



Artículo de revisión

Los alimentos que nos hicieron humanos

The foods that made us human

Marta Palma-Morales

Departamento de Fisiología, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Centro de Investigación Biomédica, Universidad de Granada, España

Ana Mateos**Jesús Rodríguez**

Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), España

Samantha J Bernal-Gómez

Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), Universidad de Guadalajara, México

Rafael Casuso**Jesús R. Huertas** 

Departamento de Fisiología, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Centro de Investigación Biomédica, Universidad de Granada, España

Recibido: 05-05-2021

Aceptado: 13-06-2021

Resumen

Actualmente se utilizan numerosas estrategias dietéticas para la prevención de enfermedades metabólicas y la pérdida de peso. Algunas de las estrategias utilizadas no tienen base fisiológica-nutricional apropiada y no tienen en cuenta los cambios genéticos que han ocurrido de forma reciente, por lo que en ciertos casos pueden resultar perjudiciales para la salud humana. El objetivo de este trabajo es revisar las mutaciones genéticas ocurridas durante la evolución humana desde los primeros homínidos hasta el *Homo sapiens* y explicar cómo han influido en la forma de alimentarnos; algunas mutaciones favorecieron el desarrollo cerebral y otras están relacionadas con la digestión de algunos nutrientes como la lactosa y el almidón. También se explica la influencia de la domesticación de los alimentos y de la práctica de la cocina en la alimentación humana. Además, se pretenden justificar las recomendaciones actuales sobre la distribución calórica de macronutrientes a partir de la importante influencia de los cambios genéticos y las adaptaciones acontecidas en nuestra especie.

Palabras clave: evolución humana, mutaciones, desarrollo cerebral, alimentación, macronutrientes

Abstract

Currently, numerous dietary strategies are used to prevent metabolic diseases and weight loss. Some of them do not have an appropriate physiological-nutritional basis and do not consider the genetic changes that have occurred recently, so they can be harmful to human health. This review aims to explain the genetic mutations that happened during human evolution from the first hominids to *Homo sapiens* and how they have influenced the way we eat; some mutations promoted brain development and other mutations are related to digestion of nutrients such as lactose and starch. This review also explains the influence of the domestication of food and the practice of cooking on human nutrition. In addition, we have tried to justify the current recommendations about the caloric distribution of macronutrients based on the important influence of genetic changes and adaptations that have occurred in our species.

Keywords: human evolution, mutations, brain development, feeding, macronutrients

Introducción

Actualmente existen numerosas estrategias nutricionales que se utilizan para la prevención de enfermedades metabólicas, incluida la obesidad, como pueden ser la dieta hiperproteica, dieta cetogénica, dieta paleolítica, dieta libre de lácteos, dieta baja en carbohidratos, etc.; sin embargo, la mayoría de las estrategias no tienen base fisiológica-nutricional apropiada, incluso pueden tener efectos adversos en la salud humana (Eaton y Eaton, 2000; Manousou et al., 2018; Wrangham, 2013). A pesar de la popularidad de ciertas estrategias dietéticas para la pérdida de peso en la población general, dichas estrategias han sido cuestionadas por investigadores. Un metaanálisis que comparó el impacto de varias dietas populares en la pérdida de peso mostró que el principal motivo de la reducción de peso fue la disminución en la ingesta de calorías, independientemente de la estrategia dietética utilizada (Anton et al., 2017).

Además, las dietas populares se justifican en base a adaptaciones genéticas producidas en el último millón de años; sin embargo, las últimas aproximaciones genéticas nos indican que han ocurrido mutaciones relativamente recientes y que determinan que el patrón energético de macronutrientes actualmente recomendado sería fruto de lo acontecido en los últimos 10.000-12.000 años (Chaabani, 2014; Hawks et al., 2007). Esta revisión justifica que los cambios genéticos acontecidos recientemente determinan el patrón dietético actual y las recomendaciones sobre la distribución calórica de macronutrientes que propone la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) (45-60 % de la energía total procedente de carbohidratos, 15% de proteínas y 20-35% de grasas).

Primeros homínidos: mutaciones clave

El incremento de tamaño corporal de los primeros *Homo*, con respecto a los australopitecos, trajo consigo un aumento del tamaño cerebral que, junto a nuevos comportamientos algo más complejos, favorecieron nuevas estrategias de supervivencia en la obtención de alimento (Standford y Bunn, 2001). El metabolismo cerebral de otros primates representa el 7-8% de la tasa metabólica en reposo, mientras que en nuestra especie, *Homo sapiens*, representa el 20-25% en adultos y el 60% en bebés (Armelagos, 2014). El aumento del tamaño cerebral y corporal fue acompañado de la habilidad manual. Se ha propuesto que la capacidad de los primeros homínidos de caminar sobre dos piernas, les permitió tener las manos libres para poder utilizar objetos, lo que pudo contribuir también al desarrollo cerebral (Morris y Aleu, 2004). De igual forma, el gran desarrollo cerebral habría permitido la mejora de la agilidad manual (Morris y Aleu, 2004). Sin embargo, el ritmo de estas adaptaciones evolutivas que van desde el bipedismo, el desarrollo cerebral y aumento de tamaño corporal a los cambios anatómicos y fisiológicos ligados a ellas, parece ser más complejo (Navarrete et al., 2011).

Gen *RNF213*

Los humanos, gorilas y chimpancés descienden de una especie desconocida de hominoideo extinguida. En esta especie ascendiente un gen llamado *RNF213*

comenzó a evolucionar rápidamente produciendo un ensanchamiento de la arteria carótida (Figura 1); esto pudo haber estimulado el flujo de sangre hacia el cerebro, permitiendo un mayor aporte energético y de nutrientes, y favoreciendo así el desarrollo cerebral.

