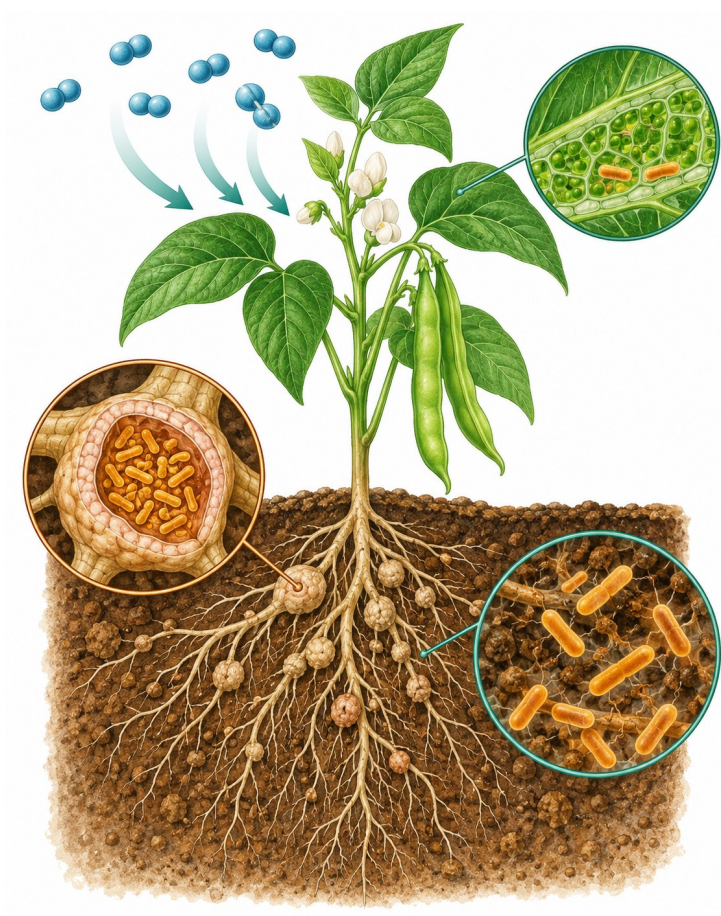


El viaje de las proteínas



Del suelo al plato y del plato a nuestras células

Una historia ilustrada para comprender los aminoácidos, la digestión, la fabricación de proteínas y el colágeno. Con cálculos reproducibles y gráficas de alimentos revisadas desde datos oficiales.

Lectura autónoma y material de clase. Las escenas explican los términos al aparecer; las páginas de datos permiten comprobar las cuentas. Perspectiva vegetal e historia del higienismo, con atribución de las propuestas a sus autores.

Mapa de lectura

La aventura empieza antes del plato.....	4
Ladrillos y perlas para empezar.....	5
Acercamos la lupa a un aminoácido.....	6
Una puerta entre el aire y la vida.....	7
El taller de la planta y sus colaboradores.....	8
Del suelo a las herramientas del colágeno.....	9
Antes de la boca pasamos por la cocina.....	10
La boca abre el camino.....	11
El estómago despliega y corta.....	12
El duodeno cambia las condiciones.....	13
Atravesar la frontera intestinal.....	14
La vena porta llega al hígado.....	15
El almacén que se mueve continuamente.....	16
Sí podemos fabricar aminoácidos.....	17
Entramos en la ciudad celular.....	18
La copia que sale del archivo.....	19
Dos destinos para las mismas piezas.....	20
El taller de las fibras de colágeno.....	21
Qué contiene el bote de colágeno.....	22
La piel también necesita un entorno favorable.....	23
Cuánta proteína y cómo calcularla.....	24
La etiqueta llega a la báscula.....	25
Materiales y combustible.....	26
Una pausa para escuchar a los higienistas.....	27
Cantidades y razones en las obras históricas.....	28
Voces posteriores y diferentes maneras de contar.....	29
Una comida mixta y su reloj.....	30

Mapa de lectura

De las ratas a las preguntas humanas.....	31
Cómo leer un muro de colores.....	32
Lo que cambió al comprobar los datos.....	33
Vacuno magro 95/5 crudo.....	34
Vacuno 90/10 crudo.....	35
Arroz blanco seco.....	36
Lentejas secas.....	37
Garbanzos secos.....	38
Quinoa seca.....	39
Aislado de proteína de soja.....	40
Pistachos crudos.....	41
Germen de trigo crudo.....	42
Gelatina seca sin azúcar.....	43
Dos alimentos suman materiales.....	44
Filete y garbanzos con cantidades visibles.....	45
El registro para rehacer las cuentas.....	46
El registro para rehacer las cuentas.....	47
Qué alturas cambiaron.....	48
Preguntas para reconstruir el viaje.....	49
Un pequeño diccionario para volver al camino.....	50
Referencias y lecturas.....	51
Referencias y lecturas.....	52
Referencias y lecturas.....	53

La aventura empieza antes del plato



Dos metáforas para reconocer las mismas piezas: ladrillos para construir y perlas para formar cadenas.

Imagina que pudiéramos encogernos hasta entrar en un garbanzo. Entre sus reservas encontraríamos proteínas: construcciones diminutas hechas con piezas llamadas aminoácidos. Un día cocinamos ese garbanzo, lo masticamos y lo tragamos. Sus proteínas no pasan directamente a convertirse en nuestro músculo. Primero se desmontan; después, sus materiales se distribuyen y nuestras células construyen con ellos.

En este libro seguiremos esas piezas desde la naturaleza hasta una célula humana. También acompañaremos las de un alimento animal. Los caminos de entrada son diferentes, pero ambos desembocan en una red común de materiales que el organismo utiliza y renueva. Al final veremos dos obras: hemoglobina, que ayuda a transportar oxígeno, y colágeno, que aporta resistencia a nuestros tejidos.

No necesitas conocer biología para empezar. Cada vez que aparezca una nueva estructura, nos detendremos para conocerla. Las palabras científicas son nombres para cosas que vamos a observar; no una contraseña que debas saber de antemano. Las ilustraciones son modelos docentes, no fotografías microscópicas, salvo que se indique lo contrario.

Nuestro mapa tiene tres tramos: de la naturaleza al plato; del plato a las células; y de lo aprendido a las decisiones alimentarias. Las cantidades y las gráficas llegarán después del viaje, cuando ya sepamos qué estamos contando. En la parte histórica escucharemos las propuestas de los autores higienistas con sus propias preguntas y razonamientos.

Ladrillos y perlas para empezar



Dos metáforas para reconocer las mismas piezas: ladrillos para construir y perlas para formar cadenas.

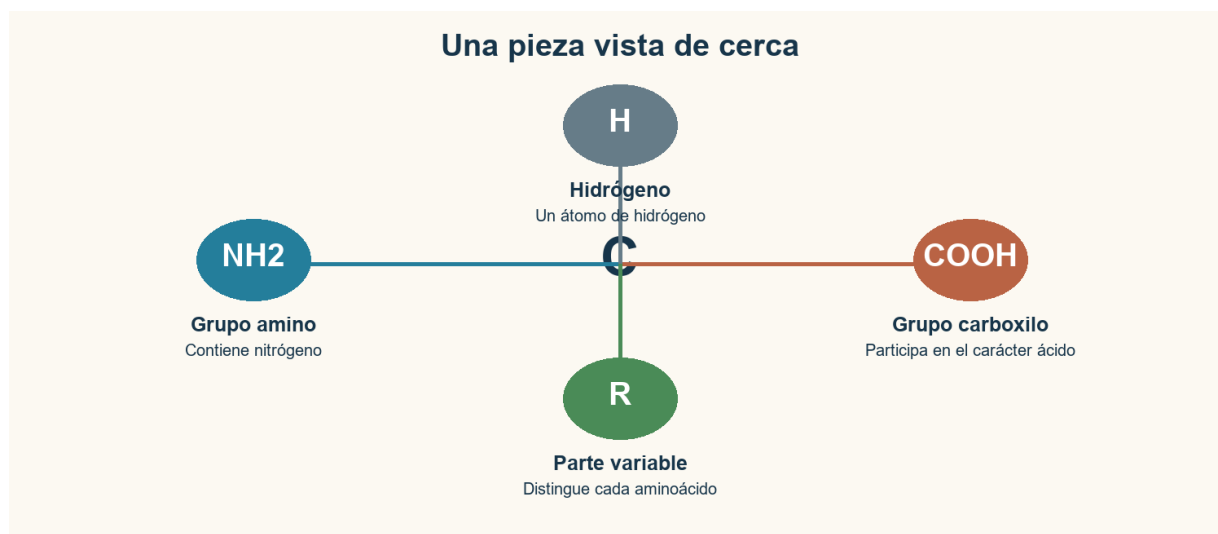
Un ladrillo permite imaginar una pieza; un muro, una construcción. El cuerpo dibujado con ladrillos nos recuerda que renovamos materiales continuamente. No significa que todo el cuerpo sea proteína: también contiene agua, grasas, minerales y muchas otras sustancias. Ahora cambiemos de escala y de imagen: pensemos en un collar abierto de perlas de colores.

Cada perla representa un aminoácido. La unión entre dos piezas se llama enlace peptídico. Una cadena corta recibe el nombre de péptido; una cadena larga, polipéptido. Muchas proteínas tienen una cadena y otras reúnen varias. Para trabajar, esas cadenas suelen plegarse y pueden necesitar modificaciones o componentes adicionales. Una proteína no es solo una cantidad de piezas: también importa su orden y su forma.

¿Qué es una molécula? Una agrupación de átomos unidos. Los átomos son unidades de elementos como carbono, oxígeno y nitrógeno. No necesitas aprender hoy toda la química: basta con entender que las piezas también están construidas con piezas más pequeñas. Los colores de las perlas representan tipos distintos de aminoácidos; no sus colores reales.

La hemoglobina, las enzimas digestivas, los anticuerpos, la queratina del pelo y el colágeno pertenecen a la familia de las proteínas. Sus trabajos son diferentes porque sus estructuras lo son. Guarda esta imagen: podemos desmontar un collar y reutilizar sus perlas para fabricar otro, con un orden y una función nuevos. [1, 2]

Acercamos la lupa a un aminoácido



Esquema simplificado. Las letras identifican partes de la molécula, no colores reales.

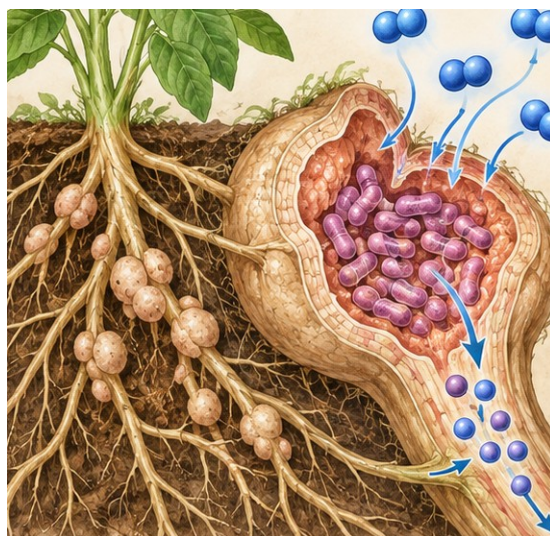
Mira el dibujo. En el centro aparece C: un átomo de carbono. A su alrededor se unen cuatro grupos. H es un hidrógeno. El grupo amino contiene nitrógeno. El grupo carboxilo contiene carbono y oxígeno y puede ceder un protón, por lo que participa en el comportamiento ácido de la molécula. La letra R indica la parte que cambia de un aminoácido a otro.

R no es un elemento químico: es un lugar reservado para una estructura variable. En la glicina esa parte es otro hidrógeno; en otros aminoácidos es más grande y puede contener azufre, anillos u otros grupos. Estas diferencias ayudan a explicar por qué ciertas partes de una proteína se relacionan bien con el agua y otras se agrupan hacia su interior.

El esquema muestra una forma simplificada. En el medio acuoso del cuerpo, el grupo amino suele estar cargado positivamente y el carboxilo negativamente. Además, la prolina tiene una estructura particular en forma de anillo. Esas precisiones amplían el modelo sin impedir que la primera imagen resulte útil.

Usamos veinte aminoácidos estándar como alfabeto principal de las proteínas. Nueve deben llegar en cantidad suficiente con la dieta: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. «Esencial» significa indispensable en la dieta, no más importante que los demás. Más adelante conoceremos los que nuestro organismo puede fabricar. [1]

Una puerta entre el aire y la vida



De las raíces a la planta: los nódulos alojan una asociación con bacterias fijadoras.

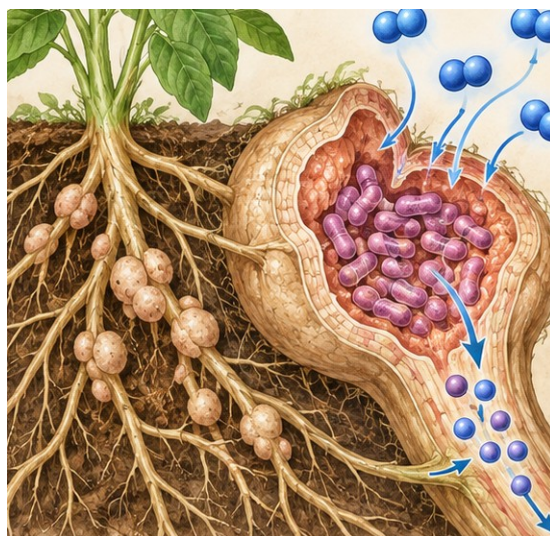
Nuestro viaje retrocede hasta una planta. Sus hojas reciben luz y utilizan agua y dióxido de carbono para producir compuestos orgánicos mediante la fotosíntesis. Así obtiene materiales de carbono y energía química. Para construir aminoácidos necesita también nitrógeno. En el aire hay muchísimo, pero aparece principalmente como N_2 : dos átomos unidos por un enlace que la planta no puede romper directamente.

Aquí entran algunos microorganismos. Ciertas bacterias y arqueas poseen una herramienta llamada nitrogenasa. Una enzima es una molécula que facilita una reacción; en este caso permite transformar N_2 en amoníaco, utilizando mucha energía. Esta transformación recibe el nombre de fijación biológica del nitrógeno. No todas las bacterias la realizan y las plantas no poseen por sí mismas esta herramienta.

En las leguminosas, como el garbanzo, puede establecerse una asociación con rizobios. La raíz y las bacterias intercambian señales y se forman nódulos, pequeños alojamientos donde ocurre la colaboración. La planta entrega compuestos de carbono; las bacterias aportan nitrógeno fijado. También existen fijadores de vida libre y otras asociaciones, de modo que el ciclo no depende solamente de las leguminosas.

