B y la C, o de las vitaminas liposolubles como la E.

3.2.6.1 Hidrosolubles (B1, B3, B9, C)

Por su característica solubilidad en agua, se suelen aplicar métodos microbiológicos por su precisión y por ser capaces de medir pequeñas cantidades (**Bravo Bravo, 2013**).

Tabla 11

Cantidad diaria recomendada (CDR) UE 2008 de vitaminas.

Vitamina	Unidad	CDR
Tiamina	mg	1,1
Niacina	mg	16
Ácido Fólico	µg	200
Ácido Ascórbico	mg	80

Fuente: (García-Gabarra et al., 2017)

3.2.6.1.1 Tiamina (B1)

En este pseudocereal la tiamina presenta un contenido de 0.116 - 0.14 mg/100 g (Maurya & Arya, 2018; Monteros et al., 1994). Cubriendo el 11% de la CDR.

3.2.6.1.2 Niacina (B3)

Por cada 100 g de kiwicha que se ingiera se complementa el 5,783% de la CDR pues hay 0.923 mg de niacina en el grano (Maurya & Arya, 2018).

3.2.6.1.3 Ácido Fólico (B9)

El ácido fólico o vitamina B9 concede el 0,4% en relación a la CDR, ya que se encuentra alrededor de 80 µg en una porción de 100 g (Martínez-Lopez et al., 2020).

3.2.6.1.4 Ácido Ascórbico (C)

Vilcacundo Chamorro (2017), citando a (Becker et al., 1981) indica que dispone de vitamina C en un rango que oscila entre 1,25 a 2,9 mg/100 g de materia seca, complementando el 2,6% de la CDR.

3.2.6.2 Liposolubles (E)

Por sus características biológicas se sugiere identificarlas y cuantificarlas individualmente. En la kiwicha la vitamina E se encuentra tanto en la semilla como en el grano.

Tabla 12

Cantidad diaria recomendada (CDR) UE 2008 de vitaminas.

Vitamina	Unidad	CDR
Vitamina E	mg	12

Fuente: (García-Gabarra et al., 2017)

3.2.6.2.1 Vitamina (E)

El contenido de vitamina E en 100 gramos de *A. caudatus* L. en mg es 1,19 según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2018) por lo tanto proporciona entre el 8 y 9 por ciento de la ingesta recomendada según **García-Gabarra et al. (2017)** como se observa en la Tabla 12.

La Figura 11 demuestra estos datos obtenidos, de manera gráfica, poniendo de manifiesto que la kiwicha es rica en vitamina C, E y B3.

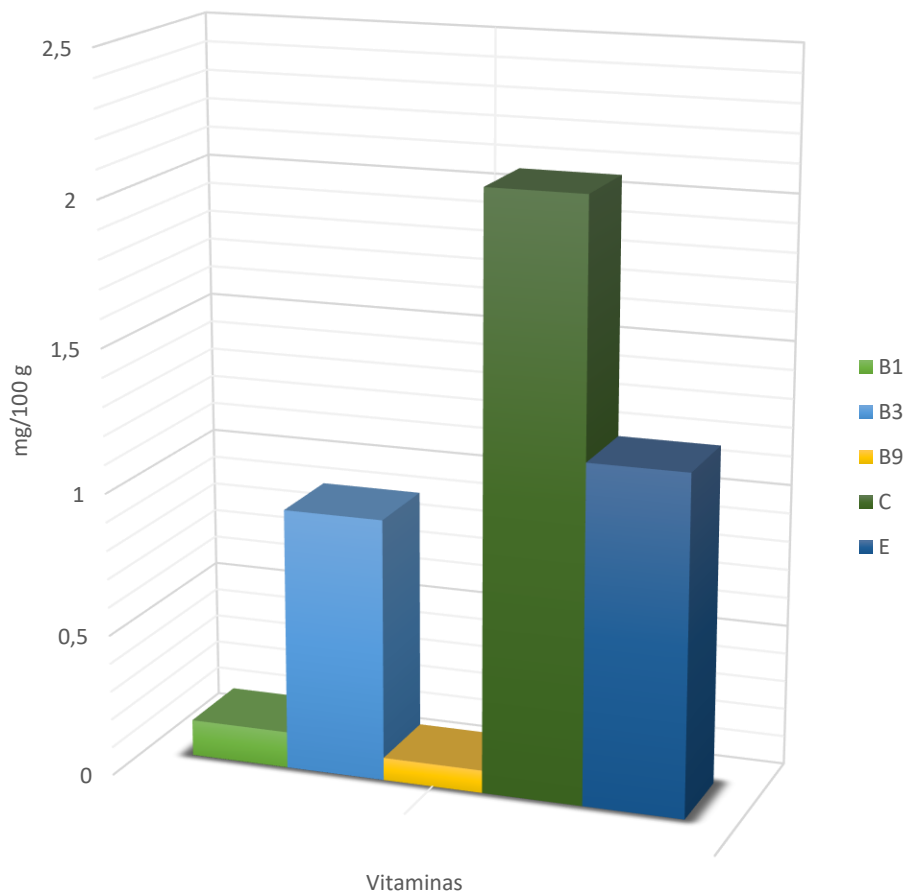


Figura 11. Contenido de vitaminas en el amaranto.

Elaborado por: (Cano, E. 2021)

3.3 Composición Biológica

Lo que hace al amaranto un alimento extraordinario es su valor biológico, que a su vez le otorga la característica de alimento funcional debido a que además de nutrir, presenta múltiples beneficios a la salud. Entre los más destacables se encuentran los que contribuyen a prevenir el riesgo de padecer enfermedades de alto impacto y/o catastróficas como cáncer, obesidad, desnutrición, cardiopatías y diabetes (**Silva-Sanchez et al., 2008**).

En la Figura 12 se representan algunas de estas ventajas biológicas.