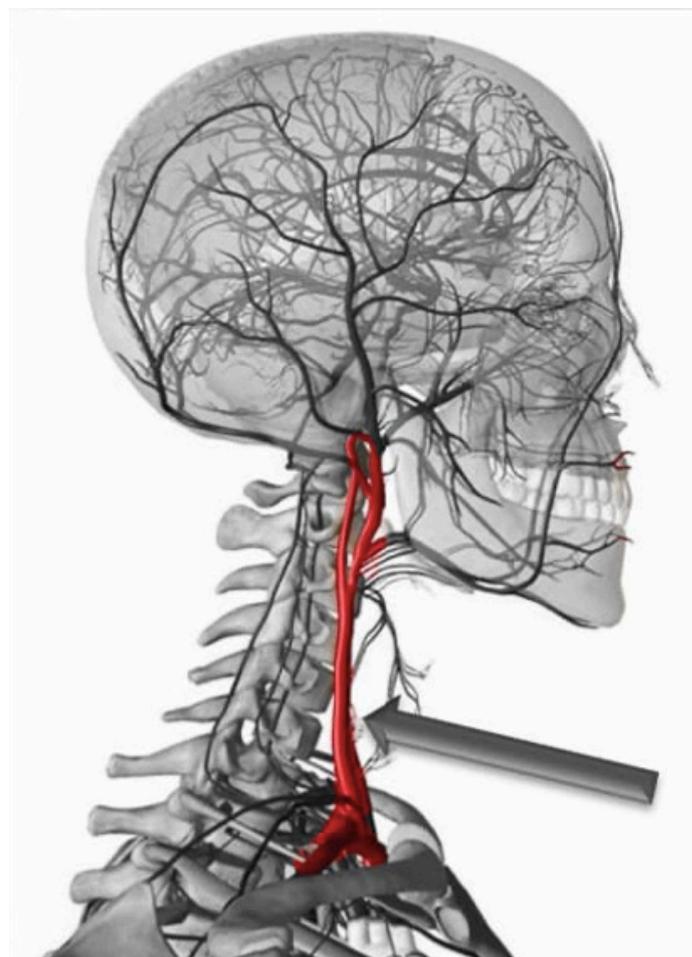


Figura 1. Ensanchamiento de la arteria carótida provocada por la mutación del gen *RNF213*.

En humanos las mutaciones de *RNF213* provocan la enfermedad de Moyamoya, caracterizada por una estenosis progresiva de grandes arterias intracraneales, lo que causa falta de irrigación cerebral llegando a producir deterioro de la capacidad cerebral (Bang et al., 2020). La diversidad de variantes del gen *RNF213* predispone a poblaciones distintas a enfermedades cerebrovasculares diferentes (Lin y Sheng, 2018).

Genes *SLC2A1* y *SLC2A4*

La hipótesis de la compensación energética se basa en que la asignación de energía entre los tejidos corporales cambió durante los orígenes humanos para favorecer la expansión del cerebro. Los genes *SLC2A1* y *SLC2A4* codifican los transportadores de glucosa GLUT-1 y GLUT-4 respectivamente (Fedrigo et al., 2011). Un aumento en la cantidad de proteína *SLC2A1* o *SLC2A4* dará como resultado que el tejido en el que se encuentre capture más glucosa que otros tejidos (Fedrigo et al., 2011). Se han encontrado cambios de expresión de estos transportadores en la corteza cerebral y el músculo esquelético entre humanos y chimpancés (Fedrigo et

al., 2011). En humanos la expresión de SLC2A1 en la corteza cerebral es mayor que en chimpancés (Figura 2), el GLUT-1 no es dependiente de insulina y tiene gran afinidad con las moléculas de glucosa, lo que asegura que el cerebro reciba los niveles de glucosa adecuados para su funcionamiento (Fedrigo et al., 2011). En chimpancés la expresión de SLC2A4 en el músculo esquelético es mayor que en humanos (Figura 2), por lo que la energía en estos primates se destina preferentemente al músculo (Fedrigo et al., 2011). Esto indica que en los primeros homínidos la expresión génica específica de cada tejido cambió con una reasignación de energía (Navarrete et al., 2011) del músculo esquelético al cerebro, desviando la glucosa en esa dirección, y dicha desviación posiblemente estimuló y permitió el crecimiento del cerebro (Fedrigo et al., 2011). “En *Homo sapiens* hemos seleccionado el razonar/pensar al huir/caminar”.

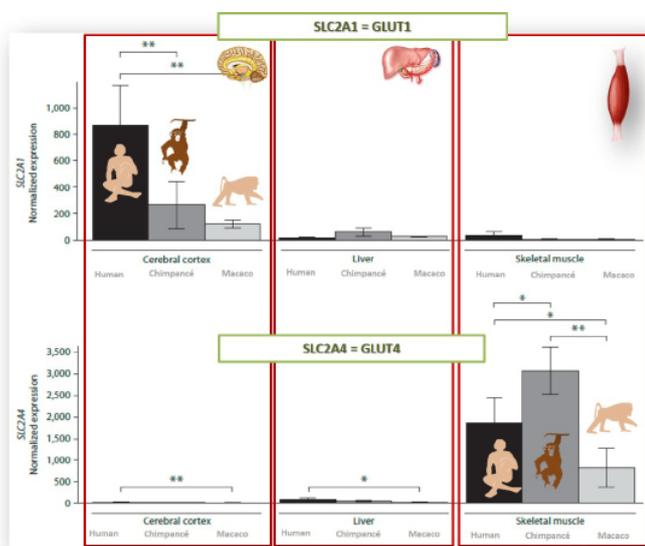


Figura 2. Expresión de SLC2A1 y SLC2A4 en humanos, chimpancés y macacos. Imagen modificada de Fedrigo et al., 2011.

