

Tendencias en las elecciones de agroalimentos para la salud desde la década de 1960: el caso de los ácidos grasos*

Trends in Agri-food Choices for Health since the 1960s: The Case of Fatty Acids

CITACIÓN: Duru, M. Tendencias en las elecciones de agroalimentos para la salud desde la década de 1960: el caso de los ácidos grasos (Traductor Arenas, C.). *Palmas*, 41(2), 79-97.

PALABRAS CLAVE: aceite, ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos saturados, alimentación, carne, dieta, productos lácteos.

KEYWORDS: Dairy products, diet, feed, meat, oil, polyunsaturated fatty acids, saturated fatty acids

* Traducido del original Trends in Agri-food Choices for Health since the 1960s: the Case of Fatty Acids, publicado en OCL 26, 44. <https://doi.org/10.1051/ocl/2019038>

© M. Duru, publicado por EDP Sciences, 2019

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que el trabajo original sea debidamente citado.

DURU MICHEL
UMR, AGIR, INRA, Université
de Toulouse
michel.duru@inra.fr

Resumen

La composición de ácidos grasos (AG) en la dieta afecta nuestra salud: el exceso de ácidos grasos saturados (AGS) y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-6 son un factor de riesgo para varias enfermedades crónicas, mientras que los AGPI n-3 tienen una función protectora. Estos AG deben considerarse en conjunto, pues una relación excesivamente alta entre n-6 y n-3 está vinculada con un fuerte efecto proinflamatorio. Hemos reconstruido la composición

de AG en la dieta de los franceses, desde la década de 1960 hasta hoy, para identificar los principales motivos de las reducciones o aumentos en el contenido de ácidos grasos debido a la agricultura, el procesamiento de alimentos o las elecciones alimentarias. Entre las décadas de 1960 y de 1990, los niveles de AGS y AGPI n-6 en la dieta aumentaron y es probable que los de AGPI n-3 disminuyeran. En consecuencia, los comportamientos alimentarios no siguieron las recomendaciones dietarias. En el caso de los AGS, esto se debió a un fuerte aumento en el consumo de queso y, en menor medida, de aceite de palma. En el caso de los AGPI n-6, se debió a un fuerte aumento en el consumo de aceite, especialmente del linoleico de girasol. En cuanto al AGPI n-3, se debió principalmente a la sustitución de pasto por harina de maíz y soya para alimentar a los rumiantes. Esta tendencia se invirtió a partir de la década del 2000: el nivel de AGS se redujo debido a un menor consumo de aceite de palma y al mejoramiento genético de cerdos y aves de corral; el nivel de AGPI n-6 se redujo debido a un mayor consumo de aceite de girasol oleico en vez de linoleico y el nivel de AGPI n-3 aumentó debido a un mayor consumo de aceite de canola. Estos cambios son consistentes con la composición de AG observada en la leche materna. No obstante, a pesar de estas mejoras, la composición dietaria de ácidos grasos promedio sigue estando muy apartada de las recomendaciones, especialmente para AGPI n-3. Mostramos el potencial para mejorar suplementando la alimentación animal con linaza y aumentando el consumo de aceite de canola y de girasol oleico a expensas de otros aceites.

Abstract

The FA composition of our diet affects human health: SFAs and n-6 PUFAs in excess are a risk factor for a number of chronic diseases, while n-3 PUFAs have a protective role. These FAs should be considered together, since an excessively high n-6: n-3 ratio is linked to a strong pro-inflammatory effect. We reconstructed the FA composition of the French diet from the 1960s to the present to identify the main reasons for decreases or increases due to agriculture, food processing or food choices. From the 1960s to the late 1990s, the diet increased in SFA and n-6 PUFA levels and likely decreased in n-3 PUFA level.

Consequently, food behaviors did not follow dietary recommendations. For SFAs, this was due to the sharp increase in cheese and, to a smaller extent, palm oil consumption. For n-6 PUFAs, it was due to the sharp increase in oil consumption, especially linoleic sunflower oil. For n-3 PUFAs, this was due mainly to replacement of grass by maize and soybean meal to ruminants. This trend has reversed since the 2000s: the SFA level decreased due to decreased consumption of palm oil and genetic improvements in pigs and poultry, n-6 PUFA level decreased due to increased consumption of oleic instead of linoleic sunflower oil, and n-3 PUFA level increased due to increased consumption of rapeseed oil. These changes are consistent with the FA composition observed in breast milk. Despite these improvements, however, the average dietary composition remains far from the recommendations, especially for n-3 PUFAs. We show the potential for improvement by supplementing animal feed with flaxseed and increasing consumption of oleic sunflower and rapeseed oils, at the expense of that of other oils.

□

Introducción

El impacto de los ácidos grasos saturados (AGS) en la agricultura y el procesamiento de alimentos sobre la salud humana ha sido reiteradamente publicado durante mucho tiempo. Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), cuyos aportes y balances son altamente influen-

ciados por las prácticas de alimentación de los animales de finca, las fincas utilizadas en la industria alimentaria y los aceites usados por los consumidores, han recibido mucha menos atención. Varios autores se enfocan en asuntos de salud pública relacionados con los grandes cambios en el perfil de ácidos grasos (AG) en la dieta occidental, que han resultado de cambios progresivos

en las prácticas agrícolas, los procesos industriales y las tendencias de consumo desde mediados del siglo XX.

Las recomendaciones sobre el consumo de grasas han cambiado en las últimas décadas (Legrand, 2013). Existe un creciente consenso internacional para los límites superiores al consumo de AGS, la ingesta mínima alcanzable de AGPI n-3 y el balance entre la ingesta de AGPI n-6 y n-3 (proporción <5), especialmente cuando existe una deficiencia de AGPI n-3 (Anses, 2011). La ingesta de estos AG entre la década de 1960 y del 2000 se estimó con base en las principales fuentes de AG consumidas (aceites y productos animales), que contienen más AGPI n-6 y menos AGPI n-3 que lo recomendado (Ailhaud *et al.*, 2006). La discrepancia entre la ingesta y las recomendaciones aumentó durante este periodo (Simopoulos, 2007; Molendi-Coste *et al.*, 2011), lo que resultó en la implementación de políticas públicas. Lanzado en 2001, el Programa Nacional de Salud y Nutrición de Francia (PNNS, por sus siglas en francés) es un plan de salud pública establecido para mejorar la salud de la población francesa, enfocándose en la nutrición, y es reconocido como uno de los principales determinantes de la salud humana. El PNNS 2001-2005 sugirió limitar el aporte promedio de AG totales a menos del 35 % de la ingesta calórica diaria, con una reducción del 25 % en la ingesta de AGS. En 2011, la Agencia Francesa de Alimentos, Medio Ambiente y Salud y Seguridad Ocupacional (ANSES, por sus siglas en francés) actualizó las ingestas dietéticas de AG, especialmente de AGS.

ANSES modificó las recomendaciones significativamente en 2017. Para AG, se enfocaron particularmente en los beneficios de consumir aceites vegetales ricos en ácido alfa-linolénico (ALA), un AGPI n-3, como los aceites de canola y nuez. Las recomendaciones también hicieron énfasis en la necesidad de reducir en gran medida el consumo de carnes frías (por ejemplo, jamón, salami, salchichas, paté), a no más de 25 g/día, y no consumir más de 500 g de carne (por ejemplo, res, cerdo, cordero, pero no aves de corral) por semana. Esto reafirmó los beneficios del consumo de pescado, incluyendo los grasos como sardinas y verdel dos veces por semana.¹ Estas recomendaciones son consistentes con los estudios epidemiológicos que muestran los bene-

ficios de una dieta mediterránea, caracterizada por una ingesta relativamente alta de grasas (40-50 % del total de calorías diarias), de las cuales los AGS conforman ≤ 8 % y los AG monoinsaturados, principalmente de aceite de oliva, conforman del 15 % al 25 % de las calorías. La dieta se caracteriza por una alta ingesta de AGPI n-3 de fuentes vegetales y pescado, y una baja relación de AGPI n-6:n3 de 2:1-1:1 (Casas, 2014).

