



EFFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA INGESTA DE FIBRA Y SU ADECUACIÓN A LAS RECOMENDACIONES EN NIÑOS EUROPEOS

Susana Larrosa Capacés

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI

**EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA INGESTA DE FIBRA Y SU
ADECUACIÓN A LAS RECOMENDACIONES EN NIÑOS EUROPEOS**

SUSANA LARROSA CAPACÉS



TESIS DOCTORAL

2021

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI

EFFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA INGESTA DE FIBRA Y SU ADECUACIÓN A LAS RECOMENDACIONES EN NIÑOS EUROPEOS

Susana Larrosa Capacés

Efectos sobre la salud de la ingesta de fibra y su adecuación a las recomendaciones en niños europeos

SUSANA LARROSA CAPACÉS

TESIS DOCTORAL

DIRIGIDA POR EL DR. JOAQUIN ESCRIBANO SUBÍAS Y LA DRA. VERONICA LUQUE MORENO

DEPARTAMENTO DE MEDICINA Y CIRUGÍA



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI

REUS

2021



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

HAGO CONSTAR que el presente trabajo, titulado “Efectos sobre la salud de la ingesta de fibra y su adecuación a las recomendaciones en niños europeos”, que presenta Susana Larrosa Capacés para la obtención del título de Doctor, ha sido realizado bajo mi dirección en el Departamento de Medicina y Cirugía de esta universidad.

Reus, 21/10/2021

Los directores de la tesis doctoral

Dr. Joaquín Escribano Subías
Profesor Titular de Pediatría
Universitat Rovira i Virgili

Dra. Verónica Luque Moreno
Profesora Lectora Serra Húnter
Universitat Rovira i Virgili

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy las gracias a mis directores de tesis por haberme ofrecido esta oportunidad y guiarme en el camino sin limitaciones de tiempo.

Al Dr. Escribano, por hacerme crecer profesionalmente y confiar en mí. Por su empeño y entusiasmo en la pediatría y en la investigación y por su manera de hacer, que me estimula a ser mejor profesional.

A la Dra. Luque, por su paciencia y cariño recibido durante este tiempo, por su energía infinita, por todas las horas de trabajo compartido que me han aplanado el camino y por animarme a seguir en los momentos complicados.

Sin ellos este trabajo no hubiera sido posible. Gracias por ser excelentes profesionales y grandes personas.

Gracias a mis hijas, Júlía y Jana, y a mi marido, David. Gracias por apoyarme, por vuestra paciencia infinita y por entender que mi trabajo también es una parte importante de mi vida. Me siento orgullosa de vosotros y feliz por la familia que hemos creado.

A mis padres, Raquel y Manel, por el apoyo moral, por cuidar de mis hijas y anteponer mis necesidades a las suyas, por haberme transmitido la importancia del esfuerzo y el trabajo y el valor de la familia.

A mi hermana, Úrsula, a la que estoy muy unida. Por estar a mi lado cuando lo necesito de forma incondicional y tener ese sexto sentido de hermana mayor.

A mis amigas, Neus y Laura, que han estado a mi lado durante este tiempo. Gracias por animarme a seguir, por las largas conversaciones y los buenos consejos. Hacéis que todo sea más fácil.

Y a Patricia, por su creatividad y por haber encontrado la manera de representar en un dibujo este trabajo.



De esta tesis doctoral se han derivado las siguientes publicaciones / comunicaciones a congresos:

1. Larrosa S, Luque V, Grote V, Closa-Monasterolo R, Ferré N, Koletzko B, Verduci E, Gruszfeld D, Xhonneux A, Escribano J. Fibre Intake Is Associated with Cardiovascular Health in European Children. *Nutrients*. 2021;13(1):12. <https://doi.org/10.3390/nu13010012>.
2. Comunicación oral: Consumo de fibra y cumplimiento de las recomendaciones actuales en niños europeos de 2 a 8 años. Autores: Susana Larrosa, Verónica Luque, Pau Mora, Ricardo Closa Monasterolo, Joaquín Escribano Subías. 67º Congreso de la Asociación Española de Pediatría (AEP). Burgos. Junio de 2019.
3. Premio Mención Especial Mejores Comunicaciones por la Comunicación oral: Consumo de fibra y cumplimiento de las recomendaciones actuales en niños europeos de 2 a 8 años. Autores: Susana Larrosa, Verónica Luque, Pau Mora, Ricardo Closa Monasterolo, Joaquín Escribano Subías. 67º Congreso de la Asociación Española de Pediatría (AEP). Burgos. Junio de 2019.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.	Principales definiciones utilizadas en la actualidad 12
Tabla 2.	Principales componentes de la fibra y sus fuentes 16
Tabla 3.	Propiedades físico-químicas y fisiológicas de los principales tipos y fuentes de fibra 30
Tabla 4.	Contenido de fibra dietética de alimentos seleccionados 31
Tabla 5.	Resumen de las recomendaciones actuales de ingesta de fibra en niños 44
Tabla 6.	Comparativa de las cantidades de fibra recomendadas por edad según las diferentes organizaciones 46
Tabla 7.	Criterios utilizados para definir el grupo de riesgo de síndrome metabólico 54
Tabla 8.	Características de la población de estudio a los 12 meses y 8 años 59
Tabla 9.	Ingesta de energía, macronutrientes y fibra por grupo de edad 60
Tabla 9.1.	Ingesta de energía, macronutrientes y fibra por grupo de edad y sexo 60
Tabla 10.	Ingesta de fibra por edad según la fuente 64
Tabla 10.1.	Ingesta de fibra por edad según la fuente en niños y niñas 65
Tabla 11.	Parámetros relacionados con la salud cardiometabólica a los 8 años 66
Tabla 12.	Análisis de regresión lineal sobre la asociación entre la ingesta de fibra dietética (g/1000kcal) a la edad de 8 años en los resultados de salud cardiometabólica 67
Tabla 13.	Ingesta de fibra dietética de diferentes fuentes y parámetros de salud cardiometabólica a los 8 años 69
Tabla 14.	Consumo promedio de ingesta de fibra (g/1000 Kcal) por edad entre los niños que permanecieron repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra. 71
Tabla 15.	Porcentaje de adecuación a las diferentes recomendaciones por edad y sexo 73
Tabla 16.	Parámetros relacionados con la salud cardiometabólica a los 8 años según el cumplimiento mantenido de las recomendaciones de la EFSA 78

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Anatomía parcial de una planta de trigo	13
Figura 2. Propiedades físico-químicas y fisiológicas de la fibra	22
Figura 3. Efectos intestinales y extraintestinales de los AGCC	25-26
Figura 4. Mecanismos de acción de los AGCC	27
Figura 5. Órganos diana en la función reguladora de la insulina	33
Figura 6. Efectos de las adipocinas secretadas en el tejido adiposo	35
Figura 7. Mecanismos de influencia de la obesidad sobre la enfermedad cardiovascular y la DM2	36
Figura 8. Mecanismo de regulación del sobrepeso y la obesidad	38
Figura 9. Ingesta de fibra (g/día) por grupo de edad y país	61
Figura 9.1. Ingesta de fibra (g/1000Kcal) por grupo de edad y país	62
Figura 10. Ingesta de fibra (g/d) por edad según la fuente	63
Figura 10.1. Ingesta de fibra (g/1000kcal) por edad según la fuente	63
Figura 11. Parámetros de salud cardiometabólica según el nivel de ingesta de fibra durante la infancia	70
Figura 12. Porcentaje de niños que cumple las diferentes recomendaciones a todas las edades	72
Figura 13. Porcentaje de las recomendaciones de ingesta de fibra consumido	74
Figura 14. Adecuación de la ingesta de fibra a las diferentes recomendaciones por país y edad	75-77

ÍNDICE

	Páginas
RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL	1
INTRODUCCIÓN	7
HIPÓTESIS	48
OBJETIVOS	49
MATERIAL Y MÉTODOS	50
RESULTADOS	58
DISCUSIÓN	80
CONCLUSIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	108
Anexo 1. Publicaciones derivadas de la Tesis Doctoral	
Anexo 2. Comunicaciones derivadas de la Tesis Doctoral	
Anexo 3. Premios derivados de la Tesis Doctoral	

RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

Justificación

La ingesta de fibra dietética se ha relacionado con la salud digestiva y cardiovascular en adultos, pero existen escasas evidencias de esta relación durante la infancia.

Los beneficios fisiológicos de la fibra sobre la salud provienen de sus propiedades de viscosidad y fermentabilidad. Los efectos principales derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico e hidrocabonado (al disminuir su absorción) y la sensación de saciedad. Aunque es la fermentabilidad de la fibra, en contacto con la microbiota colónica, la propiedad más importante ya que de ella derivan multitud de efectos tanto locales como sistémicos.

Los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que resultan del proceso de fermentación, están implicados en funciones beneficiosas para la salud cardiovascular y digestiva del adulto. Tienen un efecto protector de barrera intestinal, una acción antiinflamatoria tanto local como sistémica, participan en el correcto funcionamiento del sistema inmunológico intestinal, actúan como acción de defensa contra la carcinogénesis colónica, tienen un efecto prebiótico y pueden actuar sobre otros órganos por ejemplo modulando el apetito o la sensibilidad periférica a la insulina.

En adultos, se ha relacionado la ingesta inadecuada de fibra dietética en la patogénesis de enfermedades asociadas a riesgo cardiovascular como la hipercolesterolemia, la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y la obesidad, así como enfermedades gastrointestinales incluyendo el estreñimiento, el síndrome del intestino irritable, la colitis ulcerosa, la enfermedad diverticular y el cáncer colorrectal. En la actualidad, se estima que una ingesta entre 25-35 g/día de fibra dietética en adultos, puede contribuir a disminuir la prevalencia de algunas de estas enfermedades.

En niños, el efecto de la ingesta de fibra durante toda la infancia sobre la salud cardiometabólica y otros aspectos de la salud no está bien determinado, lo que hace que las recomendaciones de ingesta de fibra en pediatría actualmente se basen en una extrapolación de las recomendaciones indicadas para los adultos, desconociéndose si el consumo inferior a estas cantidades tendría algún efecto real sobre la salud a corto y largo plazo, ya que son escasos los estudios realizados en este aspecto en niños hasta la fecha.

Es necesario por tanto evaluar el efecto del consumo de fibra sobre la salud infantil para poder establecer recomendaciones de ingesta saludables en este grupo de edad, y ver si se las recomendaciones actuales son eficaces.

Objetivos

Nos propusimos analizar la ingesta de fibra dietética en niños de cinco países de Europa, desde el nacimiento hasta los 8 años de edad, para describir la ingesta en función de la edad y del país de origen, cuáles fueron las principales fuentes de fibra y valorar su relación con diferentes parámetros de salud cardiometabólica como los lípidos en sangre, la presión arterial y el metabolismo de la glucosa. Quisimos también valorar el grado de adecuación a las recomendaciones actuales de ingesta de fibra en la infancia y la relación de esta adecuación con los marcadores de salud mencionados. Por último, pretendimos sugerir una ingesta recomendada común de fibra para niños en Europa basada en los beneficios sobre la salud cardiometabólica.

Metodología

Se trata de un estudio longitudinal observacional en el que se registró la ingesta dietética mediante diarios de 3 días a los 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 12 meses y a los 2, 3, 4, 5, 6 y 8 años, en niños participantes en el Ensayo EU-CHOP Childhood Obesity Project (NCT00338689), realizado en Alemania, Bélgica, Italia, Polonia y España.

Las cantidades de alimentos registrados fueron codificadas por nutricionistas de investigación capacitados siguiendo procedimientos estandarizados y se introdujeron en un programa específico para su conversión a nutrientes. Se calculó el promedio de ingesta de energía (kcal/ día), fibra (g/ día, g/ 1000 kcal) y macronutrientes (g/ día, g/ 1000 kcal y como % del total de energía) de los 3 días. Además, se cuantificó la cantidad de fibra (g, g/ 1000 kcal) en función de su fuente alimentaria como aquella proveniente de cereales y derivados (como aproximación a la fibra insoluble), frutas y verduras (como aproximación a la fibra soluble), patatas y tubérculos (como aproximación al almidón resistente) y la de legumbres y frutos secos que contienen diferentes tipos de fibras (solubles, insolubles y almidón resistente).

Los niños se clasificaron en función del cumplimiento de las diferentes recomendaciones. La adecuación a las recomendaciones de la American Academy of Pediatrics (AAP) (0.5g/kg y la edad + 5), tal y como indica este organismo oficial, se calculó a partir de los 3 y los 2 años respectivamente. La adecuación a las recomendaciones de las ingestas dietéticas de referencia de la National Academy of Sciences (NAS) (14g de fibra total por cada 1000 kcal al día) y de la European Food Safety Authority (EFSA) (2 g/MJ o 8,4 g/1000kcal) se calculó a partir del año de vida, tal y como establecen sus documentos oficiales.

A los 8 años se analizaron las medidas de peso (kg), talla (cm), cálculo del índice de masa corporal (IMC) (kg/m²) y circunferencia de cintura (cm); la presión arterial sistólica y diastólica (mmHg) y los análisis bioquímicos (colesterol total, colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (LDL), el colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (HDL), los triglicéridos, la insulina, la glucosa y la homeostasis para resistencia a la insulina (HOMA-IR)). Estos parámetros se combinaron en una puntuación de riesgo cardiometabólico mediante la suma de sus puntuaciones z internas, de manera que, una

puntuación más alta indicaba un perfil cardiometabólico menos favorable. Esta puntuación podría comprender valores dentro de un rango de hasta ± 14 puntos.

Para definir el grupo de riesgo de síndrome metabólico se consideró tener dos o más de los factores de riesgo habituales por encima de los valores de normalidad aceptados para niños (relación cintura-talla, HOMA-IR, triglicéridos, colesterol HDL, tensión arterial sistólica y/o diastólica).

Se calculó el porcentaje de adecuación a las recomendaciones en todas las edades. Se analizó la ingesta de fibra y su adecuación a las recomendaciones en relación a los parámetros de salud cardiometabólica a los 8 años de forma transversal y longitudinal (mediante análisis de regresión lineal y modelos ANOVA respectivamente).

Se realizó un análisis de área bajo la curva para determinar qué ingesta de fibra a los 8 años (g/1000kcal) podría ser sensible y específica para determinar resistencia a la insulina, síndrome metabólico o tensión arterial elevada.

Se analizaron los factores condicionantes de la adherencia a las recomendaciones de la EFSA a los 1, 2, 3 y 8 años de vida.

La significación estadística se aceptó al nivel de $p < 0,05$.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con IBM SPSS Statistics para Windows, Versión 26.0 Released 2019.

El estudio cumplía con los requisitos éticos de la Declaración de Helsinki.

Resultados

Un total de 587 niños asistieron a la visita a la edad de 8 años (277 niños, 310 niñas). Entre ellos, 400 participantes (51,8% niñas) completaron el diario dietético de 3 días. La ingesta de fibra se mantuvo estable durante toda la infancia entre 6-8 g/1000 kcal al día.

Alemania fue el país con la ingesta de fibra más alta a la edad de 8 años. La fibra soluble fue el tipo de fibra consumida de forma prioritaria durante el primer año de vida para posteriormente igualarse a la fibra de tipo insoluble siendo ésta la prioritaria a partir de los 5 años. En los análisis transversales, los modelos de regresión lineal ajustados mostraron una asociación entre la ingesta de fibra dietética a los 8 años y la salud cardiometabólica a la misma edad, aunque no alcanzó la significación estadística, sin embargo, en el estudio longitudinal se observó que los niños que permanecieron repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra durante la infancia tenían niveles de glucosa más altos ($p = 0.04$), un HOMA-IR más alto ($p = 0.004$), una puntuación de riesgo cardiometabólico más alta ($p = 0.02$) y una tendencia hacia una presión arterial sistólica (PAS) más alta a los 8 años. Cuanto mayor fue la ingesta dietética de fibra soluble (de frutas y verduras) a los 8 años, menor fue el HOMA-IR y la puntuación de riesgo cardiometabólico ($p = 0.002$; $p = 0.03$). La presión arterial sistólica se asoció directamente con la fibra de la patata e inversamente con la fibra de los frutos secos y las legumbres.