Genes relacionados con la personalidad, memoria y creatividad

Un equipo de investigadores de la Universidad de Granada identificó 267 genes relacionados con la personalidad exclusivos de *Homo sapiens*. Dichos genes forman parte de tres redes relacionadas con la personalidad, el aprendizaje y la memoria. La red más primitiva surgió en monos y simios hace 40 millones de años y está relacionada con la reactividad emocional; la segunda red surgió hace 2 millones de años y regula el autocontrol; y la tercera red surgió hace 100.000 años y regula la autoconciencia creativa (Zwir et al., 2021). Los genes de la red de la reactividad emocional son muy similares en chimpancés, neandertales y sapiens; sin embargo, los genes de las redes de autocontrol y autoconciencia son diferentes en las tres especies, estando los de los neandertales a medio camino entre los chimpancés y los sapiens (Zwir et al., 2021). Nuestra especie tiene más de 200 genes no codificadores de proteínas que regulan la expresión de otros genes codificadores de proteínas. Estos genes permiten a los seres humanos ser creativos y prosociales y vivir vidas más largas, ya que les confieren mayor resistencia a las enfermedades, las lesiones y al envejecimiento (Zwir

et al., 2021). Las regiones en las que se encuentran sobreexpresados dichos genes son las involucradas en la autoconciencia, la creatividad y el bienestar (Zwir et al., 2021). Una mayor creatividad favoreció la cooperación entre individuos, la innovación tecnológica, la flexibilidad y adaptabilidad de los comportamientos, lo que permitió a *Homo sapiens* expandirse con más éxito (Zwir et al., 2021).

Desarrollo cerebral y alimentos

En los primates el tamaño del cerebro se correlaciona de forma positiva con la calidad de la dieta, y los humanos se encuentran en el extremo positivo de esta relación, es decir, tienen un cerebro de mayor tamaño y la dieta de mejor calidad (Armélagos, 2014; Leonard et al., 2007). Debido a adaptaciones a una dieta de alta calidad, los humanos tienen el intestino más pequeño (Aiello y Wheeler, 1995) y, además, son poco musculosos y tienen mayor porcentaje de grasa comparados con otros primates (Kuzawa, 2010), lo que les ayuda a compensar las altas demandas energéticas del cerebro (Armélagos, 2014; Isler y van Schaik, 2009; Leonard et al., 2007). Existe evidencia que indica que el gran incremento cerebral ocurrió con *Homo ergaster/erectus* y se asoció a cambios importantes en la dieta y el tamaño corporal; la dentición fue reduciendo, también, su tamaño, las proporciones de las extremidades eran similares a las humanas y fueron cambiando sus comportamientos de subsistencia ante los nuevos ecosistemas y recursos disponibles (Armélagos, 2014; Leonard et al., 2007). Además, esta especie fue mejorando su fabricación de herramientas de piedra para conseguir nuevos recursos alimenticios gracias al aprovechamiento de carcasas animales y a la recolección de vegetales y otros recursos comestibles (McGrew, 2014). Otro factor que propició el consumo de alimentos de origen animal fue que el clima se volvió más seco hace unos 2.8 millones de años (deMenocal, 1995) lo que hizo que los bosques tropicales, donde abundan los frutos a lo largo de todo el año, redujeran su extensión en favor de las sabanas, donde los alimentos vegetales de alta calidad son mucho más escasos y los de origen animal más abundantes y accesibles (Leonard et al., 2007). Esto hizo que los alimentos de origen animal comenzaran a ser cada vez más atractivos y abundantes en la dieta de los homínidos (Leonard et al., 2007).

El cerebro es un tejido metabólicamente exigente, por tanto, un mayor tamaño cerebral requería más energía, mayor calidad dietética y un aporte de ácidos grasos que permitiera el correcto funcionamiento neuronal (Armélagos, 2014; Farooqui, 2015). La proteína animal es más fácil de digerir que la vegetal, y además presenta una fuente valiosa de aminoácidos, ácidos grasos esenciales, vitaminas liposolubles y minerales (Leonard et al., 2007; Aiello y Wells, 2002). Estos nutrientes permiten satisfacer las exigentes necesidades cerebrales, por lo que el consumo de alimentos de origen animal ayudó a proporcionar mayor cantidad de energía y nutrientes al cerebro, favoreciendo así su rápida evolución (Armélagos, 2014).

Domesticación de alimentos

Los alimentos no siempre han tenido la misma densidad de macronutrientes, micronutrientes y no nutrientes que en la actualidad. Antiguamente los vegetales eran poco digeribles y tenían una cantidad reducida de hidratos de carbono y azúcares; sin embargo, la selección humana ha remodelado los genomas de los cultivos, y estos han adquirido rasgos como la tendencia hacia un ciclo que permite mayor número de cosechas y la generación de frutos de mayor tamaño y con gran variabilidad de formas y colores (Marmaneu, 2018).

La actual mazorca de maíz procede del teosinte, que es una gramínea de origen mexicano. La mazorca es cuatro veces más grande que la espiga del teosinte, que con el tiempo y la selección artificial ha dado lugar a más de 60 variedades de maíz. Otro cultivo domesticado de procedencia americana es el tomate (Marmaneu, 2018). La variedad de colores, sabores y texturas de los tomates actuales proceden de una baya amarillenta de sabor amargo cien veces más pequeña que el tomate actual. La zanahoria, sin embargo, proviene de Oriente Medio y se comenzó a cultivar por sus hojas y no por su raíz, que era de color amarillento con tendencia hacia el morado. Se ha identificado un gen que actúa sobre los carotenoides y está implicado en la acumulación de los pigmentos responsables del actual color naranja (Marmaneu, 2018).