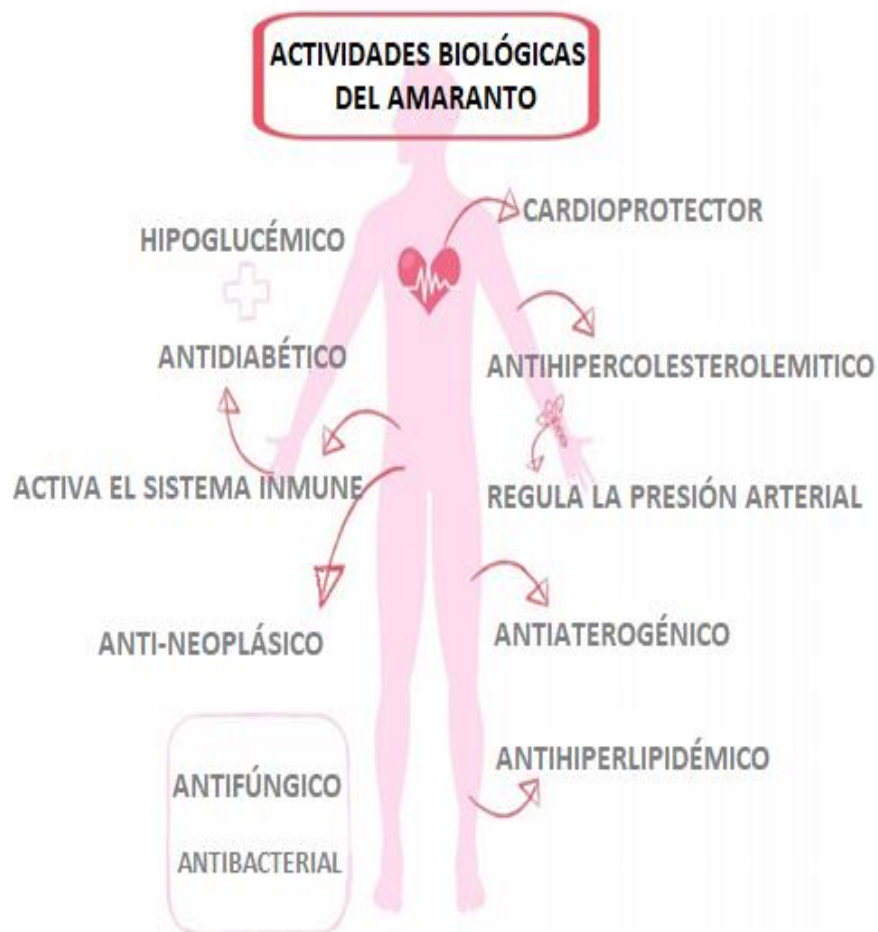


Figura 12. Representación esquemática de las principales actividades biológicas del *Amaranthus caudatus* L.

Fuente: (Martinez-Lopez et al., 2020)

3.3.1 Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Antioxidante

El contenido de distintos compuestos que le otorgan al pseudocereal la capacidad antioxidante se detalla a continuación.

3.3.1.1 Tocoferoles

La mayor cantidad de tocoferoles se encuentra en el extracto oleoso de la semilla del amaranto. La presencia de estos compuestos bioactivos se relaciona con el contenido de ácidos grasos insaturados en especial con el ácido linoleico, y a su protección frente a la oxidación y la autoperoxidación (R. Bruni et al., 2001).

Para identificarlos y cuantificarlos se analizó el aceite de kiwicha ecuatoriana y se reportaron los siguientes valores:

Tabla 13

*Contenido total de tocoferoles y contenido de α , β , γ y δ tocoferoles en semillas de *Amaranthus caudatus* L. (mg/kg).*

α tocoferol	β tocoferol	γ tocoferol	δ tocoferol	Tocoferoles totales
34,81 \pm 4,9	43,86 \pm 6,2	1,81 \pm 0,19	48,79 \pm 6,5	129,27 \pm 14,8

Fuente: (Renato Bruni et al., 2002)

El contenido total de tocoferoles (Tabla 13) en la kiwicha es de 0,12927 mg/100 g, valor bajo para prevenir el desarrollo de enfermedades relacionadas con la oxidación lipídica de acuerdo a la ingesta recomendada, pues para los investigadores **Weber et al. (1997)**, la media de consumo diario sugerida de estos biocompuestos es de 8,3 mg para hombres y 6,35 mg para mujeres por lo que debe ser complementado con alimentos ricos en su contenido principalmente frutos secos y sus aceites.

En contraste, según **Decker et al. (2010)** las concentraciones óptimas para lograr efectividad y ejercer la actividad antioxidante son: 200 ppm para la mezcla de tocoferoles α , β , γ y δ , 100 ppm de α -tocoferol, 250 para γ y 500 en δ -tocoferol. Cantidades pequeñas que la kiwicha puede completar con su incorporación en la dieta como fuente natural de tocoferoles.

3.3.1.2 Fenoles

L. Alvarez-Jubete et al. (2010) aprecian que, tanto en semilla como en brote, el contenido de fenoles es bajo en comparación con la quinua y el trigo, y sobresale el trigo sarraceno con un contenido excelente en ambas presentaciones.

Tabla 14

Contenido total de fenoles de semillas y brotes.

Alimento	Fenoles totales como ácido gálico equivalente (mg GAE/100 g)
Semillas	
Amaranto	$21,2 \pm 2,3$
Quinua	$71,7 \pm 5,5$
Trigo Sarraceno	$323 \pm 14,1$
Trigo	$53,1 \pm 2,8$

Brotes	
Amaranto	82,2 ± 4,6
Quinua	147 ± 3,7
Trigo Sarraceno	670 ± 12,3
Trigo	110 ± 7,9

Fuente: (L. Alvarez-Jubete et al., 2010)

Como se indica en la Tabla 14, en semillas de *Amaranthus caudatus* L. los fenoles están presentes con 21,2 mg/100 g lo que representa casi el 50% de la recomendación dada por **Navarro González et al. (2017)** quienes mencionan que se debería ingerir 46,5 mg de fenoles por día.