Una planta puede obtener nitrógeno como nitrato o amonio del suelo, procedente de procesos microbianos, materia orgánica o fertilización. Por eso no necesita tener nódulos para crecer. Hemos cruzado la primera frontera: un elemento que estaba fuera de la materia viva puede incorporarse a ella. [3]

El taller de la planta y sus colaboradores



De las raíces a la planta: los nódulos alojan una asociación con bacterias fijadoras.

Dentro de la planta, el nitrógeno disponible se incorpora primero a redes de moléculas como glutamina y glutamato. Estas participan en el reparto de nitrógeno hacia otros aminoácidos. Los materiales de carbono proceden del metabolismo de la planta. Fabricar significa reorganizar átomos mediante reacciones; ningún ser vivo crea los átomos de la nada.

La planta también tiene células, información genética y ribosomas. Con sus aminoácidos construye proteínas para trabajar y para guardar reservas en semillas. Nuestro garbanzo es una de esas reservas. Si un animal come plantas, digiere sus proteínas y fabrica las suyas: cuando después comemos ese alimento animal, vuelve a ocurrir una transformación. La cadena alimentaria transporta materiales, no edificios intactos.

Bajo tierra hay otros colaboradores. Las micorrizas son asociaciones de hongos con raíces. Sus filamentos exploran suelo y pueden ayudar a captar fósforo y otros nutrientes. Otros microorganismos liberan nutrientes al descomponer restos. Los minerales no se fabrican: se movilizan, se transforman químicamente y se absorben.

Ciertos tratamientos agrícolas pueden perjudicar organismos beneficiosos o interferir en las señales entre raíz y rizobios. En ensayos con algunos compuestos se observó menos nodulación y fijación. El efecto depende del producto, dosis, suelo y cultivo. Una alteración microbiana no implica automáticamente una carencia en el alimento cosechado: hay que comprobar también la disponibilidad de nutrientes y la respuesta de la planta. [3, 4]

Del suelo a las herramientas del colágeno



Las fibras de colágeno requieren materiales, procesamiento celular y nutrientes colaboradores.

La vida del suelo influye en cómo obtiene recursos la planta. Pero hay tres estaciones distintas: nutrientes disponibles en la tierra, composición del alimento y absorción en nuestro intestino. Conviene seguir las tres antes de decir que un tratamiento agrícola ha bloqueado un nutriente humano.

La vitamina C se fabrica y se recicla dentro de las plantas. Su contenido depende, entre otros factores, de especie, luz, maduración y conservación. No podemos deducir que dañar bacterias del suelo detenga su fabricación. Para saber si un producto altera una vitamina hay que estudiar ese producto y ese cultivo. [5]

Cuando lleguemos al colágeno humano aparecerán varias herramientas: vitamina C e hierro participan en las reacciones que modifican prolina y lisina de la cadena; el cobre interviene después en enlaces que refuerzan las fibras. El zinc contribuye al funcionamiento celular y a la reparación. No todos hacen lo mismo ni reemplazan a los aminoácidos. Esta es una anticipación: veremos cada tarea dentro del taller celular. [6, 7]

Cuidar el suelo puede proteger funciones agrícolas valiosas. Para conocer el resultado nutricional de un alimento necesitamos además su composición real, la preparación y la dieta completa. La conexión entre suelo y salud merece una historia detallada, no una flecha que salte todas las etapas intermedias.

Antes de la boca pasamos por la cocina



El alimento trae una combinación de materiales; la preparación cambia su estructura.

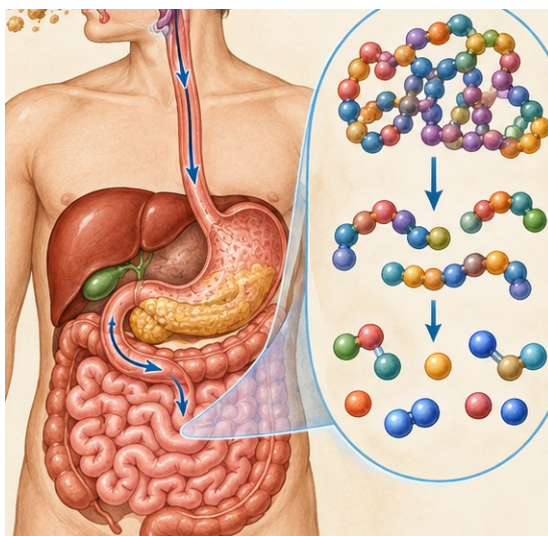
Nuestro garbanzo seco llega a la cocina. El agua lo hidrata; la cocción ablanda sus estructuras y facilita que podamos masticarlo y que las enzimas accedan a sus nutrientes. También reduce la actividad de muchas lectinas e inhibidores de proteasas. Estos últimos son sustancias que dificultan la acción de algunas enzimas que digieren proteínas. Las legumbres requieren una preparación adecuada.

El calor puede desplegar una proteína: a eso llamamos desnaturalización. Imagina aflojar un collar que estaba muy recogido. Desplegarlo no equivale a destruir todas sus perlas. Una proteína animal también cambia al cocinarse. El efecto depende del alimento y del tratamiento; calor moderado y calentamiento intenso y prolongado no son situaciones idénticas.

El dorado implica reacciones entre compuestos, como la reacción de Maillard entre grupos amino y azúcares. Puede reducir la disponibilidad de lisina en determinadas condiciones. La acrilamida se forma sobre todo en alimentos ricos en almidón calentados intensamente, a partir de asparagina y azúcares reductores; no aparece de igual modo en cualquier cocción. [8, 9]

Las letras D y L describen configuraciones espaciales, como dos formas relacionadas con la imagen de unas manos. No significan automáticamente giro óptico a derecha o izquierda. Algunas condiciones de procesamiento favorecen racemización, pero pasar del congelador a la cocina no convierte por sí solo todos los aminoácidos L en D. Tampoco romper un enlace implica necesariamente producir un radical libre: son procesos químicos diferentes. [8]

La boca abre el camino



El tubo digestivo tiene estaciones sucesivas, con herramientas y condiciones diferentes.

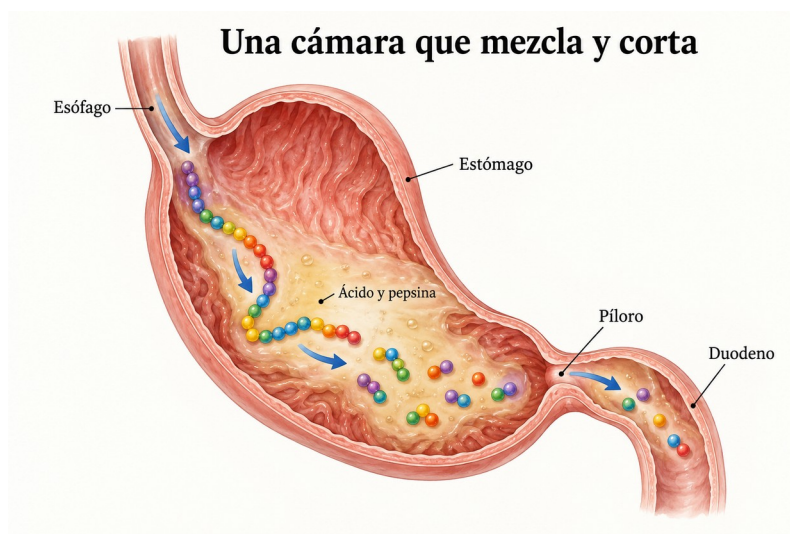
Acercamos el plato y comenzamos a comer. Los dientes dividen el alimento y la saliva lo humedece. La masticación aumenta la superficie accesible y forma un bolo, una porción que podemos tragar. La saliva contiene amilasa, una enzima que empieza a actuar sobre el almidón. La digestión importante de las proteínas llegará después. [10]

Al tragar, el bolo pasa por la faringe hacia el esófago. La coordinación de la deglución protege la vía respiratoria. El esófago es un tubo muscular: ondas de contracción, llamadas peristaltismo, empujan el contenido. No necesitamos imaginar una caída libre ni que el alimento elija una ruta.

El bolo atraviesa la unión con el estómago y entra en una cámara muscular. Allí se mezcla con secreciones y con otras partes de la comida. El garbanzo trae proteínas, almidón, fibra y otros componentes; el alimento animal trae proteínas, agua y una cantidad variable de grasa. Nuestro aparato digestivo dispone de herramientas diferentes para los distintos materiales.

La historia sigue unas proteínas para poder observarlas, aunque en el plato real viajan acompañadas. Masticar bien ayuda a preparar el alimento, pero no reemplaza el trabajo químico que viene después. ¿Qué vamos a encontrar al entrar en el estómago? Un ambiente ácido y las primeras tijeras importantes de nuestro collar.

El estómago despliega y corta



El píloro regula el paso del contenido desde el estómago hacia el duodeno.

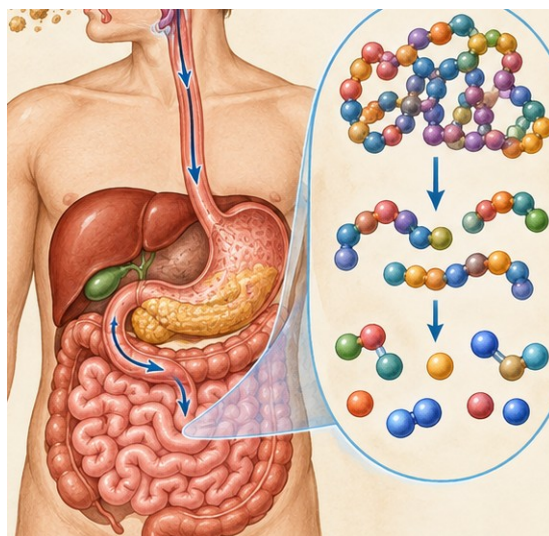
El estómago no es un simple depósito. Sus movimientos mezclan el bolo con el jugo gástrico. Algunas células de su pared producen ácido clorhídrico. Ese ambiente ayuda a desplegar proteínas y permite que funcione la pepsina. Una capa de moco y otros mecanismos protegen la pared; el estómago no se digiere normalmente a sí mismo. [10]

La pepsina se libera inicialmente como pepsinógeno, una forma precursora que se activa en el medio ácido. Podemos imaginar unas tijeras que se ponen en funcionamiento cuando llegan a su lugar de trabajo. Cortan enlaces de las cadenas proteicas y producen fragmentos menores. No desmontan de una vez todas las proteínas en aminoácidos sueltos.

El contenido se transforma en una mezcla semilíquida llamada quimo. En la salida del estómago está el píloro, una zona muscular que regula el paso hacia el duodeno, la primera parte del intestino delgado. El estómago entrega pequeñas cantidades; el intestino participa en regular la velocidad según lo que recibe.

Aquí termina una escena, no toda la digestión. Las cadenas ya están más accesibles y parcialmente cortadas. Las enzimas que actuarán después necesitan otro ambiente. Por eso la siguiente estación incluye un cambio de condiciones y nuevas herramientas, en lugar de prolongar indefinidamente el trabajo de la pepsina.

El duodeno cambia las condiciones



El tubo digestivo tiene estaciones sucesivas, con herramientas y condiciones diferentes.

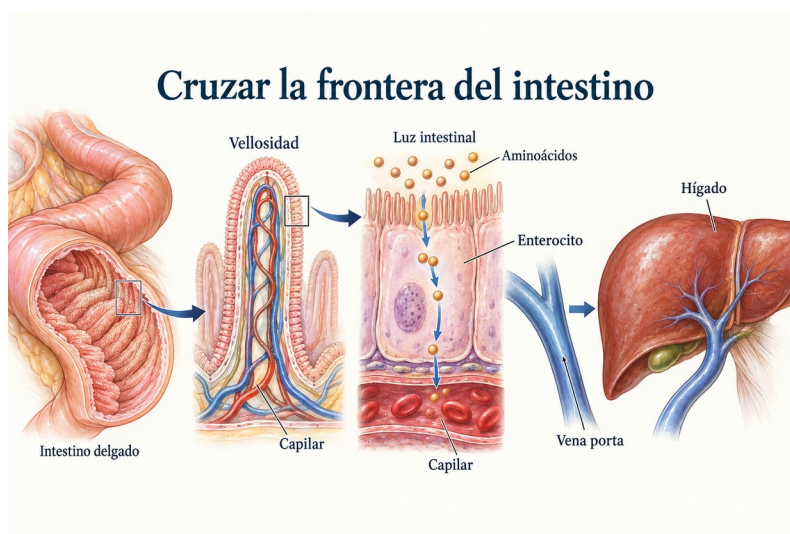
El quimo entra en el duodeno. Desde el páncreas llega una secreción con bicarbonato, que ayuda a neutralizar la acidez, y precursores de enzimas digestivas. El páncreas está fuera del tubo digestivo: vierte su contenido a él a través de conductos. Esta distinción ayuda a entender el mapa anatómico. [10]

Las proteasas son enzimas que cortan proteínas o sus fragmentos. Entre las pancreáticas están tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasas. Muchas salen como precursores; una enzima de la superficie intestinal inicia la activación del tripsinógeno a tripsina, y esta activa otras herramientas. El resultado es una mezcla de péptidos cada vez menores y aminoácidos.

La bilis, producida por el hígado y almacenada entre comidas en la vesícula biliar, facilita el manejo de las grasas. No es una tijera para proteínas. En el intestino también trabajan enzimas sobre hidratos de carbono. Las distintas tareas se coordinan; una comida mixta no obliga al cuerpo a elegir una sola clase de nutriente.

El contenido avanza hacia yeyuno e íleon, otras partes del intestino delgado. Ahora nos acercaremos a su pared. Digestionar significa descomponer; absorber significa atravesar una barrera para entrar en el organismo. Haber cortado un collar no significa que sus perlas hayan cruzado todavía esa barrera.

Atravesar la frontera intestinal



Tres escalas del mismo paso: intestino, vellosidad y célula intestinal. Después, la sangre llega al hígado.