Duan y colaboradores compararon los genomas de 117 diversas accesiones de manzanas silvestres y cultivadas, explicando la especiación, diferenciación y evolución de la manzana (Duan et al., 2017). El estudio mostró una selección constante de frutos más grandes, dulces y firmes en la historia de la domesticación de la manzana. Además, se descubrieron genes de resistencia a enfermedades y genes involucrados en diversos estreses abióticos que contienen polimorfismos de nucleótido único (SNP) no sinónimos altamente divergentes entre manzanas domésticas y silvestres, lo que sugiere adaptaciones a diferentes entornos de crecimiento. El mayor tamaño de las manzanas domésticas probablemente se debe a que la domesticación se inició a partir de *M. seversii* que tiene frutos más grandes que otras manzanas silvestres. Una textura más firme proporciona a los frutos mayor vida útil y mejor resistencia a enfermedades, lo que probablemente ayudó a la selección. El contenido de azúcar y la acidez de la fruta también se han alterado durante la domesticación, obteniendo un equilibrio entre azúcares y ácidos, frutos más dulces y de menor acidez (Duan et al., 2017).

Los alimentos ancestrales no domesticados tenían alta carga de xenobióticos, que probablemente jugarían un papel importante en la modulación del patrón de metilación. Se sabe que los xenobióticos alteran el microbioma intestinal (Lu et al. 2015). Dependiendo del tipo de xenobiótico se producirán unas alteraciones u otras, que favorecerán e inhibirán a especies bacterianas específicas; por ejemplo, el arsénico disminuye significativamente las bacterias del filo Firmicutes y, además, altera el perfil metabólico a nivel funcional del microbioma intestinal (Lu et al. 2015).

Por otra parte, los xenobióticos inducen al microbioma intestinal a expresar genes relacionados con el

metabolismo de los xenobióticos. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son sustancias que se forman durante la quema de desechos y en las carnes a la brasa (Lu et al. 2015). Al ser metabolizados por las bacterias intestinales, los HAP se transforman en metabolitos potencialmente tóxicos y algunos de ellos tienen efectos mutagénicos, por lo que si se altera el metabolismo de los HAP, se pueden potenciar o reducir dichos efectos mutagénicos (Lu et al. 2015). Ocurre de igual forma con los metales pesados y el arsénico. Además, la biotransformación microbiana intestinal puede reducir la toxicidad de ciertas sustancias químicas ambientales, como el deoxinivalenol (DON) que es una micotoxina presente en los cereales (Lu et al. 2015).

Técnicas determinantes en el desarrollo de la alimentación humana

La práctica de la cocina fue una característica esencial de la adaptación humana. Se desconoce el momento de sus orígenes, pero se ha propuesto que pudo haber sido hace unos 2 millones de años (Speth, 2010; Speth, 2015; Wrangham et al., 1999; Wrangham, 2007); sin embargo, la evidencia arqueológica sitúa el control del fuego entre hace un millón de años y 250.000 años (Wrangham, 2017). Las preparaciones culinarias se fueron sofisticando con la incorporación de nuevas técnicas de remojo, molido, prensado, condimentación, salazón, maceración y fermentación de cereales y frutos (Mateos y Rodríguez, 2010).

El fuego

El uso del fuego comenzó a ser cotidiano con los neandertales que, además de utilizarlo para calentarse y cocinar alimentos, podían haberlo usado también para técnicas de conservación como el ahumado (Carbonell y Rosell, 2009), aunque no hay evidencia arqueológica que lo confirme inequívocamente (Mateos y Rodríguez, 2010). La utilización del fuego en las preparaciones culinarias favoreció la digestibilidad y el aporte calórico de los alimentos (Mateos, 2012). La cocción de los tubérculos y otros vegetales servía para ablandarlos, para aumentar la biodisponibilidad de energía y nutrientes y para evitar la toxicidad de algunos alimentos y combatir patógenos (Carmody et al., 2011).

Un estudio realizado en yacimientos neandertales de la Comunidad Valenciana apunta a que los neandertales eran capaces de discernir entre las propiedades de combustión de la madera en distintos estados y seleccionaban madera parcialmente podrida para obtener mayor cantidad de humo durante la combustión, además esta madera era accesible y suponía un recurso valioso que no requería de gran esfuerzo para su obtención (Vidal-Matutano et al., 2017).

El uso del fuego conlleva a la formación de dioxinas que se generan durante la combustión. Existen datos que muestran el efecto potencial de las dioxinas en la inducción de alteraciones epigenéticas y efectos tóxicos a lo largo de múltiples generaciones. Los impactos transgeneracionales de las dioxinas surgen con modificaciones epigenéticas celulares, incluida la alteración de patrones de metilación (Viluksela y Pohjanvirta, 2019). Algunas de las alteraciones

epigenéticas posiblemente aportaron beneficios en el aprovechamiento de nutrientes.

Preservación de alimentos

Homo sapiens comenzó a aplicar técnicas de conservación de alimentos para garantizar su disponibilidad en épocas de escasez. Las técnicas más utilizadas fueron la desecación y deshidratación, la congelación, el ahumado, las mezclas de carne y sangre, las mezclas de grasa (Speth, 1989), y la fermentación (Speth, 2017). Además, como hacen muchos grupos cazadores-recolectores podían haber establecido almacenes en las rutas de migración para asegurar la disponibilidad de alimentos (Mateos y Rodríguez, 2010).