Analizar los impactos sobre la salud es una tarea completa que ha evolucionado en las últimas décadas. Los principales efectos estudiados de los AG sobre esta han sido las enfermedades cardiovasculares, primero debido a los AGS, pero más recientemente debido a los AGPI y a los AG monoinsaturados. Estos AG, entre otros, regulan la energía y el metabolismo del colesterol (Hammad *et al.*, 2015; Silva Figueiredo *et al.*, 2017). Actualmente, está bien establecido que una relación n-6:n-3 excesivamente alta está relacionada con un fuerte efecto proinflamatorio, lo que lleva a enfermedades inflamatorias de bajo grado (Sanders, 2014). Los estudios más recientes examinaron los cambios en la diversidad y función de la microbiota intestinal para considerar los efectos complejos de los AG en los procesos oxidativos e inflamatorios, que fueron inducidos por estos cambios (Rocha *et al.*, 2016). La composición de grasas en la dieta influye en gran medida en las funciones de la microbiota intestinal y de la barrera intestinal. El exceso de AGS, especialmente de ácido palmítico y AGPI n-6, aumenta el riesgo de disbiosis e inflamación. Por el contrario, los AGPI n-3 previenen la disbiosis por n-6 y reducen el riesgo de inflamación (Alcock y Lin, 2015). Adicionalmente, la relación de AGPI n-6:n-3 determina la cantidad de ácido araquidónico disponible en el tejido adiposo, el cual estimula la diferenciación celular (Pisani *et al.*, 2015), que conduce a la obesidad (Simopoulos, 2016). Las dietas ricas en AGS pueden promover el crecimiento de potenciales patógenos (bacterias gramnegativas y lipopolisacáridos derivados) que tienen efectos inflamatorios, pues generan compuestos citotóxicos (Sanz *et al.*, 2015). Hoy en día es evidente que los AG, ya sea directamente o a través de sus metabolitos, actúan a través de varias vías de transducción de señales para afectar varios procesos metabólicos inflamatorios y otros procesos biológicos que tienen efectos sobre el riesgo y la progresión de varias afecciones crónicas, incluyendo

1 <https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/35744/683783>.

enfermedades cardiovasculares, obesidad, cáncer y artritis. Un mecanismo importante de detección de AG es la estimulación o inhibición de transcripción de ADN (Georgiadi y Kersten, 2012). Una dieta mediterránea tiende a reducir estos riesgos mediante su influencia en la diversidad de la microbiota intestinal (Del Chierico *et al.*, 2014).

Dado que algunas veces los AG interactúan con efectos opuestos (AGS versus AGPI n-3), con efectos de umbral para AGPI n-6 por medio de su influencia sobre la microbiota intestinal (Xiang *et al.*, 2019), la inflamación metabólica y el metabolismo hepático (Pereira de Castro *et al.*, 2017), es necesario considerarlas en conjunto para determinar su composición en la dieta. Esta composición puede variar debido a cambios en las cantidades de fuentes de AG (por ejemplo, productos de origen animal, aceites) o a cambios en la composición de AG de estas fuentes como resultado de prácticas agrícolas, especialmente para productos de origen animal. Los impactos de los productos de origen animal en la salud dependen de su composición de AG (Barendse, 2014).

Nuestro objetivo era evaluar la variabilidad en el consumo de AG a largo plazo para reconocer qué cambios importantes en la agricultura, los sistemas agroalimentarios y el procesamiento de alimentos, explicaron las dinámicas observadas. La originalidad de nuestro estudio está dada en la identificación de prácticas agrícolas, de procesamiento y de consumo que generaron cambios en las tendencias de ingesta de AG. Elegimos áreas de progreso en cada uno de estos tres campos según su impacto previsto y luego las examinamos. Por último, examinamos si los cambios en el consumo de AG coincidían con la transición nutricional.

Materiales y métodos

Para estimar los cambios en la composición de AG de la dieta en Francia, se compiló y comparó una variedad de fuentes de datos disponibles. Para la composición dietaria, los estimados más recientes se obtuvieron de la encuesta nacional individual francesa sobre el consumo de alimentos INCA, realizada en 1997 (INCA 1), 2006-7 (INCA 2) y 2017 (INCA 3). Se utilizó la base de datos CIQUAL (Ciquál, 2013) para obtener la composición de AG de los productos en la dieta. El consumo de AG solo se estimó desde INCA 2.

Las estimaciones durante un periodo más largo (por ejemplo, desde 1960) se basaron en las cantidades de productos crudos suministrados y su contenido de AG. Para caracterizar las tendencias en su consumo, se compararon varios estudios basados en productos crudos suministrados, pero que tenían un contenido de AG diferente en los alimentos. Para la composición de AG de los alimentos en países europeos, la FAO utilizó una base de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), dado que la composición de AG de productos de origen animal permaneció constante durante el periodo de estudio (Schmidhuber, 2007). En contraste, Ailhaud *et al.* (2006) compilaron resultados de varias fuentes que consideraron, o no, cambios en la composición de AG de productos de origen animal (especialmente rumiantes) (en adelante, “Ailhaud, corregido”). En ambos casos, esto representó el consumo “aparente”, dado que no siempre se incluyeron las porciones no consumibles o desechadas de los productos. Un tercer método se enfocó en la composición de AG de la leche materna, utilizando algunas correcciones para conectar la dieta con los contenidos de AGPI n-3 y n-6 de la leche (Guesnet *et al.*, 2009); no obstante, estos datos solo estuvieron disponibles por algunos años.

Para identificar grandes cambios que afectaron la composición de la dieta francesa, primero comparamos las principales fuentes de AG de acuerdo con su contenido de AGS y AGPI. Los cambios en la agricultura afectan la composición de los productos de origen animal, mientras que los cambios en el procesamiento de alimentos o la elección de alimentos afectan la cantidad y la naturaleza de los aceites utilizados, ya sea que se consuman directamente o se incluyan en alimentos procesados. Para la dimensión prospectiva de nuestro estudio (sección: Cambios en la composición de ácidos grasos de la dieta de los franceses), una opción fue mejorar la composición de AGPI de productos de origen animal a través de raciones animales. Por ejemplo, la marca Bleu-Blanc-Coeur® (BBC) garantiza un contenido mínimo de AGPI n-3 en productos para animales, estableciendo especificaciones para las prácticas de alimentación.² Las prácticas están basadas en el pienso (p. ej. pasto, alfalfa, linaza) con un alto contenido de

2 Estas prácticas tienen otras ventajas, como una mejor salud de los animales y menores emisiones de gases de efecto invernadero.

ALA. Tales cambios en las prácticas de alimentación han resultado en la comercialización de productos de origen animal con una mejor composición de AG que los obtenidos de la producción convencional, y cumplen con las recomendaciones nutricionales como mayores AGPI n-3, una disminución en la relación AGPI n-6:n-3 y AGS reducidos (véase, p. ej. Kouba y Mourot, 2011). Esta composición de AG varía, en gran medida, dependiendo del corte de la carne o del tipo de carne fría considerada; por lo tanto, elegimos la base de datos de la asociación BBC (Schmitt *et al.*, 2018) para obtener un análisis de los mismos cortes de carne o productos lácteos de raciones convencionales de pienso o raciones BBC. Se eligió la base de datos de BBC en vez de la base de datos CIQUAL porque esta última no contiene productos de origen animal derivados de animales alimentados con pienso complementado con linaza.

Posteriormente, recolectamos datos sobre los estimados del consumo diario de AG para analizar las principales tendencias de los últimos 50 años: Schmidhuber (2017) y Ailhaud *et al.* (2006), desde la década de 1960 hasta la década del 2000, INCA 2 (2006) e INCA 3 (2012). Por último, para determinar los factores más importantes, interpretamos los cambios en el consumo aparente de AG de: (i) cambios en la agricultura, especialmente la producción de rumiantes (cantidades de concentrados de pienso utilizados, tipos de forraje y materias primas y cambios estimados en el consumo de leche, productos lácteos y carne), y (ii) el procesamiento y elecciones de alimentos (cantidades de productos de origen animal y aceites consumidos). Con base en estos hallazgos, identificamos las vías más prometedoras en la agricultura y en las elecciones de consumo para cumplir con las recomendaciones dietarias promedio y luego estimamos sus efectos.