Por otro lado **Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010)** en su estudio identificaron los ácidos fenólicos en semillas de kiwicha. De estos sobresalen el ferúlico, cuyo potencial se relaciona con el cuidado de la piel y el vanílico que la protege de infecciones (Tabla 15).

El contenido total de estos varía de 16,8 a 32,9 mg/100 g, no obstante, la presencia de otros fenoles y sus derivados es muy beneficioso para el cuerpo humano por sus características antioxidantes. Su capacidad anti oxidativa depende de los métodos de extracción que se apliquen, los solventes y su polaridad (**Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010; Wong Paz et al., 2015**). Otro aspecto a destacar es que **Argueta-Solís et al. (2018)** en su investigación encontraron que el uso de ácido gálico disminuyó la acción oxidante en un 95%.

Tabla 15

Contenido total (mg/100 g) y porcentaje de ácidos fenólicos solubles en semillas de kiwicha.

A. cafeico	A. ferúlico	A. p-cumárico	A. p-OH-benzoico	A. Vanílico	A. Sinapico	A. Protocatéquico	A. Fenólicos Totales
0,85 ±	8,32 ±	0,81 ±	3,16 ±	6,67 ±	0,32 ±	12,8 ±	32,9 ±
0,01	0,70	0,04	0,02	0,03	0,04	0,4	1,3

Fuente: (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010)

3.3.1.3 Escualeno

Una excelente fuente de escualeno es el aceite de amaranto e inclusive se lo ha asemejado con el de hígado de tiburón el cual es muy conocido por su alto contenido de este componente (**He & Corke, 2003**).

La tabla comparativa demuestra que el escualeno en el amaranto es muy superior al de otros pseudocereales, superando al trigo sarraceno por 256 veces y a la quinua lo octuplica.

Tabla 16

Comparativo del contenido de escualeno entre 3 pseudocereales.

Muestra	mg/100 g
----------------	-----------------

Amaranto	486,54
Quinoa	58,4
Trigo Sarraceno	1,9

Fuente: (Amare et al., 2021)

De este valor **Micera et al. (2020)** considera que el 60% aproximado del total ingerido es asimilado por el cuerpo humano, mientras que el resto se desecha en la digestión o la microbiota intestinal lo metaboliza.

3.3.1.4 Actividad Antioxidante de Biopéptidos

Vilcacundo et al. (2018) utilizaron ejemplares de pez cebra y sus larvas, con la finalidad de evaluar el potencial de los péptidos liberados tras la simulación de la digestión gastrointestinal de los concentrados proteicos de *A. caudatus* con capacidad de reducir la peroxidación lipídica y las especies reactivas de oxígeno (ERO).

Las ERO provocan daños al ADN y la oxidación de los lípidos celulares, desencadenando un estrés oxidativo implicado en enfermedades degenerativas como el Alzheimer y el Parkinson.

Del concentrado de proteínas de kiwicha empleado, los péptidos liberados de los concentrados proteicos aumentaron la capacidad de inhibir la peroxidación lipídica en las larvas de pez cebra convirtiéndolo a este pseudocereal en un alimento funcional por su capacidad de actuar frente a las enfermedades asociadas al estrés oxidativo.

Tabla 17

Porcentaje de reducción de la oxidación de lípidos o peroxidación lipídica en modelos in vivo en larvas y embriones de pez cebra.

Método	Porcentaje
Larvas de pez cebra	
Hidrolizado gástrico	72,86
Hidrolizado intestinal	95,72
Embrión de pez cebra	
Hidrolizado gástrico	52,5
Hidrolizado intestinal	48,4

Fuente: (Vilcacundo et al., 2018)

3.3.2 Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Anticolesterolémica

3.3.2.1 Fitoesteroles

De las investigaciones de **Ferreira et al. (2007)** y **Marcone et al. (2003)** se obtuvo el contenido de los tres principales fitoesteroles en un cromatógrafo de gases con un detector de ionización y una columna capilar de sílice fundida.

Tabla 18

Principales esteroides en aceites de alimentos seleccionados ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

ACEITES	β-sitosteroides	Campesteroides	Estigmosteroides	Esteroides Totales
Amaranto	508 (± 7)	8 (± 3)	27 (± 5)	543 (± 7)
Soja	123	47	47	221
Cacahuete	131	31	19	206
Oliva	153	6	2	176

Fuente: (Marcone et al., 2003)

En cada uno de los aceites de los distintos alimentos estudiados, se observa que el contenido de β -sitosteroides es superior en comparación a campesteroides y estigmosteroides (Tabla 18), esto por su parte es muy beneficioso pues este tipo de fitoesteroides inducen efectos hipocolesterolemiantes tanto en animales como humanos, reducen significativamente los niveles de colesterol sérico total y de LDL (colesterol malo), al tiempo que aumentan de manera significativa los niveles de colesterol HDL (colesterol bueno) (Qureshi et al., 1996).

Para Silva et al. (2016) el amaranto entre los cereales y los pseudocereales posee el mayor contenido de fitoesteroides como componentes con propiedades biológicas capaces de reducir los niveles de colesterol y proteger a los consumidores de desarrollar enfermedades cardiovasculares. Estos autores también mencionan que la ingesta estimada va de 160 a 500 mg por día para evidenciar su acción benéfica. A su vez Ostlund (2002) da a conocer que con 2 g/día de consumo de fitoesteroides es

posible disminuir el colesterol total en un 10% y también las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en un 13%, sin perjudicar al colesterol HDL.

3.3.3 Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Anticancerígena

3.3.3.1 Cuantificación e Identificación de Lunasina

De una fracción de globulina 11S se tomó la banda correspondiente a lunasina. El péptido puro se analizó aplicando la técnica de tinción con azul de Coomassie y Western blot, obteniendo lunasina con un 95% de pureza, y un contenido que se resume en la Tabla 19 (Maldonado-Cervantes et al., 2010; Silva-Sanchez et al., 2008).

Tabla 19

Equivalente de lunasina contenida en semillas.