Fermentación

Gracias a la domesticación de especies comestibles se descubrieron nuevos productos como el pan, el vino, la cerveza y el queso. El descubrimiento fue probablemente accidental, al fermentar espontáneamente los excedentes de granos, frutos y leche (Mateos y Rodríguez, 2010). En Israel comenzaron a elaborar cerveza a base de trigo y cebada hace 13.000 años. Existe evidencia arqueológica de la producción de alcohol en China hace entre 7.000 y 8.000 años a partir de diferentes técnicas de fermentación, utilizando gránulos de almidón, fitolitos y hongos (Liu et al., 2019). En la elaboración de la cerveza, la fermentación alcohólica se realizaba utilizando cereales, y los fitolitos variaban según la región (Liu et al., 2019). En algunas regiones de China ocurrieron tres cambios que innovaron la elaboración de bebidas alcohólicas, estos cambios fueron la expansión de la domesticación de mijo y arroz, la aparición de tipos de cerámica más adecuados para la fermentación y el desarrollo de dos métodos de fermentación: uno utilizando maltas y otro utilizando granos mohosos como *starters* (Liu et al., 2019).

Mutaciones o variantes génicas recientes

Se han identificado cambios en el genoma humano asociados a adaptaciones dietéticas, al modo de subsistencia y a variables ambientales. Variantes recientes asociadas a la dieta son, por ejemplo, el aumento en el número de copias del gen de la amilasa, que permite digerir el almidón, y las variantes del gen de la lactasa, que permite a los adultos digerir la leche fresca (Hancock et al., 2010).

Amilasa e incorporación del almidón

La amilasa de la saliva es una enzima que juega un papel clave en la digestión del almidón, encargándose de su hidrólisis. El número de copias del gen de la amilasa (AMY1) es variable y las concentraciones de dicha enzima son proporcionales al número de copias del gen (Novembre et al., 2007). Existe evidencia de que el número de copias del gen de la amilasa es mayor en poblaciones con dietas ricas en almidón. Numerosos estudios con chimpancés muestran que el aumento del número de copias del gen ha ocurrido recientemente en el linaje humano (quizás en los últimos 200.000 años). En poblaciones de Japón, Europa y América con dietas altas en almidón hay signos de que la presión selectiva

comenzó con la domesticación de granos, hace 10.000 años (Novembre et al., 2007). El consumo de almidón es una característica destacada de las sociedades agrícolas y de los cazadores-recolectores en entornos áridos; por el contrario, los cazadores-recolectores de las selvas tropicales y circunárticas y algunos pastores consumían menos almidón. Esta variación aumenta la posibilidad de una presión selectiva del propio consumo de almidón sobre la expresión de la amilasa (Novembre et al., 2007).

Persistencia a la lactasa

Hace 7.500 años los seres humanos desarrollaron mecanismos para la persistencia de la lactasa, y gracias a ellos la mayoría puede digerir la lactosa después de la infancia. El polimorfismo de un solo nucleótido que es responsable de la tolerancia a la lactosa es el rs4988235. Las personas con la secuencia “CC” en dicho gen son genéticamente intolerantes a la lactosa, mientras que las personas con “CT” o “TT” son genéticamente tolerantes (Eaton e Iannotti, 2017).

En Kenia y Malawi la persistencia de la lactasa sigue prevaleciendo; sin embargo, en Perú y China dicha persistencia es baja. La explicación de las diferencias de la persistencia de lactasa intestinal se ha propuesto mediante dos hipótesis complementarias (Eaton e Iannotti, 2017). Por un lado, la ingestión de leche continuada una vez finalizado el proceso de lactancia, estimularía la biosíntesis de lactasa actuando sobre los genes codificadores de la enzima (Eaton e Iannotti, 2017). Por otra parte, si el ambiente favorece la inclusión de leche en la dieta, las personas portadoras de la mutación responsable de la persistencia de lactasa se habrían visto favorecidas por la selección natural, ya que el consumo de leche incrementaría la disponibilidad de calorías y nutrientes como el calcio (Eaton e Iannotti, 2017). Estos individuos tendrían mayores tasas de supervivencia y mayor posibilidad de transmitir esa mutación a sus descendientes. Además, las personas que portan el alelo de persistencia de la lactasa producen hasta un 19% más de descendencia fértil que las que no lo portan. Para algunos investigadores si la selección natural ha actuado de esta forma, el alelo responsable de la persistencia habrá alcanzado altas frecuencias desde el Neolítico en aquellas poblaciones que han practicado la ganadería de manera continuada (Eaton e Iannotti, 2017).

Para explicar las elevadas frecuencias de persistencia de lactasa en el norte de Europa se propuso una hipótesis relacionada con la absorción del calcio, según la cual el raquitismo y la osteomalacia habrían supuesto una importante presión selectiva en las condiciones de baja radiación solar en latitudes extremas (Itan et al., 2009).

Domesticación del trigo, la leche y la miel

El surgimiento de la ganadería durante el desarrollo evolutivo del ser humano hizo posible la disposición de carne y leche en cantidad suficiente para cubrir sus necesidades energéticas y mejorar su crecimiento, desarrollo y sistema inmunitario (Rodríguez et al., 2019). Por otro lado, la aparición de la persistencia a la lactasa proporcionó grandes ventajas genéticas. El consumo de leche ha permitido un avance en la nutrición humana, al ser un alimento que aporta nutrientes de alta calidad

biológica y nutricional. Actualmente los lácteos suponen un vehículo de nutrientes de buena calidad a un precio más asequible que otros productos de origen animal (Rodríguez et al., 2019).

