

La fibra dietaria, importante componente fisicoquímico: un caso peruano

Dietary fiber, an important physicochemical component: a Peruvian case

Ulises Gonzalo Calizaya-Mamani¹ <https://orcid.org/0000-0001-5966-538X>.

Alejandrina Honorata Sotelo-Méndez² <https://orcid.org/0000-0002-6992-4821>.

Gabriela Cristina Chire-Fajardo^{3*} <https://orcid.org/0000-0001-7422-7636>.

¹Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima-Perú

²Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima-Perú

³Circulo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima-Perú

* Autor para la correspondencia. Correo electrónico: gchire@lamolina.edu.pe

RESUMEN

La vida en las grandes ciudades trae consigo una alimentación desbalanceada con mínimo consumo de fibra dietaria, la población peruana consume principalmente pan, arroz, papa y fideos lo que lleva un incremento de comorbilidades. Los objetivos fueron: conocer a la fibra dietaria y sus efectos fisiológicos en el ser humano, relacionar la fibra dietaria con el microbiota intestinal así como con las tecnologías aplicadas y conocer los alimentos peruanos con alto contenido de fibra dietaria. Se utilizaron fuentes de información científica: de

artículos científicos y documentos técnicos especializados. Se define la fibra dietaria como un conjunto de polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas no hidrolizables por enzimas endógenas en el intestino delgado; los efectos fisiológicos son: mejoras en la salud intestinal, control glicémico, reducción de colesterol, entre otros; se relaciona con el microbiota intestinal debido a que fermentan a la fibra dietaria para producir compuestos de fácil asimilación para el ser humano además promueve el crecimiento y un equilibrio del microbiota intestinal el cual está relacionado con la inmunidad. Los alimentos peruanos con alto contenido de fibra dietaria son: granos andinos, cereales, frutas, vegetales y semillas, que pasan por pocas operaciones unitarias tales como: lavado, acondicionado y envasado. Se promueve una educación nutricional sobre el consumo de la fibra dietaria a través de la academia.

Palabras clave: alimentación saludable; comorbilidades; frutas; granos andinos; oligosacáridos resistentes.

ABSTRACT

Life in big cities brings with it an unbalanced diet with minimal dietary fiber consumption, Peruvian population consume bread, rice, potatoes and noodles consequently an increase in comorbidities. The objectives were: to know the dietary fiber and its physiological effects in humans, to relate dietary fiber with the intestinal microbiota; as well unit operations as, and to know Peruvian foods with a high content of dietary fiber. Sources of scientific information from papers and technical documents were used. The results were: dietary fiber is a set of carbohydrate polymers with ten or more monomeric units that are not hydrolysable by endogenous enzymes in the small intestine; the physiological effects are: improvements in intestinal health, glycemic control, cholesterol reduction, and others; it is related to the intestinal microbiota because it ferments dietary fiber to produce compounds that are easily assimilated by humans. It also promotes the growth and balance of the intestinal microbiota, which is related to immunity. Peruvian foods with high dietary fiber content are: Andean grains, cereals, fruits,

vegetables, and seeds that go through few unit operations, such as: washed, conditioned and packed. A nutritional education about dietary fiber is promoted by academia.

Keywords: healthy eating; comorbidities; fruits; andean grains; resistant oligosaccharides.

Recibido: 10/05/2023

Aceptado: 18/08/2023

Desarrollo

La fibra dietaria son compuestos de origen vegetal que no son fuentes disponibles de energía debido a que no pueden ser hidrolizados por las enzimas del intestino humano. Está formado por la lignina y aquellos polisacáridos de los vegetales resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas y pueden ser fermentados por la microflora colónica, dando: H₂, CH₄, CO₂, H₂O y ácidos grasos de cadena corta (AGCC).⁽¹⁾ Las propiedades son: reduce el tiempo del tránsito intestinal, incrementa la masa fecal, es fermentable por la microflora del colon, reduce los niveles de colesterol total y/o colesterol LDL en la sangre y reduce los niveles posprandiales de glucosa y/o insulina en la sangre,⁽¹⁾ estimula el crecimiento de la flora intestinal.⁽²⁾ Genera la saciedad al consumir fibra para prevenir el sobrepeso y la obesidad.⁽³⁾

El sistema inmunitario reacciona frente a la agresión exógena y endógena del cuerpo. En la agresión exógena emprende intensos combates con los agentes patógenos invasores (microorganismos causantes de una enfermedad) con el fin de destruirlos y expulsarlos del cuerpo. En la agresión endógena reacciona ante ataques que se producen dentro de nuestro propio cuerpo, cuando existe la presencia de células degeneradas o tumorales.⁽⁴⁾

Cada ser humano tiene una población microbiana (microbiota) que depende de la exposición temprana de los microorganismos en su entorno. El microbiota depende y se modifica según el tipo de dieta, de los cambios del estilo de vida o de alguna terapia frente a infecciones. El microbiota intestinal humana (autóctona) desempeña un papel central en la salud y está compuesta de una gran cantidad de microorganismos que viven en simbiosis con el intestino humano (interacción).⁽⁴⁾ Estudios en humanos han demostrado que el microbiota intestinal parece haber evolucionado con el hábito dietético.⁽⁴⁾ La mayoría de la población peruana consume los siguientes alimentos, cuyos contenidos de fibra dietaria son bajos: arroz blanco (0,3 %), pan francés (2,4 %), papa (0,4 a 2,4 % según varietal) y pasta (2,0 %),^(5, 1) un cambio en los hábitos alimenticios es recomendable, ya que se han registrado consumo de fibra dietética a menos de la mitad de la ingesta recomendada de fibra (30 g al día),⁽⁴⁾ además del incremento de enfermedades como el sobre peso y la obesidad en 37,9 % y 24,6 %, respectivamente para el año 2020.⁽⁶⁾

Por lo que, los objetivos de la presente investigación fueron: conocer la importancia de la fibra dietaria y sus efectos fisiológicos en los alimentos; relacionar la fibra dietaria, el microbiota intestinal, la inmunidad y los procesos tecnológicos; así como describir los alimentos de alto contenido de fibra dietaria para prevenir enfermedades e infecciones.

La investigación ha sido descriptiva y aplicada. Es descriptiva porque brinda información necesaria para conocer la fibra dietaria y su relación con el microbiota intestinal. Es aplicada porque de la bio-diversidad del Perú, se encuentran alternativas de ingesta de alimentos con alto contenido de fibra dietaria.