La ingesta promedio del grupo de niños que permanecieron repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra durante la infancia fue de 6.7 g/1000 kcal al día. Una ingesta superior a ésta podría considerarse cómo favorecedora de mejores marcadores de salud cardiometabólica en la infancia.

Los análisis de curva ROC para definir un nivel de ingesta de fibra dietética óptimo a los 8 años, para mejorar los parámetros cardiometabólicos, fue infructuosa, no permitiendo establecer un nuevo nivel de corte de consumo para establecer recomendaciones de ingesta saludables.

De forma general, la mayoría de niños no cumplía con las recomendaciones actuales de ingesta de fibra de las sociedades científicas según la edad. De todas formas, no se

observó ningún efecto de la adecuación del consumo a las recomendaciones sobre la salud a los 8 años, tanto en los estudios transversales como longitudinales.

Conclusiones

Los niños que consumen constantemente menos cantidades de fibra tienen niveles de glucosa más altos, peor tolerancia a la glucosa, peores cifras de tensión arterial sistólica y una puntuación general de riesgo cardiometabólico más alto a los 8 años. Una mayor ingesta de fibra proveniente de frutas y verduras mejora los niveles de tolerancia a la glucosa y baja las puntuaciones de riesgo cardiometabólico. El consumo de fibra de legumbres y frutos secos se asocia con una tendencia a una menor presión arterial sistólica a los 8 años.

Los niños mantienen un consumo de fibra estable durante la infancia por lo que estos resultados avalan la importancia de adquirir una dieta saludable desde la niñez que incluya una dieta rica en fibra dietética de frutas, verduras, legumbres y frutos secos, debido a sus aparentes beneficios a corto y largo plazo.

No se pudo definir un valor de ingesta de fibra con efectos beneficiosos sobre la salud a los 8 años que pudiera establecerse como nueva recomendación, pero una ingesta de fibra mantenida a lo largo de los años por encima de 6.7 g/1000 kcal al día podría considerarse cómo un valor de ingesta seguro, en edades tempranas, que mejora marcadores de salud cardiometabólicos.

Un porcentaje elevado de la población infantil tiene una ingesta de fibra inferior a las ingestas adecuadas según la EFSA, pero el hecho de no alcanzar estas ingestas no implica un empeoramiento de la salud cardiometabólica en estas edades.

INTRODUCCIÓN

1. Importancia de la fibra en la dieta y la salud

En la actualidad, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer se encuentran entre las principales causas de morbilidad en países desarrollados (1). En adultos, algunos estudios ponen de manifiesto cómo seguir una dieta más saludable, puede mejorar y prevenir su aparición (2) (3).

En niños, el efecto programador de la nutrición durante la infancia es bien conocido. Las agresiones nutricionales tempranas pueden tener consecuencias a corto y largo plazo en su salud y bienestar, al modular la diferenciación de tejidos y órganos, con la posible aparición de enfermedades en la edad adulta (4) (5).

Además, los patrones dietéticos se establecen en el entorno familiar durante la niñez, entre el año y los dos años de vida (6). Durante este periodo, los niños aprenden qué, cuándo y cuánto comer a través de la observación de los comportamientos alimentarios principalmente de los padres, es decir, mediante la transmisión de la cultura y creencias, actitudes y prácticas familiares en torno a la comida y la alimentación. En consecuencia, la selección de alimentos, las preferencias alimentarias y la regulación de la ingesta de alimentos en este grupo de edad, puede ayudar a mejorar los patrones dietéticos y el estado de salud futuros, lo que hace imprescindible la actuación temprana en los programas de educación nutricional.

Por tanto, una dieta óptima durante la infancia debe ser adecuada para respaldar el crecimiento y desarrollo normales, pero también debe apuntar a reducir el riesgo de enfermedades crónicas relacionadas con la dieta durante la edad adulta.

En este sentido, la ingesta de fibra dietética se ha relacionado frecuentemente con la salud digestiva y cardiovascular de la población adulta e infantil (7) (8). Fue alrededor de los años 70, y gracias a la hipótesis del Dr. Burkitt, cuando se le atribuyó a la fibra dietética

los efectos fisiológicos y metabólicos, dentro y fuera del intestino, relacionados con la salud cardiovascular y digestiva (9). Guiado por el concepto de Clave, que sugiere “que si un grupo de enfermedades ocurren juntas en la misma población o individuo, es probable que tengan una causa común”, Burkitt relacionó la baja incidencia de enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes y afecciones del intestino grueso como cáncer, apendicitis y diverticulosis en individuos africanos con la dieta. Más tarde, ayudado por las teorías y estudios de otros investigadores importantes como Campbell, Painter, Walker y Trowell, y tras varios años de observaciones, propuso que en los países con ingresos altos, donde la ingesta de fibra dietética era menor por el mayor consumo de hidratos de carbono refinados, la incidencia de enfermedades no infecciosas relacionadas con la salud cardiovascular y digestiva era mayor (10). De este modo le otorgó a la fibra un efecto directo en el intestino, con cambios en el volumen y contenido de las heces, la flora bacteriana, el tiempo total de tránsito y las presiones intraluminales, pero también sobre el metabolismo en general.

2. Definición de fibra dietética

En la actualidad, no existe una definición de fibra dietética universalmente aceptada. Las definiciones actuales se basan en descripciones proporcionadas por organismos nacionales e internacionales para las normas alimentarias y difieren entre ellas en el origen de sus componentes, el mínimo número de carbohidratos y los beneficios sobre la salud.

El término fibra dietética fue utilizado por primera vez en 1953 por Hipsley refiriéndose a “los constituyentes no digeribles de las paredes celulares de los vegetales”. Entre 1972 y 1976, Burkitt, Trowell y Painter, adoptaron un término más amplio de fibra dietética, en base a sus investigaciones, llevando a Trowell en 1976 a proponer como definición de

fibra dietética “los restos de componentes vegetales que eran resistentes a la hidrólisis por enzimas alimentarias humanas”. Fue una descripción fisiológico-botánica relacionada con la indigestibilidad en el intestino delgado humano, siendo las paredes de las células vegetales la principal fuente de material resistente a la digestión. Posteriormente se amplió la definición de fibra dietética para incluir todos los polisacáridos vegetales no digeribles, constituidos por celulosa, hemicelulosa, lignina, gomas, celulosas modificadas, mucílagos, oligosacáridos y pectinas, y sustancias menores asociadas como ceras, cutina y suberina. La base sobre la cual se incluyeron los polisacáridos no digeribles adicionales en la definición fue que se descubrió que tenían las acciones fisiológicas que se atribuían a la fibra dietética, pero que no necesariamente podían identificarse químicamente por tener su origen en la pared celular (11).

Las definiciones basadas en la composición química surgieron posteriormente ante el interés en definir y cuantificar la fibra dietética en los alimentos con fines de etiquetado para mejorar la información nutricional sobre alimentos ricos en fibra a los consumidores. De este modo, a finales de la década de 1970, Prosky y Harland comenzaron a buscar un consenso sobre la metodología analítica más adecuada para lograr la cuantificación de la fibra dietética. Los trabajos de Asp, Furda y Schweizer se consideraron los mejores enfoques para lograr esta cuantificación. El método se adoptó como el primer método oficial de análisis para la fibra dietética total (método oficial 985.29) de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC). El éxito de dicha metodología se basaba en la simulación del comportamiento digestivo humano mediante la utilización de las enzimas digestivas necesarias y el conocimiento estricto de los pasos de la digestión (11).

Basados en la definición inicial de Trowell y con el método de cuantificación validado por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC method 985.29), científicos de todo el mundo realizaron investigaciones fisiológicas y nutricionales sobre los efectos de

la fibra dietética en la dieta y aparecieron nuevas formas de fibra. Como resultado, comenzaron a surgir preguntas sobre si la definición original seguía siendo la más relevante y si la metodología cuantitativa para la determinación de fibra dietética era completa.

En noviembre de 1998, el presidente de la American Association of Cereal Chemists (AACC) nombró un comité de revisión científica y le asignó la tarea de actualizar la definición de fibra dietética. De ello derivó una de las definiciones actuales que fue publicada como definitiva por la AACC en enero de 2001. Dentro de la definición, el comité consideró necesario aclarar la composición constituyente de la fibra dietética, reconocer que una característica principal de la fibra dietética es la resistencia a la digestión y absorción en el intestino delgado, así como la fermentación en el intestino grueso y de este modo atribuirle impactos fisiológicos clave demostrados en los últimos 30 años de investigación.

Esta definición fue reconocida por el Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes of the Institute of Medicine of the National Academies (12) junto a la del Codex Alimentarius Guidelines on Nutrition Labelling (FAO/WHO, 1995) por ser definiciones que englobaban las propiedades físico-químicas de la fibra y los efectos fisiológicos sobre la salud.

En este sentido, las definiciones más recientes utilizadas en nuestro ámbito, mantienen estos criterios en su definición y siguen un acuerdo general. De esta forma sostienen que la fibra dietética está compuesta por polímeros de carbohidratos con tres o más unidades monoméricas (MU) que no se digieren ni absorben en el intestino delgado humano e incluyen:

- 1. NSP (polisacáridos sin almidón)** de frutas, hortalizas, cereales y tubérculos, ya sean intrínsecos o extraídos, modificados química, física y / o enzimáticamente o sintéticos (MU \geq 10).
- 2. Oligosacáridos resistentes (no digeribles) (OR)** (MU 3–9).
- 3. Almidón resistente (RS)** (MU \geq 10).

Cuando se extrae, química, física y/o enzimáticamente, modificada o sintética, se debe demostrar evidencia científica generalmente aceptada de beneficios para la salud para considerar el polímero como fibra dietética. La mayoría de las definiciones también incluyen "sustancias asociadas", que no son carbohidratos como la lignina y sustancias que están presentes en las paredes celulares ligadas a polisacáridos y cuantificadas como fibra dietética mediante los métodos analíticos aceptados.

De manera resumida se muestra a continuación las principales definiciones utilizadas en nuestro medio junto a los componentes incluidos en la definición y las MU que utilizan para calificar como fibra dietética (7).

Tabla 1. Principales definiciones utilizadas en la actualidad.

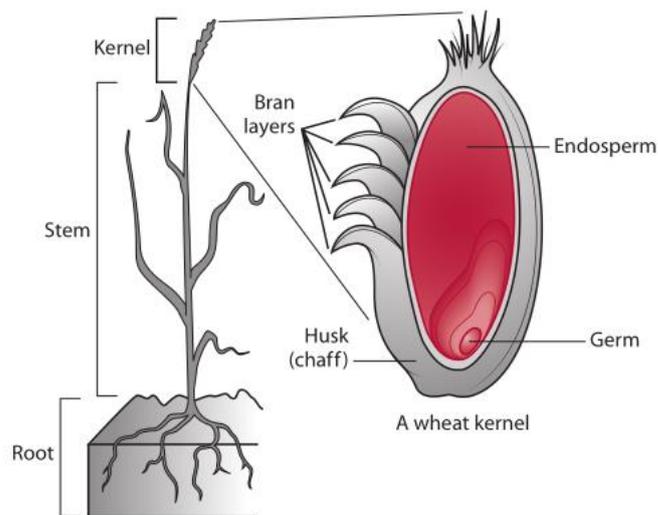
Organización	Definición	Componentes incluidos MU
<i>American Association of Cereal Chemists (AACC)</i> (13)	“las partes comestibles de plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. Incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas. Las fibras dietéticas promueven efectos fisiológicos beneficiosos como el laxante y/o atenúan los niveles de colesterol y/o glucosa en sangre”	DF = NSP + RS + RO + lignina y otros componentes menores (cuando están asociados a polisacáridos de plantas DF). MU \geq 3
<i>Institute of Medicine (USA)</i> (14)	“Fibra dietética: carbohidratos no digeribles y lignina que son intrínsecos e intactos en las plantas. Fibra agregada: carbohidratos aislados no digeribles que tienen efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos. Fibra total: la suma de la fibra dietética y la fibra añadida ". En el documento se indica que los efectos fisiológicos beneficiosos que se esperan de la fibra añadida son: atenuación de las concentraciones de glucosa en sangre posprandial, atenuación de las concentraciones de colesterol en sangre y/o mejor laxación.	DF = NDC (intrínseco e intacto de plantas) + lignina (cuando está asociado a polisacáridos DF de plantas) = NSP + RS + RO (intrínseco e intacto de plantas) + lignina (cuando se asocia a polisacáridos de plantas DF). MU \geq 3
<i>European Food Safety Agency (EFSA)</i> (15)	"carbohidratos no digeribles más lignina". El Panel de la EFSA considera que los principales tipos de DF son: NSP (celulosa, hemicelulosas, pectinas, hidrocoloides, es decir, gomas, mucílagos, β -glucanos), RO (fructooligosacáridos (FOS), galacto-oligosacáridos (GOS), otros oligosacáridos resistentes), RS (almidón encerrado físicamente, algunos tipos de gránulos de almidón crudo, amilosa retrogradada, almidones modificados química y/o físicamente) y lignina asociada con los oligosacáridos de fibra dietética	DF = NSP + RS + RO + lignina (cuando se asocia a polisacáridos DF) MU \geq 3
<i>Codex Alimentarius</i> (16)	“polímeros de carbohidratos ^a con diez o más unidades monoméricas ^b , que no son hidrolizados por las enzimas endógenas en el intestino delgado de los seres humanos y pertenecen a las siguientes categorías: - Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos tal como se consumen. - Polímeros de carbohidratos que se han obtenido a partir de materias primas alimentarias por medios físicos, enzimáticos o químicos, y que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud. - Polímeros de carbohidratos sintéticos que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud ". a. “Cuando se deriva de un origen vegetal, la fibra dietética puede incluir fracciones de lignina y/u otros compuestos asociados con polisacáridos en las paredes celulares de las plantas. Estos compuestos también pueden medirse mediante ciertos métodos analíticos para la fibra dietética. Sin embargo, dichos compuestos no se incluyen en la definición de fibra dietética si se extraen y reintroducen en un alimento. b. La decisión de incluir carbohidratos de 3 a 9 unidades monoméricas debe dejarse en manos de las autoridades nacionales ”.	DF = NSP + RS + RO (cuando MU es 3–10 se incluye en la definición) + lignina y otros compuestos (cuando están asociados con polisacáridos en la pared celular vegetal) MU \geq 10 (definición general) MU \geq 3 (con aprobación local)

MU, unidades monoméricas; DF, fibra dietética; NSP, polisacáridos no almidón; RS, almidón resistente; RO, oligosacáridos resistentes; NDC, carbohidratos no digeribles.

3. Componentes de la fibra dietética, tipos y fuentes

La fibra dietética se encuentra principalmente en los alimentos vegetales. La figura 1 muestra la anatomía de una planta de trigo como ejemplo de fuente de fibra dietética. El endospermo de la planta contiene principalmente almidón junto a pequeñas cantidades de fibra (principalmente celulosa, hemicelulosa y almidón resistente). La capa germinal es rica principalmente en algunas vitaminas, minerales y ácidos grasos esenciales, pero también contiene pequeñas cantidades de fibra (principalmente celulosa, lignina y fructanos).

Figura 1. Anatomía parcial de una planta de trigo.



Tomado de Grooper et al., 2018 (17).