Resultados y discusión

Composición de ácidos grasos de materias primas agrícolas

Para los productos de origen animal, el contenido de AGS son mayores en la mantequilla y el queso, seguido de las carnes frías. Las carnes tienen un menor contenido de AGS (Figura 1a). Los contenidos de AGPI n-6 son mayores para las carnes frías y menores para

la carne de res y el queso (Figura 1b). La carne de res tiene menos valores extremos de contenido de AG, a diferencia de cortes de cerdo y aves de corral, dado que los muslos de pollo, por ejemplo, contienen más AGS que la carne blanca (Figuras 1a y 1b). El contenido medio de AGPI n-3 es más alto en el queso y la mantequilla (Figura 1b). Para cortes de cerdo y aves de corral, los contenidos de AGPI n-6 y n-3 tienen una correlación positiva (relación AGPI n-6:n-3 = 11-14 en carne de cerdo, 8-10 en pollo y conejo, y 3-4 en carne de res). La relación AGPI n-6:n-3 es más alta (aprox. 10) en carnes frías, carne de cerdo y aves de corral, mientras que es <5 en productos derivados del ganado; por lo tanto, estos últimos están “equilibrados” según las recomendaciones (es decir, una relación <5) (Figura 1b). Dadas las relaciones entre los AG, las salchichas, el queso y la mantequilla deberían ser un foco importante para generar cambios en el consumo.

Entre los AGPI n-3 y n-6, los aceites contienen únicamente ALA y ácido linoleico (AL), respectivamente. Entre los aceites, el de palma contiene muchos más AGS (50 %) que todos los otros aceites (<15 %). Al analizar los contenidos de AL y ALA (Figura 1c), los aceites de maní, girasol oleico y oliva tienen composiciones similares: poco AL y casi no tienen ALA. Los aceites linoleicos de girasol y maíz contienen más del 50 % de AL y el aceite de canola tiene 9 % de ALA; el aceite de soya es rico en AL (58 %) y ALA (7 %). Estas distinciones sugieren la necesidad de diferenciar en detalle los tipos de aceites consumidos.

Cambios en la composición de ácidos grasos de la dieta de los franceses

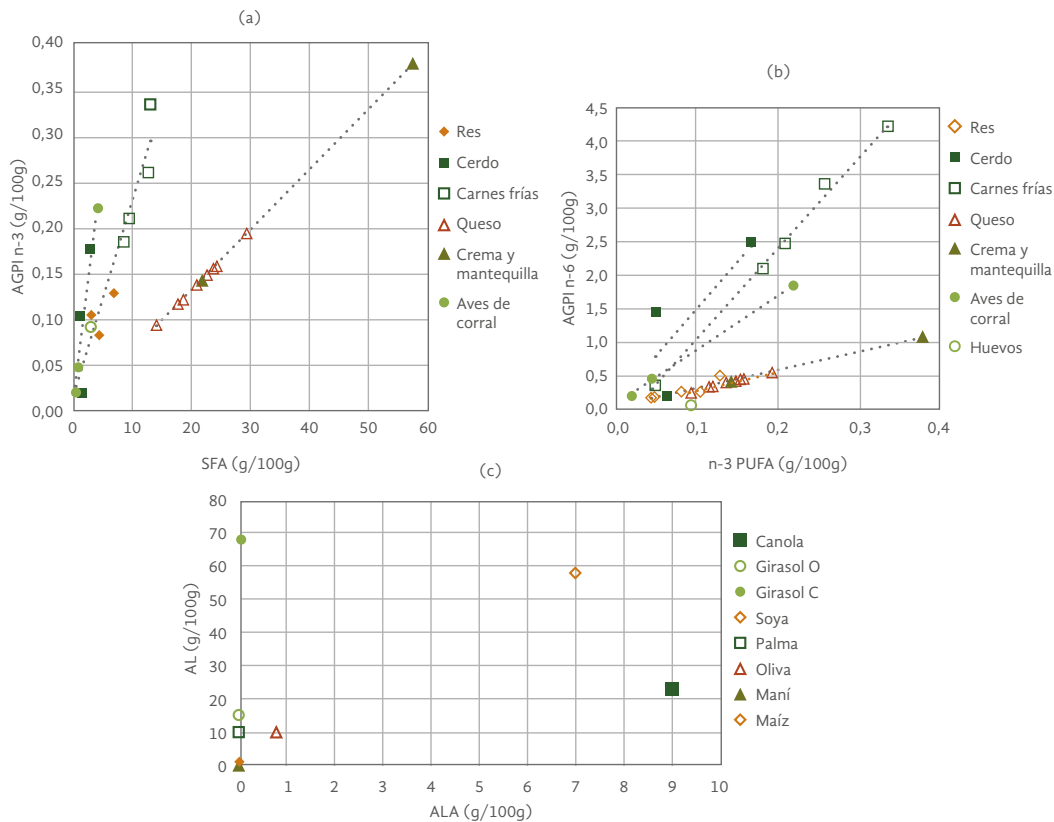
Ácidos grasos saturados

Entre 1961 y 2002, los datos compilados por Schmidhuber (2007) y por Ailhaud *et al.* (2006) muestran un aumento consistente en los niveles de AGS en la dieta. Ambos estudios del INCA mostraron niveles mucho más bajos, y se observó que hubo una reducción en estas fechas (2006 y 2012) (Figura 2a).

Ácidos grasos poliinsaturados

Entre 1960 y 2002 el nivel de AGPI n-6 aumentó mucho más rápido que el de AGPI n-3 (Figura 2b); en

Figura 1. a: relación entre AGPI n-3 y AGS para un rango de alimentos y productos de origen animal (los puntos con el mismo símbolo representan una variedad de productos o un grupo alimentario determinado). Los productos con símbolos diferentes se relacionan a continuación (Schmitt *et al.*, 2018). Carne de res: carne de res molida 15 % de grasa, rosbif (parte superior), paleta de res; filete de res asado (espaldilla); cerdo: filete de costilla, chuleta de cerdo, costillas de cerdo, lomo de cerdo (*Longissimus dorsi*); aves de corral: pierna de pollo, pechuga de pollo y conejo; carnes frías: lardones, jamón cocido, paté, salchicha seca, salchicha (promedio); queso: camembert 20 % grasa, queso emmental, gruyere rayado, queso de cabra, queso oveja roquefort, queso tomme, queso no curado para untar 42 % de grasa, queso comté. **b:** relación entre AGPI n-6 y n-3 para una variedad de alimentos y productos de origen animal (ver convención en Figura 1a). **c:** relación entre AL y ALA para una variedad de aceites vegetales. Girasol O para oleico; girasol C para linoleico; AL y ALA son, respectivamente, 15,5 y 56 g/100 g para el aceite de linaza.



consecuencia, la relación AGPI n-6:n3 aumentó considerablemente (Figura 2c). Durante este periodo, los cambios en la ingesta de AGPI n-3 aumentaron o disminuyeron dependiendo del método utilizado (Figura 2d). Los estimados basados en las estadísticas de la FAO muestran un aumento, mientras que los de “Alihaud, corregido” indican una reducción. Desde el año 2000, la ingesta de AGPI n-6 ha disminuido y la de AGPI n-3 ha aumentado para las estimaciones de los estudios de INCA, la composición de la leche materna y Duru y Magrini (2017), resultando en una

menor relación AGPI n-6:n-3. A mediados de la década del 2000 se observó una brecha sustancial para el nivel de AGPI n-6 (Figura 2b, eje y), probablemente debido a diferencias en los métodos. El método indirecto, que no incluye las pérdidas y desperdicios, indicó mayores valores para este. Para la tendencia en el nivel de AGPI n-3 las diferencias observadas entre los métodos fueron consistentes con las de Blasbalg *et al.* (2011), quienes mostraron la influencia que tienen los cambios en las dietas de animales en Estados Unidos sobre el nivel de AGPI n-3 en la dieta humana.

Aunque provienen de diferentes fuentes y métodos, estos resultados muestran un aumento en los niveles de AGS y AGPI n-6, y un crecimiento en la relación AGPI n-6:n-3 desde la década de 1960 hasta finales de la década de 1990, seguido de una mejor tendencia para la salud, de los tres AG. No obstante, parece que los valores observados en 2014 no volvieron a los observados en 1960. Según el último estudio de INCA (2017), las discrepancias de las recomendaciones siguen siendo obvias para los AG, la relación AGPI n-6:n-3 y, especialmente, el nivel de AGPI n-3.