Muestra	µg/g
Amaranto	9,5 – 12,1
Cebada	5,9 – 8,7

Fuente: (Silva-Sanchez et al., 2008)

3.3.3.1.1 Actividad Anticancerígena

La lunasina proveniente de la kiwicha se considera un péptido anticancerígeno ya que participa en la regulación celular. Dicho péptido al unirse a las histonas inhibe su acetilación para de esta manera prevenir la proliferación tumoral en varios tipos de

cáncer como el de próstata, mamas, colon y sangre. Consumir 4 mg de este compuesto por cada kg de peso corporal demostró disminuir en un 50% células cancerígenas en el colon e hígado (Algara Suárez et al., 2016; Dia & Gonzalez de Mejia, 2011). Al ser un pseudocereal muy parecido a la soja según la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) el consumo diario de 25 g de proteína de *Amaranthus caudatus* L. son suficientes para la obtención de este biopéptido (Ďúranová et al., 2021).

3.3.4 Identificación y Cuantificación de Compuestos Bioactivos con Actividad Antimicrobiana

3.3.4.1 Flavonoides

El mayor contenido de estos pigmentos se concentra en las hojas de la kiwicha y eso se demuestra en la Tabla a continuación.

Tabla 20

Cuantificación de Flavonoides expresados en quercitina en las hojas y granos de Amarantho.

Amaranto	Flavonoides mg/100 g base seca expresados en quercitina
Grano	1,718
Hojas	48,836

Fuente: (Chamorro Gómez, 2018)

El investigador **Sarría Chueca (2004)** da a conocer que el promedio de consumo general en los Estados Unidos es de 20 a 34 mg por día, no se tienen valores de ingesta

en Latinoamérica, no obstante, en base a este dato se puede estimar que del estudio realizado por el autor antes mencionado las hojas cubren más del valor indicado, siendo muy buenos precursores de bondades citotóxicas que incluyen un 18% de protección antimicrobiana, 2% antifúngica y 5% antiviral (**Ekalu & Habila, 2020**).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- La revisión bibliográfica de las propiedades nutricionales y biológicas del amaranto variedad *Amaranthus caudatus* L., permitió recopilar información científica presentada por varios autores a través de los años, obteniendo datos cualitativos y cuantitativos relevantes. Quienes se han interesado en su estudio lo reconocen como un alimento completo que beneficia y aporta positivamente a la salud de quienes lo consumen.
- La kiwicha se caracteriza por su destacado valor nutricional comparado con matrices de ingesta común. Presentó una humedad del 11,1%, contenido proteico del 13,4% similar a alimentos muy valorados como la leche e incluso la carne, posee todos los aminoácidos esenciales, pero destacan la fenilalanina, triptófano, metionina y lisina al compararlos con el trigo, fréjol, arroz y maíz; en cuanto a los carbohidratos son los nutrientes mayoritarios con un valor porcentual de 65,25, por lo que se le concede la característica de ser una excelente fuente de energía y fibra con bondades digestivas; su perfil lipídico aproximado es del 8,3%, presentando 27% de ácidos grasos saturados y 73% de insaturados respecto al total graso. En relación con los micronutrientes, presenta minerales que aportan significativamente a los valores de la ingesta diaria recomendada, sobre todo en Hierro, Fósforo y Calcio. Contiene vitaminas liposolubles e hidrosolubles que ayudan a fortalecer el sistema inmune, sobresaliendo las vitaminas C, E y B3.

- El valor biológico de este pseudocereal es excepcional, su consumo otorga actividades de tipo antioxidante, anticancerígeno, cardioprotector, regulador de la presión arterial, antifúngico, antibacterial, entre otros. Como antioxidante, la presencia de tocoferoles α , β , γ y δ (129,27 mg/kg) y fenoles (27,05 mg/100g) protegen a las células y orgánulos del daño oxidativo; el escualeno (486,54 mg/100 g) participa en la síntesis del colesterol; los biopéptidos cuidan al organismo frente al estrés oxidativo. Con propiedades anticolesterolémicas, los fitoesteroles del aceite de amaranto (543 μ g/100 g) con sus variantes (β -sitosteroles, campesteroles y estigmosteroles) regulan los niveles de colesterol, previniendo el riesgo de padecer obesidad y enfermedades cardiovasculares. La lunasina destaca por su papel anticancerígeno, inhibiendo el desarrollo de las células que propagan esta enfermedad en cualquier órgano del cuerpo humano. La kiwicha también presenta flavonoides (50,554 mg/100 g) con actividad antimicrobiana, capaces de proteger al organismo de diferentes patógenos.
- Evaluada su diversidad y riqueza en componentes con valor biológico y nutricional, la kiwicha es un pseudocereal que se consideraría alimento funcional completo por su gran potencial que va más allá de satisfacer la dieta. Su consumo frecuente ayudaría a disminuir la desnutrición y el apareamiento de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, diabetes, diversos tipos de cáncer y otras patologías. Por ser un cultivo con un perfil de preparación tan diverso, presentar abundante aptitud a nivel industrial y estar al alcance de todas las clases sociales, debería ser mejor aprovechado, siempre que se capacite a la población sobre sus bondades.