La capa externa de salvado de los cereales consta de paredes celulares primarias y secundarias. Estas paredes son ricas en fibra y contienen hebras de celulosa dispuestas dentro de una matriz de otras fibras, especialmente hemicelulosa y pectinas, pero también cantidades menores de fructanos, almidón resistente y b-glucanos. Otras sustancias como la suberina (que consta de varios compuestos fenólicos, alcoholes de cadena larga y

ésteres poliméricos de ácidos grasos), cutina (también hecha de ésteres poliméricos de ácidos grasos que se secretan en la superficie de la planta) y ceras (complejo hidrófobo, compuestos de hidrocarburos que recubren las superficies externas de la planta) también son componentes de la pared celular, pero no contribuyen al contenido de fibra. También se pueden encontrar fibras adicionales dentro de las plantas, pero estas varían según la especie de la planta, la parte de la planta (hoja, raíz o tallo) y la madurez de la planta (17).

La fibra dietética puede ser clasificada según su estructura química, según sus principales fuentes en los alimentos, así como sus propiedades fisicoquímicas, como la solubilidad en agua y la viscosidad, y las propiedades fisiológicas, como la fermentabilidad.

3.1. Clasificación según su estructura química

Desde el punto de vista de su estructura química, la fibra dietética se clasifica en (7):

- 1. Polisacáridos sin almidón (NSP):** celulosa, hemicelulosas, mananos y heteromananos, pectinas, hidrocoloides (es decir, gomas, mucílagos, glucanos), inulina y fructanos.
- 2. Oligosacáridos resistentes:** fructooligosacáridos (FOS), galactooligosacáridos (GOS), otros oligosacáridos resistentes, galactosides, dextrinas resistentes y polidextrosa.
- 3. Almidón resistente:** consiste en almidón físicamente inaccesible para la digestión debido a su ubicación dentro de una sección de la estructura de la planta (RS1), almidón que resiste a la digestión por su empaquetado dentro de los gránulos de los alimentos debido a la estructura lineal de la amilosa (RS2), amilosa retrogradada que se forma con la cocción con calor húmedo y luego enfriamiento dando lugar a almidón gelatinizado (RS3), almidones modificados química y/o

físicamente con formación de ésteres de almidón o almidones reticulados, que retardan la capacidad del almidón para hincharse durante la cocción y, por lo tanto, lo mantienen en una forma más granular que resiste la digestión (RS4).

4. Sustancias asociadas no carbohidratos: lignina, ceras y quitinas.

3.2. Clasificación según la fuente

De forma general, las fuentes de fibra dietética des de la infancia a la edad adulta son la leche materna, las frutas, las verduras, los frutos secos, las legumbres, el pescado, los aceites vegetales, las semillas, el yogur y los cereales integrales (14).

Los cereales integrales y los productos a base de granos proporcionan celulosa, hemicelulosa, lignina, algunas gomas, b-glucanos, algunos galactooligosacáridos (principalmente rafinosa y estaquiosa) y algunos fructanos. Los cereales, el centeno y la cebada suelen contener más fibra que otros cereales. Las frutas y verduras proporcionan cantidades casi iguales de celulosa y pectina, así como algo de hemicelulosa y, en frutas seleccionadas, algunos fructanos y cantidades menores de otras fibras. Las legumbres también son ricas en fibra, contienen celulosa, hemicelulosa, pectinas, gomas, galactooligosacáridos y almidones resistentes, entre otros (17).

Es habitual que los distintos tipos de alimentos contengan varios tipos de fibra, aunque algunos tipos de fibra dietética no están presentes en todas las categorías de alimentos. Tal es el caso del almidón resistente, que claramente solo está presente en alimentos con almidón (cereales, tubérculos, frutos no maduros (principalmente en el plátano verde)), los β -glucanos que están mayoritariamente presentes en algunos cereales y legumbres, y sustancias pécticas que están presentes principalmente en frutas y algunas verduras.

En la siguiente tabla se expone un resumen de los principales componentes de la fibra y sus fuentes (17).

Tabla 2. Principales componentes de la fibra y sus fuentes.

Tipo de fibra	Algunas fuentes de alimentos
<i>Celulosa</i>	Todos los alimentos vegetales, especialmente el salvado de trigo, legumbres, nueces, guisantes, hortalizas de raíz (como zanahorias), hortalizas de la familia de la col, apio, brócoli, semillas y manzanas
<i>Hemicelulosa</i>	Granos integrales, especialmente salvado, nueces y legumbres
<i>Pectinas</i>	Frutas cítricas, fresas, manzanas, frambuesas, legumbres, nueces, algunas verduras (como zanahorias) y productos de avena
<i>Fructanos</i>	Achicoria, espárragos, cebolla, ajo, alcachofa, tomate, plátanos, centeno y cebada
<i>Gomas</i>	Avena, cebada y legumbres
<i>β-glucanos</i>	Productos de avena y cebada
<i>FOS y GOS</i>	LM, cebolla, alcachofa, tomate y remolacha
<i>Almidón resistente</i>	RS 1: granos y semillas parcialmente molidos; RS 2: plátano verde, legumbres, patata cruda y maíz con alto contenido de amilosa; RS 3: arroz, pasta, patata cocida en frío y maíz con alto contenido de amilosa
<i>Lignina</i>	Granos integrales, especialmente salvado de trigo, raíces maduras verduras (como zanahorias), frutas con semillas comestibles (como fresas) y brócoli (especialmente el tallo)
<i>Quitina</i>	Conchas de cangrejo, camarones y langosta

Adaptada de Grooper et al., 2018 (17).

3.3. Clasificación según sus propiedades

Por último, clásicamente y de forma práctica, se ha clasificado la fibra dietética en base a sus propiedades fisico-químicas y fisiológicas según su solubilidad, viscosidad y fermentabilidad. En la actualidad, hay pocas publicaciones que utilicen la clasificación

basada en la solubilidad debido a que ésta depende del método de análisis empleado y no siempre predice los efectos fisiológicos sobre la salud. Por otro lado, debemos tener en cuenta que estas características no están disponibles para todos los tipos y fuentes de fibra y los alimentos que ingerimos contienen una mezcla de fibra dietética, por lo que, los efectos descritos asociados a dichas propiedades son variables y complejos (15). De todas formas, la clasificación basada en las propiedades físico-químicas y fisiológicas, sigue siendo práctica y de utilidad para entender el mecanismo de acción fisiopatológico de la fibra dietética sobre el intestino y su efecto sobre la salud cardiovascular y digestiva (18).

De forma general, se admite lo siguiente:

- a. La solubilidad de los polisacáridos sin almidón (NSP) depende del número de MU (unidades monoméricas), su composición y de los vínculos que están involucrados en el polímero.
 - i. Cuando son solubles (como la goma guar de alto peso molecular o los β -glucanos, ciertas pectinas o psyllium) también son viscosos y formadores de gel.
 - ii. La celulosa o los arabinoxilanos y los salvados son en gran parte insolubles y poco fermentables.
- b. Los oligosacáridos resistentes (RO) son en su mayoría solubles (pero no viscosos) y muy fermentables en el colon.
- c. Los almidones resistentes (RS) y las "sustancias asociadas" son en su mayoría insolubles en agua, pero fermentables en el colon.

3.3.1. Solubilidad en agua

La solubilidad de la fibra dietética es una propiedad basada en la capacidad de disolverse en agua caliente.

De forma general, se acepta que las fibras solubles retrasan el vaciado gástrico, aumentan el tiempo de tránsito intestinal y disminuyen la absorción de nutrientes. Estos efectos, a su vez, impactan positivamente en las concentraciones de glucosa y lípidos en sangre. En contraste, las fibras insolubles aceleran el tiempo de tránsito intestinal y aumentan el peso fecal (al aumentar el volumen fecal) para impactar positivamente en la laxación (18) (19). Sin embargo, aunque en la actualidad se sigue clasificando la fibra dietética en soluble e insoluble desde un punto de vista práctico en dietética, se sabe que no todas las fibras solubles alteran la absorción de nutrientes y que las fibras insolubles tienen efectos variados sobre el peso fecal, por lo que es más correcto atribuir dichas propiedades a la viscosidad y la formación de gel. Dichas propiedades, solubilidad y viscosidad, se mencionaban antiguamente sin distinción mezclando las diferentes propiedades.

Las fibras solubles en agua de cadena más corta incluyen tanto fructooligosacáridos como galactooligosacáridos. Las fibras solubles en agua de cadena más larga incluyen pectinas, gomas (principalmente guar), inulina y almidones resistentes, así como la dextrina de trigo resistente. Las fibras que son intermediasmente solubles incluyen psyllium, β -glucanos y algunas hemicelulosas y pectinas. Los alimentos típicamente ricos en fibras solubles en agua incluyen legumbres, avena, cebada, centeno, chía, semillas de lino, la mayoría de las frutas (especialmente bayas, plátanos, manzanas, peras, ciruelas y ciruelas pasas), algunas verduras (zanahorias, brócoli, alcachofas, y cebollas), y pastas, arroz y patatas cocidas y enfriadas (17).

Las fibras insolubles incluyen principalmente celulosa, lignina y algunas hemicelulosas y, en menor grado, algunas pectinas, algunos almidones resistentes, quitosano y quitina.

Ejemplos de alimentos ricos en fibra insoluble incluyen productos integrales, salvado, legumbres, nueces, semillas, algunas verduras (como coliflor, calabacín, apio y judías verdes) y algunas frutas. Generalmente, las verduras y la mayoría de los productos a base de cereales contienen más fibras insolubles que fibras solubles. Las frutas tienden a tener más fibras solubles, que se encuentran en la pulpa y la piel de la fruta; la piel de la fruta, sin embargo, también proporciona algunas fibras insolubles (17).

3.3.2. Viscosidad

La viscosidad está relacionada con la capacidad de la fibra para unir o retener agua (como si se tratara de una esponja que forma un retículo) y para formar un gel dentro del tracto digestivo. La mayoría de las fibras son fuertemente hidrófilas con capacidad de retención de agua influenciada por la estructura química, el tamaño de las partículas, el pH y la concentración de electrolitos. Pero, aunque la mayoría de las fibras retienen agua hasta cierto punto, no todas las fibras forman un gel viscoso cuando interactúan con los fluidos dentro del tracto digestivo.

Las fibras viscosas formadoras de gel incluyen principalmente pectinas, b-glucanos, mucílagos (p. Ej., Psyllium) y gomas (principalmente goma guar). Estas fibras, al absorber en algunos casos hasta varias veces su peso en agua, producen una masa viscosa y gelatinosa dentro del tracto digestivo (17).

Las propiedades de viscosidad de la fibra, junto a la fermentabilidad, son las que más se asocian con los beneficios para la salud.

La ingestión de alimentos ricos en estas fibras viscosas y formadoras de gel se asocia con (18) (20) (21):

- a. Aumento de la distensión gástrica, retraso del vaciamiento gástrico y mayor tiempo de tránsito intestinal, que ralentiza el proceso digestivo y puede aumentar la saciedad (sensación de plenitud).
- b. Digestión reducida de nutrientes ya que el gel viscoso atrapa nutrientes (especialmente glucosa y lípidos) e interfiere con su capacidad para interactuar con las enzimas digestivas.
- c. Reducción de la formación de micelas ya que el gel viscoso atrapa la bilis (necesaria para la formación de micelas) y reduce la absorción de lípidos y la recirculación enterohepática de la bilis.
- d. Disminución del movimiento convectivo de nutrientes (especialmente aminoácidos y ácidos grasos) dentro de la luz intestinal. Las corrientes convectivas, inducidas por movimientos peristálticos, llevan nutrientes desde la luz hasta la membrana del borde en cepillo de las células intestinales para su absorción.
- e. Disminución de las tasas de difusión de nutrientes (especialmente glucosa y lípidos) a través de una capa de agua espesa y sin agitar que se ha vuelto viscosa y más “resistente” al movimiento de nutrientes (necesaria para la absorción).

Es a través de estas diversas acciones que las fibras viscosas formadoras de gel reducen la absorción de glucosa y lípidos como el colesterol. La disminución en la absorción de glucosa da lugar a una respuesta glucémica atenuada, aumento más lento de la glucosa en sangre y reducción de la secreción de insulina. Además, los ácidos biliares quedan atrapados dentro del gel viscoso para limitar la formación de micelas que se necesitan

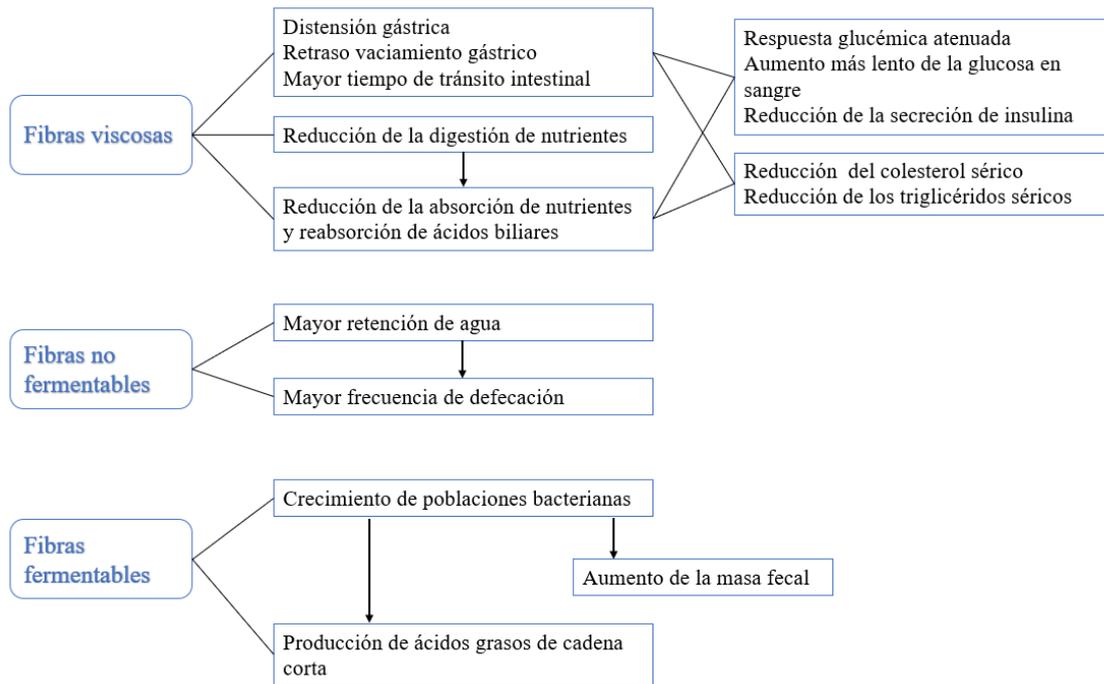
para la absorción de grasas; esto contribuye además a los efectos favorables sobre los lípidos sanguíneos. Otros efectos de la formación de gel sobre los nutrientes, como la biodisponibilidad de los carotenoides, varían con la matriz del alimento y la fibra.

3.3.3. Fermentabilidad

La fibra dietética llega al colon de forma inalterada, sin ser digerida por las enzimas digestivas. Allí, las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas de gran actividad metabólica, fermentan esta masa no digerida en mayor o menor medida dependiendo de su composición química y su estructura. La fermentación de fibras ocurre principalmente en el colon proximal, es decir, en el ciego y en la región ascendente del colon, y disminuye a medida que la masa no digerida se mueve a través de las secciones transversal y descendente del colon.

Durante el proceso de fermentación de la fibra por las bacterias del colon, se genera gran cantidad de energía, que es aprovechada por las mismas bacterias potenciando la proliferación de determinadas poblaciones bacterianas, así como la formación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), constituidos principalmente por acetato, propionato y butirato, con importantes efectos necesarios para el buen funcionamiento intestinal y extraintestinal, fundamentalmente de tipo metabólico (18) (22) (21).

Figura 2. Propiedades físico-químicas y fisiológicas de la fibra.



Modificada de Grooper et al., 2018 (17).