Las fuentes de información de investigaciones halladas se tomaron de: artículos científicos, informes técnicos especializados, libros y tesis. Los artículos científicos se seleccionaron de bases de datos de Google Scholar, Scielo, ScienceDirect, Web of Science y Scopus. Los informes técnicos especializados fueron de las organizaciones de salud del país y del mundo. Los libros fueron seleccionados de

autores-referente peruanos que investigaron sobre los recursos biodiversos del país en los últimos años. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda de la base de datos fueron: fibra dietaria, fibra soluble, fibra insoluble, fibra dietaria en alimentos e inmunidad, en los idiomas inglés y español. Finalmente se analizaron 45 referencias bibliográficas, de los cuales 59,1% de artículos científicos, 22,7% de informes técnicos de organizaciones nacionales e internacionales y 18,2% de libros. De los documentos citados, el 65,9% estaban en idioma español y 34,1% en idioma inglés. Contando con un 31,8% de las referencias publicadas en los últimos cinco años. Con los datos obtenidos se realizó un análisis del problema y se encontró alternativas alimentarias para el consumo de fibra dietaria en la población peruana.

Fibra dietaria en los alimentos

Definición: son muchos los conceptos manejados sobre la fibra dietaria y han sido cambiantes por muchos años, en el inicio ⁽⁷⁾ que definía simplemente como la parte no digerible de las paredes celulares vegetales. Una definición más compleja menciona ⁽⁸⁾ como las sustancias de origen vegetal (celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina) no digeridas por las enzimas digestivas humanas y polisacáridos intracelulares (gomas y mucilagos), separando otras sustancias no digeribles por enzimas como ceras, cutinas y proteínas de la pared celular, y presenta una definición química como la suma de lignina y polisacáridos sin considerar al almidón ⁽⁹⁾. Sin embargo, la definición más aceptada por diversos autores es la presentada por AACC ⁽¹⁰⁾ que identifica la fibra dietaria como la fracción comestible de las plantas y carbohidratos que son resistentes a la digestión y absorción del intestino delgado humano pero capaces de fermentar parcial o completamente en el intestino grueso. Los componentes de la fibra dietaria se muestran en la tabla 1.⁽¹¹⁾ Por otro lado, el Codex Alimentarius ⁽¹²⁾ define a la fibra dietaria como el conjunto de polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas no hidrolizables por enzimas endógenas en el intestino delgado e incluye polímeros muy importantes no digeribles de tres a nueve grados de

polimerización, tales como la inulina, fructooligosacáridos, galactoolisacáridos, maltodextrinas resistentes, rafinosa y otros. Inclusive reconoce a la lignina y otros componentes de menor tamaño como polifenoles, ceras, saponinas, fitatos, cutinas y fitoesteroles, si están asociados a los componentes de la pared celular vegetal, son considerados dentro del término fibra dietaria.

Tabla 1- Componentes de la fibra dietaria.

Polisacáridos no almidón	Oligosacáridos resistentes	Sustancias asociadas a polisacáridos no-almidón	
Celulosa	Galactooligosacáridos (GOS)	Suberina	Otros
B-glucanos		Cutina	Poliolios no absorbibles
Hemicelulosa	Fructooligosacáridos (FOS)	Ceras	Manitol
Arabinoxilanos	e Inulina Xilooligosacáridos (XOS)	Almidones resistentes	Sorbitol
Arabinogalactanos		AR1 o atrapado	Xilitol
Pectinas	Isomaltooligosacáridos (IMOS)	AR2 o cristalizado	Disacáridos y análogos no digeribles
Gomas		AR3 o retrogradado	Lactulosa
Algarrobo	Ligninas	AR4 o modificado	Lactitol
Arábigo	Guayacil-lignina	Hidratos de carbono sintéticos	Sustancias vegetales
Guar	Siringil-lignina	Polidextrosa	Taninos
Karaya	Lignina cereal	Metilcelulosa (MC)	Fitatos
Tragacanto		Carboximetilcelulosa (CMC)	Saponinas
Mucilagos		Hidroxipropilmetilcelulosa (HMPC)	
Ispágula		Curdlan y escleroglucano	
Agar			
Carragenina			

Fuente: Adaptado de Mateu (2004)⁽¹¹⁾

Clasificación: la fibra dietaria se puede clasificar al agrupar componentes de la fibra dietaria por su peso molecular o grado de polimerización, solubilidad, viscosidad, fermentabilidad y retención de agua, como se muestra en la tabla 2.^(13,14) Algunos autores ⁽¹⁵⁾ mencionan la división más sencilla, diferenciando así entre las fibras dietarias de bajo peso molecular (3 a 9 grados de polimerización) y fibras dietarias de alto peso molecular (mayores a 9 grados de polimerización); a su vez se encuentra relacionado con otras propiedades. La solubilidad es la propiedad comúnmente aceptada por su relación con la viscosidad y grado de fermentación, la fibra dietaria puede dividirse en fibra soluble (fermentable y viscosa) y fibra insoluble (escasamente fermentable y no viscosa).⁽¹⁾ La fibra soluble, comprende principalmente las pectinas, gomas, mucilagos y algunas hemicelulosas, fácilmente degradables por la microflora intestinal del colon (alto grado de fermentación) y su viscosidad se relaciona con su capacidad de retención de agua formando geles de esta manera retrasan el

vaciamiento gástrico y enlentecen el tránsito intestinal. La fermentación de la fibra soluble produce diversos productos entre estos los AGCC (siendo el ácido butírico el más importante) que tiene efectos fisiológicos como disminuir el pH intestinal, estimula la reabsorción de agua y potencia la absorción en el colon de cationes bivalentes. Por otro lado, la fibra insoluble comprende principalmente a la celulosa, lignina y algunas hemicelulosas que se encuentran en todos los alimentos de origen vegetal y son resistentes a la degradación de las bacterias colónicas, por lo que se excretan casi integras por las heces (bajo grado de fermentación), tiene capacidad de retención de agua por lo que aumenta la masa fecal, la motilidad gastrointestinal y peso de las heces. Un autor ⁽¹⁶⁾ considera que todo tipo de fibra, excepto la lignina, pueden ser fermentados total o parcialmente por las bacterias del colon, teniendo las fibras solubles un mayor grado de fermentación. En función de la capacidad de fermentación bacteriana, las fibras se dividen en: fibras no fermentables (< 10%) como la lignina, metilcelulosa y carboximetilcelulosa; fibras parcialmente fermentables (10-70%) como la celulosa, el agar o las semillas de plantago; y fibras fermentables (> 70 %) como las fibras solubles ricas en hemicelulosas o en ácidos glucurónicos.

Tabla 2- Clasificación de componentes de la fibra dietaria.