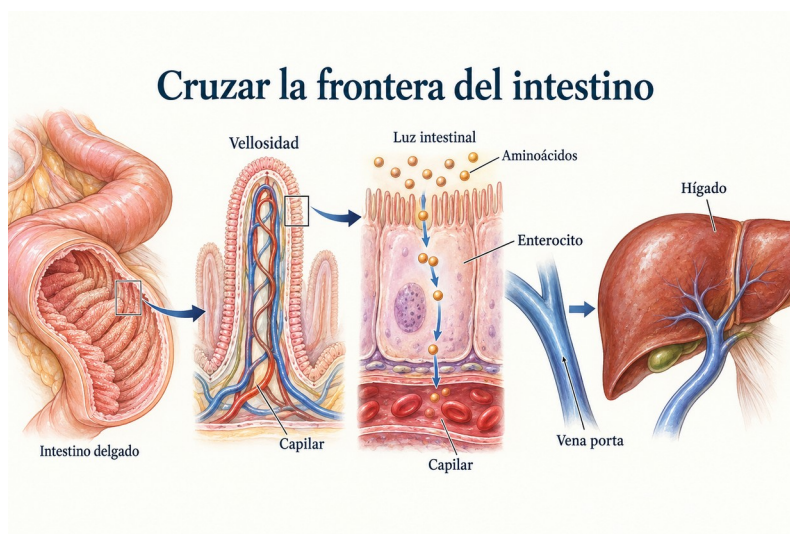
La pared intestinal tiene pliegues y pequeñas prolongaciones llamadas vellosidades. Aumentan la superficie de intercambio. Cada vellosidad está recubierta de células; muchas son enterocitos, células especializadas en absorción. En su cara orientada al alimento poseen microvellosidades: una ampliación sobre otra ampliación, como un terreno lleno de pequeños dedos. [10]

En esa superficie, otras peptidasas siguen cortando fragmentos. Los aminoácidos atraviesan la membrana mediante transportadores, proteínas que permiten el paso de ciertas moléculas. También entran dipéptidos y tripéptidos, formados por dos o tres aminoácidos. Muchos se terminan de romper dentro del enterocito. El transporte utiliza gradientes y energía mantenidos por la célula.

El enterocito emplea parte de los nutrientes para su propio trabajo. Los aminoácidos que salen por su otra cara pasan hacia el líquido que rodea las células y los capilares sanguíneos de la vellosidad. La mayor parte del nitrógeno proteico absorbido llega a la circulación portal como aminoácidos. Algunos péptidos específicos pueden detectarse en sangre; esto no equivale al paso general de proteínas alimentarias intactas.

Mientras tanto, el material no absorbido continúa al colon. Allí los microorganismos transforman parte de los restos y se recuperan agua y electrolitos. Las heces contienen residuos, microorganismos y material del propio cuerpo. La ruta fecal no es el destino de todo lo que comimos: muchos materiales ya han cruzado hacia la sangre.

La vena porta llega al hígado



Tres escalas del mismo paso: intestino, vellosidad y célula intestinal. Después, la sangre llega al hígado.

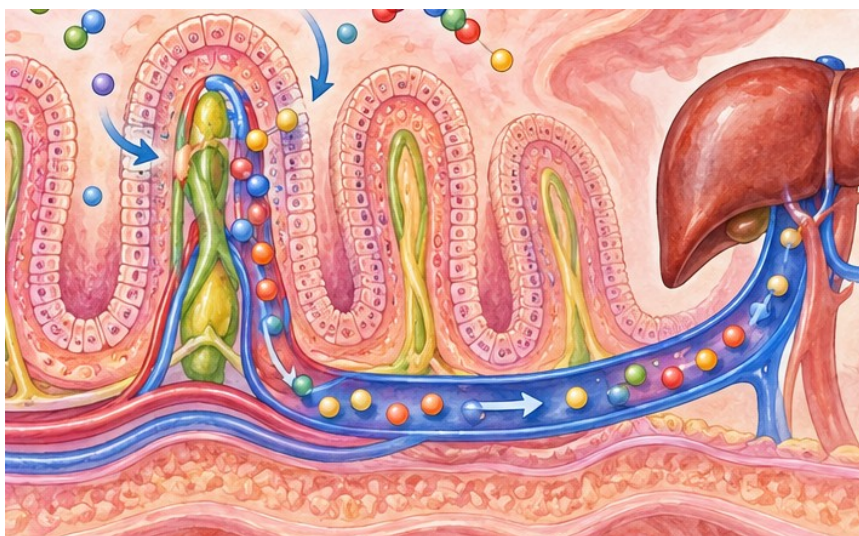
Seguimos ahora una pequeña molécula que ha cruzado el enterocito. Los capilares intestinales confluyen en venas y estas llevan la sangre hacia la vena porta hepática. «Porta» nos recuerda una conexión entre dos redes capilares: la del aparato digestivo y la del hígado. No es un mensajero que transporta un solo nutriente; viajan muchas sustancias disueltas.

El hígado recibe, transforma, utiliza y redistribuye materiales. Puede emplear aminoácidos para fabricar proteínas propias, transformar su nitrógeno o permitir que continúen hacia otros tejidos. No todos los aminoácidos siguen exactamente el mismo reparto; algunos, como los ramificados, tienen un metabolismo extrahepático importante. [1, 2]

La sangre sale del hígado por las venas hepáticas, llega a la circulación general y pasa por el corazón. Desde allí el sistema circulatorio permite la distribución a los tejidos. Para entrar en una célula, los aminoácidos deben cruzar otra membrana mediante transportadores. Cada paso tiene una estructura y un mecanismo: no hay un salto directo desde el intestino al ribosoma.

Tampoco existe una etiqueta que diga «aminoácido de garbanzo» o «aminoácido de vacuno». Si se trata de la misma molécula, sus propiedades químicas son las mismas. El alimento de origen sí importa para las cantidades, la digestibilidad y los nutrientes acompañantes, pero la nueva proteína se construirá según las instrucciones de nuestra célula.

El almacén que se mueve continuamente



Los tejidos reciben materiales y los utilizan dentro de una red de renovación.

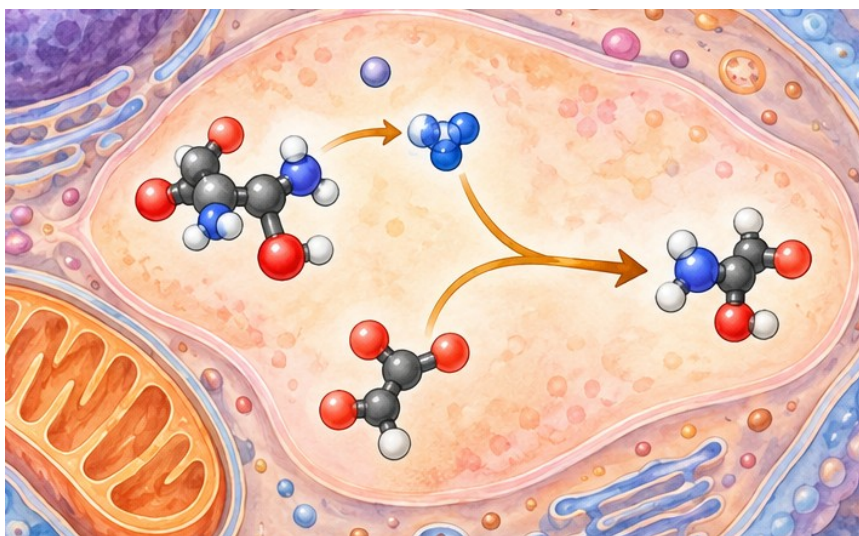
Llegamos a una red de materiales disponibles en sangre y células. Se llama conjunto o pool de aminoácidos. No es un gran saco de reserva: recibe continuamente piezas de la digestión, de la síntesis corporal y del desmontaje de proteínas propias. A la vez, entrega materiales a numerosas tareas. [1]

Nuestras proteínas se renuevan. Las células retiran algunas, recuperan aminoácidos y fabrican otras. El músculo puede aportar aminoácidos cuando las circunstancias lo requieren, pero no es un depósito que convenga consumir para compensar una alimentación insuficiente. La continuidad del recambio ayuda a entender por qué las comidas no son compartimentos metabólicos aislados.

Unos aminoácidos se incorporan a proteínas; otros participan en moléculas diferentes. Triptófano es precursor de serotonina; tirosina, de catecolaminas; glicina, cisteína y glutamato forman glutatión. «Precursor» quiere decir material de partida de una ruta. La célula regula esas rutas: comer más de una pieza no garantiza fabricar más del producto que deseamos.

Otros aminoácidos se utilizan como combustible. Su nitrógeno se maneja mediante varias reacciones y buena parte acaba en urea, producida en el hígado y eliminada por los riñones. El esqueleto de carbono puede oxidarse o entrar en otras vías. La orina elimina parte de ese nitrógeno; las heces son otra salida diferente. Hemos encontrado el destino de materiales que no terminan formando una proteína nueva.

Sí podemos fabricar aminoácidos



Modelo conceptual de transformación molecular; las ecuaciones se explican en el texto.

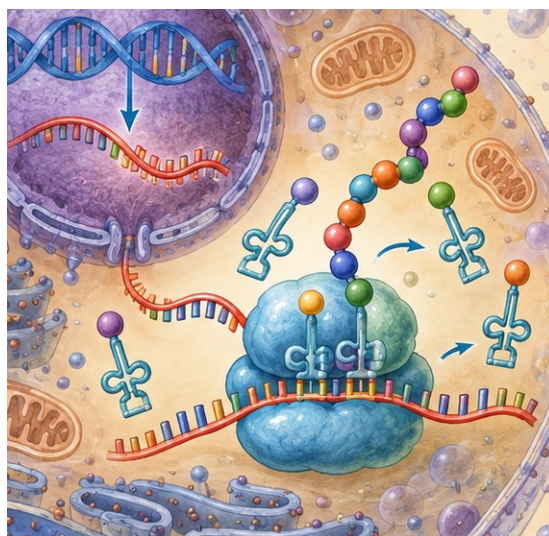
Una síntesis es una fabricación real a partir de materiales previos. Nosotros podemos sintetizar alanina, arginina, asparagina, aspartato, cisteína, glutamato, glutamina, glicina, prolina, serina y tirosina. En algunas etapas o situaciones la producción de varios puede resultar insuficiente; por eso se habla de aminoácidos condicionalmente indispensables. [1]

Veamos una operación sencilla. El piruvato, una molécula procedente del metabolismo de la glucosa, puede recibir un grupo amino del glutamato y convertirse en alanina. Al cederlo, el glutamato se convierte en alfa-cetoglutarato. Esta transferencia se llama transaminación y la facilita una enzima, con participación de una forma activa de la vitamina B6. No hemos creado nitrógeno: lo hemos transferido.

Hay más caminos. Glutamato más amonio y energía puede dar glutamina. Aspartato sirve para formar asparagina. Un intermediario de la utilización de glucosa permite fabricar serina, que puede transformarse en glicina. La prolina se relaciona con rutas del glutamato. La tirosina se fabrica a partir de fenilalanina; la cisteína obtiene azufre procedente de metionina.

¿Por qué no fabricamos suficiente de los nueve indispensables? Porque carecemos de las rutas completas necesarias o de capacidad suficiente, no porque seamos incapaces de unir un grupo amino a cualquier molécula. Además, sintetizar tirosina no elimina la necesidad de fenilalanina. Esta relación explica por qué las tablas agrupan fenilalanina más tirosina y metionina más cisteína: existe una relación de precursores, no una equivalencia ilimitada.

Entramos en la ciudad celular



Del núcleo y sus instrucciones al ribosoma que ensambla la cadena.

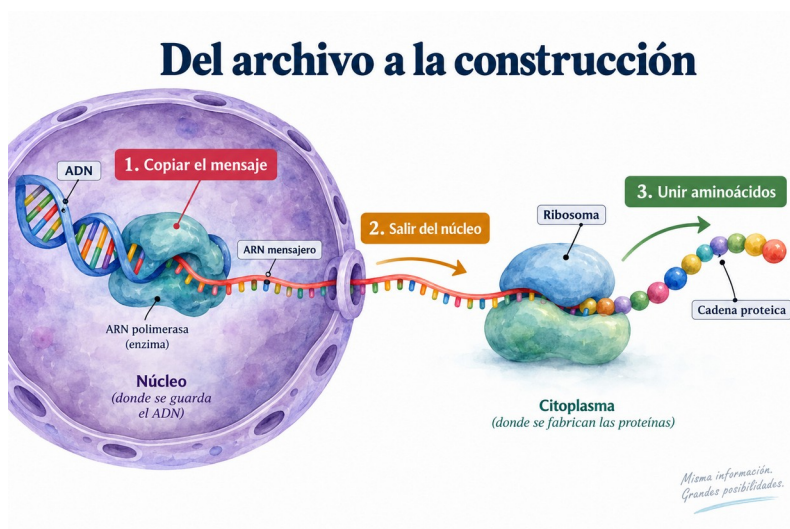
Nuestra pieza llega a una célula. Imagina una ciudad diminuta rodeada por una membrana que regula intercambios. Dentro está el citoplasma, donde ocurren muchas reacciones. En numerosas células humanas, un núcleo guarda la mayor parte del ADN. Las mitocondrias participan en la obtención de energía utilizable. Los ribosomas son pequeños complejos de ARN y proteínas que ensamblan cadenas de aminoácidos. [2]

La energía disponible se transfiere en muchas tareas mediante ATP, una molécula que podemos imaginar como una moneda de intercambio energético. La comparación ayuda, aunque el ATP participa en reacciones químicas concretas. Construir proteínas requiere materiales, instrucciones y energía: las piezas solas no se ensamblan por deseo del organismo.

Antes de acercarnos al ribosoma, buscamos las instrucciones. ADN es el nombre de una molécula que almacena información mediante una secuencia de unidades. Un gen es una región que contiene información para producir un ARN y, en muchos casos, una proteína. El orden importa, como importa el orden de las letras de una receta.

La célula regula qué genes utiliza y cuándo. Un fibroblasto, una célula que participa en producir componentes del tejido conjuntivo, no hace exactamente las mismas tareas que una célula precursora de glóbulo rojo. Ambas tienen una maquinaria de síntesis, pero activan programas distintos. Nuestros aminoácidos están a punto de participar en una de esas tareas.

La copia que sale del archivo



El mensaje se fabrica en el núcleo y se lee en los ribosomas del citoplasma.

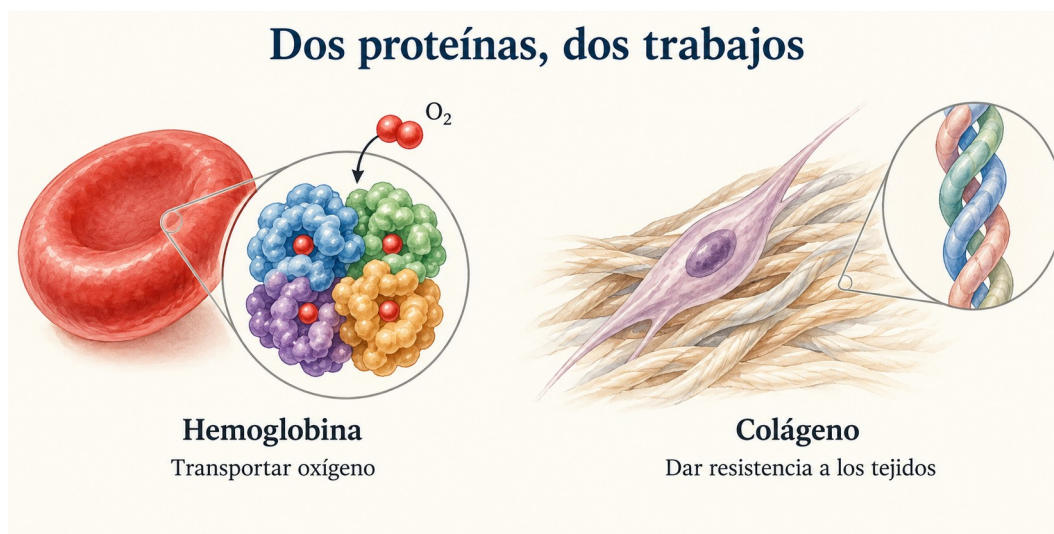
Podemos imaginar este diálogo: «Necesitamos construir una cadena de proteína; ¿dónde está la receta?». La información permanece en el ADN. En el núcleo, una enzima llamada ARN polimerasa fabrica un ARN usando esa información como molde. A este proceso lo llamamos transcripción. El mensaje no llega desde fuera a pedir una fotocopia: la copia se construye allí. [2]

En las células humanas, el ARN destinado a servir como mensajero pasa por pasos de preparación. Se modifican sus extremos y se eliminan determinadas regiones. El ARN mensajero ya preparado puede salir a través de poros de la envoltura nuclear hacia el citoplasma. El ADN nuclear permanece en el núcleo durante esta historia.