El butirato es la fuente de energía preferida por los colonocitos y se consume localmente, mientras que otros AGCC absorbidos drenan en la vena portal. El propionato se metaboliza en el hígado y, por lo tanto, solo está presente en baja concentración en la periferia, dejando al acetato como el AGCC más abundante en la circulación periférica. A pesar de la baja concentración en la periferia, el propionato y el butirato afectan indirectamente a los órganos periféricos mediante la activación de los sistemas hormonal y nervioso (23).

A continuación, se mencionan los efectos fisiológicos de los AGCC tanto intestinales como extraintestinales que dan lugar a diferentes efectos sobre la salud cardiovascular y digestiva.

Efectos derivados del propio crecimiento bacteriano

- a. Contribuir de forma significativa al aumento de masa en la luz intestinal. Si bien las fibras fermentables no contribuyen sustancialmente al volumen fecal (como lo hacen las fibras no fermentables), aumentan la masa de bacterias fecales lo que atrae agua para mejorar el tamaño de las heces (21) (24).
- b. Incrementar la actividad metabólica bacteriana, lo que favorece la utilización de compuestos potencialmente tóxicos, como derivados tiólicos, fenólicos o del ion amonio, reduciendo en consecuencia sus niveles lumbales (18) (17).
- c. Efecto prebiótico. Algunos tipos de fibra (como los fructanos y los GOS), son fermentados por determinados tipos de bacterias de la microbiota colónica (principalmente bifidobacterias y lactobacilos), promoviendo su expansión de forma selectiva y desempeñando un papel fundamental en el mantenimiento de la homeostasis intestinal (25).

Efectos derivados de la producción de AGCC

- a. Regulación del ciclo celular de los colonocitos e integridad de la mucosa colónica. Los AGCC (especialmente el butirato) son la principal fuente de energía para los colonocitos, participando en su crecimiento y también en su diferenciación y maduración, inhibiendo así el desarrollo hacia células tumorales. Este efecto podría estar provocado en parte por el papel inhibitor, principalmente del butirato, sobre las histonas desacetilasas (HDAC) lo que les confiere una acción antiinflamatoria e inmunosupresora (26) (21).
- b. Sustrato energético. Después de la absorción, los AGCC se absorben directamente en la vena porta de camino al hígado, donde pueden usarse como fuente de energía al incorporarse a moléculas endógenas (es decir, colesterol, ácidos grasos y

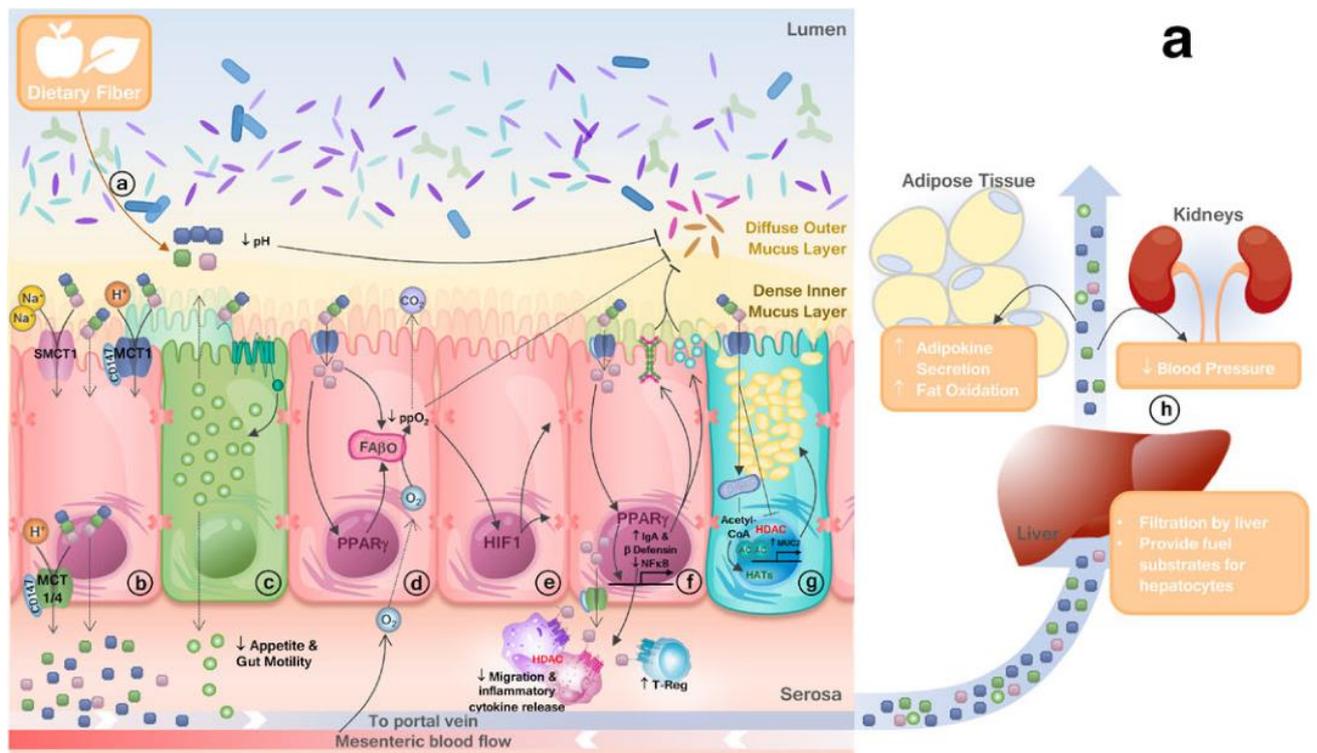
glucosa). El ácido propiónico, es metabolizado en el hígado, actuando como precursor de la gluconeogénesis y la lipogénesis. El ácido acético, puede ser metabolizado en tejidos periféricos para obtener energía, o en el hígado para la síntesis de ácidos grasos de cadena larga o de cuerpos cetónicos (21).

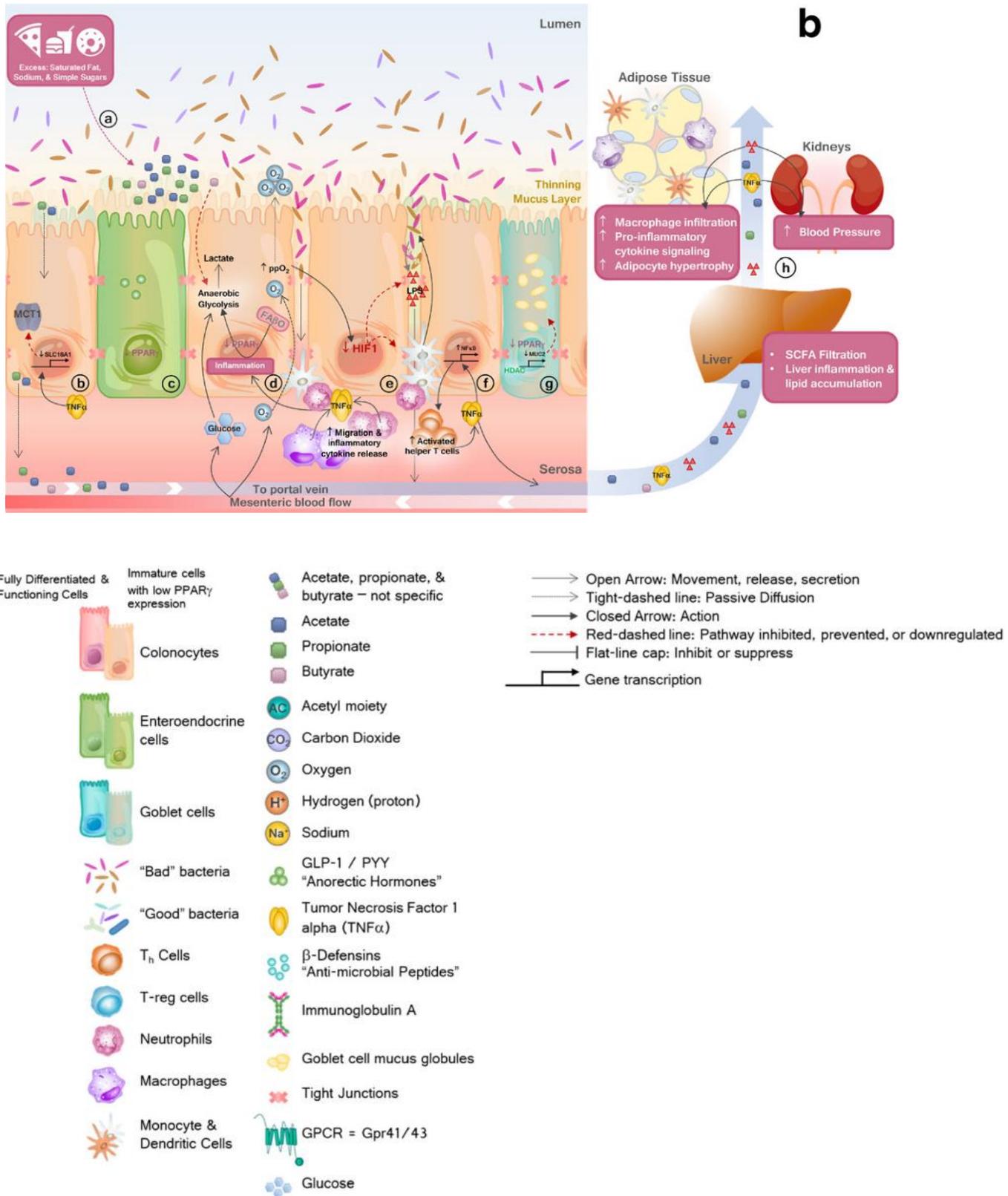
- c. Protección contra la infiltración y colonización de bacterias patógenas. Los mecanismos que explican dicha protección están relacionados con la reducción del pH luminal secundaria al propio proceso de fermentación, así como la producción de moco, la reducción de la inflamación local y el aumento de los anclajes entre los colonocitos, secundarios al efecto de los AGCC, principalmente el butirato. El butirato controla la producción de moco en la mucosa colónica mediante la regulación epigenética de la expresión de mucina (Muc2) actuando sobre la actividad de la histona acetiltransferasa (HAT). Dicha producción de moco, que reviste la membrana apical de los colonocitos, protege al intestino de la infiltración y la exposición tanto a patógenos como a bacterias comensales. El butirato y, en menor medida, el propionato y el acetato, se unen dentro del colonocito a la proteína PPAR γ que es imprescindible en la β -oxidación mitocondrial de los AGCC. Su metabolismo reduce el oxígeno existente provocando una situación de hipoxia fisiológica lo que ayuda a estabilizar el factor 1 inducible por hipoxia (HIF1) que a su vez regula la expresión de genes críticos para la función de barrera intestinal, como la ocludina, la zónula ocludens y las moléculas de adhesión de la unión. De esta manera, contribuye a preservar la función de barrera del intestino al facilitar la integridad de las “tight junctions” intercelulares de los colonocitos. La activación de la proteína PPAR γ da lugar por otra parte a reducir la producción de citocinas proinflamatorias, a través de la

inhibición de la vía del factor nuclear κB , al aumento de IgA y beta-defensina, con efecto antiinflamatorio local (26).

- d. Efecto extra intestinal. Los AGCC actúan como un órgano endocrino con efectos diversos y clínicamente significativos sobre la salud del huésped (26). Los AGCC se unen a receptores acoplados a proteína G (GPCR), siendo los FFAR2 y FFAR3 los más conocidos, que se expresan ampliamente en muchos tipos de células y tejidos tanto intestinales como extraintestinales, actuando así como potentes moléculas de señalización neuro-hormonal en diferentes órganos modulando su fisiología (27).

Figura 3. Efectos intestinales y extraintestinales de los AGCC.

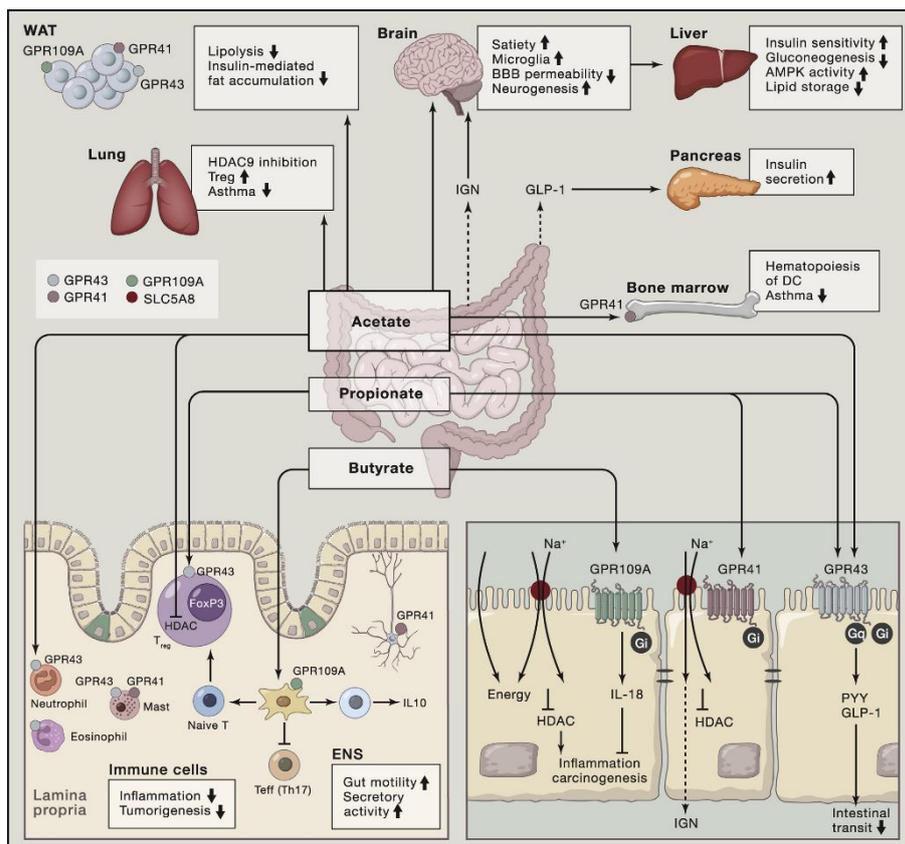




Tomado de Overby & Ferguson, 2021 (26).

El mecanismo a través del cual estas moléculas enviarían señales a otros órganos, como el cerebro, el hígado, el tejido adiposo, riñones, corazón o páncreas, provocando efectos metabólicos beneficiosos sobre la salud como la obesidad, la tensión arterial, la hipercolesterolemia o la diabetes mellitus no es conocido en todos los casos y se tratará de forma específica en los siguientes apartados (23). Aunque si se conoce el efecto antiinflamatorio sistémico en diferentes órganos (como el tejido adiposo) de los AGCC al mejorar la activación de las células T reguladoras y suprimir la migración, activación y liberación de mediadores proinflamatorios de las células inmunitarias residentes mediante la inhibición de la histona desacetilasa (HDAC) y la señalización de GPCR.

Figura 4. Mecanismos de acción de los AGCC.



Tomado de Koh et al., 2016 (23).

A modo de resumen, los AGCC (butirato, acetato y propionato) representan no solo una forma de recuperar energía, sino que están implicados en otras funciones beneficiosas para la salud cardiovascular y digestiva del adulto. Tienen un efecto protector de barrera intestinal, una acción antiinflamatoria tanto local como sistémica, participan en el correcto funcionamiento del sistema inmunológico intestinal, actúan como acción de defensa contra la carcinogénesis colónica, tienen un efecto prebiótico y pueden actuar sobre otros órganos por ejemplo modulando el apetito o la sensibilidad periférica a la insulina (25) (22) (26) (21) (17) (23) (18).