Carbohidratos Análogos	Carbohidratos		Sustancias asociadas
	Oligosacáridos resistentes	Polisacáridos no amiláceos	
-Hidratos de carbono sintéticos -Almidones resistentes	-Galactooligosacáridos (GOS) -Fructooligosacáridos (FOS) e Inulina -Xilooligosacáridos (XOS) -Isomaltooligosacáridos (IMOS)	-B-glucanos -Hemicelulosa -Pectinas -Gomas -Mucílagos	-Ligninas -Sustancias asociadas a polisacáridos no-almidón -Polioles no absorbibles -Disacáridos y análogos no digeribles -Sustancias vegetales
	Fibra soluble		Fibra insoluble
	Fermentable (>70%)		Parcialmente fermentable (10-70%) Muy poco fermentable (<10%)

Fuente: Adaptado de García-Peris (2004)⁽¹³⁾ y Carbajal-Azcona (2013)⁽¹⁴⁾.

Fuente de fibra dietaria en alimentos: es común que en los alimentos su contenido y composición varíen, incluso en un mismo alimento puede diferir su concentración de los distintos constituyentes de la fibra dietaria, sin embargo, por sus mejoras funcionales la industria alimentaria aumenta su uso. Estas mejoras pueden adicionar al empleo de fibra en una matriz alimenticia, un cambio en su capacidad de absorción de agua (CAAG), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de aceite (CAAC) y capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO) entre otras,⁽¹⁷⁾ sin embargo, se encuentran sujetas al grado de madurez, refinación y tratamiento tecnológico de la elaboración de alimentos.⁽¹⁸⁾ En cuanto al consumo de fibra dietaria, la OMS recomienda el consumo de cinco piezas o porciones (400 g) de frutas y verduras al día para reducir el riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles y ayudar a garantizar una ingesta diaria suficiente.⁽¹⁹⁾

La ingesta de fibra dietaria se consigue comúnmente a través de alimentos de origen vegetal y procesados (frutas, cereales, verduras, legumbres). Si se desea aumentar su consumo, se recomiendan su mayor ingesta por medios no tradicionales como enriquecidos por fibra (cereales, lácteos, productos de panificación, etc.) y suplementos dietéticos (granulados, capsulas, tabletas, etc.)⁽²⁰⁾ De manera general, se separan alimentos por su contenido de fibra fermentable (avena, salvado de avena, cebolla, almendras, avellanas, cítricos, legumbres, tomates), no fermentable (salvado de trigo, lechuga, escarola, col, apio, nabos, rábanos, brócoli) y mixta (pan blanco, pasta, arroz blanco, zanahoria, espárragos, habas, maíz); también existen alimentos exentos de fibra como leche, huevo, carnes, azúcar, grasas y condimentos.⁽¹³⁾ De manera específica se puede identificar diversos tipos de fibras en distintas concentraciones, como fuente de fibra soluble: pectinas (frutas, hortalizas), β -glucanos (cebada, avena) y gomas (avena, cebada, chía), como fuente de fibra insoluble: la celulosa (trigo integral, salvado de trigo, hortalizas), hemicelulosa (cereales, hortalizas, salvado), lignina (hortalizas, frutas), cutina, suberina, ceras de plantas, quitina, quitosano y almidones resistentes (granos, semillas, plátanos verdes y papa).⁽²¹⁾

Efectos fisiológicos generales de la fibra dietaria

La fibra dietaria produce efectos fisiológicos los que son beneficios a la salud,⁽²¹⁾ incluyen: mejoras en la salud intestinal (laxación, disminución de tiempo de tránsito, ablandado de heces, aumento de carga fecal, disminución de pH fecal y fermentación), control glicémico (glucosa en la sangre y atenuación de la insulina), reducción de colesterol (colesterol total y colesterol LDL), control de peso (aumento de saciedad y reducción de ingesta calórica) e incremento de absorción de minerales. Sin embargo, estos efectos dependen de la composición de las fracciones fibra soluble y fibra insoluble, dado que la fibra soluble se caracteriza por disminuir los niveles de colesterol LDL y aumentar la viscosidad en la matriz alimenticia;⁽²²⁾ y la fibra insoluble se caracteriza por disminuir la densidad del material intestinal, aumentar su volumen y disminuir su tránsito en el intestino.⁽²³⁾

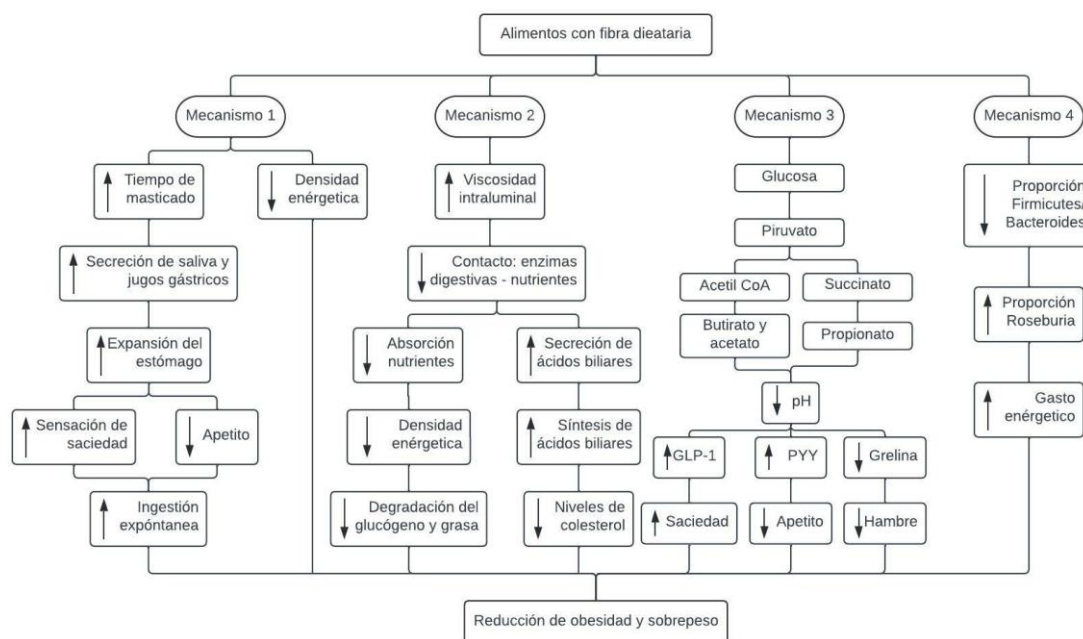
Se ha demostrado el efecto prebiótico de la fibra dietaria en la dieta de las personas,⁽²⁴⁾ que presenta importantes beneficios relacionados con la reducción de la inflamación sistémica, mantenimiento de la salud y sobre todo en la diversidad del microbiota intestinal, al promover la actividad de bacterias beneficiosas, particularmente de los géneros *Bifidobacterium*, *Enterococcus* y *Lactobacillus*. Algunos autores ⁽²⁵⁾ declaran que los oligosacáridos no digeribles (inulina y derivados, oligofruetosacáridos) son los que podrían incrementar la cantidad de bífidobacterias y de bacterias lácticas en el intestino humano, otorgando protección contra las bacterias patógenas y estimulando el sistema inmunológico. A través del consumo de componentes alimenticios no digeribles (fibra dietética), el microbiota intestinal (géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*) los degrada para producir AGCC, realizar síntesis de vitaminas (grupo B y K), degradación de patógenos, modulación del sistema inmune del huésped, influencia en el desarrollo del cerebro y como modulador del comportamiento del huésped (eje microbiota-intestino-cerebro).⁽²⁶⁾ Los AGCC son los principales productos de la fermentación colónica de las bacterias, este proceso se encuentra