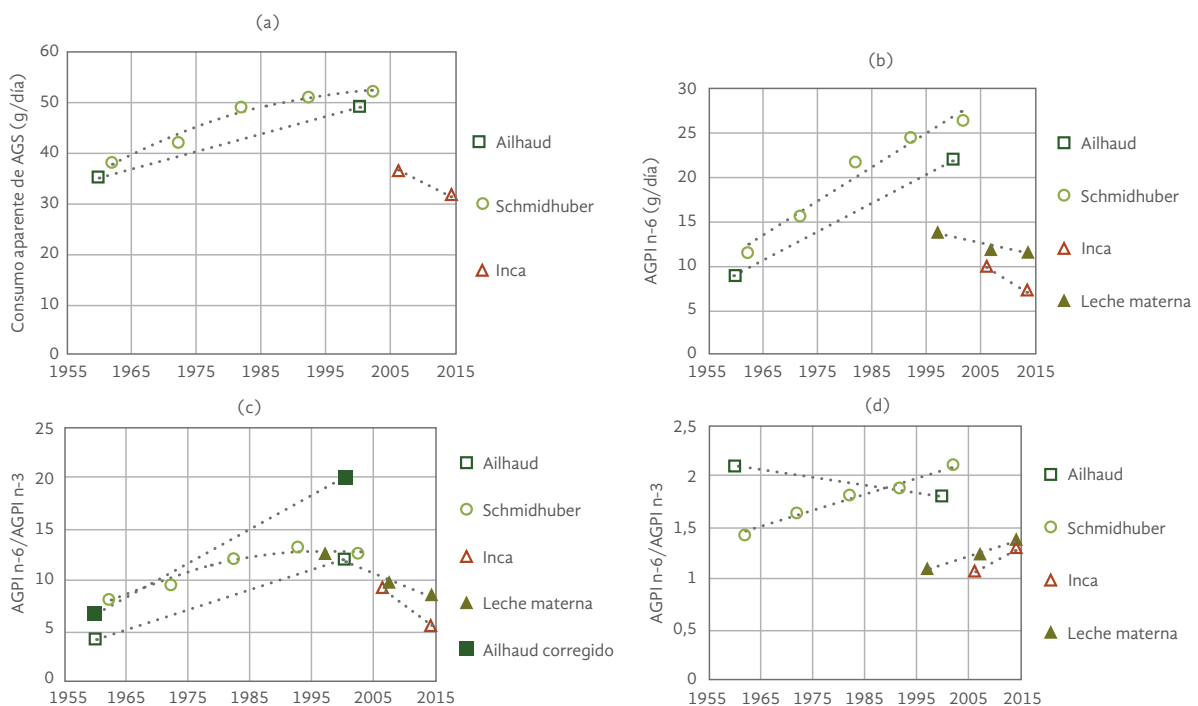
Cambios en los sistemas agroalimentarios que cambiaron la composición de ácidos grasos en la dieta de los franceses

Cambios relacionados con los productos de origen animal

Desde la década de 1960 hasta el presente

Las prácticas de alimentación del ganado determinan, en gran medida, la composición de todos los productos de origen animal (por ejemplo, leche, carne,

Figura 2. a: tendencias en el consumo diario aparente de AGS (g/día) per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA). b: tendencias en el consumo diario aparente de AGPI n-6 per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA) y composición de la leche materna (Couëdelo *et al.*, 2014). c: tendencias de AGPI n-6/n-3 per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA) y composición de la leche materna (Couëdelo *et al.*, 2014). Alihaud corregido: se considera el cambio en el sistema de alimentación de animales. d: tendencias en el consumo diario aparente de AGPI n-3 (g/día) per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA) y composición de la leche materna (Couëdelo *et al.*, 2014).



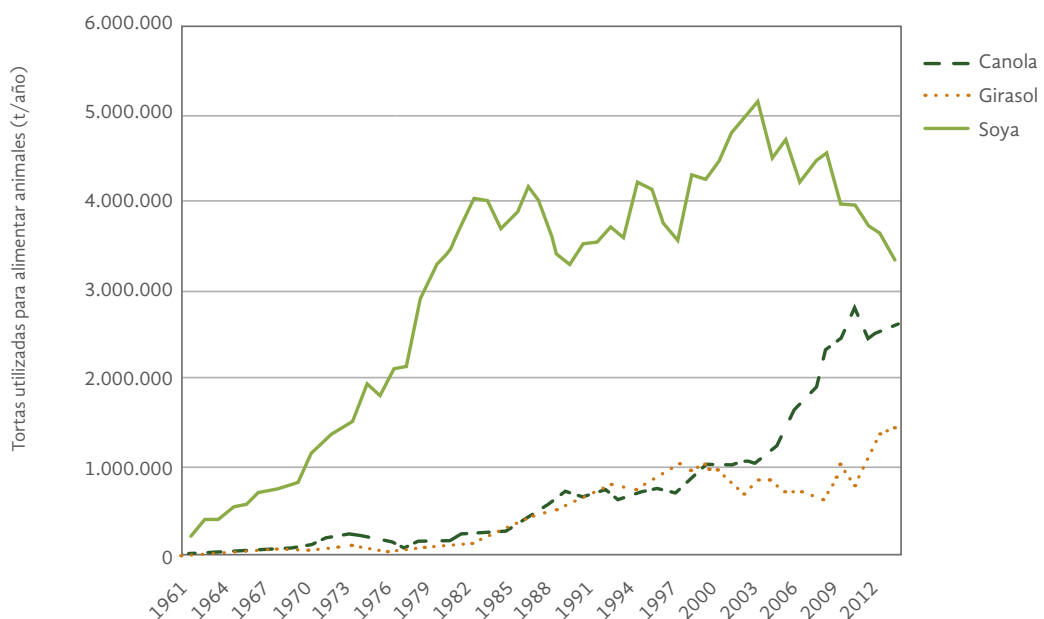
huevos) (Duru y Magrini, 2016). El contenido de AGPI n-3 aumenta con la proporción de pasto consumida en las raciones de rumiantes e incluso en monogástricos (cerdos y aves de corral), mientras que los cereales reducen el contenido. Adicionalmente, los aceites en los concentrados de pienso o los aceites residuales en las porciones pueden reducir o amplificar estos efectos, dependiendo de sus características (Duru y Magrini, 2016). Añadir aceite o harina de canola a las raciones de los animales reduce las relaciones AL:ALA y AGPI n-6:n-3 de sus productos, en comparación con la adición de harina de soya. Añadir girasol (harina o aceite) aumenta la relación AL:ALA en gran medida (de 13 a 28), en comparación con una ración de control de harina de soya (Majewska *et al.*, 2016). Marin *et al.* (2012) demostró la influencia del tipo de aceite añadido a las dietas de las cabras sobre la composición de AGPI de su leche: la relación AL:ALA fue alta (aprox. 9) con aceite de girasol linoleico, media (aprox. 7,5) con aceite de girasol oleico y baja (aprox. 4) con aceite de linaza. El efecto desequilibrante de ambos tipos de aceite de girasol y el efecto equilibrante del aceite de linaza aumentaron con la cantidad de aceite añadido (Marín *et al.*, 2012). En el caso de la carne de cerdo, Guillevic *et al.* (2009) demostraron que reemplazar las semillas

de girasol por linaza en la dieta de los cerdos aumentó el contenido de ALA en el músculo y en la grasa por un factor de aproximadamente 6 y redujo el contenido de AL en aproximadamente 20 %. Se reportaron resultados similares para la leche de vaca (Glasser *et al.*, 2008) para la cual añadir linaza a una dieta vacuna basada en maíz proporcionaba un contenido de ALA similar al obtenido con una dieta basada en pasto (Hurtaud *et al.*, 2014).

Las cantidades de concentrados de pienso utilizadas en Francia durante el periodo de estudio aumentaron sustancialmente (Figura 3): entre comienzos de la década de 1960 y finales de la década de 1990 se utilizaron grandes cantidades de soya, mientras que la canola se ha utilizado cada vez más desde comienzos de la década del 2000. El aumento fue menor para la harina de girasol.