La fermentación de la fibra, por tanto, contribuye a mantener en equilibrio la microflora intestinal lo que permite al mismo tiempo que se produzcan los efectos relacionados sobre la salud cardiovascular y digestiva. Este equilibrio parece tener una alta importancia desde etapas muy precoces de la vida, no solo para la salud del lactante, sino también para el establecimiento de la flora del adulto pudiendo llegar a tener consecuencias sobre la salud. En el recién nacido, la flora intestinal se desarrolla desde las primeras horas de vida, siendo el nacimiento y el destete, los dos momentos más críticos para la colonización del lactante. Factores genéticos y ambientales, la edad gestacional, el tipo de parto (vaginal o cesárea), la forma de alimentación durante los primeros meses de vida (materna o fórmula) y la introducción de alimentación complementaria van a influir en la colonización de su intestino hasta parecerse a la del adulto aproximadamente hacia los 12 meses cuando se mantiene en relativo equilibrio en el individuo sano hasta edades avanzadas (18).

En este sentido parece razonable pensar que los estadios iniciales de la colonización digestiva son importantes e influenciados por el tipo de dieta lo que debería ser considerado al establecer las recomendaciones de ingesta de fibra en niños.

Des de un punto de vista de nutrición y salud sería de gran utilidad proponer una clasificación de los distintos tipos de fibra dietética de acuerdo con sus principales características de: (1) viscosidad en solución y/o en el tracto digestivo; (2) fermentabilidad en el colon (posiblemente incluyendo el patrón de fermentación: tasa de fermentación y perfil de AGCC); y (3) efecto de volumen en el colon. Sin embargo, los datos sobre todas estas características aún no están disponibles para muchos tipos y fuentes de fibra dietética. En la práctica, se asume que las fibras no fermentables son principalmente las insolubles y las fermentables las solubles o viscosas (24).

En la siguiente tabla se resume las propiedades físico-químicas y fisiológicas de los principales tipos y fuentes de fibra habitual en la alimentación.

Tabla 3. Propiedades físico-químicas y fisiológicas de los principales tipos y fuentes de fibra.

Tipo de fibra	Fuente	Solubilidad	Viscosidad	Fermentabilidad	
<i>Polisacáridos sin almidón (NSP) (MU_{≥10})</i>	Celulosa	Cereales integrales. Legumbres	-	-	-
	Hemicelulosa	Cereales integrales, nueces, legumbres y algunas verduras y frutas	+/-	+/-	+/-
	Pectinas	Frutas, verduras, legumbres y nueces	+++	+++	+++
	β-glucanos	Avena y cebada	+++	+++	+++
	Fructanos	Achicoria, espárragos, cebolla, ajo, alcachofa, tomate, plátanos, centeno y cebada	++	-	++
<i>Oligosacáridos resistentes (RO)</i>	FOS y GOS	LM, cebolla, alcachofa, tomate y remolacha	+++	-	+++
<i>Almidón resistente (RS)</i>	RS1	Granos y semillas parcialmente molidos	-	-	++
	RS2	Plátano verde, legumbres, patata cruda y maíz	-	-	++
	RS3	arroz, pasta, patata cocida en frío y maíz	-	-	++
<i>Sustancias asociadas</i>	Ligninas	Trigo, centeno, zanahoria	-	-	-
	Quitinas	Conchas de cangrejo, camarones y langosta	-	-	-

Modificada de Stephen et al., 2017 (7).

Actualmente, se siguen utilizando tablas clasificatorias según la solubilidad de la fibra para uso dietético, como la que se muestra a continuación.

Tabla 4. Contenido de fibra dietética de alimentos seleccionados.

Grupo alimentos	Fibra soluble (g / 100 g)	Fibra insoluble (g / 100 g)	Total	Grupo alimentos	Fibra soluble (g / 100 g)	Fibra insoluble (g / 100 g)	Total
Frutas crudas				Verduras cocidas			
Manzana con piel	0.70	2.00	2.70	Espárragos			2.0
Plátano	0.58	1.21	1.79	Brócoli	1.85	2.81	4.66
Uvas	0.24	0.36	0.60	Zanahoria	1.58	2.29	3.87
Mango	0.69	1.08	1.76	Coliflor	0.70	3.50	4.20
Naranja	1.37	0.99	2.35	Maíz			2.0
Melocotón con piel	1.31	1.54	2.85	Lechuga cruda			1.3
Pera con piel	0.92	2.25	3.16	Patata con piel	0.61	1.70	2.31
Piña	0.04	1.42	1.46	Patata sin piel	2.05	1.06	2.05
Ciruuela con piel	1.12	1.76	2.88	Champiñones			2.4
Fresa	0.60	1.70	2.30	Apio	0.1	1.7	1.8
Sandía	0.13	0.27	0.40	Tomate	0.4	1.1	1.5
Legumbres				Judía verde	0.9	1.3	2.2
Garbanzos	1.5	4.5	6	Cereales			
Lentejas	1.5	2.2	3.7	Arroz blanco			0.3
Judía blanca	3.7	4.2	7.9	Arroz integral			1.8
Judía negra			8.7	Pan blanco			2.4
Guisantes	1.2	2.3	4.5	Pan integral			6.8
Frutos secos				Cuscús			2.8
Almendras			12.3	Galletas trigo			10.6
Anacardos			3.2	Cheerios®			10
Cacahuetes			8.1	All Bran®			29.3
Nueces			6.7	Corn Flakes®			2.5

Se proporciona el contenido de fibra soluble e insoluble cuando está disponible. Adaptada de Grooper et al., 2018 (17).

4. Efectos sobre la salud cardiovascular y digestiva

En adultos se ha relacionado la ingesta inadecuada de fibra dietética en la patogénesis de enfermedades asociadas a riesgo cardiovascular como la hipercolesterolemia, la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y la obesidad, así como enfermedades gastrointestinales incluyendo el estreñimiento, el síndrome del intestino irritable, la colitis ulcerosa, la enfermedad diverticular y el cáncer colon rectal (28) (29) (7) (30) (31) (32) (33) (34) (35) (36).

Como se comentaba en apartados anteriores, se conoce bien en la edad adulta la fisiopatología que explica el efecto de la fibra dietética sobre la salud, siendo sus propiedades relacionadas con la fermentabilidad y viscosidad, la base de sus beneficios fisiológicos tanto locales como sistémicos (23).

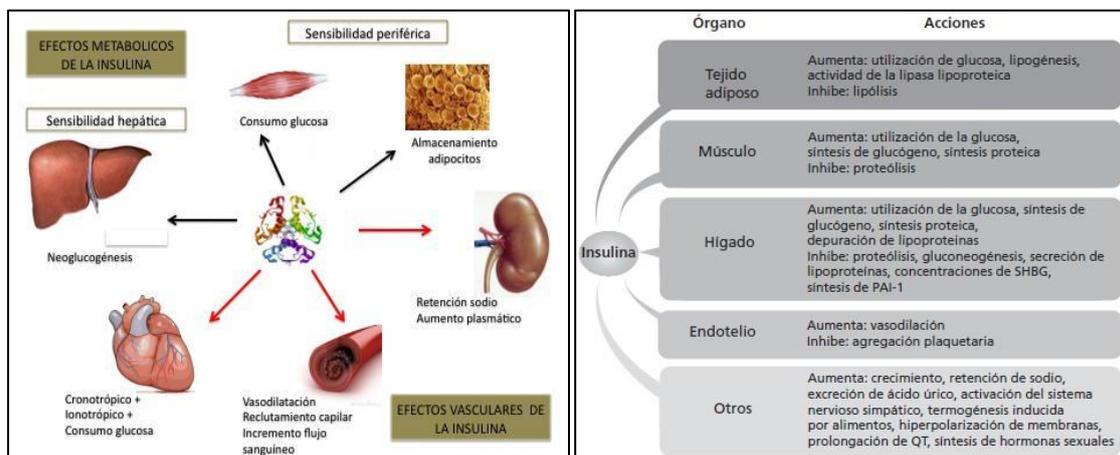
A continuación, se desarrolla la evidencia actual de los beneficios de la fibra dietética sobre las diferentes enfermedades cardiovasculares y digestivas mediante los mecanismos fisiopatológicos específicos que lo explican. Aunque primero se menciona la base fisiopatológica de la resistencia a la insulina y su relación con la obesidad, ya que es parte importante del efecto de la fibra en mejorar la salud cardiovascular.

Resistencia a la insulina

La resistencia a la insulina se considera uno de los factores centrales en la etiopatogenia del síndrome metabólico definido como la presencia de obesidad de distribución central, dislipemia (disminución del colesterol HDL y elevación de los triglicéridos), hipertensión arterial e hiperglucemia, todos ellos predictores de enfermedad cardiovascular y diabetes mellitus tipo 2 (DM2) (37).

La insulina es secretada por las células β de los islotes pancreáticos de Langerhans en respuesta a la glucosa y los aminoácidos consumidos durante una comida. Se trata de una hormona reguladora central en el mantenimiento de la homeostasis de la glucosa, pero también participa en el metabolismo de los lípidos, en los procesos anabólicos, incluido el crecimiento y desarrollo de los tejidos, así como sobre el endotelio vascular y el sistema nervioso simpático. En una persona sana, la insulina mantiene los niveles de glucosa dentro de límites muy estrechos en la sangre mediante la regulación de la producción por el hígado, el músculo y el tejido adiposo, así como la captación por los tejidos periféricos. Además del control de la glucosa en sangre, la insulina también ejerce un fuerte control sobre el metabolismo de los lípidos al estimular la síntesis de lípidos en el hígado y las células grasas y al atenuar la lipólisis, es decir, la descomposición de los triglicéridos en ácidos grasos en el tejido adiposo.

Figura 5. Órganos diana en la función reguladora de la insulina.



Tomado de Erice Muñoz, 2015 (38).

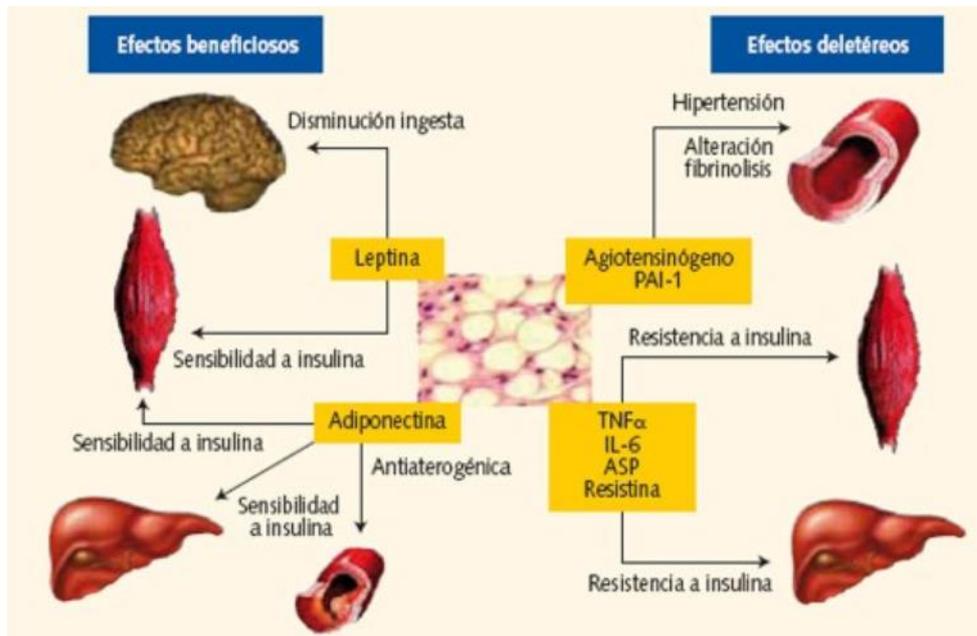
En la resistencia a la insulina, se produce un aumento en la secreción de insulina por el páncreas, en un intento de compensar los defectos en la acción de la insulina periférica. Este hiperinsulinismo compensa inicialmente la resistencia a la insulina para mantener la

los niveles de glucosa en sangre en el rango normal, pero con el tiempo, el hiperinsulinismo provoca efectos deletéreos sobre el organismo, como hiperglucemia, hipertrigliceridemia, hipertensión arterial, entre otros, hasta el desarrollo del cuadro completo del síndrome metabólico (39).

Actualmente se cree que la resistencia a la insulina se desarrolla debido a una interacción compleja entre la predisposición genética y factores exógenos, como la dieta y el estilo de vida (40).

Des del punto de vista nutricional la hiperglicemia e hiperinsulinemia mantenidas, la formación de productos glicosilados, una elevación aguda de las concentraciones plasmáticas de ácidos grasos libres, el incremento del estrés oxidativo y un defecto en los niveles de adipocinas (citocinas secretadas por los adipocitos) también pueden contribuir a la patogénesis de la resistencia a la insulina. El factor de necrosis tumoral α (TNF- α) y la interleucina-6 (IL-6), dos citocinas proinflamatorias, se asocian con frecuencia con la resistencia a la insulina. La adiponectina es otra adipocina que influye en la sensibilidad a la insulina en el hígado y el músculo y también tiene efectos antiinflamatorios y antiaterogénicos potenciales.

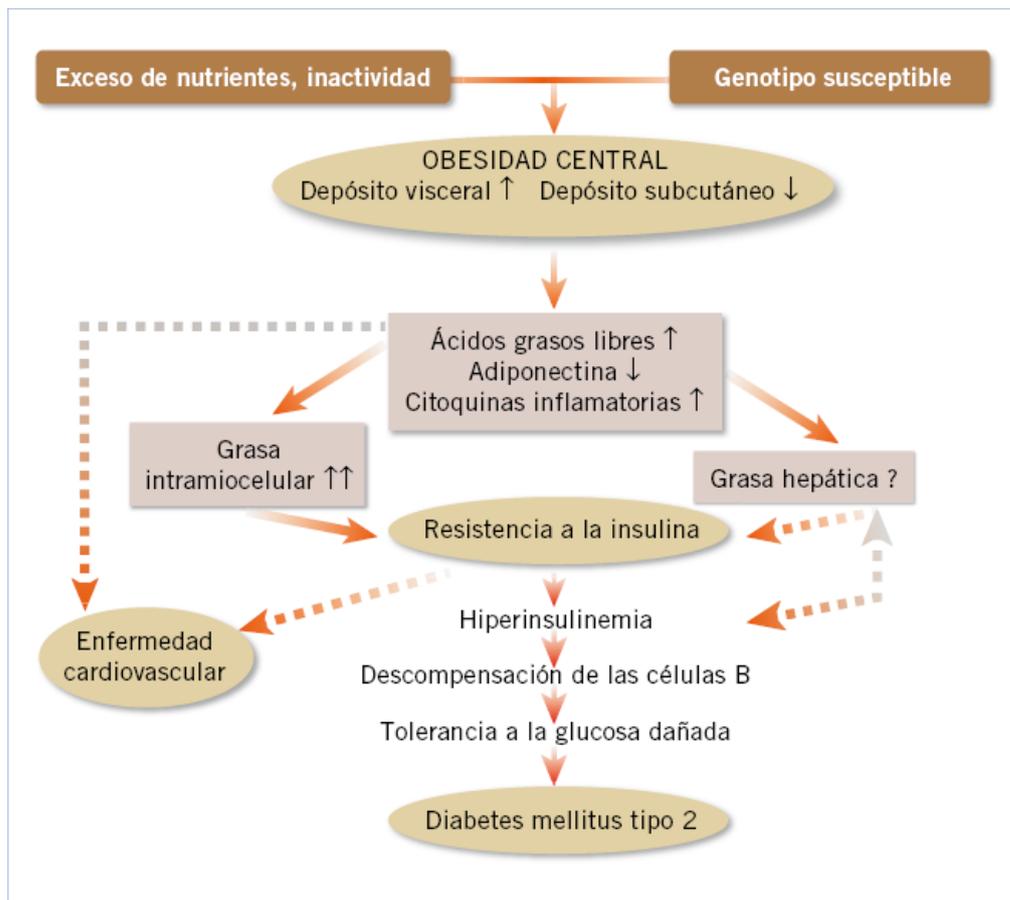
Figura 6. Efectos de las adipocinas secretadas en el tejido adiposo.