Se sabe que la domesticación del ganado comenzó hace al menos 10.000 años. Paralelamente a la domesticación de animales se desarrolló el cultivo de vegetales, probablemente debido a la existencia de dificultades para obtener la cantidad suficiente de carne y al peligro que conllevaba una dependencia exclusiva de cosechas vegetales (Morris y Aleu, 2004). En Oriente Medio se comenzó domesticando el trigo y la cebada, en China se comenzó con el arroz y la soja, y en Mesoamérica con el maíz y los frijoles (Figura 3) (Marmaneu, 2018). Más tarde, en África, se comenzó a domesticar el sorgo y el café, y en Nueva Guinea la caña de azúcar y el plátano. Las especies de plantas se elegían en base a diferentes cualidades como pueden ser frutos comestibles de sabor agradable o facilidad de crecimiento y almacenamiento (Marmaneu, 2018).

Algunos autores señalan que los primeros *Homo* siguieron una estrategia de subsistencia flexible que les permitía adaptarse a la distribución irregular y estacionalmente variable de los recursos alimentarios, desarrollando formas más eficaces de extraer recursos del medio, adaptándose de manera oportunista a una alimentación más diversa y variada (Figura 4) (Leonard et al., 2007). Por otra parte, la variedad dietética de los homínidos está biológicamente programada, ya que, a mayor variedad de alimentos, mayor posibilidad de obtener una dieta equilibrada que incluya todos los micronutrientes necesarios y mayor posibilidad de limitar la cantidad potencial de toxinas ingeridas (Armélago, 2014).

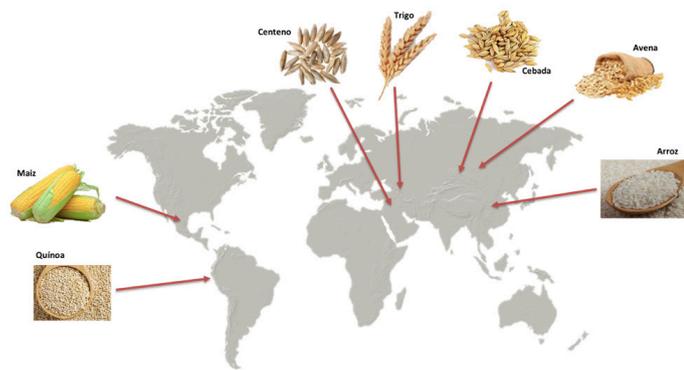


Figura 3. Origen de la recolección de diferentes cereales hace 10.000 años.

También existe evidencia sobre el consumo habitual de la miel (Crittenden, 2011; Marlowe et al., 2014) a lo largo de la evolución humana. Un equipo de investigadores demostró que la cera de abeja se recolectaba en regiones de Anatolia, Europa y del norte de África hace 9.000 años (Roffet-Salque et al., 2015). La presencia de cera implica también la explotación de la miel por parte de las poblaciones agrícolas del Neolítico desde los inicios de la agricultura. Se ha demostrado que la miel fue explotada de manera continua y extensiva desde esa fecha. Además, la búsqueda de miel también puede interpretarse a partir del arte rupestre (Roffet-Salque et al., 2015).

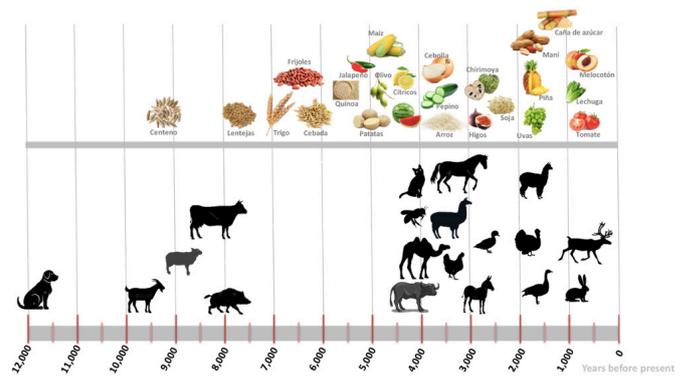


Figura 4. La domesticación de vegetales y animales permitió un aumento de la calidad dietética.

Conclusión

Los importantes cambios evolutivos en la anatomía y fisiología humanas han ido acompañados de cambios dietéticos, dando como resultado un marco adaptativo que afecta a la dieta moderna (Armélago, 2014; Eaton, 2006; Leonard, 2014). A pesar de la estabilidad del genoma humano, las adaptaciones al medio ambiente y a nuevas formas de alimentación han permitido que la especie prospere y se adapte a diferentes condiciones (Eaton, 2017). Los cambios genéticos acontecidos recientemente determinan el patrón dietético actual y explican que las recomendaciones actuales sobre la distribución calórica de macronutrientes sean diferentes a los patrones dietéticos observados en especies antecesoras. Así, quedarían justificadas las recomendaciones de distribución energética de la EFSA, que propone que la mayor parte de la energía proceda de la ingesta de carbohidratos.