acompañado de la absorción de sodio y agua para tener colonocito en su forma protonada ya que este absorbe rápidamente en más del 90 %, lo que disminuye la diarrea que se asocia a la mala absorción de carbohidratos. Para considerar el efecto prebiótico, debe participar tanto fibra soluble como insoluble (fibra dietaria completa), parte de la fibra insoluble si es fermentable, finalmente considerar la disminución de pH (aumento de la acidez) y luz intestinal (aumento de la mucosa intestinal).⁽²⁷⁾

Efecto de la fibra dietaria sobre algunas comorbilidades: La enfermedad producida por el virus del SARS-CoV-2 no solo constituye una amenaza para adultos mayores, incluye también a cierto sector de la población que presentan condiciones médicas preexistentes, por lo que, aumenta la tasa de letalidad, como el sobrepeso, la obesidad, la diabetes, el cáncer, las afecciones cardiovasculares, la hipertensión y las enfermedades respiratorias.

Sobrepeso y obesidad: El efecto regulador de la ingesta de fibra dietaria sobre el sobrepeso y la obesidad es explicado en la figura 1 por cuatro mecanismos.⁽¹⁵⁾ El primer mecanismo explica los efectos físicos de la ingesta de alimentos con alto contenido de fibra dietaria insoluble, aumenta el tiempo de masticado y así permite aumentar la cantidad de la saliva y los jugos gástricos, lo que conlleva a la expansión del estómago, de esta manera produce la sensación de mayor saciedad; sin embargo, desplazan la disponibilidad de calorías y nutrientes de la dieta por ello no debe abusar de su ingesta en exceso. El segundo mecanismo explica los efectos fisicoquímicos de la fibra soluble puesto que forman soluciones viscosas que impiden parcialmente el contacto entre las enzimas digestivas y los nutrientes (como ácidos biliares y grasa), disminuye la digestión y absorción de los macronutrientes en el intestino delgado, obligando al organismo a usar glucógeno y grasa como fuentes de energía para mantener los niveles adecuados de glucosa en la sangre. Además, los ácidos biliares son atrapados por las fibras y excretado por las heces, obligando a la síntesis de nuevos ácidos biliares a partir del colesterol hepático disponible, se produce la reducción del colesterol y aumenta los niveles de lipoproteínas de baja densidad en la sangre. El tercer mecanismo,

sobre efectos colónico-hormonales, se produce cuando la fibra dietaria (mayormente soluble) es fermentada por las bacterias del colon pasando por ser glucosa hasta piruvato para ser convertida en AGCC, tales como el acetato, propionato y butirato. Los AGCC son potentes mediadores en células entero endocrinas secretoras de hormonas péptido similar al glucagón (GLP-1), péptido tirosina-tirosina (PYY), grelina y leptinas que al aumentar estas disminuye el apetito y aumenta la saciedad.



Fuente: Adaptado de Vilcanqui y Vélchez (2017),⁽¹⁵⁾ Fernández *et al.* (2020),⁽²⁶⁾ Morales *et al.* (2010)⁽²⁸⁾

Fig. 1- Mecanismos de regulación de sobrepeso y obesidad.

En el cuarto mecanismo, la fibra dietaria soluble parece tener efecto en la reducción de la tasa de aumento de peso corporal y de la acumulación excesiva de tejido graso blanco inducida por la dieta.⁽²⁶⁾ Además de una disminución de la proporción de *Firmicutes/Bacteroidetes* y una mayor abundancia de los géneros *Roseburia*, acompañado de un aumento en el gasto de energía sin cambio en la ingesta. Morales, P.⁽²⁸⁾ afirma que el microbiota de un obeso presenta un mayor porcentaje de *Firmicutes* y menor porcentaje de *Bacteroidetes*; sin embargo, cuando se consume una dieta hipocalórica (aumento de ingesta de fibra dietaria)

durante un año muestra que a medida que los sujetos pierden peso, la proporción de *Firmicutes* disminuye mientras que aumenta la de *Bacteroidetes*, corroborando así la contribución de la fibra dietaria en la mejora de la homeostasis energética y prevención de la obesidad.

Diabetes: diversos estudios ⁽²⁹⁾ han demostrado la influencia de la fibra dietaria, con la ingesta de 6 g de goma guar parcialmente hidrolizada (fibra dietaria soluble) en cada comida por 12 meses se redujo significativamente los niveles de glucosa postprandial en el plasma, se redujo el colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (LDL) y se incrementó significativamente el colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (HDL), ello se le atribuye a la capacidad de otorgar viscosidad del contenido del lumen para atrapar ácidos biliares y excretarlos junto a las heces. Mateu De Antonio, X.⁽¹¹⁾ sostiene que, para pacientes diabéticos, la fibra (soluble) fermentable y viscosa en gran cantidad del tipo guar o sus hidrolizados, goma tragacanto, goma xantana, b-glucano, pectina, etc., mejora el control de la glucemia.