Tomado de Prieto, 2019 (41).

En personas obesas, se produce un aumento de la liberación de ácidos grasos al torrente circulatorio procedente de la mayor actividad lipolítica de la grasa visceral, que juegan un papel importante en el desarrollo de la resistencia a la insulina, contribuyendo al estado proinflamatorio de base del paciente obeso. En sujetos obesos, el tejido adiposo sintetiza y secreta más TNF- α , IL-6 y otras citocinas inflamatorias. Además, los niveles mantenidos de ácidos grasos a largo plazo pueden llegar a ser tóxicos para la célula beta pancreática, con lo que quedaría de esta forma establecida la relación entre la obesidad, la resistencia a la insulina y la DM2 (40) (31).

Figura 7. Mecanismos de influencia de la obesidad sobre la enfermedad cardiovascular y la DM2.



Tomado de Güemes-Hidalgo & Muñoz -Calvo, 2015. (42).

4.1. Fibra y obesidad

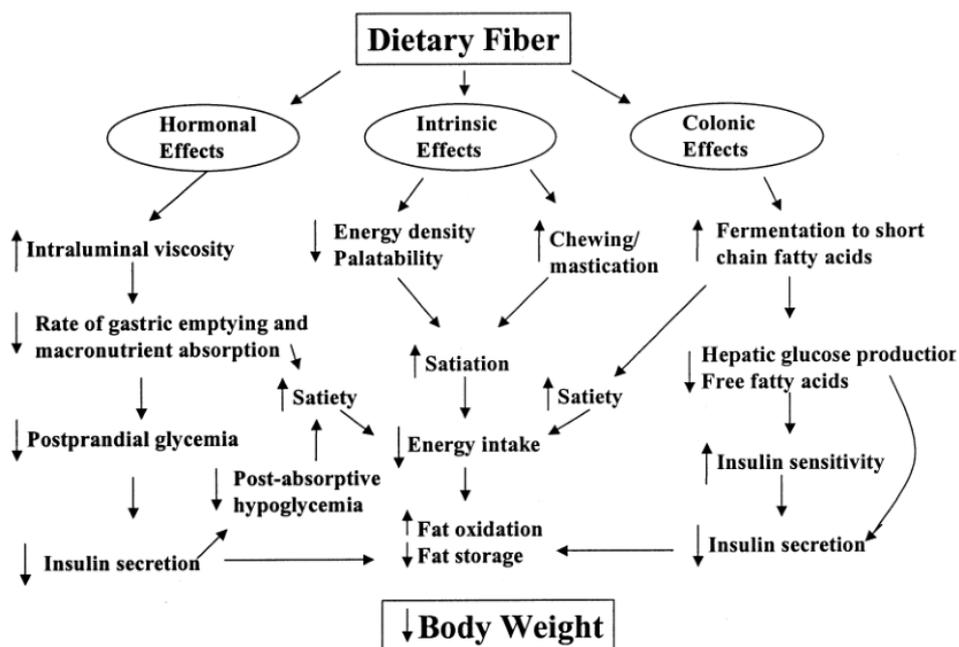
La obesidad es el trastorno metabólico más frecuente en los países industrializados y puede constituir una verdadera enfermedad, al asociarse a otros factores de riesgo.

Una dieta rica en fibra contribuye a mejorar el grado de obesidad y reducir el peso debido a diferentes mecanismos (28) (43) (44). La ingesta de fibra reduce la densidad calórica total de la dieta lo que da lugar a un desplazamiento de la dieta de otros alimentos con un mayor contenido calórico. Por otro lado, la ingesta de alimentos ricos en fibra, prolonga el tiempo de masticado y esto permite la secreción de una mayor cantidad de la saliva y los jugos gástricos, lo que resulta en una expansión del estómago y el incremento de la

saciedad. Además, las fibras viscosas, al aumentar la distensión gástrica, retrasar el vaciamiento gástrico y prolongar el tiempo de tránsito intestinal, ralentizan el proceso digestivo produciendo también saciedad (con lo que se reduce la ingesta total). Como consecuencia también de la propiedad físico-química de la viscosidad de algunos tipos de fibra, se reduce la absorción de los nutrientes en el intestino delgado, obligando a movilizar glucógeno y grasa como fuentes de energía. Como resultado de estos niveles más bajos de glucosa en sangre posprandial, la secreción de insulina se reduce y se puede evitar la hipoglucemia reactiva durante el período postabsorción lo que promueve la saciedad y oxidación de las grasas del tejido adiposo (45)(46).

Por último, los AGCC estimulan las células L-enteroendocrinas, para producir hormonas locales con efecto sobre la saciedad y la homeostasis de la glucosa, como la colecistoquinina, el péptido YY (PYY) y el péptido similar al glucagón (GLP-1), mientras que en la circulación regulan epigenéticamente la expresión de adipocinas como la leptina, adiponectina y resistina presentes en el tejido adiposo y reguladoras del apetito, la saciedad y la resistencia a la insulina dando lugar a un efecto antiinflamatorio, anorexígeno y reductor de la resistencia a la insulina. El incremento de la concentración de GLP-1 y PYY en la sangre, ejerce efectos anorexigénicos a nivel del sistema nervioso central, teniendo como resultado el incremento de la saciedad y la disminución del apetito (26) (27).

Figura 8. Mecanismo de regulación del sobrepeso y la obesidad.



Tomado de J. L. Slavin, 2005 (43).

4.2. Fibra y diabetes

En países desarrollados y en vías de desarrollo, la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es reconocida como un problema importante para la salud. Varios estudios en humanos han demostrado que el incremento en el consumo de fibra reduce significativamente el riesgo de desarrollar DM2, así como, mejora el control glucémico en personas con diabetes y prediabetes (36) (47) (35) (48). Los mecanismos que se proponen para mejorar la homeostasis de la glucosa en los individuos diabéticos, sobre todo derivadas de la fibra de mayor viscosidad y fermentabilidad, son (20) (21):

- Retraso en el vaciamiento gástrico, que da sensación de plenitud, disminuyendo la ingesta de alimentos.
- Atrapamiento de los hidratos de carbono en la matriz de la fibra, dando lugar a una reducción en la accesibilidad de las enzimas intestinales para hidrolizar los

hidratos de carbono, así como una menor difusión de la glucosa liberada. Todo ello lleva a una disminución de la absorción de glucosa.

- Los AGCC aumentan los niveles circulantes de GLP-1, y otras hormonas intestinales (27), que actuarían aumentando la liberación de insulina e inhibiendo la secreción de glucagón por el páncreas, lo que promueve la captación de glucosa por los tejidos periféricos y reduce la aportación hepática de glucosa (23).
- Reducción de la resistencia a la insulina.
- Recientemente, se ha sugerido también que la gluconeogénesis intestinal (IGN) media los efectos metabólicos beneficiosos del butirato y el propionato como moléculas de señalización extraintestinales. El propionato se describe clásicamente como un sustrato gluconeogénico hepático eficiente, pero también sirve como sustrato gluconeogénico en el intestino antes de llegar al hígado. Por lo tanto, algunos de los efectos metabólicos beneficiosos inducidos por el propionato y el butirato están mediados por la glucosa sintetizada de novo del epitelio intestinal, que se detecta en la vena porta y envía señales a través de un circuito neural intestino-cerebral para aumentar la sensibilidad a la insulina y la tolerancia a la glucosa. La glucosa en el cerebro provoca saciedad, y eso reduce la producción de glucosa hepática al aumentar la sensibilidad de la insulina en el hígado (23).

4.3. Fibra y riesgo cardiovascular

La enfermedad cardiovascular (ECV) constituye uno de los motivos más frecuentes de consulta médica y la principal causa de muerte en nuestro país (1). En la actualidad, se han establecido una serie de factores de riesgo cardiometabólicos, como las alteraciones en el perfil lipídico, la hipertensión arterial, la obesidad, la hiperglicemia, el consumo de tabaco, la inactividad física, entre otros, que guardan relación con la aparición de ECV. Algunos de estos factores de riesgo pueden ser modificables para conseguir reducir dicho riesgo a través del control de factores ambientales y la dieta. El papel del consumo de fibra en la reducción y la mejora de algunos de estos factores queda clara con la evidencia científica actual, siendo la reducción de los niveles de colesterol en sangre el mecanismo principal (49). No obstante, una dieta con alto contenido en fibra presenta también otros efectos beneficiosos como la menor ingesta de grasa, la pérdida de peso, la reducción de la tensión arterial i la reducción de la resistencia a la insulina (50).

4.3.1. Perfil lipídico: la mejoría en el perfil lipídico se produce a expensas de disminuir los niveles de colesterol en sangre, especialmente la fracción LDL, producido por el secuestro de los ácidos biliares en el duodeno lo que provoca el aumento de la síntesis de estos a partir de colesterol circulante disponible, disminuyendo así sus niveles plasmáticos. Por otro lado, dificulta la absorción del colesterol de los alimentos ya que cuando las sales biliares son adsorbidas por la fibra en el intestino delgado, se forman interacciones micelares que impiden que las grasas se puedan emulsionar, y como consecuencia, disminuye la absorción del colesterol biliar y los lípidos en general. Además, el colesterol de la dieta es secuestrado por los geles viscosos de la fibra en el estómago y duodeno, por lo que su solubilización

micelar por lo ácidos biliares será más difícil disminuyendo el transporte de colesterol hacia la membrana absortiva. Por último, el propionato, derivado del proceso de fermentación, bloquea la síntesis hepática de colesterol inhibiendo su enzima principal (HMG-CoA reductasa) (21).

Como posible efecto directo a través de los AGCC, se postula que éstos podrían inhibir la lipólisis en el tejido adiposo reduciendo así los ácidos grasos libres plasmáticos (27).

4.3.2. Tensión arterial: el tracto gastrointestinal es el guardián de muchos de los principales factores de riesgo modificables que contribuyen a la HTA, incluida una ingesta excesiva de sodio, alcohol, lípidos y carbohidratos simples. Por el contrario, la fibra es un agente cardioprotector bien conocido que se ha demostrado que reduce la presión arterial (51).

El mecanismo principal que explicaría la reducción de las cifras de tensión arterial por el efecto de la fibra dietética, sería secundario a la capacidad de ésta de reducir la resistencia a la insulina.

El hiperinsulinismo aumenta la TA a través de varios mecanismos como el aumento de la absorción renal de sodio, el aumento de la actividad del sistema nervioso simpático, el incremento en la producción de sustancias vasoconstrictoras, como la endotelina 1, Ang II y tromboxano y una disminución de la relajación vascular dependiente del endotelio. Asimismo, también se ha observado una menor producción de agentes vasodilatadores, tales como el óxido nítrico (NO) y la prostaciclina (52) (31).

En los últimos años, se está investigando en la línea de una posible relación más directa entre los AGCC y la regulación de la TA mediante un eje neuro-intestinal-inmune. Algunos estudios sugieren que los AGCC aportarían

beneficios antiinflamatorios al mismo tiempo que modularían las hormonas hipertensivas del huésped, como la enzima convertidora de angiotensina y la renina.

Éstos, señalarían a través de los GPCR en el riñón, el corazón, el intestino, las células inmunitarias y la vasculatura para modular la presión arterial principalmente mediante la regulación del tono vascular y la inflamación. (26).

4.3.3. Resistencia a la insulina (RI)

La mejora en la resistencia a la insulina es uno de los puntos clave de los efectos beneficiosos de la fibra sobre la salud (37). A través de la mejora en su sensibilidad, la fibra es capaz de reducir el peso, mejorar la homeostasis de la glucosa y los lípidos, y reducir la tensión arterial.

La fibra dietética mejora la RI principalmente mediante la acción de los AGCC que ejercen un efecto antiinflamatorio en el tejido adiposo al tiempo que regulan epigenéticamente la expresión de las adipocinas (23). También contribuye al regular la homeostasis de la glucosa y los lípidos, disminuyendo su absorción y reduciendo sus niveles plasmáticos lo que evita el estado de hiperinsulinismo mantenido dando lugar con el tiempo a reducir la RI.

4.4. Fibra y alteraciones gastrointestinales

Clásicamente se ha informado del efecto beneficioso de la fibra sobre la salud gastrointestinal como el estreñimiento, la diverticulosis, la enfermedad inflamatoria intestinal o el cáncer de colon (29). De forma general, la fibra puede ayudar a mejorar dichas alteraciones gastrointestinales gracias a su capacidad para acelerar el tiempo de tránsito intestinal y aumentar el peso fecal (al aumentar el volumen fecal), lo que

facilita la evacuación de las heces al mismo tiempo que reduce el tiempo de contacto de las posibles sustancias tóxicas procedentes de los alimentos con la mucosa intestinal. Estas propiedades, atribuibles tanto a la fibra soluble como insoluble, están relacionadas con el efecto de la fibra en la mejora del estreñimiento, la diverticulosis (al requerirse menor fuerza contráctil de tipo propulsivo para promover el avance de la masa fecal) y en la posible reducción del riesgo de padecer cáncer de colon (53) (29).

En relación al cáncer de colon, la capacidad de la fibra para favorecer la correcta diferenciación de los colonocitos (30) (54).

Otros efectos de la fibra que mejoran la barrera protectora de la mucosa intestinal junto a su poder antiinflamatorio local e inmunoprotector serían los responsables de los efectos beneficiosos sobre la enfermedad inflamatoria intestinal y el síndrome del intestino irritable (55) (56).

5. Recomendaciones de ingesta de fibra en adultos y niños

En la actualidad, se estima que una ingesta superior a 25 g/día (entre 25-35 g/día aproximadamente) de fibra dietética en adultos, puede contribuir a disminuir la prevalencia de enfermedades cardiovasculares y digestivas (15) (57).

Estas recomendaciones, propuestas por la European Food Safety Authority (EFSA), se basan en la evidencia científica actual sobre los efectos beneficiosos de la fibra en la salud del adulto.

En niños en cambio, no existen hasta la fecha, recomendaciones específicas basadas en el estado de salud a corto y largo plazo debido a la falta de evidencia científica en este aspecto. Además, los estudios en niños que analizan la asociación entre la ingesta de fibra

dietética y la salud cardiovascular son escasos y se han realizado principalmente en la adolescencia (58) (59) (8) (60) (61).

Actualmente, la American Academy of Pediatrics (AAP) propone, según recomendaciones de la AHF (American Health Fundation), para niños y adolescentes de 2 a 20 años de edad, una ingesta mínima de fibra dietética equivalente a la edad del niño más 5 g de fibra dietética por día sugiriendo un rango seguro de ingesta de fibra dietética entre la edad más 5 y la edad más 10 g/día (62). La National Academy of Sciences (NAS) en sus ingestas dietéticas de referencia (DRI) recomienda una ingesta adecuada (IA) de fibra dietética para niños entre 12 meses y 18 años de 14g de fibra total por cada 1000 kcal al día ($14\text{g}/1.000\text{ kcal} \times \text{ingesta energética media/d}$) (14). La European Food Safety Authority (EFSA) propone una ingesta adecuada (IA) de fibra en niños a partir de un año, para una laxación normal, de 2 g/MJ (8,4g/1000kcal) basándose en la evidencia disponible sobre la función intestinal en adultos ajustando la ingesta de energía (57).

Tabla 5. Resumen de las recomendaciones actuales de ingesta de fibra en niños.

Organismo oficial	Rango de edad	Recomendación	Rango de seguridad
<i>AAP</i>	2-20 años	Edad +5 g/día	Edad+5-Edad+10 g/día
<i>NAS</i>	1-18 años	14g/1000cal al día	Dosis máxima adulto
<i>EFSA</i>	1-18 años	2gr/MJ al día	Dosis máxima adulto

AAP: American Academy of Pediatrics, NAS: National Academy of Sciences, EFSA: European Food Safety Authority. IA: Ingesta adecuada

En todos los casos son recomendaciones extrapoladas en base a la evidencia científica de los beneficios sobre la salud en adultos, sin tener en cuenta los beneficios sobre la salud en niños a corto y largo plazo.