4.2 Recomendaciones

- Realizar estudios a nivel poblacional sobre el conocimiento de los beneficios nutritivos del consumo de este pseudocereal y su diversidad culinaria e industrial.
- Ampliar esta investigación con variedades de amaranto nativas, para conocer sus perfiles nutricionales y biológicos, comparándolos con los registrados en esta revisión.
- Difundir las cualidades de este pseudocereal usando las distintas herramientas digitales, charlas, capacitaciones, etc., para incrementar el interés para su consumo e industrialización.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA

5.1 Referencias Bibliográficas

- Aguilar Hernández, H. S. (2012). *Perfil de expresión a nivel transcripcional en respuesta a estrés salino en dos especies de amaranto (Amaranthus cruentus L. y Amaranthus hypochondriacus L.)*. (Postgrado en Ciencias en Biología Molecular Postgrado), Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. , San Luis Potosí. Recuperado de <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/2908>
- Alagawany, M., Elnesr, S., Farag, M., El-Sabrou, K., Alqaisi Shawabkeh, O., Dawood, M., et al. (2021). Nutritional significance and health benefits of omega-3, -6 and -9 fatty acids in animals. *Animal Biotechnology*, 1-13. doi:10.1080/10495398.2020.1869562
- Algara Suárez, P., Gallegos Martínez, J., & Reyes Hernández, J. (2013). Amaranto: Efectos en la nutrición y la salud. *Tlatemoani: revista académica de investigación*(12), 1.
- Algara Suárez, P., Gallegos Martínez, J., & Reyes Hernández, J. (2016). El amaranto y sus efectos terapéuticos. *Tlatemoani: revista académica de investigación*, 7(21), 55-73.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E., & Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences Nutrition*, 60(sup4), 240-257. doi:10.1080/09637480902950597

- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, *119*(2), 770-778. doi:10.1016/j.foodchem.2009.07.032
- Alvariñas, J., Antonucci, R., Burlando, G., Calvagno, M., Carduz, M. I., Cúneo, A., et al. (2020). *Requerimientos y recomendaciones nutricionales*. Buenos Aires.
- Amare, E., Grigoletto, L., Corich, V., Giacomini, A., & Lante, A. (2021). Fatty Acid Profile, Lipid Quality and Squalene Content of Teff (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter) and Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) Varieties from Ethiopia. *Applied Sciences*, *11*(8), 3590. doi:10.3390/app11083590
- AOAC. (2011). Official Method 2001.11: Protein (crude) in animal feed, Forage (Plant Tissue), Grain and Oilseeds. In *Official Methods of Analysis, USA*.
- Argueta-Solís, M. G., Aguilar, C. N., Pintor-Ibarra, L. F., Chávez-González, M., Rojas-Molina, R., Wong-Paz, J. E., et al. (2018). Inhibición de la oxidación de lípidos y constituyentes fenólicos relacionados en la madera y la corteza de tres especies de encino (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*). *Agrociencia*, *52*, 757-766.
- Azad, S. (2017). Amino acids: Its types and uses. *International Journal of Clinical and Diagnostic Pathology*, *4*.
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los Alimentos* (E. Quintanar Duarte Ed.). México: Pearson Educación.
- Becker, R., Wheeler, E., Lorenz, K., Stafford, A., Grosjean, O., Betschart, A., et al. (1981). A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science*, *46*(4), 1175-1180.

- Bravo Bravo, M. d. I. Á. (2013). *Hifenaciones instrumentales entre la cromatografía líquida, diferentes sistemas detectores y nuevos métodos de pretratamiento de muestra para la determinación de vitaminas en alimentos*. (Doctorado), Universidad de Murcia, España. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10201/37377>
- Bruni, R., Guerrini, A., Scalia, S., Romagnoli, C., & Sacchetti, G. (2002). Rapid techniques for the extraction of vitamin E isomers from *Amaranthus caudatus* seeds: ultrasonic and supercritical fluid extraction. *Wiley InterScience*, *13*(5), 257-261. doi:10.1002/pca.651
- Bruni, R., Medici, A., Guerrini, A., Scalia, S., Poli, F., Muzzoli, M., et al. (2001). Wild *Amaranthus caudatus* Seed Oil, a Nutraceutical Resource from Ecuadorian Flora. *Journal of agricultural and food chemistry*, *49*(11), 5455-5460. doi:10.1021/jf010385k
- Burgos, V. E., & Armada, M. (2015). Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha grains (*Amaranthus caudatus*) *Food Science and Technology*, *35*, 531-538.
- Calleja Vargas, F., Lara Morales, L. E., Morales Corona, M. d. L., & Rosas Chacón, P. (2020). Antioxidantes provenientes del amaranto con capacidades nutraceuticas para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. *RD-ICUAP*, *6*(17).
- Cárdenas Hernández, A. d. S. (2018). *Composición química, características de calidad y actividad antioxidante de pasta enriquecida con harina de amaranto y hoja de amaranto deshidratada*. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.
- Cardona Serrate, F. (2020). Los aminoácidos. Estructura y tipos. *E.T.S. de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural Universitat Politècnica de València*.

- Carvajal Carvajal, C. (2020). *Lípidos, proteínas y aterogénesis*. (BINASSS), Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social. EDNASSS, Costa Rica. Recuperado de <https://repositorio.binasss.sa.cr/xmlui/handle/20.500.11764/721>
- Carver, P. L., Meunier, B., Robert, A., Crisponi, G., Nurchi, V., Lachowicz, J. I., et al. (2019). *Essential Metals in Medicine: Therapeutic Use and Toxicity of Metal Ions in the Clinic*: De Gruyter.
- Cavazos, A., & Gonzalez de Mejia, E. (2013). Identification of Bioactive Peptides from Cereal Storage Proteins and Their Potential Role in Prevention of Chronic Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 364-380. doi:10.1111/1541-4337.12017
- Chamorro Gómez, R. E. (2018). *Valor Nutricional y Compuestos Bioactivos de 30 Acciones de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) del INIA-PERÚ*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3081>
- Chasapis, C. T., Ntoupa, P.-S. A., Spiliopoulou, C. A., & Stefanidou, M. E. (2020). Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Archives of toxicology*, 94(5). doi:10.1007/s00204-020-02702-9
- Choi, H., Kim, W., & Shin, M. (2004). Properties of Korean Amaranth Starch Compared to Waxy Millet and Waxy Sorghum Starches. *Starch. Biosynthesis, Nutrition, Biomedical*, 56(10), 469-477. doi:10.1002/star.200300273
- Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Matallana-González, M. C., & Morales, P. (2019). Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. In *Advances in food and nutrition research* (Vol. 90, pp. 83-134): Elsevier.