Cáncer: de los diversos tipos de cáncer, uno de estos está relacionado al consumo de fibra dietaria, se menciona al cáncer colorrectal (CCR) que podría prevenirse consumiendo más alimentos de alto en contenido de fibra dietaria. Es la fibra soluble responsable de contribuir al aumento de la masa bacteriana tras la fermentación generando AGCC como acetato, propionato y butirato, sustancias metabólicamente activas responsables de una gran parte de los efectos beneficiosos de la fibra. Es el butirato oxidado que favorece la diferenciación y apoptosis de las células cancerígenas *in vitro*, aumenta la producción de glucanos anti adhesivos y proteínas que inhiben la unión de patógenos a los receptores celulares.⁽¹⁶⁾

Afecciones cardiovasculares: el mecanismo de la prevención de afecciones cardiovasculares por el efecto hipocolesterolémico es explicable debido a los AGCC producidos por la fermentación de fibra soluble, altera la absorción de los ácidos biliares, aumentando la excreción fecal, reduce la absorción de lípidos y reduciendo así la circulación enterohepática.⁽³⁰⁾

Fibra dietaria, microbiota intestinal e inmunidad

En el intestino humano existen aproximadamente 1×10^{12} microbios que forman un consorcio que está íntimamente relacionado con el organismo: interactúa con él a través de diferentes mecanismos e influye en su desarrollo, fisiología, inmunidad y nutrición. Siendo uno de los mecanismos la fermentación de carbohidratos complejos no digeridos provenientes de las plantas que consumimos por acción de las enzimas microbiales, generando compuestos de fácil asimilación para el cuerpo humano, como los AGCC y los azúcares simples.⁽³¹⁾ Asimismo, la fibra dietaria influye en la frecuencia de evacuación fecal, el pH del colon, el peso fecal y la producción de AGCC.⁽³²⁾

La fermentación de las fibras en el colon varia, teniéndose: fibras rápidamente fermentables, lentamente fermentables y no fermentables. Las primeras son aquellas que provienen de frutas y vegetales, las fibras lentamente fermentables provienen del salvado de trigo y contribuyen al volumen de las heces. Mientras que las fibras no fermentables o pobremente fermentables están asociadas al incremento del volumen de las heces, lo cual conduce a un menor riesgo de problemas relacionados con la constipación.⁽³³⁾ Las fibras cuando alcanzan el intestino posterior de los humanos constituyen el sustrato que promueven la proliferación de las bacterias benéficas y su fermentación, gracias a las diferentes capacidades enzimáticas del microbiota, dando lugar a la formación de diferentes productos.⁽³⁴⁾ Cuando el consumo de la fibra dietaria se da en las cantidades recomendadas, promueve el crecimiento y un equilibrio del microbiota intestinal, el cual se altera cuando el consumo de fibra dietaria es baja produciéndose una disbiosis del microbiota, tal como ocurre en las personas obesas.⁽³⁵⁾

Las bacterias capaces de realizar la fermentación de la fibra dietaria están distribuidos como sigue: firmicutes entre 51 a 76 %; bacteroidetes de 16 a 42 %; seguidos por las actinobacterias de 2 a 20 % y en menor concentración los hongos, protozoos, virus y otros microorganismos.⁽³⁶⁾ Este microbiota en cierto modo tiene relación con la inmunidad, toda vez que la fermentación que realizan

genera H₂O₂, CO₂ y compuestos bioactivos como los AGCC, ácido acético, ácido propiónico y butírico, además de bacteriocinas que actúan como bactericidas, evitando de esta forma el incremento de bacterias patógenas. Asimismo, el microbiota establece una relación de competencia directa en lugares de adhesión evitando la anidación y penetración de otros microorganismos en especial de los patógenos,⁽³⁷⁾ Como también participa en modular el sistema inmunitario, de esta forma es parte de la barrera intestinal. Como es el caso del butirato que influye en modular la respuesta inmunitaria mediante la regulación de la transcripción de genes relacionados con la mucina, contribuyendo así a la diferenciación de las células caliciformes y a la producción de moco que son esenciales en el sistema inmunitario innato del huésped.⁽³⁸⁾ También los AGCC favorecen la función de barrera del epitelio por aumentar la expresión de uniones estrechas entre los enterocitos, así como la secreción de péptidos antimicrobianos, e induce a las células B a producir IgA,⁽³⁹⁾ fortaleciendo de esta manera el sistema inmune.

Alimentos de alto contenido de fibra dietaria para prevenir enfermedades

Luego de una búsqueda de alimentos de alto contenido de fibra dietaria, se ha clasificado por la tecnología aplicada:

- Alimentos naturales mínimamente procesados, que pasan por pocas operaciones unitarias, como: lavado, cortado y envasado, son ejemplos: el aguacate, la manzana, la pera y los frutos secos. En otras, como granos andinos, cereales y semillas, pasan por: lavado, aplicación de calor (radiación) y envasado.
- Alimentos naturales procesados, con algunas operaciones unitarias, como: lavado, cocinado (aplicación de calor), cortado, pelado y envasado, son ejemplos: zanahoria, remolacha (betarraga), tubérculos, legumbres, arroz integral.

- Alimentos elaborados, que pasan por diversas operaciones unitarias, como: lavado, acondicionamiento, mezclado, aplicación de calor (temperaturas y presiones que transforman el alimento), pelado y envasado, son ejemplos: cereales de salvado, pan integral, pastas integrales, e involucran mezclas con otras materias primas, como los nuevos productos (acompañados con o sin contenido de fibra).

Como se observa, a medida que un alimento pasa por las diversas operaciones unitarias, la fibra dietaria va disminuyendo, a los cereales se les quita la corteza y se convierten en cereales no integrales, otra operación unitaria es la hidrólisis de carbohidratos, una tecnología química, que transforma la gran molécula de fibra en pequeñas unidades de sacáridos.

Alimentos de alto contenido de fibra dietaria: En cuanto al consumo recomendado de fibra dietaria, se encuentra en función de la edad, el sexo y la cantidad de energía ingerida. Por lo general, el consumo diario de la fibra dietaria se debe ubicar en el rango de 18 a 38 g/día para personas adultas.⁽¹⁵⁾ En la Guía Alimentaria del 2016 (USDA) se identificó a la fibra dietaria como un nutriente a tener en cuenta debido a su bajo consumo, por lo cual la dosis diaria recomendada fue aumentada de 25 a 28 g para una dieta diaria de 2000 kcal.⁽²¹⁾ Otros autores ⁽⁴⁰⁾ indican que los nutricionistas recomiendan una ingesta de 25 y 35 g/día, pero la mayoría de las dietas peruanas no cumplen con el requisito. La ingesta de manera regular entre 20-30 g/día de fibra dietaria otorgaría beneficios a la salud como reduciría el riesgo de enfermedades cardiovasculares entre un 12-20%.⁽³⁰⁾ Sin embargo, su ingesta en cantidades superiores a la recomendada podría reducir significativamente la absorción de cationes divalentes, probablemente debido a la presencia de ácido fítico, que habitualmente acompaña a estas fibras.⁽⁴¹⁾

Primero se busca definir la cantidad de fibra dietaria suficiente para considerar a un alimento como alto en fibra. La literatura ⁽¹³⁾ menciona los rangos para clasificar alimentos por su contenido de fibra dietaria, considera de alto contenido a los

alimentos con más de 2 g/100 g de alimento, y de bajo contenido a menos de 2g/100 g de alimento. En la tabla 3 ⁽⁴²⁾ se presenta un listado de la cantidad de fibra dietaria soluble e insoluble en distintos alimentos tanto naturales, procesados o elaborados.