El ribosoma se asocia al mensaje y lo lee en grupos de tres unidades, llamados codones. Cada codón indica un aminoácido o una señal de terminación. El ARN de transferencia actúa como adaptador: reconoce el mensaje y lleva una pieza. Enzimas específicas cargan cada adaptador con su aminoácido y contribuyen a la fidelidad del proceso.

El ribosoma une las piezas mediante enlaces peptídicos y avanza por el mensaje. Esta etapa se llama traducción: la secuencia de un ácido nucleico se convierte en una secuencia de aminoácidos. Al llegar a la señal de parada se libera la cadena. Aún puede necesitar plegarse, reunirse con otras o recibir modificaciones antes de trabajar.

Dos destinos para las mismas piezas



La hemoglobina y el colágeno comparten materiales, pero tienen estructuras y tareas diferentes.

Sigamos dos grupos de aminoácidos. Uno llega a una célula precursora de glóbulo rojo en la médula ósea. Allí se fabrican cadenas de globina. En la hemoglobina adulta predominante se reúnen dos cadenas alfa y dos beta, asociadas a grupos hemo que contienen hierro. La estructura resultante permite unir oxígeno de forma reversible. Un glóbulo rojo maduro ya no tiene núcleo ni ribosomas: esa fabricación ocurrió durante su desarrollo. [2]

El otro grupo llega a un fibroblasto. Sus ribosomas comienzan a fabricar cadenas que se convertirán en colágeno. No siguen la receta de globina, sino la correspondiente al tipo de colágeno que se está produciendo. El colágeno es también una proteína: la comparación es entre dos trabajos proteicos, no entre una proteína y algo ajeno a esa familia.

Ambos destinos comparten la lectura de un mensaje y el ensamblaje de aminoácidos. Después divergen. La hemoglobina adopta una estructura adecuada para transportar oxígeno; el colágeno sigue modificaciones y ensamblajes que favorecen la resistencia mecánica de los tejidos. El número de piezas, su orden, la forma y los componentes acompañantes cambian el resultado.

El alimento no envía una hemoglobina lista para usar ni decide que todos sus aminoácidos acabarán en la piel. Aporta materiales a una red regulada. Nuestra pregunta inicial ya tiene una respuesta: una pieza de un garbanzo puede contribuir a una proteína humana porque la célula dispone de instrucciones propias para reconstruirla.

El taller de las fibras de colágeno



Las fibras de colágeno requieren materiales, procesamiento celular y nutrientes colaboradores.

El fibroblasto ha recibido la tarea. La síntesis de una cadena destinada a secreción comienza en un ribosoma y se dirige al retículo endoplásmico, una red de membranas donde continúa su elaboración. En el colágeno tipo I, las cadenas siguen una secuencia rica en repeticiones de glicina y otros aminoácidos, especialmente prolina. [6]

Dentro del taller se modifican residuos de prolina y lisina ya incorporados a la cadena. Las enzimas hidroxilasas añaden grupos hidroxilo y producen hidroxiprolina e hidroxilisina. Necesitan condiciones y cofactores adecuados, incluido hierro; la vitamina C ayuda a mantener su funcionamiento. No se trata de que el ribosoma elija hidroxiprolina como otra de las veinte perlas estándar.

Tres cadenas se organizan en una triple hélice de procolágeno. Pasan por procesos de maduración y transporte, incluido el aparato de Golgi, y salen de la célula. En el exterior se cortan regiones terminales y las moléculas pueden ensamblarse en fibrillas. La enzima lisil oxidasa, dependiente de cobre, participa en la formación de enlaces que refuerzan la estructura.

El colágeno tipo I abunda en piel, tendones y hueso; otros tipos tienen distribuciones y organizaciones diferentes. En cartílago destacan células llamadas condrocitos; en hueso, osteoblastos. No todas las fibras se fabrican en un único órgano. La construcción ocurre en distintos tejidos y está equilibrada con reparación y degradación. Un déficit grave de vitamina C altera esa construcción y puede causar escorbuto. [6, 7]

Qué contiene el bote de colágeno



Las fibras de colágeno requieren materiales, procesamiento celular y nutrientes colaboradores.

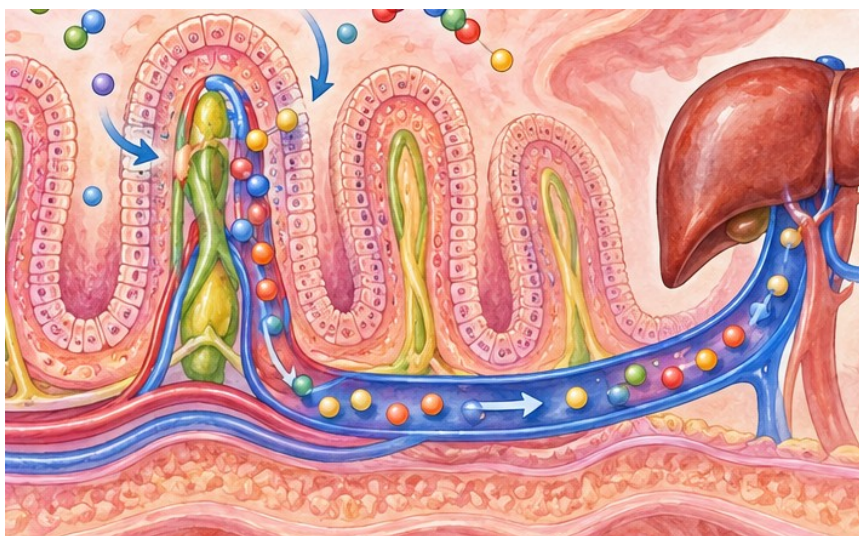
Volvemos a la cocina, esta vez con un suplemento. El colágeno nativo conserva su organización característica. Al desnaturalizarlo y procesarlo podemos obtener gelatina. Una hidrólisis más extensa corta enlaces y produce una mezcla de péptidos menores: eso es colágeno hidrolizado. La palabra describe un procesamiento, no una garantía de efecto. [11]

Al ingerirlo, sus fragmentos siguen la ruta digestiva. Aportan aminoácidos; algunos péptidos que contienen hidroxiprolina pueden aparecer transitoriamente en sangre. Se estudia si ciertos fragmentos actúan como señales sobre células de los tejidos. Observar una señal en un cultivo celular y demostrar una mejora útil en personas son pasos distintos de investigación.

Los ensayos han estudiado formulaciones y objetivos diferentes. Para piel se han usado a menudo 2,5–10 g diarios de péptidos durante unas 8–12 semanas. Estos datos describen intervenciones estudiadas; no convierten todos los productos en equivalentes. Una revisión de 2025 encontró que los resultados cutáneos variaban al separar estudios por calidad y financiación. [11, 12]

El colágeno tipo II no desnaturalizado se estudia con otra hipótesis, la tolerancia inmunológica oral, sobre todo en síntomas articulares. Un ensayo utilizó 40 mg diarios durante 180 días. No tiene sentido comparar esos miligramos con gramos de hidrolizado como si fueran la misma intervención. La gelatina, por su parte, no aporta triptófano en la ficha utilizada en este libro y no sirve como única fuente de proteína. [13, datos USDA]

La piel también necesita un entorno favorable



Los tejidos reciben materiales y los utilizan dentro de una red de renovación.

«Si no como colágeno animal, ¿cómo mantengo mi piel?». La respuesta está en el viaje: el cuerpo fabrica su propio colágeno con aminoácidos y necesita energía y cofactores. Una alimentación vegetal suficiente puede aportar materiales para esa tarea, junto con vitamina C de frutas y verduras. No es necesario ingerir una fibra animal ya fabricada para construir una humana. [6, 7]

La observación de que algunas personas vegetarianas que se cuidan tienen buen aspecto abre una pregunta interesante. Pero aspecto de la piel, cantidad de colágeno y velocidad global de envejecimiento no son la misma medida. Para compararlas hay que considerar edad, exposición solar, tabaco, hábitos y alimentación total.

Un estudio observacional en mujeres encontró asociación entre mayor ingesta de vitamina C y menor probabilidad de arrugas y sequedad relacionada con la edad. No era una demostración de que todas las personas vegetarianas envejecieran más despacio ni una medición directa de su colágeno. Nos permite formular una explicación prudente: una dieta rica en alimentos vegetales puede aportar nutrientes relevantes para mantener la piel, dentro de un conjunto de cuidados. [14]

Imagina una obra. Los aminoácidos son materiales; las enzimas, herramientas; la energía permite trabajar; ciertos nutrientes ayudan a que las herramientas funcionen. También importa cuánto se deteriora lo construido. Aportar más ladrillos no sustituye las demás tareas. La etiqueta «vegetariano» por sí sola no describe la suficiencia ni la calidad de toda la alimentación.

Cuánta proteína y cómo calcularla



Pesar el producto y leer su etiqueta permite calcular la ración.

Ya conocemos el destino de las piezas. Ahora podemos preguntar cuántas necesitamos. Una referencia para adultos sanos de EFSA es 0,83 g de proteína por kilogramo de peso y día. Es una ingesta de referencia poblacional; el requerimiento medio estimado es distinto, 0,66 g/kg/día. Edad, crecimiento, enfermedad y actividad pueden cambiar el contexto. [15]

La primera fórmula es sencilla: peso en kg $\times$ referencia en g/kg/día. Ejemplo: $70 \times 0,83 = 58,1$ g diarios. Para 60 kg: $60 \times 0,83 = 49,8$ g. No hay que multiplicar por 24 para obtener proteína. Si en una situación concreta se adopta un objetivo de 1,2 g/kg, el cálculo para 70 kg sería 84 g; elegir el factor exige definir la población y el propósito.

La segunda fórmula convierte un porcentaje energético: kcal del día $\times$ proporción de proteína $\div$ 4 kcal por gramo. Con 2.000 kcal y 10 %, resulta $2.000 \times 0,10 \div 4 = 50$ g. Con 2.500 kcal y el mismo porcentaje, 62,5 g. Un porcentaje idéntico puede aportar cantidades diferentes y no garantiza por sí solo cubrir necesidades.

Un atajo como $24 \times$ peso estima aproximadamente energía basal bajo supuestos muy generales, no gramos de proteína. Las ecuaciones de energía pueden incluir edad, talla y sexo; no deben confundirse con una fórmula proteica. Para proteína, usar el peso y un factor contextual evita inventar una regla distinta para hombres y mujeres cuando se aplica la misma referencia de adulto sano.

La etiqueta llega a la báscula



Pesar el producto y leer su etiqueta permite calcular la ración.

Cogemos un paquete de legumbres secas. Supongamos que indica 20 g de proteína por 100 g de producto. Pesamos 80 g antes de cocinar: $80 \times 20 \div 100 = 16$ g de proteína. Si tras cocer pesan 200 g y comemos todo el lote, el agua añadida no ha creado ni eliminado por sí misma esos 16 g.

Si comemos la mitad del lote homogéneo, contamos aproximadamente 8 g. Pueden existir pérdidas hacia el agua descartada y cambios de retención; para un cálculo doméstico, pesar en seco y repartir el lote es una aproximación útil. Debemos comprobar si la etiqueta habla de producto vendido, escurrido o preparado.

Con datos USDA, 100 g de lentejas secas aportan 24,63 g de proteína; 50 g aportan 12,315 g. No podemos trasladar el valor por 100 g secos a 100 g cocidos: estos incluyen más agua. Para quinoa seca, 14,12 g por 100 g se convierten en 11,30 g al pesar 80 g. La precisión doméstica no necesita más decimales de los que permite la etiqueta.

Un ejemplo de suma diaria, con etiquetas hipotéticas: avena 80 g a 13 g/100 g = 10,4 g; lentejas secas 100 g a 24 g/100 g = 24 g; pan 100 g a 9 g/100 g = 9 g; frutos secos 30 g a 20 g/100 g = 6 g; yogur de soja 200 g a 4 g/100 g = 8 g. Total: 57,4 g. El ejercicio calcula proteína; no certifica por sí solo que sea un menú completo.

Materiales y combustible



El alimento trae una combinación de materiales; la preparación cambia su estructura.

Comparamos lo que se compra: 100 g de vacuno crudo y 100 g de garbanzos secos. Es una comparación práctica si indicamos el estado de cada alimento. Al cocinar los garbanzos aumenta su peso por el agua; el lote sigue representando la cantidad seca que pesamos. En las páginas de datos veremos la composición exacta de las fichas seleccionadas.

Las legumbres reúnen proteínas y una fuente importante de hidratos de carbono. La carne aporta proteínas y grasa en proporción variable. La energía no proteica puede ayudar a que los aminoácidos se destinen a otras tareas. Pero el cuerpo también dispone de reservas y de nutrientes de comidas anteriores: no decide el destino de cada aminoácido mirando únicamente si hay hidratos en ese plato.

Por eso no podemos restar un porcentaje fijo de proteína a un filete y otro a los garbanzos para calcular «lo que queda». La oxidación depende del estado metabólico, la cantidad, la dieta previa y otros factores. Una gráfica de composición puede mostrar energía y proteína; no medir directamente la retención corporal de esa comida.

Tampoco sumar más proteína asegura más músculo. El entrenamiento de fuerza proporciona una señal de adaptación; materiales, energía y recuperación la acompañan. No hay que perseguir una lesión para crecer. En una revisión de entrenamiento de fuerza, el beneficio adicional de suplementar tendió a estabilizarse cerca de 1,6 g/kg/día de proteína total en el conjunto estudiado, con incertidumbre individual. Es un resultado de esa investigación, no una frontera universal. [16]

Una pausa para escuchar a los higienistas



Escena histórica evocadora, no retrato documental de un autor concreto.