- Combs Jr, G. F., & McClung, J. P. (2016). *The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*: Academic press.
- Corke, H., Cai, Y. Z., & Wu, H. X. (2016). Amaranth: Overview. In C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)* (pp. 287-296). Oxford: Academic Press.
- Da Silva Lannes, S. C., & Bernal Gómez, M. E. D. D. (2020). Powder Technology. In R. A. Marc, A. Valero Díaz, & G. D. Posada Izquierdo (Eds.), *Food Processing* (pp. 47). United Kingdom: IntechOpen.
- Decker, E. A., Elias, R. J., & McClements, D. J. (2010). *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications: management in different industry sectors*: Elsevier.
- Dia, V. P., & Gonzalez de Mejia, E. (2011). Lunasin potentiates the effect of oxaliplatin preventing outgrowth of colon cancer metastasis, binds to $\alpha 5\beta 1$ integrin and suppresses FAK/ERK/NF- κ B signaling. *Cancer Lett*, 313(2), 167-180. doi:10.1016/j.canlet.2011.09.002
- Du Preez, H. (2007). Squalene – antioxidant of the future? *The South African Journal of Natural Medicine*, 33, 106-112.
- Đúranová, H., Fialková, V., Bilčíková, J., Lukáč, N., & Kňazická, Z. (2021). Lunasin and its versatile health - promoting actions. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 1106-1110. doi:10.15414/jmbfs.2019.8.4.1106-1110
- Ekalu, A., & Habila, J. D. (2020). Flavonoids: isolation, characterization, and health benefits. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 9(1), 45. doi:10.1186/s43088-020-00065-9

- Estrada Zuñiga, R. (2011). Kiwicha alimento nuestro para el mundo. *Ministerio de Agricultura. INIA*, 42.
- FAO. (2021). Composición de los alimentos. *Nutrición*. <http://www.fao.org/nutrition/food-composition/es/>
- Feng, S., Belwal, T., Li, L., Limwachiranon, J., Liu, X., & Luo, Z. (2020). Phytosterols and their derivatives: Potential health-promoting uses against lipid metabolism and associated diseases, mechanism, and safety issues. *Food Improved by Research, Science and Technology*, 19(4), 1243-1267. doi:10.1111/1541-4337.12560
- Ferreira, T. A. P. C., Matias, A. C. G., & Arêas, J. A. G. (2007). Características nutricionais e funcionais do amaranto (*Amaranthus* spp.). *Nutrire Rev. Soc. Bras. Aliment. Nutr.*, 91-116.
- García-Gabarra, A., Castellà-Soley, M., & Calleja-Fernández, A. (2017). Ingestas de energía y nutrientes recomendadas en la Unión Europea: 2008-2016. *Nutrición Hospitalaria*, 34, 490-498. doi:10.20960/nh.937
- Guapi Cando, J. M. (2014). *Caracterización bromatológica y fotoquímica de los granos y hojas del chocho (Lupinus mutabilis Sweet), quinua (Chenopodium quinoa Willd), amaranto (Amaranthus caudatus L.) y sangorache (Amaranthus hybridus L.)*. Universidad Nacional de Chimborazo, 2014, Riobamba. Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/689>
- Haros, C. M., & Schoenlechner, R. (2017). *Pseudocereals: Chemistry and Technology*: Wiley.
- He, H.-P., & Corke, H. (2003). Oil and Squalene in *Amaranthus* Grain and Leaf. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(27), 7913-7920. doi:10.1021/jf030489q

- Health, N. I. o. (2016). *Dietary Supplement Fact Sheets, Thiamin* Recuperado de Dietary Supplement Fact Sheets: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/list-all/#Thiamin>
- Hernández Arizpe, L. M. (2019). *Desarrollo de una formulación en polvo a base de Amaranto (Amaranthus cruentus) y canela (Cinnamomum sp) sabor chocolate*. (Doctorado), Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Holesh, J. E., Aslam, S., & Martin, A. (2020). *Physiology, Carbohydrates*: StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Huamán Castilla, N. L., Yupanqui, G., Allcca, E., & Allcca, G. (2016). Efecto del contenido de Humedad y Temperatura sobre la difusividad térmica en granos andinos. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(3), 259-271.
- Huamanchumo, W. (2020). *Pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten*. (Máster Universitario en Gestión de la Seguridad y Calidad Alimentaria), Universitat Politècnica de València, Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/151184>
- Ibarra-Morales, A., Sánchez-del Pino, I., & Solís-Fernández, K. Z. (2021). El amaranto en la región maya. *Ecofronteras*, 8-10.
- Imbaquingo, J. (2020). Ecuador, uno de los países con mayor índice de desnutrición crónica infantil. *EL COMERCIO*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-desnutricion-cronica-infantil-fao.html>
- Jamanca Gonzales, N., & Alfaro Cruz, S. C. (2017). *Antioxidantes en los alimentos* (UNAB Ed.): Editorial UNAB.

- Jimoh, M. O., Afolayan, A. J., & Lewu, F. B. (2018). Suitability of Amaranthus species for alleviating human dietary deficiencies. *South African Journal of Botany*, *115*, 65-73. doi:10.1016/j.sajb.2018.01.004
- Jimoh, M. O., Afolayan, A. J., & Lewu, F. B. (2020). Nutrients and antinutrient constituents of Amaranthus caudatus L. Cultivated on different soils. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *27*(12), 3570-3580. doi:10.1016/j.sjbs.2020.07.029
- Kaur, S., & Das, M. (2011). Functional foods: an overview. *Food Science Biotechnology*, *20*(4), 861.
- Kong, X., Bao, J., & Corke, H. (2009). Physical properties of Amaranthus starch. *Food Chemistry*, *113*(2), 371-376. doi:10.1016/j.foodchem.2008.06.028
- Liu, J., Jia, S., Kirberger, M., & Chen, N. (2014). Lunasin as a promising health-beneficial peptide. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, *18*(14), 2070-2075.
- Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B. M., Green, M. A., Watson, A. W., et al. (2018). Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. *Nutrients*, *10*(3), 360. doi:10.3390/nu10030360
- López, D. N., Galante, M., Raimundo, G., Spelzini, D., & Boeris, V. (2019). Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. *Food Research International*, *116*, 419-429. doi:10.1016/j.foodres.2018.08.056
- Luis, G. M., Hernández Hernández, B. R., Peña Caballero, V., Torres López, N. G., Espinoza, V., & Ramírez Pacheco, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (Amaranthus spp.). *Journal of Negative No Positive Results: JONNPR*, *3*(6), 423-436.