Los cambios en las prácticas de alimentación de los rumiantes están muy documentados. Entre la década de 1960 y la del 2000, la alimentación cambió de una dieta basada en pasto a un sistema dominado por el ensilado de maíz y la soya (Tabla 1). En la actualidad, aproximadamente el 40 % de la leche en Francia se produce a partir de raciones basadas en pasto (Duru

Figura 3. Tortas utilizadas para alimentar animales domésticos en Francia (Fuente: FAO)



y Magrini, 2017), con el resto producido a partir de raciones basadas principalmente en maíz y soya; este último reduce el contenido de AGPI n-3 en la carne y la leche. El consumo aparente per cápita de leche, productos lácteos y carne en Francia alcanzó su pico a comienzos de la década de 1990 (Figura 4). En el caso de los productos lácteos, el consumo de mantequilla per cápita se ha reducido desde el comienzo de la década de 1980, mientras que el de queso y crema ha aumentado dramáticamente desde comienzos de la década del 2000. El consumo de carne de res se estabilizó a comienzos de la década de 1980 (Figura 4). Considerando el consumo de productos lácteos y el contenido de grasa de la leche, según el cambio en la alimentación de las vacas (forraje y concentrados), utilizando datos de Couvreur *et al.* (2006), encontramos que la ingesta de AGPI n-3 se redujo en 0,10 g/día entre 1961 y 2000 y en 0,01 g/día entre el año 2000 y el presente, respectivamente (datos no mostrados), mientras que el consumo de carne de res se redujo, resultando en una dieta menos balanceada en AGPI, dado que los productos de monogástricos tienden a tener una mayor relación de AGPI n-6:n-3 que los productos de rumiantes.

En resumen, para carne de res y productos lácteos entre 1960 y 2000, los cambios en el pienso de animales redujeron la ingesta de AGPI n-3 en al menos 0,12 g/día y aumentaron la de AGPI n-6 en 0,25 g/día. Estos valores pueden aumentar al considerar los cambios en la alimentación de cerdos y aves de corral. Para todos los productos de origen animal, Ailhaud *et al.* (2006) reportaron una reducción del 72 % en el con-

tenido de AGPI n-3 entre 1960 y 2000, que es mayor que nuestra estimación para productos de rumiantes (es decir, una reducción entre el 25 % y el 65 %, dependiendo de la suposición). Desde el año 2000, los cambios observados entre 1990 y el 2000 se han reducido y puede que las tendencias hayan mejorado debido a la alimentación con harina de canola, especialmente para el ganado.

Mejoras potenciales que resultan de alimentar a los animales con linaza

En el contexto de un menor consumo de carne, varios escenarios han propuesto priorizar pastizales para alimentar a los rumiantes. Por otro lado, los pastizales siguen siendo un nicho para cerdos y aves de corral, siendo objeto de fuertes críticas, pues estos animales tienen dietas cuyos cultivos compiten por el uso de la tierra con los cultivos para consumo humano (Van Zanten *et al.*, 2018). El consumo de linaza por los animales aumenta el contenido de AGPI n-3 de sus productos (Figura 5; Schmitt *et al.*, 2018). Dado que el contenido de AGPI n-6 se reduce ligeramente, la relación AGPI n-6:n-3 se vuelve <4 para todos los productos de origen animal (Figura 5). Actualmente, los productos de BBC, que garantizan un contenido mínimo de AGPI n-3, representan el 10 % del volumen de la producción francesa de carne de cerdo, el 5 % de huevos, el 4 % de aves de corral y <1 % de leche y carnes rojas (N. Kerhoas, Asociación BBC, comunicación personal). Por estos motivos, simulamos

Tabla 1. Cambios en las áreas de maíz ensilado y pastizales, importaciones de harina de soya y de canola desde 1960 hasta el presente, con una evaluación de impacto cualitativo del equilibrio entre ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-3 y n-6. Los símbolos (+, =, -) indican tendencias en área (ensilado, pastizales) o cantidad (harinas) y su influencia sobre la relación AGPI n-6:m-3, respectivamente.

Periodo	Maíz ensilado y pasto					Soya		Canola	
	Maíz	Pastizales permanentes	Pastizales temporales	Alfalfa	Influencia en la relación AGPI	Importaciones	Influencia en la relación AGPI	Suministro	Influencia en la relación AGPI
1960-1980	++	=	+	--	--	+++	---	/	
1980-1990	++	--	-	-	--	++	--	/	
1990-2000	=	-	=	(-)	-	+	-	+	(+)
2000-presente	=	-	+	0	0	-	+	++	+

los efectos de cambiar a 100 % productos de carne de cerdo, huevos y aves de corral de BBC, sin cambiar sus niveles de consumo en la dieta: el suministro de AGPI n-6 pasó de 2,80 a 2,71 g/día y el de AGPI n-3 pasó de 0,22 a 1,02 g/día. Esta opción de por sí hace posible aumentar la ingesta de AGPI n-3 en 0,8 g/día y reducir la de AGPI n-6 en 0,09 g/día. Además de este beneficio para la salud, la linaza es un cultivo menor que genera aportes agronómicos a los sistemas de cultivo (Meynard *et al.*, 2018).

Cambios en los aceites suministrados

De la década de 1960 al presente

Los principales cambios entre la década de 1960 y el presente incluyeron un aumento considerable en el consumo aparente de aceites, pasando de 20 a > 50 g/día, con el aceite de girasol representando hasta el 50 % hacia finales de la década de 1980, debido principalmente a una reducción drástica en el consumo

Figura 4. Tendencias del consumo aparente de carne, leche y productos lácteos per cápita en Francia. (Fuente: FAO)

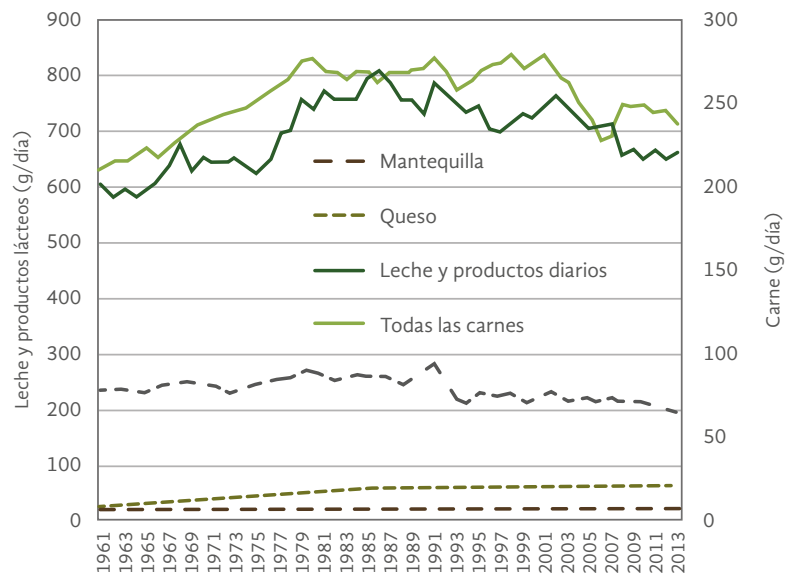
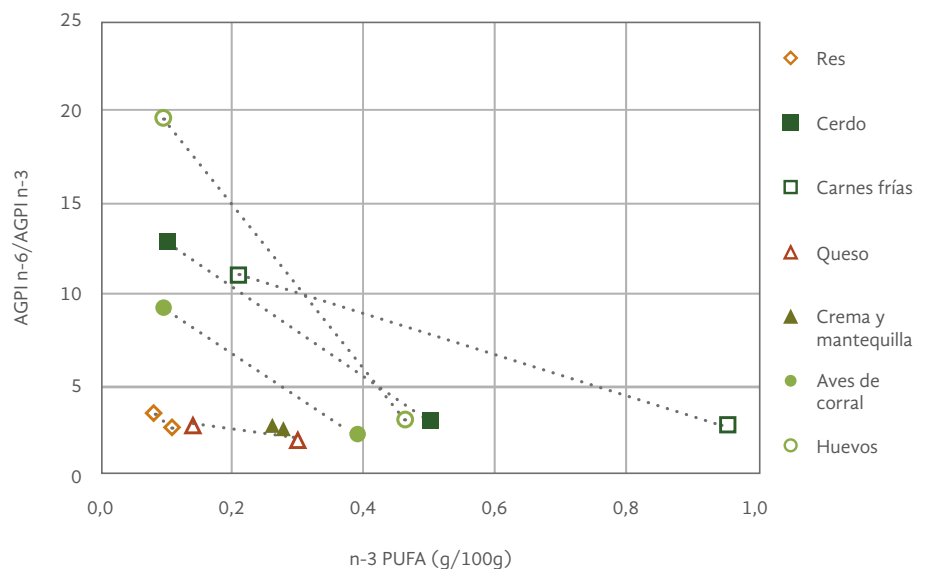


Figura 5. Relación entre la relación AGPI n-6/n-3 y AGPI n-3 para productos estándar (costado izquierdo de la línea) y mejorados (con adición de linaza, costado derecho de la línea) Schmitt *et al.* (2018)



de aceite de maní. Otros cambios relevantes fueron el comienzo del consumo del aceite de canola en 1980 y su aumento en la década de 1990, con un crecimiento constante en el consumo del de oliva, el aumento en el consumo de aceite de soya en la década de 1970 y nuevamente en la década de 1990 y el aumento en el consumo de aceite de palma, que llegó a su punto más alto a comienzos de la década de 1990 (Figura 6a). Estos aceites están cada vez más escondidos de los consumidores. Por ejemplo, a comienzos de la década de 1960 la mayoría de los aceites se consumían directamente, mientras que en 1980 las industrias agroalimentarias utilizaron el 38 % (Dilas, 2005).