Referencias

Aiello, L. C., y Wells, J. C. (2002). Energetics and the evolution of the genus *Homo*. *Annual Review of Anthropology*, 31(1), 323-338. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.31.040402.085403>

Aiello, L. C., y Wheeler, P. (1995). The expensive-tissue hypothesis: the brain and the digestive system in human and primate evolution. *Current Anthropology*, 36(2), 199-221. <https://doi.org/10.1086/204350>

Anton, S. D., Hida, A., Heekin, K., Sowalsky, K., Karabetian, C., Mutchie, H., Leeuwenburgh, C., Manini, T. M., y Barnett, T. E. (2017). Effects of popular diets without specific calorie targets on weight loss outcomes: systematic review of findings from clinical trials. *Nutrients*, 9(8), 822. <https://doi.org/10.3390/nu9080822>

Armélago, G. J. (2014). Brain evolution, the determinates of food choice, and the omnivore's dilemma. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(10), 1330-1341. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.635817>

Bang, O. Y., Chung, J. W., Kim, D. H., Won, H. H., Yeon, J. Y., Ki, C. S., Shin, H. J., Kim, J.-S., Hong, S. C., Kim, D.-K., y Koizumi, A. (2020). Moyamoya disease and spectrums of RNF213 vasculopathy. *Translational Stroke Research*, 11(4), 580-589. <https://doi.org/10.1007/s12975-019-00743-6>

Carbonell, E., y Rosell, J. 2009. Neanderthales y resocialización. Complejidad en las ocupaciones humanas del Abric Romaní (Capellades, Barcelona). *Zephyrus*, 54, 143-152. <https://www.researchgate.net/publication/42621695>

- Carmody, R. N., Weintraub, G. S., y Wrangham, R. W. (2011). Energetic consequences of thermal and nonthermal food processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(48), 19199-19203. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112128108>
- Chaabani, H. (2014). Recent out of Yemen: new version of the theory of unique and recent origin of modern man. *International Journal of Modern Anthropology*, 1(7), 13-42. <http://dx.doi.org/10.4314/ijma.v1i7.1>
- Crittenden, A. N. (2011). The importance of honey consumption in human evolution. *Food and Foodways*, 19(4), 257-273. <https://doi.org/10.1080/07409710.2011.630618>
- Demenocal, P. B. (1995). Plio-pleistocene African climate. *Science*, 270(5233), 53-59. <https://doi.org/10.1126/science.270.5233.53>
- Duan, N., Bai, Y., Sun, H., Wang, N., Ma, Y., Li, M., Wang, X., Jiao, C., Legall, N., Mao, L., Wan, S., Wang, K., He, T., Feng, S., Zhang, Z., Mao, Z., Shen, X., Chen, X., Jiang, Y., ... Chen, X. (2017). Genome re-sequencing reveals the history of apple and supports a two-stage model for fruit enlargement. *Nature Communications*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00336-7>
- Eaton, J. C., y Iannotti, L. L. (2017). Genome–nutrition divergence: evolving understanding of the malnutrition spectrum. *Nutrition Reviews*, 75(11), 934-950. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux055>
- Eaton, S. B. (2006). The ancestral human diet: what was it and should it be a paradigm for contemporary nutrition? *Proceedings of the Nutrition Society*, 65(1), 1-6. <https://doi.org/10.1079/PNS2005471>
- Eaton, S. B., y Eaton III, S. B. (2000). Paleolithic vs. modern diets—selected pathophysiological implications. *European Journal of Nutrition*, 39(2), 67-70. <https://doi.org/10.1007/s003940070032>
- Farooqui, A. A. (2015). *High calorie diet and the human brain*. Springer.
- Fedrigo, O., Pfeifferle, A. D., Babbitt, C. C., Haygood, R., Wall, C. E., y Wray, G. A. (2011). A potential role for glucose transporters in the evolution of human brain size. *Brain, Behavior and Evolution*, 78(4), 315-326. <https://doi.org/10.1159/000329852>
- Hancock, A. M., Witonsky, D. B., Ehler, E., Alkorta-Aranburu, G., Beall, C., Gebremedhin, A., Sukernik, R., Utermann, G., Pritchard, J., Coop, G., y Di Rienzo, A. (2010). Human adaptations to diet, subsistence, and ecoregion are due to subtle shifts in allele frequency. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(2), 8924-8930. <https://doi.org/10.1073/pnas.0914625107>
- Hawks, J., Wang, E. T., Cochran, G. M., Harpending, H. C., y Moyzis, R. K. (2007). Recent acceleration of human adaptive evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), 20753-20758. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707650104>
- Isler, K., y van Schaik, C. P. (2009). The expensive brain: a framework for explaining evolutionary changes in brain size. *Journal of Human Evolution*, 57(4), 392-400. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.04.009>
- Itan, Y., Powell, A., Beaumont, M. A., Burger, J., y Thomas, M. G. (2009). The origins of lactase persistence in Europe. *PLOS Computational Biology*, 5(8), e1000491. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000491>
- Kuzawa, C. W. (2010). 30 Beyond feast–famine: Brain evolution, human life history, and the metabolic syndrome. En M. P. Muehlenbein (Ed.), *Human evolutionary biology* (pp. 518-527). Cambridge University Press.
- Leonard, W. R. (2014). The global diversity of eating patterns: Human nutritional health in comparative perspective. *Physiology & Behavior*, 134, 5-14. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.02.050>
- Leonard, W. R., Snodgrass, J. J., y Robertson, M. L. (2007). Effects of brain evolution on human nutrition and metabolism. *Annual Review of Nutrition*, 27, 311-327. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.27.061406.093659>
- Lin, J., y Sheng, W. (2018). RNF213 variant diversity predisposes distinct populations to dissimilar cerebrovascular diseases. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6359174>
- Liu, L., Wang, J., Levin, M. J., Sinnott-Armstrong, N., Zhao, H., Zhao, Y., Shao, J., Di, N., y Zhang, T. E. (2019). The origins of specialized pottery and diverse alcohol fermentation techniques in Early Neolithic China. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(26), 12767-12774. <https://doi.org/10.1073/pnas.1902668116>
- Lu, K., Mahbub, R., y Fox, J. G. (2015). Xenobiotics: interaction with the intestinal microflora. *ILAR Journal*, 56(2), 218-227. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilv018>
- Manousou, S., Stål, M., Larsson, C., Mellberg, C., Lindahl, B., Eggertsen, R., Hulthén, L., Olsson, T., Ryberg, M., Sandberg, S., y Nyström, H. F. (2018). A Paleolithic-type diet results in iodine deficiency: a 2-year randomized trial in postmenopausal obese women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72(1), 124-129. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2017.134>
- Marlowe, F. W., Berbesque, J. C., Wood, B., Crittenden, A., Porter, C., y Mabulla, A. (2014). Honey, Hadza, hunter-gatherers, and human evolution. *Journal of Human Evolution*, 71, 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.03.006>
- Marmaneu, J. M. (2018). La domesticación vegetal. Un largo camino de convivencia. *Principia*, 22/01/2018. <https://principia.io/2018/01/22/la-domesticacion-vegetal-un-largo-camino-de-convivencia.IjY5NSI/>
- Mateos, A. (2012). Los orígenes de la alimentación humana: una perspectiva evolutiva, 17. http://www.colvetvalladolid.es/imagenes/formaciones/6a_AnaMateos_Documentacion_Jornadas.pdf
- Mateos, A., y Rodríguez, J. (2010). *La dieta que nos hizo humanos*. Cátedra Tomás Pascual Sanz-CENIEH y Museo de la Evolución Humana.
- McGrew, W. C. (2014). The ‘other faunivory’ revisited: insectivory in human and non-human primates and the evolution of human diet. *Journal of Human Evolution*, 71, 4-11. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2013.07.016>
- Morris, D., y Aleu, J. F. (2004). *El mono desnudo*. Random House Mondadori.
- Navarrete, A., van Schaik, C. P., e Isler, K. (2011). Energetics and the evolution of human brain size. *Nature*, 480(7375), 91-93. <https://doi.org/10.1038/nature10629>
- Novembre, J., Pritchard, J. K., y Coop, G. (2007). Adaptive drool in the gene pool. *Nature Genetics*, 39(10), 1188-1190. <https://doi.org/10.1038/ng1007-1188>
- Rodríguez Huertas, J., Rodríguez Lara, A., González Acevedo, O., y Mesa, M. D. (2019). Leche y productos lácteos como vehículos de calcio y vitamina D: papel de las leches enriquecidas. *Nutrición Hospitalaria*, 36(4), 962-973. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02570>
- Roffet-Salque, M., Regert, M., Evershed, R. P., Outram, A. K., Cramp, L. J., Decavallas, O., Dunne, J., Gerbault, P., Mileto, S., Mirabaud, S., Paakkonen, M., Smyth, J., Soberl,