- Maldonado-Cervantes, E., Jeong, H. J., León-Galván, F., Barrera-Pacheco, A., De León-Rodríguez, A., González de Mejía, E., et al. (2010). Amaranth lunasin-like peptide internalizes into the cell nucleus and inhibits chemical carcinogen-induced transformation of NIH-3T3 cells. *Peptides*, *31*(9), 1635-1642. doi:10.1016/j.peptides.2010.06.014
- Mapes Sánchez, E. C. (2015). El AMARANTO. Usos de plantas mexicanas. *Ciencia AMC*, *8*.
- Marcone, M. F., Kakuda, Y., & Yada, R. Y. (2003). Amaranth as a rich dietary source of β -sitosterol and other phytosterols. *Plant Foods for Human Nutrition*, *58*(3), 207-211. doi:10.1023/B:QUAL.0000040334.99070.3e
- Martinez-Lopez, A., Millan-Linares, M. C., Rodriguez-Martin, N. M., Millan, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, *65*, 103735. doi:10.1016/j.jff.2019.103735
- Maurya, N. K., & Arya, P. (2018). Amaranthus grain nutritional benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy Phytochemistry*, *7*(2), 2258-2262.
- Mejía Ramírez, J. P. (2019). *Proyecto de Obtención y Formulación de una Bebida Refrescante a base de Kiwicha con edulcorante stevia*. (Ingeniero Químico), Universidad Nacional "José Faustino Sánchez Carrión", Perú. Recuperado de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3390>
- Mekonnen, G., Woldesenbet, M., Teshale, T., & Biru, T. (2018). Amaranthus caudatus production and nutrition contents for food security and healthy living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia. *Nutri Food Sci Int J*, *7*(3), 10.19080. doi:10.19080/NFSIJ.2018.07.555712.

- Micera, M., Botto, A., Geddo, F., Antoniotti, S., Berdea, C. M., Levi, R., et al. (2020). Squalene: more than a step toward sterols. *Antioxidants*, 9(8), 688. doi:10.3390/antiox9080688
- MIDAGRI. (2019). Cultivo de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Ministerio de Agricultura y Riego. AgroRural*.
- Miller, G. (1959). Modified DNS method for reducing sugars. *Analytical Chem*, 31(3), 426-428. doi:10.1021/ac60147a030
- Monteros, C., Nieto, C., Caicedo, C., Rivera, M., & Vimos, C. (1994). Primera variedad mejorada de amaranto para la Sierra ecuatoriana. *INIAP Alegría*.
- Montoya-Rodríguez, A., Gómez-Favela, M. A., Reyes-Moreno, C., Milán-Carrillo, J., & González de Mejía, E. (2015). Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(2), 139-158. doi:10.1111/1541-4337.12125
- Mora, F. (2016). *Sangorache o Ataco: Estudio y nuevas propuestas gastronómicas*. (Licenciatura), Universidad de los Hemisferios, Quito. Recuperado de <http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/531>
- Mustatea, G., Ungureanu, E., & Iorga, E. (2019). Protein acidic hydrolysis for amino acids analysis in food - Progress over time: A short review. 26, 81-88.
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A. S., et al. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, 148, 420-426. doi:10.1016/j.foodchem.2013.09.155

- Navarro González, I., Periago, M. J., & García Alonso, F. J. (2017). Estimación de la ingesta diaria de compuestos fenólicos en la población española. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(4), 320-326. doi:10.14306/renhyd.21.4.357
- Olalla Salazar, E. S. (2017). *Proyecto de factibilidad para la industrialización y comercialización de hojuelas de amaranto en el Valle de los Chillos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Quito. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12909>
- Ostlund, R. E. (2002). Phytosterols in human nutrition. *Annual review of nutrition*, 22(1), 533-549. doi:10.1146/annurev.nutr.22.020702.075220
- Peralta I, E. (2012). El amaranto en Ecuador: "Estado del arte". *Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos*.
- Pérez, C., & Luzuriaga, Ó. (2017). Caracterización de la Harina de Semillas de Amaranto (*Amaranthus caudatus*) para Elaboración de Pan en Mezclas con Harina de Trigo. *Química Central Ciencia y Naturaleza*, 1(1), 61-70. doi:10.29166/quimica.v1i1.1191
- Pico Aguirre, L. M., & Bautista Cornejo, M. J. (2013). *Determinar la factibilidad de producir y comercializar una bebida de Amaranto con sabor a Chocolate en Bucaramanga y su área Metropolitana*. Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/576>
- Qureshi, A. A., Lehmann, J. W., & Peterson, D. M. (1996). Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. *The Journal of nutrition*, 126(8), 1972-1978.
- Ramírez García, G. L., & Estefano Quinto, M. F. (2018). *Características Funcionales y Nutricionales de la Quinoa y el Amaranto, para mejorar el estado*

Nutricional de los Preescolares en Ecuador. Universidad Estatal de Milagro, Milagro. Recuperado de <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3983>

Rastogi, A., & Shukla, S. (2013). Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values. *Critical reviews in food science nutrition*, 53(2), 109-125. doi:10.1080/10408398.2010.517876

Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Nutritional Value and Bioactive Compounds in Andean Ancient Grains. *Proceedings*, 53(1), 1. doi:10.3390/proceedings2020053001

Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J.-M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128-133.

Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. In: Instituto Nacional de Salud.

Rojas Salazar, Y., & Gomez, E. (2020). Vitaminas. *Farmacología Médica. Nutrición y Dietética*.