El consumo aparente de AGS aumentó en aproximadamente 35 % desde 1960 hasta el presente y luego se estancó. Desde 1985, el consumo de acei-

te de palma pasó de aproximadamente 35 % al 15 % de aceites (Figura 6b). El consumo aparente de AL aumentó drásticamente durante 50 años (en un factor de 5), debido principalmente a un aumento en el consumo aparente de aceite de girasol, hasta finales de la década de 1980 (Figura 6c). Desde comienzos de la década del 2000, es probable que el aporte del aceite de girasol haya sido incluso menor que lo estimado (Figura 6c) dado que una porción se derivó del aceite de girasol oleico, que es menos rico en AL. La ingesta aparente de ALA de aceites aumentó drásticamente en la década de 1960 debido al consumo de aceite de soya y posteriormente a comienzos de la década de 1980 debido al consumo de aceite de canola. Estos dos contribuyeron la totalidad del suministro de ALA (Figura 6d).

Figura 6. a: consumo aparente per cápita de tres aceites y consumo total en Francia (fuente: FAO).

b: consumo aparente per cápita de ácidos grasos saturados (AGS) para aceites enteros y aceite de palma en Francia (fuente: FAO).

c: consumo aparente per cápita de ácido graso alfa-linolénico (ALA) para todos los aceites y aceite de girasol en Francia (fuente: FAO).

d: consumo aparente per cápita de ácido graso linoleico (AL) para todos los aceites y aceites de girasol en Francia (fuente: FAO).



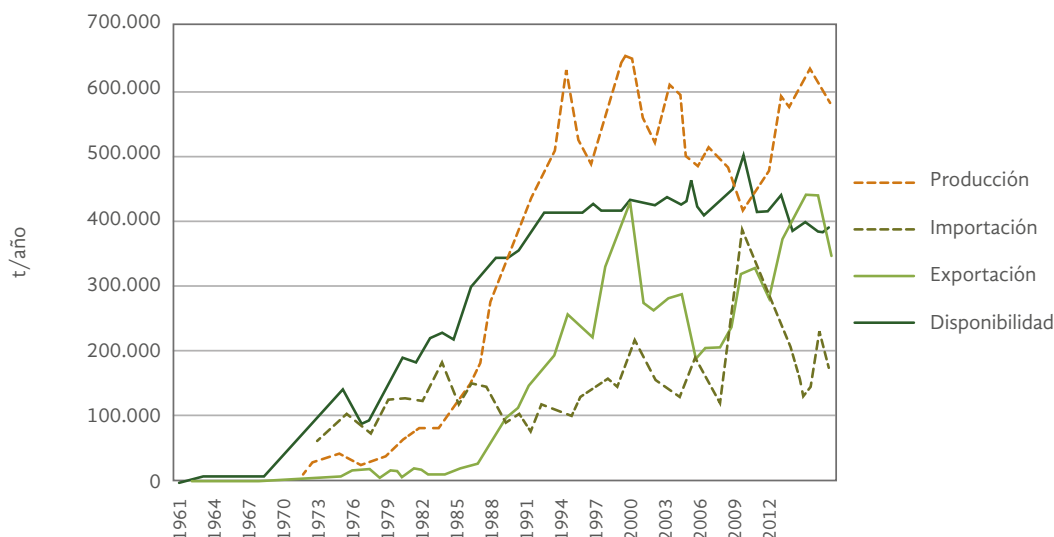
Más allá de reducir el consumo de aceites, especialmente en los alimentos industriales, una gran mejora fue reemplazar el aceite de girasol linoleico por oleico, cuya composición de AG es similar a la del aceite de oliva; así como reemplazar el aceite de soya por aceite de canola. El porcentaje de girasol oleico en el área de cultivo de girasoles en Francia aumentó un 10 % en 2001 y 50-60 % desde 2006 (TerreUnivia). Sin embargo, el análisis del comercio indica que la cantidad adecuada es igual a la media de $\frac{2}{3}$ de las exportaciones desde 2006 (Figura 7). Dado que Francia es el principal productor de girasol oleico en Europa, se asume que estas importaciones son casi que exclusivamente de aceite linoleico. Asumiendo que el 15-25 % del aceite de girasol consumido en Francia es oleico (Duru y Marini, 2017), se estima que el 66-80 % de este aceite es exportado. Invertir los porcentajes de consumo para asumir que el de girasol es del 25 % linoleico y 75 % oleico no cambia la ingesta de ALA, pero reduce el consumo aparente de AL en 4,5 g/día (23 %) y reduce la relación AL:ALA de 12 a 9. Adicionalmente, reemplazar la mitad del aceite de soya con aceite de canola reduciría el consumo aparente de AL en 1,6 g/día (es decir, 31 % menor que el presente) y aumentaría la ingesta de ALA

en 0,2 g/día (es decir, 12 % más. Con base en estos dos cambios, la relación AL:ALA se reduce en 40 %.

¿Los cambios combinados en el ganado y los aceites explican las tendencias y cumplen con las recomendaciones de ácidos grasos en el futuro?

Comparamos las estimaciones del consumo aparente de AG calculadas durante los últimos 50 años o simuladas para el futuro con las necesidades fisiológicas y las ingestas dietarias recomendadas. Según ANSES (2011), la ingesta fisiológica mínima de AL y ALA es de 2,0 y 0,8 % de los aportes de energía, respectivamente, es decir, 4,0 y 1,6 g/día con un aporte de energía de 2.000 kcal, respectivamente (Tabla 2). El suministro nutricional recomendado de AL y ALA fue de 4 y 1 % del suministro de energía, es decir, 8,0 y 2,0 g/día, respectivamente (Anses, 2011), que corresponde a los requisitos de adultos y adolescentes que, en 2012, representaban el 88 % de la población francesa. La relación AL:ALA recomendada se estableció en 5 (Anses, 2011) o incluso menor (2) (Yang *et al.*, 2016) para prevenir ciertas enfermedades. Se establecieron recomendaciones de 250 g/día de ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA) debido a una deficiencia de ALA en la dieta de los franceses (Tabla 2).

Figura 7. Producción, importación, exportación y suministro de aceite de girasol en Francia. (fuente FAO).