Tabla 3- Contenido de fibra dietaria soluble e insoluble en alimentos (g/100g de alimento)

Alimento	Fibra soluble	Fibra insoluble	Fibra dietaria total
Frutas			
Manzana pelada	0,2	1,3	1,5
Albaricoque en almíbar	0,5	1,3	1,8
Plátano	0,5	1,2	1,7
Durazno con membrana	0,5	1,1	1,4
Durazno sin membrana	0,1	0,4	0,5
Uvas verdes	0,1	0,9	1,0
Naranja	0,3	1,4	1,7
Pera en almíbar	0,3	1,4	1,7
Pera sin pelar	0,4	2,4	2,8
Piña enlatada	0,1	0,6	0,7
Ciruela sin pelar	0,4	0,8	1,2
Fresas frescas	0,4	1,4	1,8
Mandarina	0,4	1,4	1,8
Vegetales			
Espárragos enlatados	0,4	1,2	1,6
Espárragos frescos	0,3	1,6	1,9
Brócoli crudo	0,3	3,0	3,3
Brócoli cocido	0,4	3,1	3,5
Col de Bruselas	0,5	3,6	4,1
Col cruda	0,1	1,6	1,7
Coliflor cruda	0,3	2,0	2,3
Coliflor fresca, cocida	0,3	1,8	2,1
Apio crudo	0,1	1,7	1,8
Apio fresco cocido	0,1	1,7	1,8
Maíz congelado	0,1	2,0	2,1
Maíz enlatado	0,1	1,8	1,9
Pepino pelado	0,1	0,5	0,6
Pepino sin pelar	0,1	0,8	0,9
Cereales			
Cereales Bran flanes	2,0	17,5	19,5
Cereales All Bran	2,1	28,0	30,1
Cereales de salvado de avena	6,5	10,5	17,0
Germen de trigo	1,1	12,9	14,0
Cereales Cornflakes	0,5	3,8	4,3
Cereales Smacks con miel	0,6	1,7	2,3
Arroz blanco cocido	0,1	0,3	0,4
Espaguetis cocidos	0,4	1,1	1,5
Frutos secos y legumbres			
Almendra con piel	0,2	8,6	8,8
Cacahuetes	0,2	6,6	6,8
Nueces	0,1	3,7	3,8
Habas	1,1	4,1	5,2
Guisantes negros enlatados	0,4	2,7	3,1
Guisantes verdes enlatados	0,4	2,9	3,3
Guisantes verdes congelados	0,2	3,2	3,5

Fuente: Adaptado de Marlet (1992) ⁽⁴²⁾

En el Perú existen diversos alimentos nativos y de gran exportación que se encuentran con valores de fibra dietaria superiores a los 2 g/100 g de alimento. Un autor, ⁽⁵⁾ presenta un compilado alimentos peruanos de alto contenido de fibra dietaria con macronutrientes y micronutrientes (tabla 4). El grupo de investigación: Diseño, desarrollo e innovación para la industria del cacao, de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú), analizó al azar dos tipos de chocolate oscuro procedentes de la industria, declarados con 45 y 70 % de cacao en su formulación, encontrando valores de: 5,70 y 10,62 % de fibra dietaria en su composición, analizados por el método AOAC 985.29.⁽⁴³⁾

Tabla 4. Algunos alimentos peruanos de alto contenido de fibra dietaria (g/100g de alimento)

Alimento	Fibra dietaria total
Kiwicha	9,3
Kiwicha, harina	8,4
Kiwicha pop (Huánuco)	7,1
Cañihua, hojuela	15,5
Quinua blanca (Junín)	10,0
Quinua blanca (Puno)	5,9
Quinua dulce blanca (Junín)	5,9
Quinua dulce blanca (Puno)	5,9
Quinua dulce rosada (Junín)	5,9
Quinua rosada (Puno)	5,9
Quinua, variedad Ayara (Puno)	21,5
Quinua, variedad Juli (Puno)	6,9
Quinua, variedad CICA-18 (Puno)	7,6
Quinua, variedad CICA-127 (Puno)	5,1
Quinua, variedad Cuchiwilla (Puno)	12,2
Quinua, variedad Choclito (Puno)	7,2
Quinua, variedad Chullpi-roja (Puno)	10,9
Quinua, variedad Misa Jiura (Puno)	6,4
Quinua, variedad Pasankalla (Puno)	6,9
Quinua, variedad Q' OITU-negra (Puno)	14,3
Quinua, variedad Wariponcho (Puno)	6,7
Quinua, variedad Witulla (Puno)	7,7
Alcachofa	14,0
Chirimoya	4,0
Guayaba	5,4
Guayaba rosa	5,4
Guayaba verde	5,4
Lúcuma	10,2
Pijuayo	19,0
Aguaymanto	4,9
Palta "fuerte"	10,6
Semillas de Chía	30,1
Linaza	27,9
Sacha inchi tostado	7,1
Frejol Zarandaja	24,5
Frejol nucya blanco	24,9
Frejol nucya plomo	24,9
Frejol panamito	24,9
Frejol cocacho	24,9
Frejol castilla	26,4
Frejol canario	25,1
Frejol ñuña	16,7
Habas secas sin cáscaras	25,0
Harina de maca	8,6
Cochayuyo fresco	2,2

Fuente: Reyes-García *et. al.* (2017)⁽⁵⁾

Adicionalmente, la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú) publicó un libro sobre valor nutricional de cultivos andinos, donde se muestra en la tabla 5 diferentes tipos de quinua y cereales comunes con resultados de fibra dietaria total.⁽⁴⁴⁾ Como análisis de resultados de fibra dietaria enfocado a la quinua, éstos valores se muestran muy por encima de los valores anteriores indicados, el autor

declara que fue debido a las condiciones ambientales (suelo, nutrientes, disponibilidad de agua) y a las interacciones entre genotipo y entorno. Los granos andinos tienen un alto contenido de fibra dietaria (10 – 20%) que ayuda a reducir el nivel de colesterol y glucosa en la sangre.⁽⁴⁰⁾ Un grupo de cinco universidades peruanas desarrolló un pan libre de gluten quinua (PLGQ) con $18,49 \pm 0,50$ % de fibra dietaria.⁽⁴⁵⁾ Como aplicativo tecnológico en la industria alimentaria.