Ruíz Rodríguez, J. J., & Vásquez Reyes, G. d. P. (2018). *Valor biológico de las proteínas de Amaranthus caudatus "kiwicha" de la Región La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10654>

Sarmadi, B. H., & Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31(10), 1949-1956. doi:10.1016/j.peptides.2010.06.020

Sarría Chueca, A. (2004). Flavonoides: compuestos bioactivos de los alimentos. *Boletín de la Sociedad de Pediatría de Aragón, La Rioja y Soria*, 34(3), 88-92.

- Savi, L. A., Caon, T., de Oliveira, A. P., Sobottka, A. M., Werner, W., Reginatto, F. H., et al. (2010). Evaluation of antirotavirus activity of flavonoids. *Fitoterapia*, 81(8), 1142-1146. doi:10.1016/j.fitote.2010.07.017
- Silva-Sanchez, C., Barba de la Rosa, A., León, F., de Lumen, B., León-Rodríguez, A., & Mejia, E. (2008). Bioactive Peptides in Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56, 1233-1240. doi:10.1021/jf072911z
- Silva-Trejos, P. (2012). Digestión en horno de microondas para determinación de contenido de hierro y zinc totales en alimentos. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(3).
- Silva, P., Pinheiro, A. C., Rodríguez, L., Figueroa, V., & Baginsky, C. (2016). Fuentes naturales de fitoesteroles y factores de producción que lo modifican. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(1), 017-024.
- Singh, N., Singh, P., Shevkani, K., & Viridi, A. S. (2019). Chapter 10 - Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment. In V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition)* (pp. 123-135): Academic Press.
- Srigley, C. T., & Mossoba, M. M. (2017). Current analytical techniques for food lipids. In F. a. d. A. Papers (Ed.). Nebraska.
- Stevens, S. L. (2021). Fat-Soluble Vitamins. *Nursing Clinics*, 56(1), 33-45. doi:10.1016/j.cnur.2020.10.003
- Suasnavas, A. (2014). *Ecuador en cifras. ¿Qué es eso de la buena nutrición?* : INEC Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/camas/web-inec/Revistas/revista_postdata_n2_inec/files/assets/downloads/page0006.pdf

- Trino, R. D., Grados Torrez, R. E., Gutierrez Durán, M. d. P., Mamani Mayta, D. D., Perez Gonzales, J., Magariños Loredo, W., et al. (2017). Evaluación del aporte nutricional del amaranto (*amaranthus caudatus linnaeus*), quinua (*chenopodium quinoa willd*) y tarwi (*lupinus mutabilis sweet*) en el desayuno. *Revista CON-CIENCIA*, 5(2), 15-28.
- UNLP. (2020). Macronutrientes y micronutrientes. *Universidad Nacional de La Plata - Escuela Universitaria de Oficios*, 11.
- Urango Marchena, L. A., Montoya Parra, G. A., Cuadros Quiroz, M. A., Henao, D. C., Zapata, P. A., López Mira, L., et al. (2011). Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1).
- USDA. (2018). Amaranth grain, uncooked. Agricultural Research Service. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Recuperado de <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170682/nutrients>
- Valenzuela B., A., & Ronco M., A. M. (2004). Fitoesteroles y Fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Revista chilena de nutrición*, 31, 161-169.
- Valenzuela, G. (2017). El despertar de los granos andinos. *Revista Gestión. Agricultura*, 48, 4.
- Vargas-Martínez, L. I., García-Alvarado, M. Á., Robles-Olvera, V. J., & Hidalgo-Morales, M. (2019). Extractos de amaranto como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* una bacteria ácido láctica con características probióticas. *Espacio I+ D: Innovación más Desarrollo*, 8(19).
- Vasudevan, D., Sreekumari, S., & Vaidyanathan, K. (2017). Proteins: Structure and Function. In (pp. 36-51).

- Velarde-Salcedo, A. J., Bojórquez-Velázquez, E., & De la Rosa, A. P. B. (2019). Amaranth. In *Whole Grains and their Bioactives* (pp. 209-250).
- Vilcacundo Chamorro, R. D. (2017). *Liberación de péptidos multifuncionales durante la digestión gastrointestinal simulada de proteínas de quinua (Chenopodium quinua Willd) y amaranto (Amaranthus caudatus)*. (Doctorado en Ciencias de la Alimentación), Universidad Autónoma de Madrid, Madrid. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10486/683691>
- Vilcacundo, R., Barrio, D. A., Piñuel, L., Boeri, P., Tombari, A., Pinto, A., et al. (2018). Inhibition of lipid peroxidation of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) hydrolyzed protein using zebrafish larvae and embryos. *Plants*, 7(3), 69. doi:10.3390/plants7030069
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos *Revista chilena de nutrición*, 45, 271-278. doi:10.4067/s0717-75182018000400271
- Vuolo, M. M., Lima, V. S., & Maróstica Junior, M. R. (2019). Chapter 2 - Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. In M. R. S. Campos (Ed.), *Bioactive Compounds* (pp. 33-50): Woodhead Publishing.
- Waisundara, V. Y. (2020). *Nutritional Value of Amaranth*. London: IntechOpen.
- Weber, P., Bendich, A., & Machlin, L. J. (1997). Vitamin E and human health: Rationale for determining recommended intake levels. *Nutrition*, 13(5), 450-460. doi:10.1016/S0899-9007(97)00110-X
- Wong Paz, J. E., Muñoz Márquez, D. B., Martínez Ávila, G. C. G., Belmares Cerda, R. E., & Aguilar, C. N. (2015). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from native plants in the Mexican desert. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 474-481. doi:10.1016/j.ultsonch.2014.06.001

Wu, G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food & function*, 7(3), 1251-1265. doi:10.1039/C5FO01530H

Zapata Rincón, S. A., & Carmona Salcedo, A. M. (2016). *Efecto de los péptidos bioactivos sobre la salud*. Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquía. Recuperado de http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1696/1/Peptidos_bioactivos_efecto_salud.pdf

Zemanate Quisoboni, Y. (2019). *Importancia del fósforo en la producción de la quinua (Chenopodium quinua willd)*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Popayán.