En la actualidad, no existen recomendaciones de ingesta de fibra dietética para lactantes menores de un año ni sobre la proporción recomendada de fibra soluble/insoluble.

Tabla 6. Comparativa de las cantidades de fibra recomendadas por edad según las diferentes organizaciones.

<i>Edad (años)</i>	AAP*		AAP		NAS		EFSA	
	0,5g/kg	0,5g/kg	Edad +5	Edad +10	14g/1000kcal	14g/1000kcal	2g/MJ	2g/MJ
	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas
1					19	19	6,5	6
2			7	12	19	19	8,5	8
3	7,5	7	8	13	19	19	10	9
4	8,5	8	9	14	25	25	12	11
5	9	9	10	15	25	25	13	12
6	10	10	11	16	25	25	13,5	12,5
7	11,5	11	12	17	25	25	14,5	13,5
8	12,5	12,5	13	18	25	25	15	14
9	14	14	14	19	31	26	16	15
10	15,5	16	15	20	31	26	16	15
11	17,5	17,5	16	21	31	26	17	16
12	20	20,5	17	22	31	26	18	17
13	22,5	23	18	23	31	26	19,5	17,5
14	25	25	19	24	38	26	21	18
15	28,5	27	20	25	38	26	22,5	18,5
16	31,5	28,5	21	26	38	26	24	19
17	33	28,5	22	27	38	26	24,5	19
18	34,5	28,5	23	28	38	26	25	25

AAP: American Academy of Pediatrics, NAS: National Academy of Sciences, EFSA: European Food Safety Authority.

Valores expresados en gramos al día (g/d). La ingesta de fibra dietética de la AAP se calcula para los pesos medios en cada edad según las tablas de crecimiento de NCHS. La NAS y la EFSA expresa sus recomendaciones en IA (ingesta adecuada) y utilizan para el cálculo ingestas medias de energía por grupos de edad (en el caso de la EFSA el cálculo se realiza para una actividad física moderada) (62)(14)(57). *Recomendaciones propuestas por la AAP anteriores al criterio “edad +5” (63).

En cuanto a la adecuación a dichas recomendaciones, la mayoría de publicaciones existentes, en las que se examina la adecuación de la ingesta de fibra en adultos y niños europeos a las diferentes recomendaciones, informan de ingestas de fibra dietética por debajo a éstas a todas las edades, aunque mejoran al acercarse a la edad adulta (7) (64) (65) (66) (67) (68).

No obstante, ninguna de estas publicaciones analiza en niños si el hecho de cumplir o no con las recomendaciones tiene efectos sobre la salud cardiovascular en la infancia.

HIPÓTESIS

1. La ingesta de fibra durante la infancia se asocia con la salud cardiometabólica en niños europeos a los 8 años.
2. La adecuación a las recomendaciones de ingesta de fibra durante la infancia se asocia a una mejora en los parámetros de riesgo cardiometabólico en niños europeos a los 8 años.

OBJETIVOS

1. Describir el consumo de fibra dietética en niños de cinco países europeos desde el nacimiento a los 8 años.
2. Valorar el grado de cumplimiento de las recomendaciones actuales de ingesta de fibra en la infancia.
3. Analizar la relación de la ingesta de fibra dietética, de los 3 a los 8 años, con marcadores de salud cardiometabólica como los lípidos en sangre, la presión arterial y el metabolismo de la glucosa.
4. Analizar la relación de la adecuación de la ingesta de fibra dietética a las recomendaciones actuales durante la infancia con marcadores de salud cardiometabólica como los lípidos en sangre, la presión arterial y el metabolismo de la glucosa.
5. Sugerir una ingesta recomendada común de fibra para niños en Europa basada en los beneficios sobre la salud, así como la proporción de alimentos y las fuentes de fibra orientativas para conseguir dicha ingesta.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Diseño del estudio y población

Se trata de un estudio longitudinal observacional para evaluar la asociación entre la ingesta de fibra dietética y la adecuación a las recomendaciones actuales de las sociedades científicas durante la infancia y la salud cardiometabólica a los 8 años.

Este estudio es un análisis secundario de los datos recopilados en el ensayo EU-CHOP Childhood Obesity Project (NCT00338689), realizado en Alemania, Bélgica, Italia, Polonia y España.

El EU-CHOP fue un ensayo de intervención dietética aleatorizado y doble ciego que reclutó a niños desde el nacimiento (octubre de 2002 a julio de 2004) y se siguió su ingesta dietética hasta la edad de 8 años. Los bebés reclutados eran sanos, nacidos a término y de embarazos sin complicaciones con un peso normal para la edad gestacional. Los lactantes alimentados con fórmula se asignaron al azar a una fórmula con un contenido de proteína más bajo o más alto, con el objetivo de evaluar el efecto sobre el riesgo de obesidad posterior. Se reclutó un grupo de lactantes amamantados y se realizó un seguimiento como grupo de referencia de observación. Los detalles del ensayo clínico fueron publicados anteriormente (69) (70). Los datos utilizados para este estudio se recopilaron de forma prospectiva durante las visitas de seguimiento posteriores a la intervención.

2. Evaluación de la ingesta dietética

Se registró la ingesta dietética mediante diarios dietéticos de tres días a los 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 12 meses y a los 2, 3, 4, 5, 6 y 8 años.

Las cantidades de alimentos registrados fueron codificadas por nutricionistas de investigación capacitados siguiendo procedimientos estandarizados (71) (72) y se

introdujeron en un programa específico para la conversión a nutrientes. El programa contenía la base de datos alemana de composición de alimentos BLS II.2 (73), y se agregó el contenido de nutrientes de los alimentos locales de los diferentes países utilizando bases de datos nacionales de composición de alimentos (74) (75) (76) (77). Se calculó el promedio de ingesta de energía (kcal / día), fibra (g / día, g / 1000 kcal) y macronutrientes (g / día, g / 1000 kcal y como % del total de energía) de los 3 días. Además, se cuantificó la cantidad de fibra (g, g / 1000 kcal) en función de su fuente alimentaria como aquella proveniente de cereales y derivados (como aproximación a la fibra insoluble), frutas y verduras (como aproximación a la fibra soluble), patatas y tubérculos (como aproximación al almidón resistente) y la de legumbres y frutos secos que contienen diferentes tipos de fibras (solubles, insolubles y almidón resistente) (14).

3. Adecuación a las recomendaciones de ingesta de fibra

Se categorizó a los participantes en función del cumplimiento de las diferentes recomendaciones.

La adecuación a las recomendaciones de la American Academy of Pediatrics (AAP) (0.5g/kg y la edad + 5), tal y como indica este organismo oficial, se calculó a partir de los 3 y los 2 años respectivamente. La adecuación a las recomendaciones de las ingestas dietéticas de referencia de la National Academy of Sciences (NAS) (14g de fibra total por cada 1000 kcal al día) y de la European Food Safety Authority (EFSA) (2 g/MJ o 8,4g/1000kcal) se calculó a partir del año de vida, tal y como establecen sus documentos oficiales (62) (14) (57).

Se calculó el porcentaje de adecuación a las recomendaciones en todas las edades.

El análisis de la adecuación de la ingesta de fibra a las diferentes recomendaciones existentes fue de carácter descriptivo. Sin embargo, para los análisis en que se relacionó

la adecuación de la ingesta de fibra a los posibles efectos sobre la salud, se utilizó la adecuación a las recomendaciones de la EFSA por ser la más recientes y destinadas a población europea.

4. Variables de salud

Los principales resultados para la salud a la edad de 8 años fueron la composición corporal, la presión arterial y los parámetros bioquímicos relacionados con el riesgo cardiometabólico.

3.1. Antropometría

A los 8 años se analizaron las medidas de peso (kg), talla (cm), cálculo del índice de masa corporal (IMC) (kg / m^2) y circunferencia de cintura (cm). El peso se midió en ropa interior en una balanza digital SECA 702/703 (precisión de 10 g). La talla se midió con un estadiómetro digital SECA 242 (precisión de 1 mm). Los procedimientos estandarizados para medir la altura del niño incluían tener los pies ligeramente separados, con la parte posterior de la cabeza, los omóplatos, las nalgas y los talones tocando la tabla vertical siempre que fuera posible. Se pidió a la madre o al cuidador que sostuviera las rodillas y los tobillos del niño para ayudar a mantener las piernas rectas mientras el investigador sostenía la cabeza del niño en el plano de Frankfort y leía la medida. La cintura se midió en el punto medio entre la última costilla y la cresta iliaca. Las puntuaciones z de peso, talla e IMC se calcularon utilizando las referencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (78).

3.2. Presión arterial

La presión arterial sistólica y diastólica (mmHg) se midieron a los 8 años de edad utilizando un tensiómetro digital Dinamap ProCare 100/200 siguiendo un procedimiento estandarizado. La presión arterial se midió después de al menos 15 min desde la llegada al centro y después de al menos 5 min de reposo. La medición se tomó por duplicado y en el brazo izquierdo sostenido por un soporte horizontal ligeramente elevado (es decir, cerca del nivel del corazón). Ambas medidas se tomaron separadas por al menos 5 min, y la media entre ellas se utilizó para el análisis estadístico. La presión arterial sistólica y diastólica se presentaron como mmHg, y además, se estandarizaron como percentiles para altura y sexo utilizando las referencias de la Academia Estadounidense de Pediatría de 2017 (79).

3.3. Parámetros de la muestra de sangre

A los 8 años se extrajo una muestra de sangre venosa en ayunas. Se analizó el colesterol total, el colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (colesterol LDL), el colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (colesterol HDL), los triglicéridos, la insulina y la glucosa. El colesterol total (mg / dL), el colesterol LDL (mg / dL), el colesterol HDL (mg / dL), los triglicéridos (mg / dL) y la glucosa (mg / dL) se evaluaron en los laboratorios de química clínica de los centros de estudio con métodos de rutina utilizados para el diagnóstico clínico (80). El colesterol total y HDL, los triglicéridos y la glucosa se analizaron mediante métodos potenciométricos indirectos o enzimáticos. Los valores de colesterol LDL se calcularon mediante la ecuación de Friedewald (81). La insulina (AIU / mL) se cuantificó en el Departamento de Bioquímica, Radioinmunología y Medicina Experimental del Institute for Children's Memorial Health mediante el ensayo inmunorradiométrico (DiaSource, Nivelles, Bélgica) (82). El índice del modelo de

homeostasis para la resistencia a la insulina (HOMA-IR) $HOMA - IR =$

$$\frac{Insulin[uU/ml] \times Glucose[mmol/l]}{22.5}$$

se calculó como una aproximación de la resistencia a la insulina

(83) (84).

3.4. Evaluación del riesgo cardiometabólico

El factor de riesgo cardiometabólico se calculó como una variable continua igual a la suma de las puntuaciones z internas, para ambos sexos por separado, de la circunferencia de la cintura, el colesterol HDL (multiplicado por -1 para equiparar el sentido de su efecto beneficioso con los otros parámetros), colesterol LDL, triglicéridos, HOMA-IR, percentil de DBP y percentil de SBP, como se describe en otros estudios (8) (85) (86). Una puntuación más alta indicaba un perfil cardiometabólico menos favorable. Esta puntuación podría estar dentro de un rango de ± 14 puntos.

3.5. Riesgo de Síndrome metabólico

Aunque en edades tan tempranas como los 8 años no existen criterios robustos para determinar si existe síndrome metabólico, los participantes se clasificaron en el grupo de riesgo si cumplían 2 o más de los siguientes criterios:

Tabla 7. Criterios utilizados para definir el grupo de riesgo de síndrome metabólico.

Parámetro de salud	Indicador	Criterio
<i>Obesidad abdominal</i>	Relación cintura-talla	$\geq 0,55$ (87)
<i>Alteración bioquímica</i>	HOMA-IR (aproximación a resistencia a la insulina)	\geq percentil 90 según las referencias en niños europeos del estudio IDEFICS (88)(89)
	Triglicéridos en sangre	\geq percentil 90 según las referencias en niños europeos del estudio IDEFICS
	Colesterol HDL	\leq percentil 10
<i>Tensión elevada</i>	Tensión arterial sistólica y/o diastólica	\geq percentil 90 según la Academia Estadounidense de Pediatría de 2017 (79)

5. Ética

El estudio cumplía con los requisitos éticos de la Declaración de Helsinki (90).

El estudio fue aprobado por los comités de ética de todos los centros de investigación y los padres o tutores legales obtuvieron la información del estudio y firmaron el consentimiento informado para participar.

6. Análisis estadístico

Las variables continuas con distribución normal se muestran como media y desviación estándar y las variables continuas con distribución no normal se presentan como mediana y rango intercuartílico. La distribución de la muestra se evaluó mediante representación gráfica. Las variables categóricas se describen como n y porcentaje del total. Las diferencias entre sexos o grupos de adecuación a la ingesta en las variables continuas se evaluaron mediante la prueba t de Student para muestras independientes o la prueba U de Mann-Whitney según la distribución de las variables.

Análisis de factores que condicionan la adherencia a las recomendaciones

Para analizar los factores condicionantes de la adherencia a las recomendaciones de la EFSA a los 1, 2 y 3 años de vida, se realizaron análisis de regresión logística binaria donde las variables independientes fueron el país de origen, el género y el grado de educación del padre y la madre.

Para analizar los factores condicionantes de la adherencia a las recomendaciones de la EFSA a los 8 años de vida se realizó el mismo análisis de regresión logística binaria con las variables independientes anteriormente mencionadas, además del cumplimiento de las recomendaciones de ingesta de fibra en edades tempranas (1, 2 y 3 años).

Análisis transversal de la ingesta de fibra y su adecuación a las recomendaciones en relación a los parámetros de salud a los 8 años

Se realizó un análisis transversal de la ingesta de fibra (g / 1000 kcal) y su relación con las variables de salud a los 8 años mediante un análisis de regresión lineal, en el que se ajustó la ingesta de fibra (total o por subtipos) por país de origen (Alemania, Bélgica, Italia, Polonia y España), sexo, ingesta energética media (kcal / día), nivel educativo materno (alto, medio o bajo) e IMC (cuando ésta no era la variable dependiente del modelo). Se consideró el tipo de alimentación (intervención con contenido bajo en proteínas frente a alto durante el primer año) y lactancia (al menos 3 meses) para el ajuste en los modelos de regresión lineal, pero se descartó después de comprobar que no había efecto sobre los marcadores relacionados con la salud cardiovascular a esa edad.

Se realizó un análisis transversal de la adecuación a la ingesta de fibra (según las recomendaciones de la EFSA) y su relación con las variables de salud a los 8 años mediante un análisis de regresión lineal, en el que se ajustó la ingesta de fibra por país de origen (Alemania, Bélgica, Italia, Polonia y España), sexo, ingesta energética media (kcal / día), nivel educativo materno (alto, medio o bajo) e IMC (cuando ésta no era la variable dependiente del modelo).

Se realizó un análisis de área bajo la curva para determinar que ingesta de fibra a los 8 años (g / 1000kcal) podría ser sensible y específico para determinar resistencia a la insulina, síndrome metabólico o tensión arterial elevada.

Análisis longitudinal de la ingesta de fibra y su adecuación a las recomendaciones en relación a los parámetros de salud a los 8 años

La relación entre permanecer repetidamente en un tercil de bajo consumo de fibra durante la infancia (al menos 3 veces de 5 medidas entre los 3 y los 8 años de edad) y las variables

de salud a los 8 años, se analizó utilizando modelos ANOVA ajustados por país de origen, educación materna, sexo e IMC. Para este análisis, se consideraron los participantes que habían informado ingestas de fibra en al menos 3 ocasiones.