Tabla 5- Contenido de fibra dietaria en granos andinos y cereales comunes (g/100 g de alimento)

Alimento	Fibra dietaria total
Quinua	
La Molina 89	16,9
Blanca de Juli	14,6
Sajama	14,5
Kcancolla	15,0
Salcedo INIA	26,5
Kiwicha	
Centenario	17,3
Kañiwa	
Cupi	27,6
LPI	26,3
Ramis	27,3
Avena	10-23
Cebada	15-24
Trigo	10-18

Fuente: Adaptado de Repo-Carrasco (2014)⁽⁴⁴⁾

Conclusiones

La fibra dietaria es la fracción comestible de las plantas y carbohidratos que son resistentes a la digestión y absorción del intestino delgado y capaces de fermentar en el intestino grueso. En los alimentos se clasifican en fibra soluble y fibra insoluble. La fibra dietaria se relaciona directamente con el microbiota intestinal y la inmunidad en el ser humano para ello es necesaria la ingesta de vegetales; sin embargo, se relaciona inversamente con las tecnologías aplicadas, debido a que, a mayor número de tecnologías, mayor deterioro de los componentes que afectan a la fibra dietaria. Las recomendaciones de ingesta de fibra dietaria se encuentra en el rango de 18 a 38 g/día. Se ha descrito los alimentos de alto contenido de fibra dietaria, así como los alimentos peruanos que contiene un significativo contenido de fibra dietaria (2,2 a 30,1 en 100 g de alimentos), los cuales son:

granos andinos, cereales, frutas, vegetales, semillas y algunos procesados en los últimos años.

Se recomienda realizar encuestas nutricionales a fin de obtener información actualizada por grupo etario del consumo de alimentos con fibra dietaria en: jóvenes, adultos y adultos mayores para prevenir posibles enfermedades e infecciones.

Referencias bibliográficas

1. MARTIN-SALINAS, C.; DIAZ-GÓMEZ, J. *Manual completo de nutrición y dietética*, BarcelBaires Ediciones S.A. 2014, pp. 41-49.
2. SEIDU, A., CORNELIUS, T.S., GUI-XIN, Q., DONGSHENG, C., RUI, H. Does dietary fiber affect the levels of nutritional components after feed formulation?. *Fibers*. 2018, **6**(29), pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/fib6020029>
3. VARGAS-BARRANTES, I., CHINCHILLA, P., CASCANTE-PRADA, M.E. Desarrollo de un producto con base en fibra de zanahoria deshidratada para comedores escolares. *Repertorio Científico*. 2015, **18**(2), pp. 113-112. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/2544>
4. UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA, USIL. Nutrición e Inmunidad, Salud en tiempos del COVID-19. Primera edición. 2020, pp. 41 – 47. Disponible en: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/10242/1/2020_De%20la%20Fuente_Nutrici%C3%B3n%20e%20inmunidad.pdf
5. REYES-GARCÍA, M., GÓMEZ-SÁNCHEZ, I., ESPINOZA-BARRIENTOS, C. Tablas peruanas de composición de alimentos. Instituto Nacional de Salud. 2017. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?seq>

6. MINISTERIO DE SALUD, MINSA. Documento técnico: Plan nacional de prevención y control del sobre peso y obesidad en el contexto de la COVID – 19. 2022. Lima, Perú. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/2781425-158-2022-minsa>
7. HIPSLEY, E.H. Dietary Fibre and pregnancy Toxaemia. *Br. Med J.* 1953, 2(4833), pp. 420-422. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.2.4833.420>
8. PERIAGO, M.J., ROS, G., LÓPEZ, G., MARTINEY, Y.F., RICÓN, M.C. Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 1993, **33**(3), pp. 229-246. Disponible en: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=4885626>
9. SPILLER, G.A. Definitions of dietary fiber. Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. Tercera edición. *Editorial CRC Press LLC.* 2001, pp. 9 – 10. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=afHLBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP8&dq=American+Association+of+Cereal+Chemists+International+\(2001\).+Definition+of+dietary+fiber.&ots=YWJFAgnWln&sig=3yMVDKvsKI1WkFNOevOQm8R94v4#v=onepage&q=American%20Association%20of%20Cereal%20Chemists%20International%20\(2001\).%20Definition%20of%20dietary%20fiber.&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=afHLBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP8&dq=American+Association+of+Cereal+Chemists+International+(2001).+Definition+of+dietary+fiber.&ots=YWJFAgnWln&sig=3yMVDKvsKI1WkFNOevOQm8R94v4#v=onepage&q=American%20Association%20of%20Cereal%20Chemists%20International%20(2001).%20Definition%20of%20dietary%20fiber.&f=false)
10. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS INTERNACIONAL, AACC. Definition of dietary fiber. *Cereal Foods World.* 2001. **46**, 112-126.
11. MATEU DE ANTONIO, X. La fibra en la alimentación. *Farmacia Hospitalaria.* Hospital del Mar. 2004. Disponible en: https://issuu.com/formacionaxarquia/docs/11_senpe_monografias_fibra_farmacia_hosp_3
12. CODEX ALIMENTARIUS. Report on the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Appendix II. 2009.
13. GARCÍA-PERIS, P. La fibra en la alimentación. *Ámbito hospitalario.* Editorial SEMPE. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. 2004, pp 3

- 7. Disponible en:
https://issuu.com/formacionaxarquia/docs/10_senpe_monografias_fibra_ambito_hospitalario_2_
14. CARBAJAL-AZCONA, A. Manual de Nutrición y Dietética. *Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia*. Universidad Complutense de Madrid. 2013. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/22755/1/Manual-nutricion-dietetica-CARBAJAL.pdf>
15. VILCANQUI-PEREZ, F., VÍLCHEZ-PERALES, C. Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. *Revisión Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2017, **67**(2), pp. 146-156. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/2/art-10/#>
16. CAÑEDO-ARGÜELLES, C.A. Fibra dietética. *Revista Pediatría de Atención Primaria*. 2006, **8**(1), pp. 83-97. Disponible en: <https://pap.es/files/1116-530-pdf/555.pdf>
17. ELLEUCH, M., BWDIGIAN, D., ROISEUX, O., BESBES, S., BLECKER, C., ATTIA, H. Dietary fibre and fibre rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. 2011, **124**(2), pp. 411-421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
18. PAK, N., ATALAH, E. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. *Anales de la Universidad de Chile*. 2000, pp. 11. Disponible en: <https://revistahistoriaindigena.uchile.cl/index.php/ANUC/article/view/2504/2396>
19. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, OMS. Alimentación sana. 2018. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/es/>
20. SAURA-CALIXTO, F., GARCÍA, A. Metodología para el análisis de fibra y carbohidratos. *Fibra dietética en Latinoamérica: Tecnología y salud*. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos, Brasil: Livraria LTDA. 2001, pp. 17-25.