La historia del higienismo precede a Shelton. En el siglo XIX, figuras como Sylvester Graham, Isaac Jennings, Russell Trall y Mary Gove Nichols impulsaron reformas de alimentación y hábitos de vida. No defendieron todas las mismas propuestas. Shelton organizó y difundió una corriente de higiene natural durante el siglo XX. [17]

Para entenderlos, situémonos en sus preguntas: ¿necesitamos comer tanto como dicta la costumbre?, ¿qué lugar tienen fruta, verduras, descanso y actividad?, ¿podemos vivir bien reduciendo alimentos concentrados? Estudiaremos sus respuestas como propuestas de autores, con sus razones y sus fuentes. Este capítulo expone esa tradición; las referencias poblacionales actuales están en el capítulo de cantidades.

Chittenden, fisiólogo de Yale, estudió ingestas menores que los estándares altos de su época. En su obra de 1907 describe balances de nitrógeno, adaptación y rendimiento. El balance compara entradas y salidas de nitrógeno, como una contabilidad de materiales: equilibrio indica que, en las condiciones medidas, no se detecta ganancia o pérdida neta. También presta atención a la energía acompañante. [18]

La pregunta que une esta historia con nuestro viaje es valiosa: ¿cuánto material necesitamos realmente y cuánto consumimos por hábito? La respuesta práctica exige conocer a quién se refiere cada cifra y cómo se obtuvo. Leer con esa precisión permite apreciar una propuesta sin atribuir a todos los autores una única doctrina ni un número idéntico.

Cantidades y razones en las obras históricas



Escena histórica evocadora, no retrato documental de un autor concreto.

Chittenden reunió resultados con ingestas reducidas respecto a los estándares cercanos a 118 g diarios que se discutían en su época. Un ejemplo que recoge, procedente de Oshima, compara una dieta con 36,8 g de proteína digestible y unas 1.825 kcal con otra de 40,5 g y 2.200 kcal: el balance cambia de negativo a positivo. Cambian ambos aportes, por lo que no es un experimento donde solo varíen hidratos. Su interés es mostrar la relación entre energía y utilización proteica. [18]

Shelton, en el capítulo «Uses of Food», reúne investigaciones históricas para defender ingestas menores y cuestionar el exceso. Cita 47 g en trabajos de Hirshfeld y relata propuestas de Hindhede próximas a 20 g y un ensayo de Madsen de 21 g. Son cifras que Shelton comenta de otros autores, no una pauta única de Shelton de 25–35 g para todo adulto. En su marco, la toxemia se relaciona con acumulación de productos de desecho y capacidad de eliminación. [19]

Ehret presenta la alimentación en su sistema «sin mucosidad», con protagonismo de frutas y verduras y procesos de transición. La mucosidad es una categoría de su teoría; no debe sustituir sin explicación el significado anatómico del moco. Su propuesta se describe por alimentos y organización del sistema, sin asignarle aquí una cifra universal en gramos que no hemos documentado en una página concreta. [20]

La utilidad docente consiste en preguntar qué observó cada autor, qué interpretación propuso y qué práctica defendía. Así se conserva su voz. Las cantidades de experimentos históricos quedan identificadas como tales y no se transforman automáticamente en objetivos personales para todas las edades o cargas de ejercicio.

Voces posteriores y diferentes maneras de contar



Escena histórica evocadora, no retrato documental de un autor concreto.

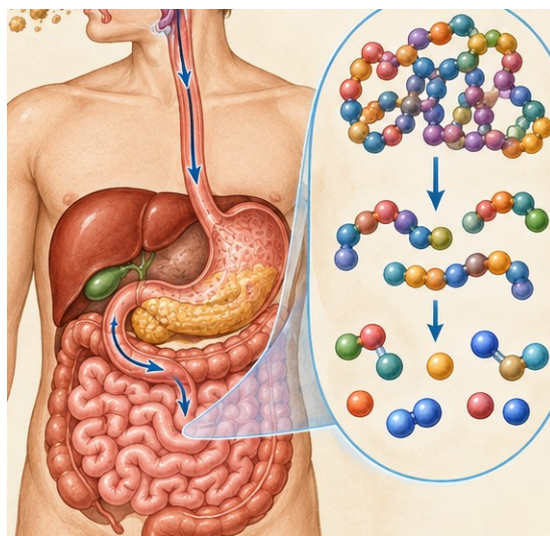
Doug Graham organiza su propuesta 80/10/10 alrededor de proporciones energéticas, con aproximadamente hasta un 10 % de energía proteica. Su argumento favorece alimentos vegetales enteros y una alimentación baja en grasa. Para entender los números, 10 % de 2.000 kcal equivale a 50 g; 10 % de 3.000 kcal, a 75 g. El porcentaje no es una cantidad fija. [21]

John McDougall sitúa los alimentos ricos en almidón en el centro del plato, acompañados de otros vegetales. Su enfoque busca que el patrón alimentario aporte proteína sin convertir cada comida en una búsqueda de concentrados. Colin Campbell desarrolla una defensa de la alimentación vegetal integral a partir de experimentos animales, estudios poblacionales y su interpretación conjunta. Al narrar sus trabajos se indicará cuándo habla de animales y cuándo de personas. [22, 23]

Garth Davis cuestiona en *Proteinaholic* la centralidad cultural y comercial de la proteína y propone valorar el conjunto de la dieta. Harvey y Marilyn Diamond popularizan ideas de higiene natural y combinación alimentaria. Keki Sidhwa, Alec Burton y Christopher Gian-Cursio forman parte de conversaciones posteriores sobre higiene natural; no atribuimos aquí cifras diarias exactas sin una referencia verificable de sus obras. [24]

Una razón práctica para no perseguir proteína innecesariamente alta es dejar espacio a variedad, fibra y otros nutrientes, y evitar suplementos que no aportan un beneficio al objetivo buscado. «Suficiente» y «muy poco» no son sinónimos. Para el aula, compara una propuesta expresada en porcentajes con otra en gramos por kilogramo: calcula ambas para la misma persona antes de concluir que difieren mucho o poco.

Una comida mixta y su reloj



El tubo digestivo tiene estaciones sucesivas, con herramientas y condiciones diferentes.

En la mesa aparece otra pregunta: ¿qué pasa si comemos proteína con almidón o con grasa? Muchos alimentos ya son mezclas naturales. El garbanzo contiene proteína y almidón; los frutos secos, proteína y grasa. El aparato digestivo coordina enzimas y secreciones para varios nutrientes. Las proteasas no se apagan simplemente porque haya hidratos. [10]

Shelton explica sus combinaciones desde una búsqueda de sencillez digestiva y una interpretación de las secreciones. Podemos estudiar esa propuesta con ejemplos y atribución a su autor. En la descripción fisiológica del viaje, las secreciones cambian a lo largo del tubo y actúan sobre comidas mixtas; el estómago ácido y el intestino con otro pH son estaciones sucesivas. [19]

No existe un cronómetro universal que permita afirmar que una proteína tarda exactamente dos horas y otra cuatro en digerirse. Vaciamiento gástrico, digestión, absorción y tránsito total son medidas diferentes. Tamaño de la comida, grasa, textura, preparación y situación de la persona influyen. Añadir grasa suele enlentecer el vaciamiento gástrico, pero eso no equivale a que el alimento deje de aprovecharse.

Ejercicio: compara garbanzos enteros bien cocidos con un puré de esos mismos garbanzos. Cambia la estructura física, aunque los ingredientes sean los mismos. Después compara una ración pequeña con una muy grande. La tolerancia digestiva merece observación individual; una sensación de pesadez no mide directamente cuántos aminoácidos se absorbieron.

De las ratas a las preguntas humanas



Escena histórica evocadora, no retrato documental de un autor concreto.

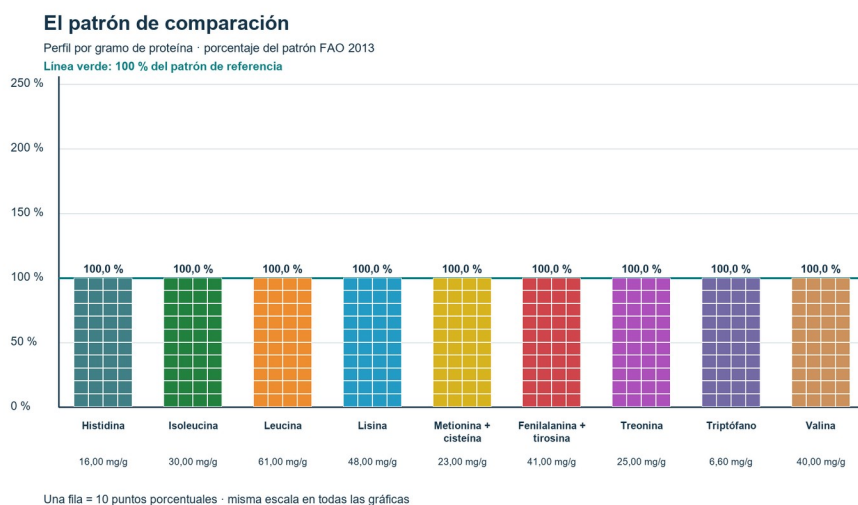
La cantidad responde cuántos gramos comemos. La calidad proteica pregunta cómo contribuye esa proteína a cubrir necesidades de aminoácidos, teniendo en cuenta su disponibilidad. Durante mucho tiempo se utilizaron ensayos de crecimiento con animales. El PER relaciona el aumento de peso de ratas jóvenes con la proteína ingerida. Una rata en crecimiento no tiene el mismo patrón de necesidades que un adulto humano. [25]

El huevo fue una referencia frecuente por su composición y utilización. Esa referencia se convirtió a veces en el mensaje divulgativo de que era «perfecto». Sin embargo, referencia analítica y alimento ideal para toda persona son conceptos distintos. Los métodos históricos no forman una única escalera donde uno desaparece al llegar el siguiente: han coexistido preguntas y técnicas.

El valor biológico clásico relaciona nitrógeno retenido con nitrógeno absorbido. PDCAAS incorpora un patrón de aminoácidos y una corrección de digestibilidad proteica fecal. DIAAS considera digestibilidad ileal de aminoácidos indispensables: se pregunta qué se ha absorbido antes de llegar al intestino grueso. Nuestras gráficas muestran composición respecto a un patrón; no calculan esos índices. [25]

Esta historia explica una confusión persistente: decir que un cereal tiene una proporción relativamente baja de lisina no significa que no tenga lisina. En el original se hablaba de ocho esenciales; aquí incorporamos histidina al patrón de nueve. Tampoco atribuimos todas las ideas sobre vegetarianismo a un único ensayo con ratas: las creencias tienen historias culturales y científicas más amplias.

Cómo leer un muro de colores



Nueve componentes, un mismo patrón y un eje vertical que indica porcentajes.

Cada columna representa un aminoácido o un par relacionado. El eje vertical muestra un porcentaje respecto al patrón FAO 2013 para mayores de tres años, adolescentes y adultos. El eje horizontal lleva sus nombres. La línea del 100 % marca la proporción de referencia por gramo de proteína, no la necesidad diaria de una persona. [25]

Primero calculamos miligramos de aminoácido por gramo de proteína. Si 100 g de arroz aportan 0,258 g de lisina y 7,13 g de proteína, hacemos $0,258 \times 1.000 \div 7,13 = 36,19$ mg/g. Después dividimos por 48 mg/g, el patrón de lisina, y multiplicamos por 100: 75,4 %. Esa es la altura de su columna.

Las filas de ladrillos equivalen a 10 puntos porcentuales; hay cuatro piezas por fila, de modo que cada pieza completa representa 2,5 puntos. La última fila tiene la altura proporcional que corresponde al valor restante. El bloque es una regla visual: no representa una proteína física, ni igual número de moléculas entre columnas.

Metionina más cisteína y fenilalanina más tirosina se agrupan por la relación metabólica de sus componentes. Una columna bajo el 100 % no permite descontar automáticamente ese porcentaje de toda la proteína ingerida. La ración, otros alimentos, disponibilidad y contexto importan. No se recortan las columnas altas: todas las gráficas usan la misma escala para poder compararlas.

Lo que cambió al comprobar los datos



El alimento trae una combinación de materiales; la preparación cambia su estructura.

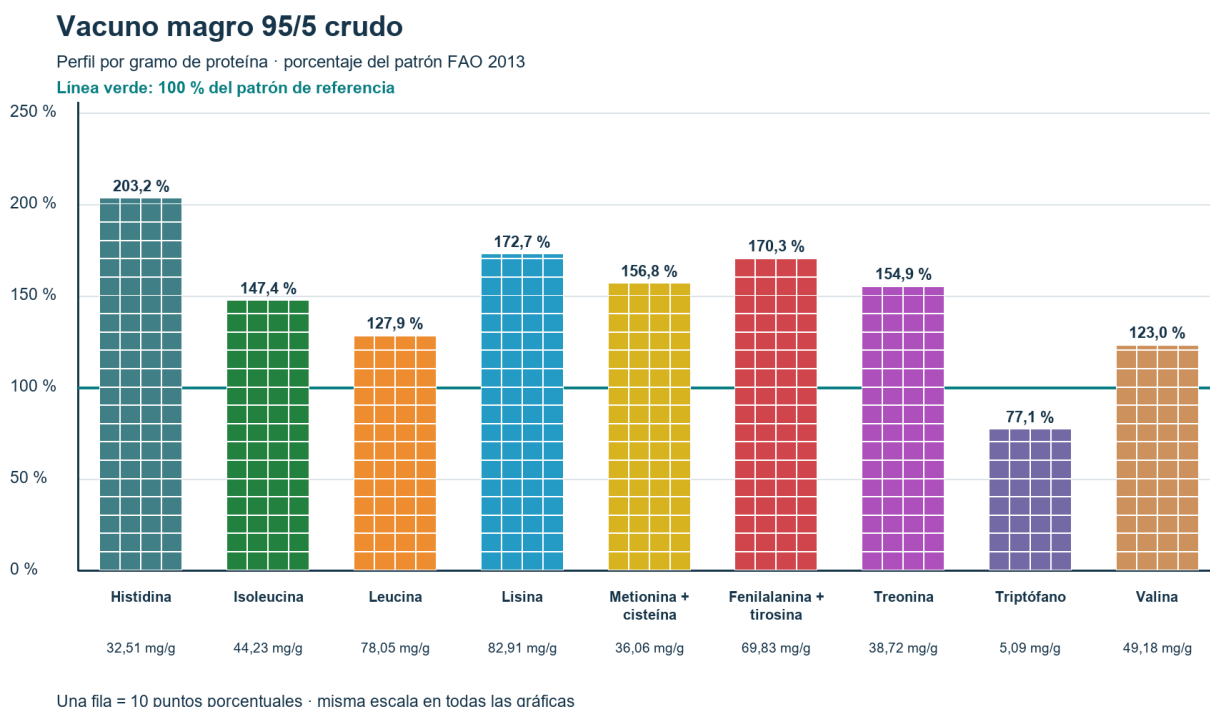
Las siguientes gráficas se han calculado de nuevo desde USDA FoodData Central, conjunto SR Legacy de abril de 2018. Esta versión continúa disponible como conjunto histórico oficial. Cada alimento tiene un identificador y una descripción concreta. El año de consulta no convierte los datos en nuevas mediciones. Las cifras son referencias de composición, no análisis de tu paquete particular. [26]

El original no identificaba de forma inequívoca todos los cortes de carne. Para una comparación reproducible se han elegido vacuno picado crudo 95 % magro y 5 % grasa, y vacuno 90 % magro y 10 % grasa. No se afirma que sean exactamente los cortes del documento antiguo. «Proteína de soja» se concreta como aislado, distinto de la soja entera y de otros preparados.