Desde 1960 y hasta el presente, el queso y la manteca eran responsables del aumento en el consumo aparente de AGS, muy por encima del aceite de palma. El consumo de queso aumentó sustancialmente entre 1960 (27 g/día) y 2000 (76 g/día) para estabilizarse posteriormente (Figura 4). El consumo aparente de AGS con estos productos lácteos aumentó de 6 a 13 g/día, mientras que en aceites aumentó de 5,0 a 6,5 g/día durante el mismo periodo. La literatura reciente sugiere enfáticamente distinguir los AG de cadena larga (ácidos palmíticos, mirístico y láurico) de otros AGS porque en grandes cantidades son aterogénicos (Anses, 2011). Los contenidos de estos AGS son altos en el aceite de palma (50 %), bajos en la carne (<1 %) e intermedios en el queso (7,5 %), crema (10 %) y manteca (20 %), y el ácido palmítico constituye aproximadamente la mitad de los AGS en los productos lácteos, a diferencia del aceite de palma. En consecuencia, el aumento en estos AGS en la dieta durante el periodo de estudio fue de <1 g/día para aceites (0,8 g/día en 1961 a 1,7 g/día en 2013) y 2,5 g/día para queso (es decir, 14 g/día en 2013). En comparación, el estudio INCA 3 (2017) estimó una ingesta de 20 g/día para estos tres AGS (es decir, aproximadamente 70 % del consumo), cuando debería ser <16 g para un consumo de energía de 2.000 kcal (Anses, 2011). Este periodo también mostró un aumento mucho más rápido en la ingesta de AGPI n-6 que en la ingesta de AGPI n-3, aumentando las desviaciones de las recomendaciones. Si bien no se consideró la ingesta de pescados y mariscos, su consumo aparente per cápita pasó de <40 kg/año a >70 kg/año entre 1961 y 2013 en Francia,³ contribuyendo así a un aumento en el nivel de AGPI n-3 en la dieta. El pescado proporcionó un promedio de 0,13 de AL y 0,05 g de ALA por día y per cápita durante el mismo periodo.

La brecha entre el suministro y las recomendaciones de AGS, AGPI n-6 y AGPI n-3 se ha reducido desde el 2000. Para los AGS, el consumo de queso no aumentó, mientras que el de manteca y aceite de palma se redujo. Es probable que la reducción en el consumo aparente de AGPI n-6 esté relacionada con un menor consumo de aceite de girasol linoleico. Es posible que el aumento en el consumo aparente de AGPI n-3 esté relacionado con el drástico incremento

en el consumo de aceite de canola y, en menor medida, con el de productos monogástricos con la etiqueta de BBC. Los últimos dos cambios resultaron en una menor relación n-6:n-3. También obtuvieron una mejora en los tres indicadores de AG para la salud humana, y fueron consistentes con la mejora observada en la composición de AG de la leche materna (Figuras 2b y 2c).

Simulamos la combinación de los dos cambios mencionados anteriormente (alimentar con linaza a los cerdos y las aves de corral, y reemplazar los aceites en casa o en productos procesados) (Tabla 2). Estos cambios casi permitieron cumplir con el suministro recomendado de AGPI n-3 (en general, sin distinción entre DHA y EPA) e incluso superaron los requerimientos fisiológicos. Los productos de cerdo de BBC explicaron la mitad del aumento por sí solos. En contraste, los productos de BBC cambiaron el suministro de AGPI n-6 levemente, pero reemplazar los aceites lo cambió drásticamente, dependiendo en gran medida de la cantidad de aceite consumido.

Conclusión

Se estimó la ingesta de AG en la población francesa desde la década de 1960 utilizando varios métodos (composición dietaria y materias primas suministradas) y bases de datos de composición de alimentos. Dado que encontramos tendencias convergentes, esta diversidad hace que las estimaciones sean robustas y no presenten un obstáculo para identificar a los principales impulsores de dichas tendencias y así llegar a conclusiones.

La composición de AG de la dieta francesa promedio cambió drásticamente antes de la década del 2000. Este cambio estuvo relacionado con un aumento en la ingesta de AGS hasta la década de 1990 debido, en mayor medida, a un aumento en la cantidad de productos lácteos (especialmente queso) consumidos (+ 1,2 g/día) que al consumo de aceite (+ 2 g/día). La fuerte subida en la ingesta de AL se debió principalmente al aumento en las cantidades de aceite consumidas, especialmente el de girasol linoleico. Igualmente, la ingesta de AGPI n-3 aumentó en 0,5 g/día de aceites y se redujo en 0,1 g/día por productos de origen animal. A pesar de la incertidumbre en estas estimaciones, sobre el aporte de los productos de origen animal a la ingesta de AGPI n-3 y sobre el porcentaje de aceites no

3 <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.

Tabla 2. Requerimientos, suministros y simulaciones de cambios en la dieta de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). Requerimientos fisiológicos mínimos de AGPI para un adulto con un consumo calórico diario de 2.000 kcal (excluyendo alcohol).

	Criterio	ALA	EPA	DHA	AGPI n-3	AL	Relación AL:ALA	AGPI n-6
Requerimientos	Requerimientos fisiológicos (Anses, 2011)	1,6	0,5		2,1	4		
	Suministro nutricional recomendado ^b	2,0	0,5		2,5	8	<5	
Suministro	INCA 3	1,0	0,28		1,28; 1,05 ^d	7	7	10,4 ^d
Simulaciones	Suministro si los productos de cerdo y aves de corral son Bleu-Blanc-Coeur				+0,8			-0,09
	Suministro si se reemplazan ciertos aceites	+0,2			+0,2 (+0,1 ^a)	-6,1 (-3,0 ^a)		

^a Si se consume 50 % del suministro de aceite.

^b <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf>

^c Canola en vez de soya, girasol oleico en vez de girasol linoleico.

^d Schmitt *et al.* (2018).

consumidos, la relación AGPI n-6:n-3 aumentó entre 1960 y el presente. En resumen, las dos características que tienen un impacto negativo en la salud (nivel de AGS y relación AGPI n-6:n-3) aumentó durante este periodo, resaltando las desviaciones de las recomendaciones. Estas desviaciones, que llegaron a su punto más alto en la década de 1990, fueron un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, ya que eran concomitantes. Nótese que los cambios en el consumo de AG son un componente de la transición nutricional (Maire *et al.*, 2002).

Las mejoras ocurrieron en la década del 2000 y hasta 2013, debido principalmente a la estabilización en la composición de AG de productos de origen animal, en ausencia de cambios notables en las raciones suministradas a animales (forrajes, cereales). También es probable que fuera consecuencia de las mejoras resultantes de la introducción de harina y aceite de canola o la linaza en las raciones. Si bien el consumo total de aceite se estabilizó o disminuyó hacia el final del periodo estudiado, también hubo mejoras debido a un mayor consumo de aceite de canola y a un menor consumo de aceite de girasol, el cual contiene mucho menos AL. Estos cambios resultaron en una menor ingesta de AGS y AGPI n-6 y en una mayor

ingesta de AGPI n-3, reduciendo la relación de AGPI n-6:n-3 durante este periodo, un resultado sustentado por la composición de AG observada en la leche materna. Este periodo puede definirse como el inicio de otra transición nutricional: el consumo de proteína animal disminuyó, mientras que el de productos procesados, incluyendo carnes, aumentó significativamente (Laisney, 2012). Por un lado, se espera que los múltiples cambios observados en los productos de origen animal y los aceites durante este periodo tengan efectos positivos para la salud, pues es probable que una dieta con menos productos animales tenga composiciones de aceites y AG que sean mejores opciones para la salud. Sin embargo, se pueden esperar efectos negativos si estos cambios son concomitantes con un mayor consumo de productos ultraprocesados (Srouf *et al.*, 2019). Por último, a pesar de estas mejoras las estimaciones de consumo aparente de AG, incluso las basadas en encuestas (más precisas que estimaciones indirectas), siguen bastante apartadas de la ingesta dietaria recomendada, particularmente para los niveles de AGPI n-3 y la relación AGPI n-6:n-3.

Nuestro estudio reveló varios mecanismos que pueden generar mejoras en el perfil de consumo de AG para cumplir con la ingesta nutricional recomendada. Para

los productos de origen animal, parece que complementar las raciones de cerdos y aves de corral con linaza es un poderoso mecanismo, incluso una condición necesaria, para cambiar los productos cuya composición de AG sean menos favorables para la salud por los que contribuyan a esta. Esta práctica debe considerarse para las especies animales cuyas raciones compiten fuertemente por el uso de la tierra con los cultivos para consumo humano. Para los aceites, los problemas son más simples dado que existen reemplazos potenciales; sin embargo, el objetivo es reducir su consumo. En consecuencia, los cambios que se requieren para cumplir con las recomendaciones requieren la coordinación de políticas agrícolas (políticas de alimentación animal), procesamiento de alimentos (tipos de aceite en alimentos procesados) y políticas de salud para incentivar a los consumidores y partes interesadas a tomar acciones colectivas para promover cambios apropiados en la dieta.