21. VILLANUEVA-FLORES, R.M. Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación, *Ingeniería Industrial*, 2019, **37**, pp. 229-242. DOI: <http://dx.doi.org/10.26439/ing.ind2019.n037.4550>
22. ABDUL, A., LUAN, Y.S. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Journal of Food Chemistry*. 2000, **68**, pp. 15-19. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00145-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00145-4)
23. VÁZQUEZ, A., ROSADO, G., Chel, L., BETANCUR, D. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT-Food Science and Technology*. 2009, **42**(1), pp. 168-173. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.012>
24. LAO, E.J., DIMOSO, N., RAYMOND, J., MBEGA, E.R. The prebiotic potential of brewers' spent grain on livestock's health: a review. *Tropical Animal Health and Production*. 2020, **52**(2), pp. 461-472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02120-9>
25. CLAUDE, M., IVES, T. Tecnología de hortalizas. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 2002. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgibin/wxis.exe/?IsisScript=agrono.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=006443>
26. FERNÁNDEZ, A., AGNETTI, C., BAEZ, J., CAETANO DA SILVA, S., MEDRANO, A. La importancia de los alimentos en tiempos de COVID-19. *Revista La Alimentación Latinoamericana*. 2020, **349**, pp. 6-23, Disponible en: http://alaccta.org/wp-content/uploads/2020/09/LAL-349_w.pdf
27. ESCUDERO-ÁLVAREZ, E., GONZÁLEZ-SANCHEZ, P. La fibra dietética. *Nutrición hospitalaria*. 2006, **21**(2), pp. 61-72. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
28. MORALES, P., BRIGNARDELLO, J., GOTTELAND, M. La microbiota intestinal: Un nuevo actor en el desarrollo de la obesidad. *Revista Médica de Chile*. 2010, **138**(8), pp. 1020-1027. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872010000800013>

29. KAPOOR, M.P., ISHIHARA, N., OKUBO, T. Soluble fibre partially hydrolysed guar gum markedly impacts on postprandial hyperglycaemia, hyperlipidaemia and incretins metabolic hormones over time in healthy and glucose intolerant subjects. *Journal of Funct Foods*. 2016, **24**, pp. 207-220, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2016.04.008>
30. BARRAZA-JAUREGUI, G.C., SORIANO-COLCHADO, J.R., QUEVEDO-TELLO, C.M. Perspectivas tecnológicas y nutricionales de la fibra dietética. *Pueblo Continente*. 2007, **18**(2), pp. 253-265. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/444766539/601-2248-1-PB>
31. GONZALEZ-CERVANTES, R.M., BRAVO RUISECO SANCHEZ, G. La microbiota del humano. *Ciencia*. 2017, **68** (2), pp. 60-66. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-academia-mexicana-de-ciencias/articulo/la-microbiota-del-humano>
32. CASTAÑEDA-GUILLOT, C. Microbiota intestinal y salud infantil. *Revista Cubana de Pediatría*. 2018, **90**(1), pp. 94-110. Disponible: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=80771>
33. DEEPAK-MUNGIL, D., BARAK, S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2013, **61**, pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.06.044>
34. HERNÁNDEZ, A., CORONEL-RODRIGUEZ, C., MONGE-ZAMORAN, M., QUINTANA-HERRERA, C. Microbiota, Probióticos, Prebióticos y Simbióticos. *Pediatr Integral*. 2015, **19** (5), pp. 337-354. Disponible en: <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2015-06/microbiota-probioticos-prebioticos-y-simbioticos/>
35. GREEN, M., ARORA, K., PRAKASH, S. Microbial Medicine: Prebiotic and probiotic functional foods to target obesity and metabolic syndrome. *Int. J. Mol. Sci*. 2020, **21**(8), pp. 2890. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21082890>
36. OCHOA, C. La biota intestinal, el metabolismo energético, y la diabetes mellitus. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*. 2013, **23** (1), pp. 113-

129. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=51994>
37. BELTRÁN DE HEREDIA, M. R. Nutrición. Microbiota autóctona. *Revista Farmacia profesional*. 2017, **31**(2), pp. 17-21. Disponible en: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=X0213932417608739&r=3>
38. GAUDIER, E., JARRY, A., BLOTTIE'RE, H.M., DE COPPET, P., BUSINE, M.P., AUBERT, J.P., LABOISSE, C., CHERBUT, C., HOEBLER, C. Butyrate specifically modulates MUC gene expression in intestinal epithelial goblet cells deprived of glucose. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2004, **287**, pp. 1168-1174. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00219.2004>
39. SALVO-ROMERO, E., ALONSO-COTONER, C., PARDO-CAMACHO, C., CASADO-BEDMAR, M., VICARIO, M. Función barrera intestinal y su implicación en enfermedades digestivas. *Rev Esp Enferm Dig.* 2015, **107** (11), pp. 686-696. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-01082015001100007
40. REPO-CARRASCO, R. y SOLORZANO, F. "Los granos andinos: Super alimentos en la cocina". Primera edición. Lima, 2020. ISBN 978-612-00-5196-2.
41. GARCÍ-PERIS, P. "Apuntes sobre la fibra". *Hospital Universitario Gregorio Marañón*. Madrid, Novartis Consumer Health S.A.. 2000. Disponible e: <https://docplayer.es/47813475-Apuntes-sobre-la-fibra.html>
42. MARLETT, J. Content and composition of dietary fiber in 117 frequently consumed ms. *J Am Diet Assoc.* 1992, **92**(2), pp.175-186. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(21\)00587-3](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(21)00587-3)
43. AOAC. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNACIONAL. Total dietary fiber in foods (985.29), Enzymatic-gravimetric method. 19th edition. 2012. ISBN: 978-019-76-1014-5

44. REPO-CARRASCO, R. Valor nutricional y compuestos bioactivos en los cultivos andinos. Redescubriendo los tesoros olvidados. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2014, pp. 22 – 23. ISBN: 978-612-41-4734-0
45. GARCIA-RAMON, D.F., ALVAREZ, H., SOTELO-MENDEZ, A., GONZALES-HUAMAN, T., NORABUENA, E., ZARATE-SARAPURA, E., SUMARRIVA-BUSTINZA, L. Calidad nutricional, evaluación física, sensorial y biológica en panes convencionales y libres de gluten. *Nutr Clin Diet Hosp.* 2022, **42**(1), pp. 106-114. DOI: <https://doi.org/10.12873/421garcia>

Conflicto de interés

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses

Contribución de los autores

Ulises Gonzalo Calizaya-Mamani: realización de la parte metodológica, confección del manuscrito.

Alejandrina Honorata Sotelo-Méndez: concepción de la investigación, revisión del manuscrito.

Gabriela Cristina Chire-Fajardo: concepción de la investigación, realización de la parte metodológica, confección y revisión del manuscrito.