Se han añadido los valores de histidina y se ha recalculado cada columna con las mismas unidades. Se incluye después un registro numérico para reproducir las operaciones. La gelatina seca sin azúcar tiene triptófano registrado como cero en esta ficha; un postre comercial puede contener otros ingredientes, por lo que no se identifica automáticamente con esa gelatina.

Conservar el diseño de muros no exige conservar alturas antiguas incorrectas. La comparación favorece el aprendizaje cuando cada alimento recibe el mismo tratamiento matemático. Los vegetales tienen muchas posibilidades que mostrar; estas se entienden mejor con datos identificados y con ejemplos de raciones y dietas, además de perfiles por gramo de proteína.

Vacuno magro 95/5 crudo



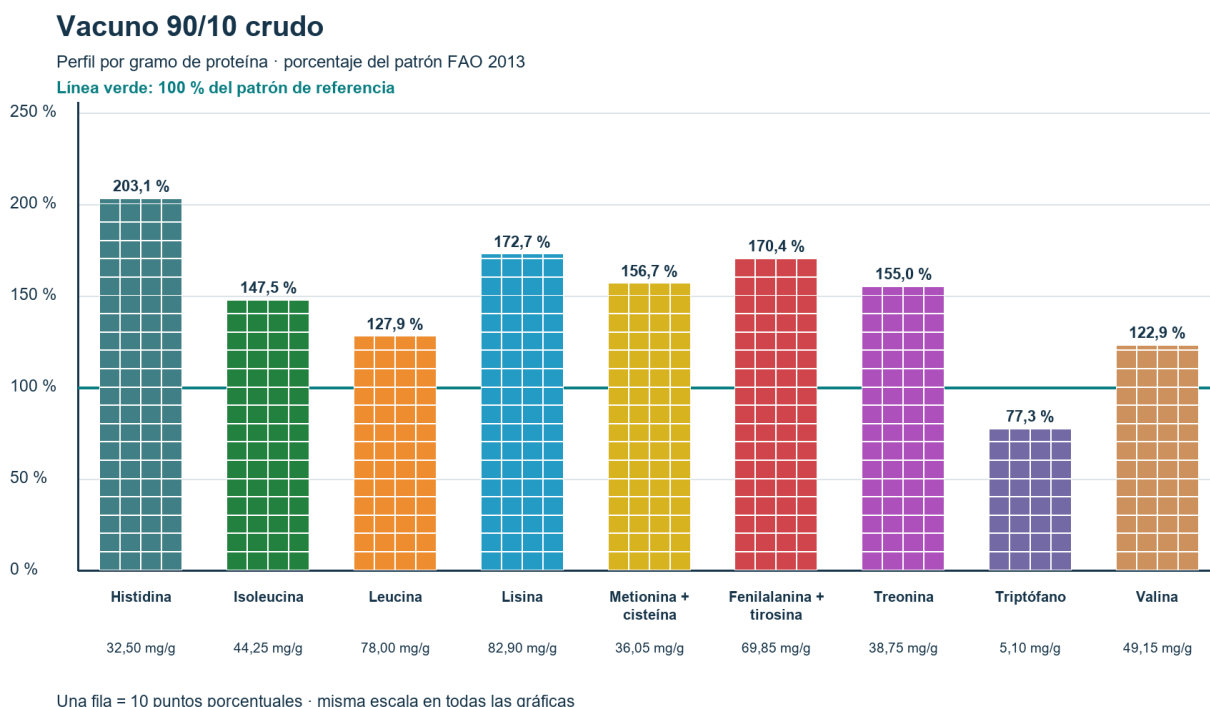
Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 21.41 g. Ficha FDC 171790: Beef, ground, 95% lean meat / 5% fat, raw.

La columna menor del perfil es Triptófano: 77.1 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Para convertir una ración a gramos de proteína: peso de la ración × proteína por 100 g ÷ 100. Para comparar estas columnas con otro alimento, mantén el mismo patrón y observa también cuánta proteína aporta la ración real.

Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/171790/nutrients>

Vacuno 90/10 crudo



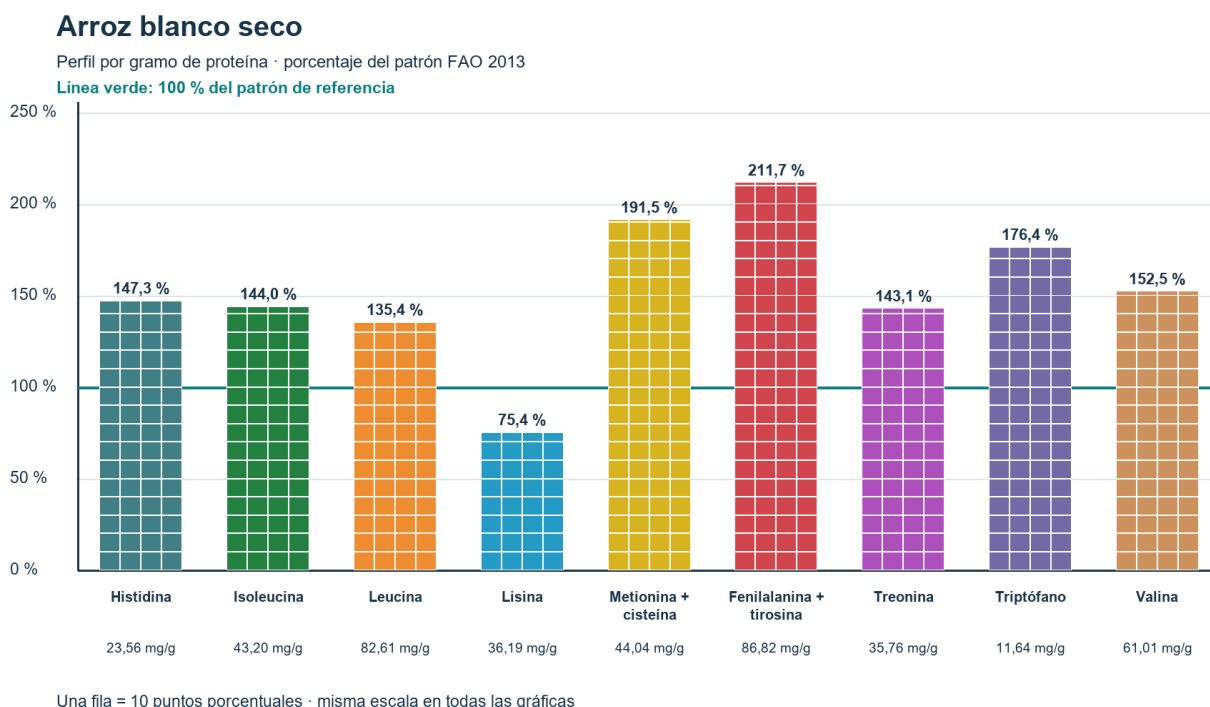
Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 20.00 g. Ficha FDC 174030: Beef, ground, 90% lean meat / 10% fat, raw.

La columna menor del perfil es Triptófano: 77.3 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Para convertir una ración a gramos de proteína: peso de la ración × proteína por 100 g ÷ 100. Para comparar estas columnas con otro alimento, mantén el mismo patrón y observa también cuánta proteína aporta la ración real.

Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/174030/nutrients>

Arroz blanco seco



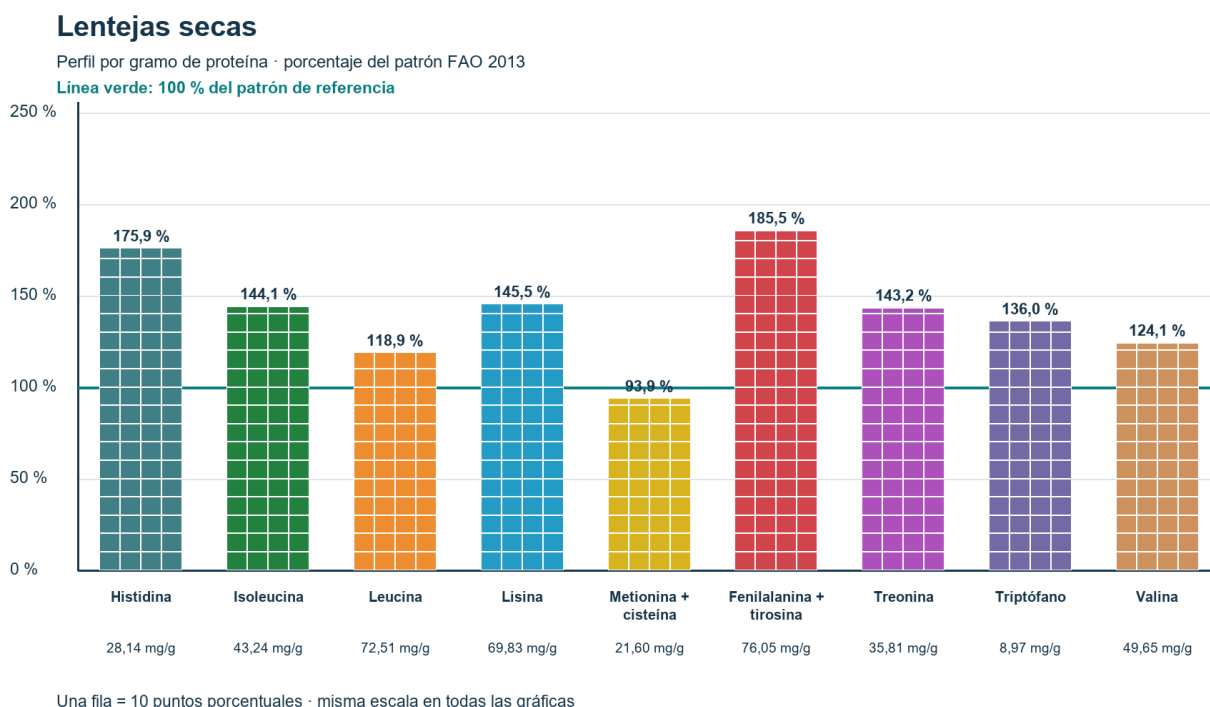
Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 7.13 g. Ficha FDC 169756: Rice, white, long-grain, regular, raw, unenriched.

La columna menor del perfil es Lisina: 75.4 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

El arroz sí contiene lisina. Su proporción respecto al patrón es menor que la de otros aminoácidos, pero no es cero. Una ración aporta también energía; el perfil por gramo de proteína y los gramos totales del plato responden preguntas distintas.

Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169756/nutrients>

Lentejas secas



Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 24.63 g. Ficha FDC 172420: Lentils, raw.

La columna menor del perfil es Metionina + cisteína: 93.9 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Para convertir una ración a gramos de proteína: peso de la ración $\times$ proteína por 100 g $\div$ 100. Para comparar estas columnas con otro alimento, mantén el mismo patrón y observa también cuánta proteína aporta la ración real.

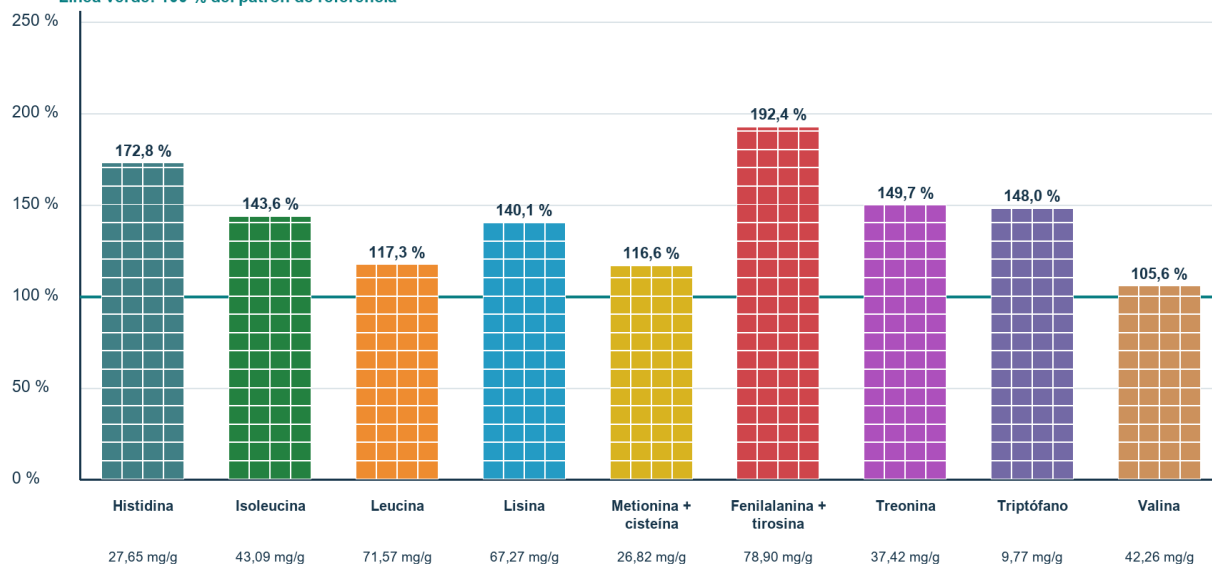
Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/172420/nutrients>