Abreviaturas

ALA	Ácido alfa-linoleico
AL	Ácido linoleico
AG	Ácido graso
AGS	Ácido graso saturado
AGPI n-6	Ácidos grasos poliinsaturados que tienen un enlace doble de carbono-carbono en la posición n-6 en común.
AGPI n-3	Ácidos grasos poliinsaturados que tienen un enlace doble de carbono-carbono en la posición n-3 en común.

Agradecimientos

Esta investigación recibió el apoyo del Programa PSDR 4 (Proyecto ATA-RI; 2016-2020), financiado por INRA y la región de Occitania.

Referencias

- Ailhaud G, Massiera F, Weill P, Legrand P, Alessandri JM, Guesnet P. 2006. Temporal changes in dietary fats: Role of n-6 polyunsaturated fatty acids in excessive adipose tissue development and relationship to obesity. *Progr Lipid Res* 45: 203-236.
- Alcock J, Lin HC. 2015. Fatty acids from diet and microbiota regulate energy metabolism. *F1000Research* 4: 1-10.
- Anses. 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Rapport d'expertise collective. Disponible en <https://www.anses.fr/fr>.
- Barendse W. 2014. Should animal fats be back on the table? A critical review of the human health effects of animal fat. *Animal Prod Sci* 54(7): 831-855.
- Blasbalg TL, Hibbeln JR, Ramsden CE, Majchrzak SF, Rawlings RR. 2011. Changes in consumption of omega-3 and omega-6 fatty acids in the United States during the 20th century. *Am J Clin Nutr* 93(5): 950-962.
- Casas RS. 2014. The immune protective effect of the mediterranean diet against chronic low-grade inflammatory diseases. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets* 14(4): 245-254.
- Ciqual. 2013. Disponible en <https://www.data.gouv.fr/./table-ciqualde-composition-nutritionnelle-des-aliments-f>.

- Couédelo L, Billeaud C, Lamireau D, Perez P, Rigourd V, Buffin R. 2014. Evolution of essential fatty acid composition of French breast milk from 1997 to 2014. EFL Montpellier (poster).
- Couvreur S, Hurtaud C, Lopez C, Delaby L, Peyraud JL. 2006. The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *J Dairy Sci* 89: 1956-1969.
- Del Chierico F, Vernocchi P, Dallapiccola B, Putignani L. 2014. Mediterranean diet and health: Food effects on gut microbiota and disease control. *Int J Mol Sci* 15(7): 11678-11699.
- Dilas G. 2005. Évolutions du marché français des huiles alimentaires. *OCL* 12(5-6): 389-392.
- Duru M, Magrini M. 2016. Quel potentiel de la prairie pour équilibrer notre alimentation en acides gras? *Fourrages* 228: 301-312.
- Duru M, Magrini M-B. 2017. Composition en acides gras polyinsaturés de notre assiette et utilisation des matières premières agricoles en France: une amélioration lente, mais insuffisante. *OCL* 24(2): A201.
- Georgiadi A, Kersten S. 2012. Mechanisms of gene regulation by fatty acids. *Adv Nutr* 3(2): 127-134.
- Glasser F, Ferlay A, Chilliard Y. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. *J Dairy Sci* 91(12): 4687-703.
- Guesnet P, Combe N, Ailhaud G, Alessandri LM. 2009. La teneur en acides gras polyinsaturés du lait maternel: un marqueur biologique fiable du niveau de consommation des populations. *OCL* 16(1): 1-3.
- Guillevic M, Kouba M, Mourot J. 2009. Effect of a linseed diet or a sunflower diet on performances, fatty acid composition, lipogenic enzyme activities and stearoyl-CoA-desaturase activity in the pig. *Livest Sci* 124(1-3): 288-294.
- Hammad S, Pu S, Jones PJ. 2015. Current evidence supporting the link between dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Lipids* 51(5): 507-517.
- Hurtaud C, Dutreuil M, Coppa M, Agabriel C, Martin B. 2014. Characterization of milk from feeding systems based on herbage or corn silage with or without flaxseed and authentication through fatty acid profile. *Dairy Sci Technol* 94(2): 103-123.
- Kouba M, Mourot J. 2011. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochimie* 93(1): 13-7.
- Laisney C. 2012. L'évolution de l'alimentation en France. Document de travail du Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture.
- Legrand P. 2013. Nouvelle approche pour les recommandations nutritionnelles en lipides. *OCL* 20(2): 75-78.
- Maire B, Lioret S, Gartner A, Delpeuch F. 2002. Transition nutritionnelle et maladies chroniques non transmissibles liées à l'alimentation dans les pays en développement. *Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé* 12(1): 45-55.

- Majewska MP, Pająk JJ, Skomial J, Kowalik B. 2016. The effect of different forms of sunflower products in diets for lambs and storage time on meat quality. *Anim Feed Sci Technol*. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.10.007.
- Marín AM, Gómez-Cortés P, Castro GG, *et al.* 2012. Effects of feeding increasing dietary levels of high oleic or regular sunflower or linseed oil on fatty acid profile of goat milk. *J Dairy Sci* 95(4): 1942-1955.
- Meynard JM, Charrier F, Le Bail M, Magrini MB, Charlier A, Messéan A. 2018. Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. *Agron Sustain Dev* 38(5): 54.
- Molendi-Coste O, Legry V, Leclercq IA. 2011. Why and how meet n3 PUFA dietary recommendations? *Gastroenterol Res Pract* 2011: 1-11. Article ID 364040. doi: 10.1155/2011/364040
- Mourot J. 2015. Évolution de la qualité des produits animaux ces cinquante dernières années. *Cah Nutr Diet* 50: 1-6.
- Pereira de Castro A, Aiko Hiane P, de Cássia Avellaneda Guimarães R, *et al.* 2017. Fatty acids consumption: The role metabolic aspects involved in obesity and its associated disorders. *Nutrients* 9: 1158. doi: 10.3390/nu9101158.
- Pisani DF, Amri E-Z, Ailhaud G. 2015. Disequilibrium of polyunsaturated fatty acids status and its dual effect in modulating adipose tissue development and functions. *OCL* 22(4): D405.
- Rocha DM, Caldas AP, Oliveira LL, Bressan J, Hermsdorff HH. 2016. Saturated fatty acids trigger TLR4-mediated inflammatory response. *Atherosclerosis* 244: 211-215.
- Sanders TAB. 2014. Protective effects of dietary PUFA against chronic disease: Evidence from epidemiological studies and intervention trials. *Proc Nutr Soc* 73(1): 73-79.
- Sanz Y, Olivares M, Moya-Pérez Á, Agostoni C. 2015. Understanding the role of gut microbiome in metabolic disease risk. *Pediatr Res* 77(1): 236-244.
- Schmidhuber J. 2007. The EU diet–evolution, evaluation and impacts of the CAP. WHO Forum on “Trade and healthy food and diets”, Montreal, Canada.
- Schmitt B, Ferry C, Mairesse G, *et al.* 2018. The choice of animal feeding system influences fatty acid intakes of the average French diet. *OCL* 25(2): D205.
- Simopoulos AP. 2007. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 rapport and genetic variation: Nutritional implications for chronic diseases. *Biomed Pharmacother* 60: 502-507.
- Simopoulos AP. 2016. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients* 8(3): 1-17.
- Silva Figueiredo P, Carla Inada A, Marcelino G, *et al.* 2017. Fatty acids consumption: The role metabolic aspects involved in obesity and its associated disorders. *Nutrients* 9(10): 1158.

- Srour B, Fezeu LK, Kesse-Guyot E, *et al.* 2019. Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: Prospective cohort study (NutriNet-Santé). *BMJ* 11451. doi: 10.1136/bmj.11451.
- van Elswyk ME, McNeill SH. 2014. Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. *Meat Sci* 96: 535-540.
- Van Zanten HHE, Herrero M, Van Hal O, *et al.* 2018. Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Glob Chang Biol* (December): 1-10. doi: 10.1111/gcb.14321.
- Yang LG, Song ZX, Yin H, Wang YY, Shu GF, Lu HX. 2016. Low n6/n-3 PUFA rapport improves lipid metabolism, inflammation, oxidative stress and endothelial function in rats using plant oils as n-3 fatty acid source. *Lipids* 51: 49-59.
- Xiang MS, Tan JK, Macia L. 2019. Fatty acids, gut bacteria, and immune cell function. En: *The molecular nutrition of fats*. Academic Press, pp. 151-164. doi: 10.1016/B978-0-12-8112977.00011-1.