- L., y Whelton, H. L. (2015). Widespread exploitation of the honeybee by early Neolithic farmers. *Nature*, 527(7577), 226-230. <https://doi.org/10.1038/nature15757>
- Speth, J. (2010). Boiling vs. roasting in the Paleolithic: broadening the “broadening food spectrum”. *Journal of the Israel Prehistoric Society*, 40, 63-83.
- Speth, J. D. (1989). Early hominid hunting and scavenging: the role of meat as an energy source. *Journal of Human Evolution*, 18(4), 329-343. [https://doi.org/10.1016/0047-2484\(89\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0047-2484(89)90035-3)
- Speth, J. D. (2015). When did humans learn to boil. *PaleoAnthropology*, 2015, 54-67. <https://paleoanthro.org/media/journal/content/PA20150054.pdf>
- Speth, J. D. (2017). Putrid meat and fish in the Eurasian middle and upper Paleolithic: are we missing a key part of Neanderthal and modern human diet. *PaleoAnthropology*, 2017, 44-72. <https://paleoanthro.org/media/journal/content/PA20170044.pdf>
- Stanford, C. B., y Bunn, H. T. (Eds.). (2001). *Meat-eating and human evolution*. Oxford University Press.
- Vidal-Matutano, P., Henry, A., y Théry-Parisot, I. (2017). Dead wood gathering among Neanderthal groups: charcoal evidence from Abric del Pastor and El Salt (Eastern Iberia). *Journal of Archaeological Science*, 80, 109-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2017.03.001>
- Viluksela, M., & Pohjanvirta, R. (2019). Multigenerational and transgenerational effects of dioxins. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(12), 2947. <https://doi.org/10.3390/ijms20122947>
- Wrangham, R. (2007). The cooking enigma. En P. S. Ungar (Ed.) *Evolution of the human diet. The Known, the Unknown, and the Unknowable* (pp. 308-323). Oxford University Press.
- Wrangham, R. (2013). The evolution of human nutrition. *Current Biology*, 23(9), R354-R355. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.03.061>
- Wrangham, R. (2017). Control of fire in the Paleolithic: evaluating the cooking hypothesis. *Current Anthropology*, 58(S16), S303-S313. <https://doi.org/10.1086/692113>
- Wrangham, R. W., Holland Jones, J., Laden, G., Pilbeam, D., y Conklin-Brittain, N. (1999). The raw and the stolen: cooking and the ecology of human origins. *Current Anthropology*, 40(5), 567-594. <https://doi.org/10.1086/300083>
- Zwir, I., Del-Val, C., Hintsanen, M., Cloninger, K. M., Romero-Zaliz, R., Mesa, A., Arnedo, J., Salas, R., Pblete, G. F., Raitoharju, E., Raitakari, O., Keltikangas-Jarvinen, L., de Erausquin, G. A., Tattersall, I., Lehtimäki, T., y Cloninger, C. R. (2021). Evolution of genetic networks for human creativity. *Molecular Psychiatry*, 1-23. <https://doi.org/10.1038/s41380-021-01097-y>