Garbanzos secos

Garbanzos secos

Perfil por gramo de proteína · porcentaje del patrón FAO 2013

Línea verde: 100 % del patrón de referencia



Una fila = 10 puntos porcentuales · misma escala en todas las gráficas

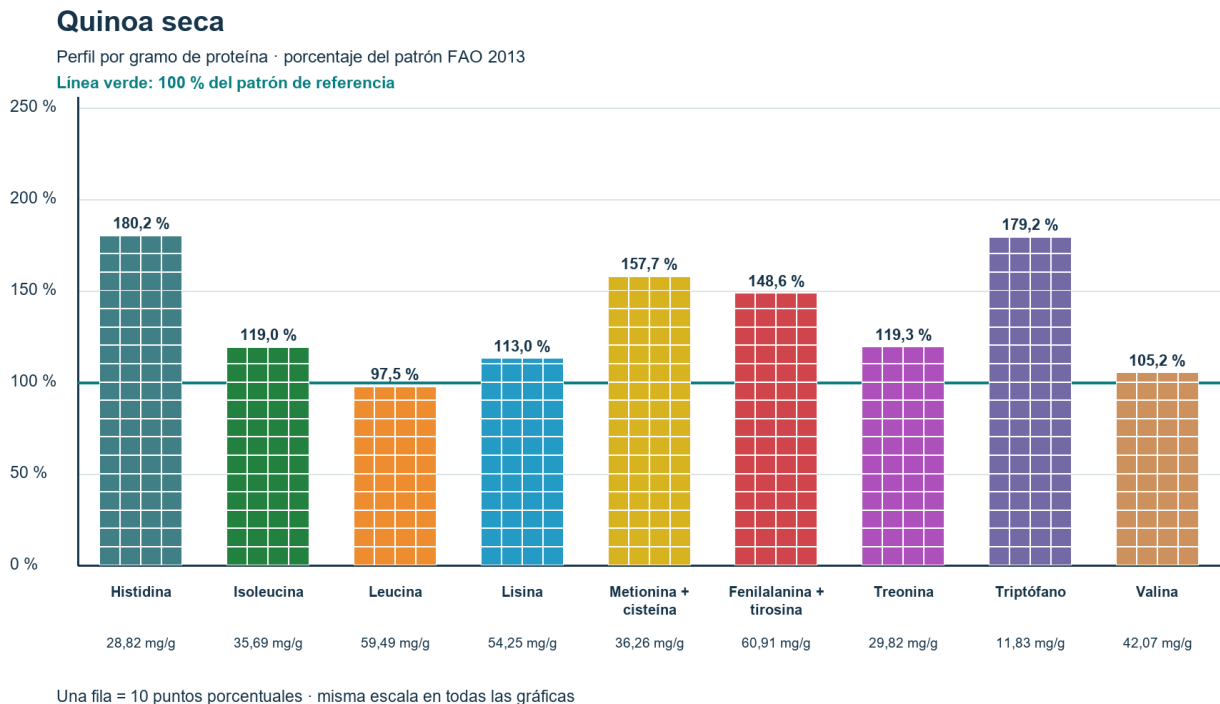
Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 20.47 g. Ficha FDC 173756: Chickpeas (garbanzo beans, bengal gram), mature seeds, raw.

La columna menor del perfil es Valina: 105.6 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Para convertir una ración a gramos de proteína: peso de la ración × proteína por 100 g ÷ 100. Para comparar estas columnas con otro alimento, mantén el mismo patrón y observa también cuánta proteína aporta la ración real.

Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/173756/nutrients>

Quinoa seca



Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 14.12 g. Ficha FDC 168874: Quinoa, uncooked.

La columna menor del perfil es Leucina: 97.5 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Para convertir una ración a gramos de proteína: peso de la ración × proteína por 100 g ÷ 100. Para comparar estas columnas con otro alimento, mantén el mismo patrón y observa también cuánta proteína aporta la ración real.

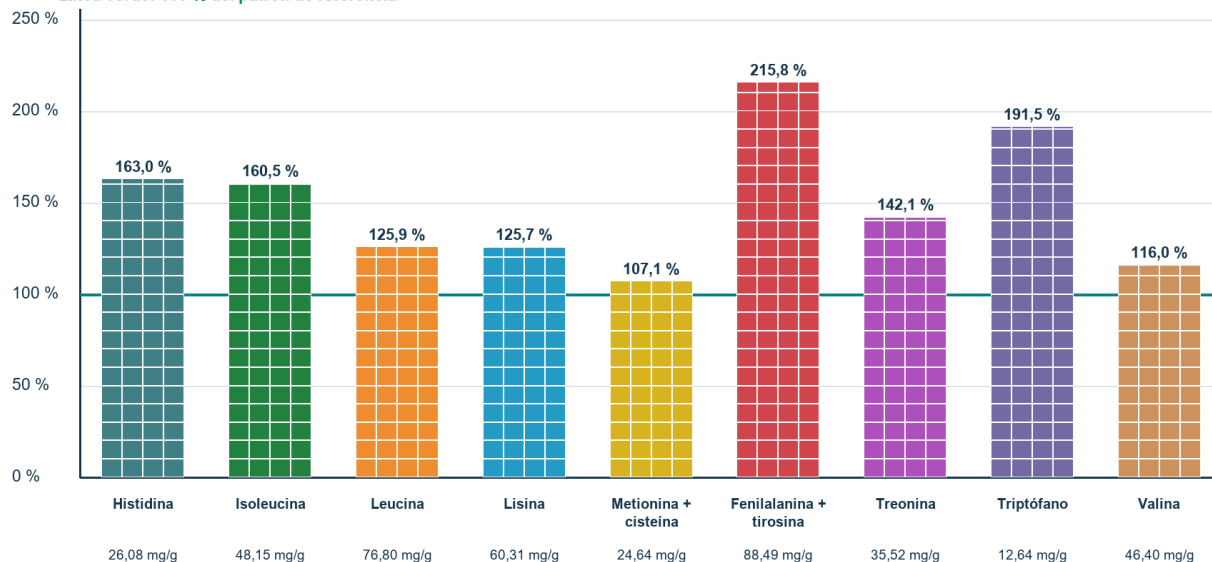
Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/168874/nutrients>

Aislado de proteína de soja

Aislado de proteína de soja

Perfil por gramo de proteína · porcentaje del patrón FAO 2013

Línea verde: 100 % del patrón de referencia



Una fila = 10 puntos porcentuales · misma escala en todas las gráficas

Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 88.32 g. Ficha FDC 174276: Soy protein isolate.

La columna menor del perfil es Metionina + cisteína: 107.1 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Se trata de un aislado concentrado, no de soja entera ni de una bebida de soja. Su cantidad de proteína por 100 g es muy distinta de la de esos alimentos. Lee siempre el nombre y el estado del producto antes de comparar.

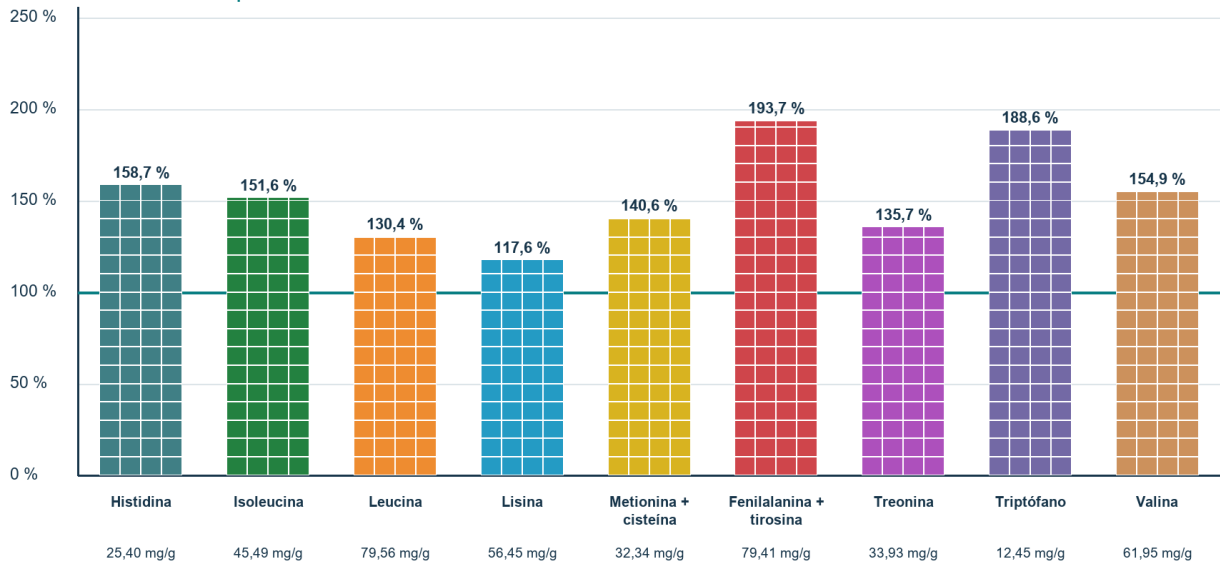
Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/174276/nutrients>

Pistachos crudos

Pistachos crudos

Perfil por gramo de proteína · porcentaje del patrón FAO 2013

Línea verde: 100 % del patrón de referencia



Una fila = 10 puntos porcentuales · misma escala en todas las gráficas

Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 20.16 g. Ficha FDC 170184: Nuts, pistachio nuts, raw.

La columna menor del perfil es Lisina: 117.6 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Para convertir una ración a gramos de proteína: peso de la ración × proteína por 100 g ÷ 100. Para comparar estas columnas con otro alimento, mantén el mismo patrón y observa también cuánta proteína aporta la ración real.

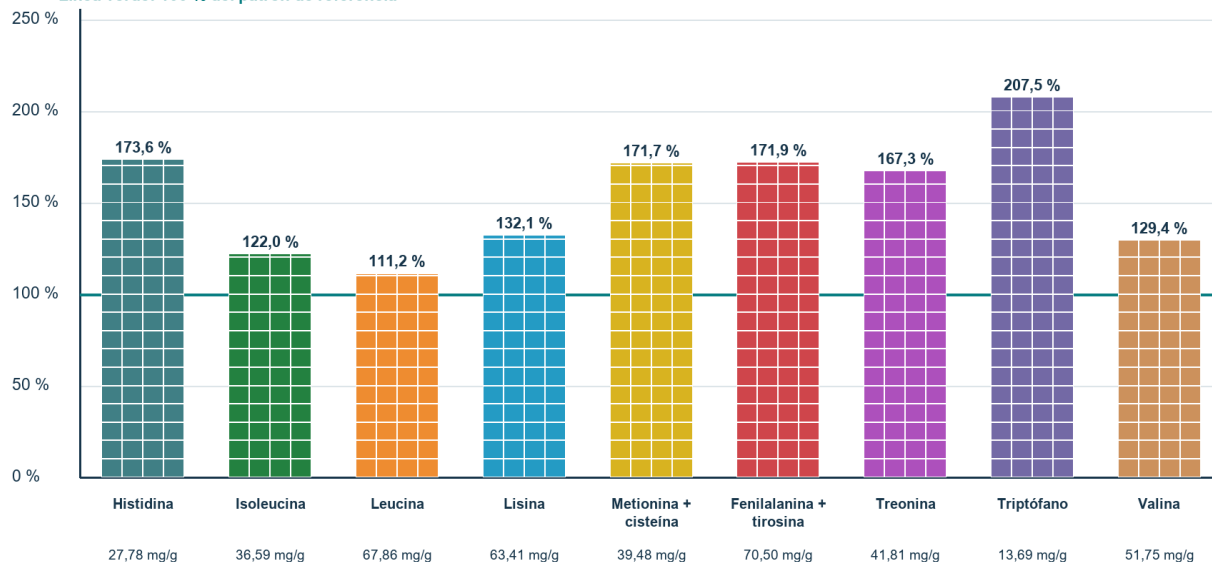
Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/170184/nutrients>

Germen de trigo crudo

Germen de trigo crudo

Perfil por gramo de proteína · porcentaje del patrón FAO 2013

Línea verde: 100 % del patrón de referencia



Una fila = 10 puntos porcentuales · misma escala en todas las gráficas

Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 23.15 g. Ficha FDC 168892: Wheat germ, crude.

La columna menor del perfil es Leucina: 111.2 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

Para convertir una ración a gramos de proteína: peso de la ración × proteína por 100 g ÷ 100. Para comparar estas columnas con otro alimento, mantén el mismo patrón y observa también cuánta proteína aporta la ración real.

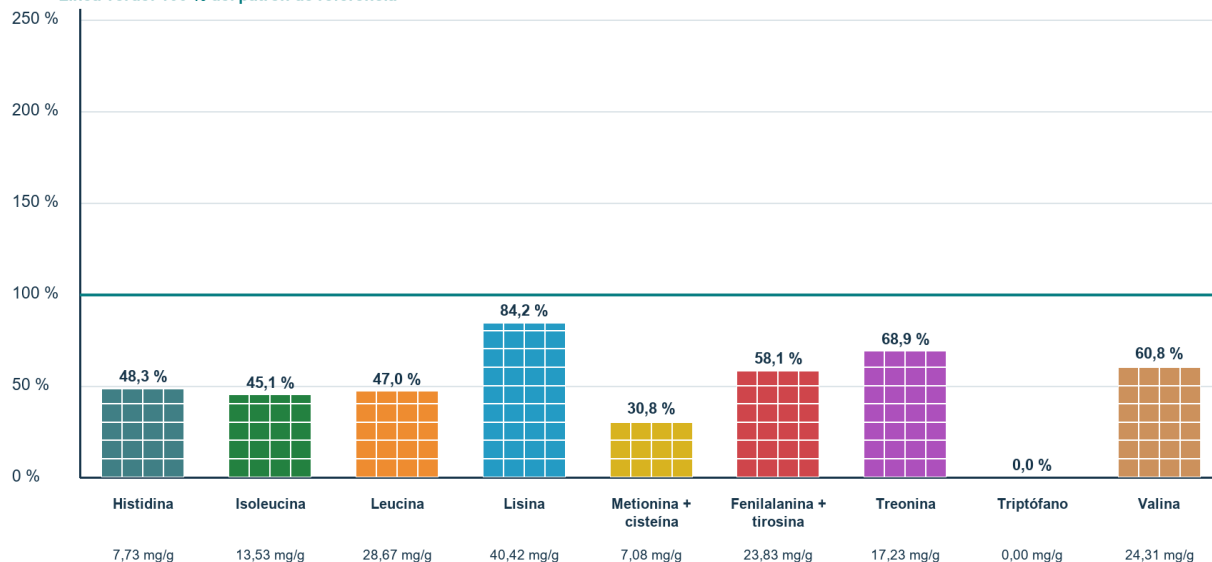
Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/168892/nutrients>

Gelatina seca sin azúcar

Gelatina seca sin azúcar

Perfil por gramo de proteína · porcentaje del patrón FAO 2013

Línea verde: 100 % del patrón de referencia



Una fila = 10 puntos porcentuales · misma escala en todas las gráficas

Ración de referencia: 100 g del alimento descrito. Proteína: 85.60 g. Ficha FDC 169599: Gelatins, dry powder, unsweetened.

La columna menor del perfil es Triptófano: 0.0 % del patrón. Esta comparación de composición no incorpora digestibilidad y no mide por sí sola el aprovechamiento de una comida ni la calidad de toda la dieta.

El triptófano figura como 0 en esta ficha. Metionina más cistina suma 0,606 g por 100 g de gelatina: 7,08 mg por gramo de proteína. El valor de 25 mg/g del gráfico antiguo se sustituye por este cálculo identificado. No extrapoles la composición a un postre con otros ingredientes.

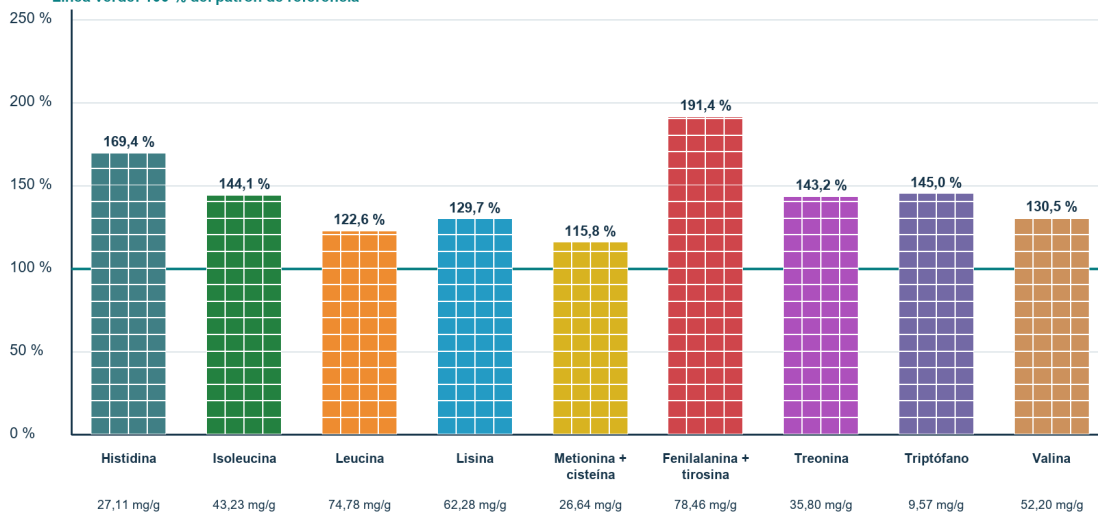
Fuente consultable: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169599/nutrients>

Dos alimentos suman materiales

50 g de arroz seco + 50 g de lentejas secas

Perfil por gramo de proteína · porcentaje del patrón FAO 2013

Línea verde: 100 % del patrón de referencia



Una fila = 10 puntos porcentuales · misma escala en todas las gráficas

El perfil de la mezcla se pondera por la proteína que aporta cada ingrediente.

50 g de arroz seco aportan 3.565 g de proteína y 50 g de lentejas secas aportan 12.315 g. Total: 15.88 g. Aunque el peso de alimento sea el mismo, sus contribuciones proteicas no lo son.

Lisina: $(3.565 \times 36.19 + 12.315 \times 69.83) \div 15.88 = 62.28 \text{ mg/g}$. La fórmula general es sumar los miligramos aportados por cada ingrediente y dividir por los gramos totales de proteína.

Combinar aquí enseña una operación; no obliga a comer ambos alimentos simultáneamente. En una alimentación variada y suficiente, el aporte se organiza a lo largo del día. El recambio corporal y el conjunto disponible de aminoácidos ayudan a integrar las comidas, pero no sustituyen una ingesta insuficiente mantenida.

Filete y garbanzos con cantidades visibles

Por 100 g del producto	Vacuno 95/5 crudo	Garbanzos secos
Proteína (g)	21.41	20.47
Grasa (g)	5.00	6.04
Hidratos por diferencia (g)	0.00	62.95
Fibra (g)	0.00	12.20
Energía (kcal)	137.00	1581.00



Dos estados de compra distintos: crudo fresco y semilla seca.

Los hidratos de esta base se expresan por diferencia e incluyen fibra; no deben convertirse sin más en energía multiplicando toda la cifra por cuatro. La energía de la tabla es la registrada por USDA. La comparación es práctica para pesar lo comprado, pero no equivale a comparar dos platos de 100 g servidos.

Si los 100 g de garbanzos secos dan, por ejemplo, 250 g cocidos, repartir el lote en dos divide aproximadamente sus nutrientes entre dos. Ese rendimiento es un ejemplo de cocina, no un valor fijo. El agua modifica la concentración por 100 g.

No añadimos una columna de «proteína salvada»: para calcular retención u oxidación se requieren mediciones metabólicas y condiciones definidas. Sí podemos mostrar que el garbanzo trae almidón además de proteína y que la carne aporta grasa variable. Esa es la diferencia de composición que las cifras permiten establecer.

El registro para rehacer las cuentas

Valores de aminoácidos en gramos por 100 g de alimento. Proteína también en g/100 g. Met+Cis suma metionina y cistina; Fen+Tir suma fenilalanina y tirosina. Se conservan las denominaciones de la fuente para la operación. El porcentaje se calcula con valores sin redondear.

Componente	Vacuno magro 95/5 crudo FDC 171790	Vacuno 90/10 cru- do FDC 174030	Arroz blanco seco FDC 169756	Lentejas secas FDC 172420	Garbanzos secos FDC 173756
Proteína	21.41	20.00	7.13	24.63	20.47
Histidina	0.696	0.650	0.168	0.693	0.566
Isoleucina	0.947	0.885	0.308	1.065	0.882
Leucina	1.671	1.560	0.589	1.786	1.465
Lisina	1.775	1.658	0.258	1.720	1.377
Metionina + cisteína	0.772	0.721	0.314	0.532	0.549
Fenilalanina + tirosina	1.495	1.397	0.619	1.873	1.615
Treonina	0.829	0.775	0.255	0.882	0.766
Triptófano	0.109	0.102	0.083	0.221	0.200
Valina	1.053	0.983	0.435	1.223	0.865

El registro para rehacer las cuentas

Componente	Quinoa seca FDC 168874	Aislado de proteí- na de soja FDC 174276	Pistachos crudos FDC 170184	Germen de trigo crudo FDC 168892	Gelatina seca sin azúcar FDC 169599
Proteína	14.12	88.32	20.16	23.15	85.60
Histidina	0.407	2.303	0.512	0.643	0.662
Isoleucina	0.504	4.253	0.917	0.847	1.158
Leucina	0.840	6.783	1.604	1.571	2.454
Lisina	0.766	5.327	1.138	1.468	3.460
Metionina + cisteí- na	0.512	2.176	0.652	0.914	0.606
Fenilalanina + tiro- sina	0.860	7.815	1.601	1.632	2.040
Treonina	0.421	3.137	0.684	0.968	1.475
Triptófano	0.167	1.116	0.251	0.317	0.000
Valina	0.594	4.098	1.249	1.198	2.081

Patrón FAO utilizado, en mg/g de proteína: His 16; Ile 30; Leu 61; Lis 48; Met+Cis 23; Fen+Tir 41; Tre 25; Trp 6,6; Val 40. Se aplica el mismo patrón a todas las fichas.

No se ha usado el patrón que más favorece a cada alimento: el criterio permanece fijo. El conjunto SR Legacy contiene valores compilados de distintas fuentes y métodos. Una ficha identificada permite reproducir la cuenta; no elimina la variabilidad natural ni convierte todos los valores en análisis actuales de un único laboratorio.

Qué alturas cambiaron

Alimento	Mayor diferencia del perfil*	Anterior → ficha actual (mg/g)
Vacuno magro 95/5 crudo	Metionina + cisteína	38.80 → 36.06
Vacuno 90/10 crudo	Metionina + cisteína	34.95 → 36.05
Arroz blanco seco	Metionina + cisteína	34.60 → 44.04
Lentejas secas	Lisina	70.00 → 69.83
Garbanzos secos	Fenilalanina + tirosina	78.00 → 78.90
Quinoa seca	Lisina	54.30 → 54.25
Aislado de proteína de soja	Leucina	82.54 → 76.80
Pistachos crudos	Fenilalanina + tirosina	71.60 → 79.41
Germen de trigo crudo	Lisina	33.90 → 63.41
Gelatina seca sin azúcar	Fenilalanina + tirosina	47.00 → 23.83

*Se muestra el mayor cambio absoluto entre los ocho componentes transcritos en la edición anterior y la ficha identificada ahora. En carnes y productos poco especificados, la diferencia puede corresponder a una selección distinta de alimento: no se presenta como prueba de un error de laboratorio en el original.

La histidina se incorpora como novena columna. Se elimina el límite gráfico del 200 % y la fracción final se representa en altura. El antiguo promedio por mitades de arroz y lentejas se sustituye por ponderación según sus gramos de proteína. Los cambios de patrón de referencia deben distinguirse de los cambios en la composición alimentaria.

Preguntas para reconstruir el viaje

¿Una planta fija por sí sola el nitrógeno del aire?

No. La fijación biológica la realizan determinados microorganismos. La planta también puede captar nitrógeno disponible del suelo.

¿Qué diferencia hay entre digerir y absorber?

Digerir transforma moléculas en fragmentos menores; absorber permite atravesar la barrera intestinal. Son pasos relacionados, pero diferentes.

¿La pepsina trabaja en el hígado?

No. Actúa en el ambiente ácido del estómago. En el intestino intervienen otras enzimas y el hígado recibe después nutrientes por la vena porta.

¿Quién fabrica el mensaje que lee el ribosoma?

La ARN polimerasa transcribe información del ADN. En las células humanas, el ARN mensajero se prepara y sale del núcleo antes de ser traducido.

¿El colágeno es diferente de una proteína?

Es una familia de proteínas. Su secuencia, modificaciones y organización permiten funciones estructurales.

¿Una columna del 75 % significa perder el 25 % de la proteína?

No. Expresa una proporción de un aminoácido por gramo de proteína frente al patrón. No mide el destino metabólico completo.

¿Qué falta para calcular un DIAAS?

Datos adecuados de digestibilidad ileal de cada aminoácido indispensable, además de composición y patrón. Estos datos no son un DIAAS.

Un pequeño diccionario para volver al camino

Aminoácido. Pieza molecular utilizada para fabricar proteínas y otros compuestos.

Proteína. Una o varias cadenas de aminoácidos con una organización que permite funciones.

Enzima. Catalizador biológico: facilita una reacción. La mayoría son proteínas; también hay ARN catalítico.

Péptido. Cadena de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

Desnaturalización. Cambio de organización de una proteína; no equivale necesariamente a romper toda su cadena.

Hidrólisis. Ruptura de enlaces con participación de agua.

Enterocito. Célula de la superficie intestinal que participa en absorción.

Vena porta. Vía sanguínea que lleva al hígado sangre procedente del intestino y otros órganos abdominales.

Cofactor. Componente adicional que una enzima necesita para funcionar.

Ribosoma. Complejo de ARN y proteínas que traduce un mensaje y ensambla una cadena.

Transcripción. Producción de ARN usando ADN como molde.

Traducción. Lectura del ARN mensajero para ensamblar aminoácidos.

Balance de nitrógeno. Diferencia entre entradas y salidas de nitrógeno en un periodo.

Patrón de aminoácidos. Proporciones de referencia utilizadas para una comparación definida.

Referencias y lecturas

- [1] National Academies. Dietary Reference Intakes: Protein and Amino Acids. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234922/>
- [2] Alberts et al. Molecular Biology of the Cell. From RNA to Protein. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26829/>
- [3] FAO. Biological nitrogen fixation. <https://www.fao.org/4/x5546e/x5546e05.htm> ; The importance of soil organic matter. <https://www.fao.org/4/a0100e/a0100eod.htm>
- [4] Fox et al. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. PNAS, 2007. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17548832/>
- [5] Chen et al. Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. PNAS, 2003. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12624189/>
- [6] NCBI Bookshelf. Biochemistry, Collagen Synthesis. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507709/>
- [7] NIH ODS. Vitamin C y Copper, fichas profesionales. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/> ; <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Copper-HealthProfessional/>
- [8] Friedman. Chemistry, nutrition, and microbiology of D-amino acids. 1999. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10552672/>
- [9] EFSA. Acrylamide in food. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/acrylamide>

Referencias y lecturas

- [10] NIDDK. Your Digestive System and How It Works.
<https://www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/digestive-system-how-it-works>
- [11] Chae et al. Peptides after ingestion and fibroblast model. J Med Food, 2023.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37074675/>
- [12] Myung y Park. Collagen supplements and skin aging, systematic review. Am J Med, 2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40324552/>
- [13] Lugo et al. Undenatured type II collagen for knee osteoarthritis. Nutr J, 2016.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26822714/>
- [14] Cosgrove et al. Dietary nutrient intakes and skin-aging appearance among middle-aged American women. 2007. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17921406/>
- [15] EFSA. Dietary Reference Values for protein. 2012.
<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2557>
- [16] Morton et al. Protein supplementation and resistance training. 2018.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28698222/>
- [17] National Health Association. Early history timeline.
<https://www.healthscience.org/about/natural-hygiene-movement/early-history-timeline/>
- [18] Chittenden RH. The Nutrition of Man, 1907; lecturas V y VI, pasaje de Oshima, pp. 221–222 de la obra. Texto completo: <https://www.gutenberg.org/ebooks/68830>

Referencias y lecturas

[19] Shelton HM. The Science and Fine Art of Food and Nutrition. Edición electrónica 2014, capítulo 23 Uses of Food; páginas 178–182 del PDF consultado.

<https://hygienichomestead.com/wp-content/uploads/2022/02/herbert-shelton-the-science-and-fine-art-of-food-and-nutrition.pdf>

[20] Ehret A. Mucusless Diet Healing System. Obra histórica; las ediciones y traducciones varían. No se atribuye aquí una dosis proteica numérica a esta obra.

[21] Graham D. The 80/10/10 Diet. FoodnSport Press, 2006. La conversión de porcentajes a gramos es un cálculo del presente manual.

[22] McDougall J y McDougall M. The Starch Solution. Rodale, 2012.

[23] Campbell TC y Campbell TM. The China Study. BenBella, 2005; Campbell TC. Whole. BenBella, 2013.

[24] Davis G. Proteinaholic. HarperOne, 2015; Diamond H y Diamond M. Fit for Life. 1985. Las menciones a otros autores orientan lecturas y no constituyen citas textuales ni pautas numéricas verificadas.

[25] FAO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Food and Nutrition Paper 92, 2013; tabla 5, p. 29. <https://www.fao.org/4/i3124e/i3124e.pdf>

[26] USDA. FoodData Central, SR Legacy, abril 2018. Archivo CSV oficial descargado y recalculado en octubre de 2026. <https://fdc.nal.usda.gov/download-datasets/> . Identificadores individuales en cada gráfica.

Créditos visuales: ilustraciones docentes generadas para EIDH y conservadas en el proyecto; metáfora del muro inspirada en el material original del docente. Gráficas y esquema de aminoácido calculados y dibujados para esta edición. Las ilustraciones representan procesos y no sustituyen una imagen experimental. Datos numéricos y formulaciones de autores se identifican por separado.