Se analizó la asociación entre cumplir las recomendaciones de ingesta de fibra según la EFSA de forma repetida (al menos 3 veces de 6 medidas entre los 2 y los 8 años de edad) y los parámetros de salud a los 8 años, utilizando modelos ANOVA ajustados por país de origen, educación materna, sexo e IMC. Para este análisis, se consideraron los participantes que habían informado ingestas de fibra dentro de las recomendaciones en al menos 3 ocasiones.

La significación estadística se aceptó al nivel de $p < 0,05$.

Todos los análisis estadísticos se han realizado con IBM SPSS Statistics para Windows, Versión 26.0 Released 2019 (IBM Corp. Armonk, NY: IBM Corp).

RESULTADOS

1. Características de la población de estudio

En la Tabla 8 se describen las características de la población de estudio a la edad de 12 meses y 8 años. Se tomaron de referencia los 12 meses por ser la edad a partir de la cual se describen las recomendaciones actuales, y los 8 años, por ser la edad en la que se realizaron los análisis.

A los 12 meses se contaba con un total de 886 niños, el 23.9% de los cuales eran procedentes de España con un nivel de educación de los padres medio-alto (77.6% de las madres y 74.2% de los padres). A los 8 años, la mayor parte de niños que continuaban en el seguimiento eran españoles (37.8%) con un aumento del nivel de educación de los padres (el 85% de las madres y 79.5% de los padres tenían un nivel de educación medio-alto). Se obtuvieron datos antropométricos de un total de 873 y 587 niños a la edad de 12 meses y 8 años respectivamente.

Un total de 587 niños asistieron a la visita a la edad de 8 años (277 niños, 310 niñas). La presión arterial se obtuvo en 556 niños (53,2% eran niñas). Entre ellos, 400 participantes (51,8% niñas) completaron el diario dietético de 3 días. De estos, se obtuvieron 361 (49,9% niñas) muestras de sangre en ayunas.

Tabla 8. Características de la población de estudio a los 12 meses y 8 años.

	12 meses	8 años
País de origen	n (%) n = 886	n (%) n = 400
Alemania	148 (16.7%)	60 (15%)
Bélgica	102 (11.5%)	30 (7.5%)
Italia	253 (28.6%)	76 (19%)
Polonia	171 (19.3%)	83 (20.8%)
España	212 (23.9%)	151 (37.8%)
Educación madre	n (%) n = 884	n (%) n = 399
Nivel bajo	198 (22.4%)	60 (15%)
Nivel medio	448 (50.7%)	201 (50.4%)
Nivel alto	238 (26.9%)	138 (34.6%)
Educación padre	n (%) n = 874	n (%) n = 399
Nivel bajo	225 (25.7%)	82 (20.6%)
Nivel medio	439 (50.2%)	199 (49.9%)
Nivel alto	210 (24.0%)	118 (29.6%)
Antropometría	Media (\pm DS) n = 873	Media (\pm DS) n = 587
Peso (kg)	9.78 (1.10)	28.62 (6.11)
Talla (kg)	75.55 (2.66)	129.57 (5.71)
IMC (kg / m ²)	17.11 (1.48)	16.92 (2.64)
Perímetro abdominal (cm)	-	59.36 (7.25)
Peso por edad (z score)	0.38 (0.93)	0.59 (1.19)
Talla por edad (z score)	0.25(1.02)	0.42 (0.98)
IMC por edad (z score)	0.33 (1.00)	0.46 (1.21)

2. Ingesta dietética

La Tabla 9 describe las ingestas diarias de energía, macronutrientes y fibra por edad. La estratificación y comparación por sexo se muestra en la Tabla 9.1. La ingesta de fibra se mantuvo estable durante toda la infancia entre 6-8 g/1000 kcal al día.

Tabla 9. Ingesta de energía, macronutrientes y fibra por grupo de edad.

	Energía (kcal/día) Media (±DS)	Proteínas (g/día) Media (±DS)	Lípidos (g/día) Media (±DS)	Carbohidratos (g/día) Media (±DS)	Fibra total (g/día) Media (±DS)	Fibra total (g/1000kcal) Media (±DS)
1 año, n = 886	860 (196)	31.6 (10.3)	31.2 (9.1)	112.9 (29.0)	5.2 (3.3)	6.3 (3.9)
2 años, n = 754	1109 (237)	45.2 (13.2)	42.3 (12.1)	136.7 (33.3)	7.1 (3.1)	6.4 (2.7)
3 años, n = 534	1221 (243)	47.0 (12.2)	47.1 (12.8)	152.6 (37.2)	8.3 (3.3)	6.9 (2.7)
4 años, n = 504	1317 (249)	50.0 (13.1)	52.0 (14.4)	163.2 (34.5)	9.2 (3.4)	7.1 (2.4)
5 años, n = 447	1394 (268)	52.1 (13.6)	54.7 (14.4)	174.5 (41.1)	9.9 (3.5)	7.2 (2.2)
6 años, n = 469	1479 (253)	55.2 (12.7)	58.1 (14.3)	184.8 (39.5)	10.8 (3.6)	7.3 (2.4)
8 años, n = 400	1598 (304)	61.1 (15.4)	65.4 (17.8)	192.4 (42.1)	12.1 (4.0)	7.7 (2.3)

Tabla 9.1. Ingesta de energía, macronutrientes y fibra por grupo de edad y sexo.

	Energía (kcal/día)	Proteínas (g/día)	Lípidos (g/día)	Carbohidratos (g/día)	Fibra total (g/día)	Fibra total (g/1000kcal)
Niños						
1 año, n = 418	881 (752, 1017)	31.75 (24.61, 39.04)	31.50 (25.78, 37.78)	114.32 (97.99, 133.62)	4.62 (2.59, 7.05)	5.24 (3.25, 8.10)
2 años, n = 361	1103 (940, 1270)	43.27 (35.87, 53.13)	41.30 (33.76, 50.45)	136.30 (115.29, 158.65)	6.77 (4.91, 8.81)	6.28 (4.60, 7.78)
3 años, n = 253	1264 (1086, 1437)	48.82 (39.62, 56.45)	48.02 (39.36, 57.40)	154.19 (129.74, 183.76)	8.36 (6.04, 11.26)	6.83 (5.19, 8.41)
4 años, n = 253	1340 (1183, 1513)	49.28 (41.15, 58.24)	51.86 (43.20, 63.20)	165.34 (143.97, 190.78)	9.23 (7.08, 11.11)	6.71 (5.33, 8.20)
5 años, n = 217	1436 (1253, 1622)	52.58 (45.62, 61.71)	54.63 (44.61, 65.60)	180.19 (150.28, 208.32)	9.58 (7.48, 11.46)	6.72 (5.36, 7.97)
6 años, n = 227	1476 (1322, 1680)	55.31 (47.28, 63.72)	56.71 (48.88, 66.77)	186.89 (162.88, 212.34)	10.50 (8.56, 12.99)	6.92 (5.83, 8.48)
8 años, n = 193	1690 (1464, 1850)	62.50 (52.87, 73.80)	68.81 (56.48, 79.93)	201.43 (172.33, 229.58)	11.95 (9.88, 14.51)	7.33 (6.07, 8.58)
Niñas						
1 año, n = 468	838 (732, 956) *	29.85 (23.81, 36.98)	30.39 (25.12, 36.07)	109.43 (93.42, 127.15) *	4.76 (2.86, 7.27)	5.91 (3.54, 8.51)
2 años, n = 393	1080 (938, 1233)	43.89 (35.85, 52.73)	41.72 (33.19, 49.80)	131.37 (112.31, 153.68)	6.67 (4.89, 9.05)	6.19 (4.73, 7.94)
3 años, n = 281	1172 (1027, 1341) ^φ	44.71 (37.64, 52.32) †	45.89 (37.19, 53.65) †	144.72 (125.29, 168.39) †	7.67 (6.02, 9.98)	6.66 (5.22, 8.13)
4 años, n = 251	1262 (1138, 1405) †	47.54 (40.94, 56.31)	50.00 (41.66, 57.80) *	156.66 (137.69, 178.85) †	8.82 (7.01, 10.92)	6.89 (5.44, 8.45)
5 años, n = 230	1378 (1202, 1536) †	49.73 (41.11, 58.74) *	53.60 (43.96, 61.65)	170.42 (141.46, 194.76) †	9.48 (7.38, 12.01)	7.13 (5.96, 8.48)
6 años, n = 242	1465 (1270, 1615)	54.36 (45.64, 61.35)	56.39 (47.22, 66.33)	179.88 (153.72, 203.71) *	10.50 (8.12, 12.76)	7.38 (5.75, 8.42)
8 años, n = 207	1532 (1360, 1689) ^φ	56.36 (48.54, 64.86) ^φ	59.23 (51.10, 72.61) ^φ	182.05 (156.95, 210.66) ^φ	11.04 (9.17, 13.66) *	7.19 (6.18, 9.16)

Datos presentados como mediana (IQR). * $p < 0.05$, † $p < 0.01$, ^φ $p < 0.001$, Valor p para la prueba t de Student para la comparación entre niños y niñas.

La Figuras 9 y 9.1 muestran la ingesta diaria de fibra total por edad en función del país desde el nacimiento. Se observaron grandes variaciones nacionales a lo largo de toda la monitorización. Alemania fue el país con la ingesta más alta a la edad de 8 años. España y Italia le seguían, España con ingestas superiores durante los 2 primeros años, pero situándose por debajo a partir de entonces. Destacó también la alta ingesta de los belgas desde los 6 meses que fue decayendo hasta situarse en la última posición a la edad de 8 años. La Figura 9.1 muestra la ingesta de fibra ajustada por energía. Esta figura muestra cómo la ingesta de fibra aumenta de forma proporcional a la energía de acuerdo con la introducción de la alimentación complementaria, mostrándose relativamente estable desde los 2 a los 8 años.

Figura 9. Ingesta de fibra (g/día) por grupo de edad y país.

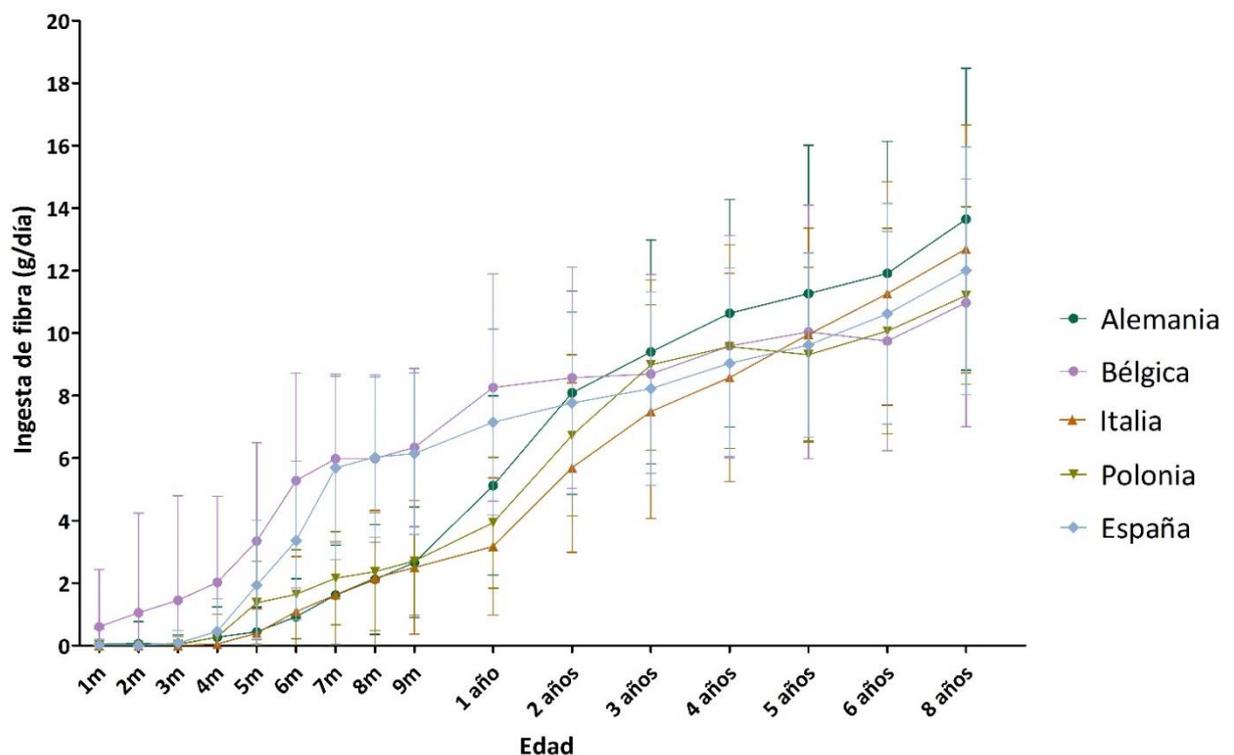
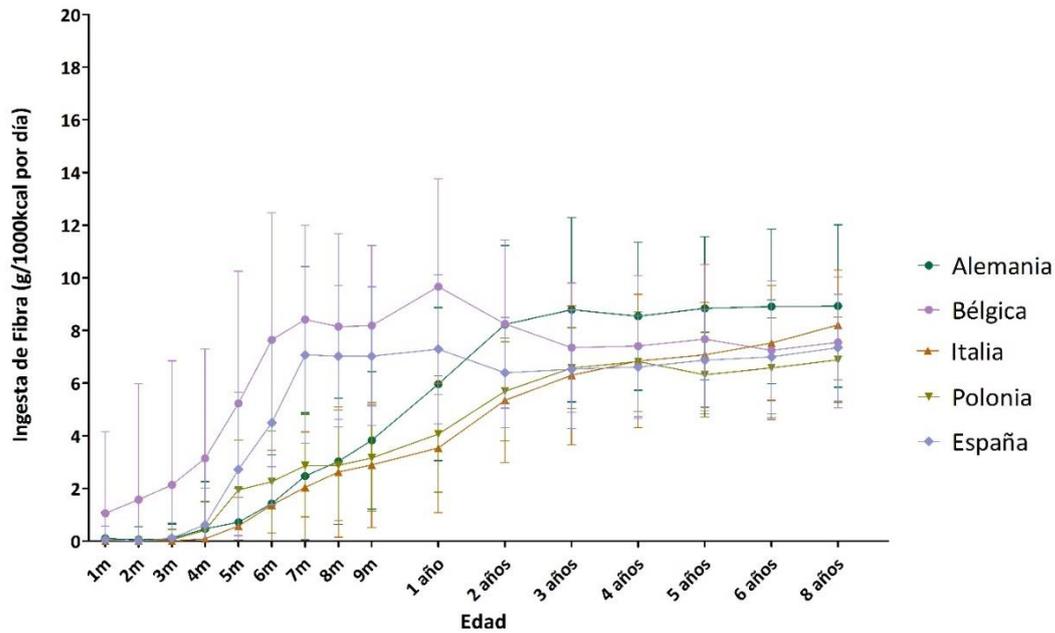


Figura 9.1. Ingesta de fibra (g/1000Kcal) por grupo de edad y país.



Las Figuras 10 y 10.1 muestran la ingesta total de fibra y la ajustada por energía según la fuente de alimento y en todos los grupos de edad. Las fuentes de fibra dietética consumida se dividieron en cuatro grupos de alimentos según el tipo de fibra correspondiente. La fibra soluble fue el tipo de fibra consumida de forma prioritaria durante el primer año de vida, cuando su alimentación principal se basó en mayores proporciones de fruta y verdura, para posteriormente igualarse a la fibra de tipo insoluble siendo ésta la prioritaria a partir de los 5 años, cuando su alimentación era diversificada.

La misma información se muestra en formato tabla en la Tabla 10 y la estratificación y comparación por sexo en la Tabla 10.1.

Figura 10. Ingesta de fibra (g/día) por edad según la fuente.

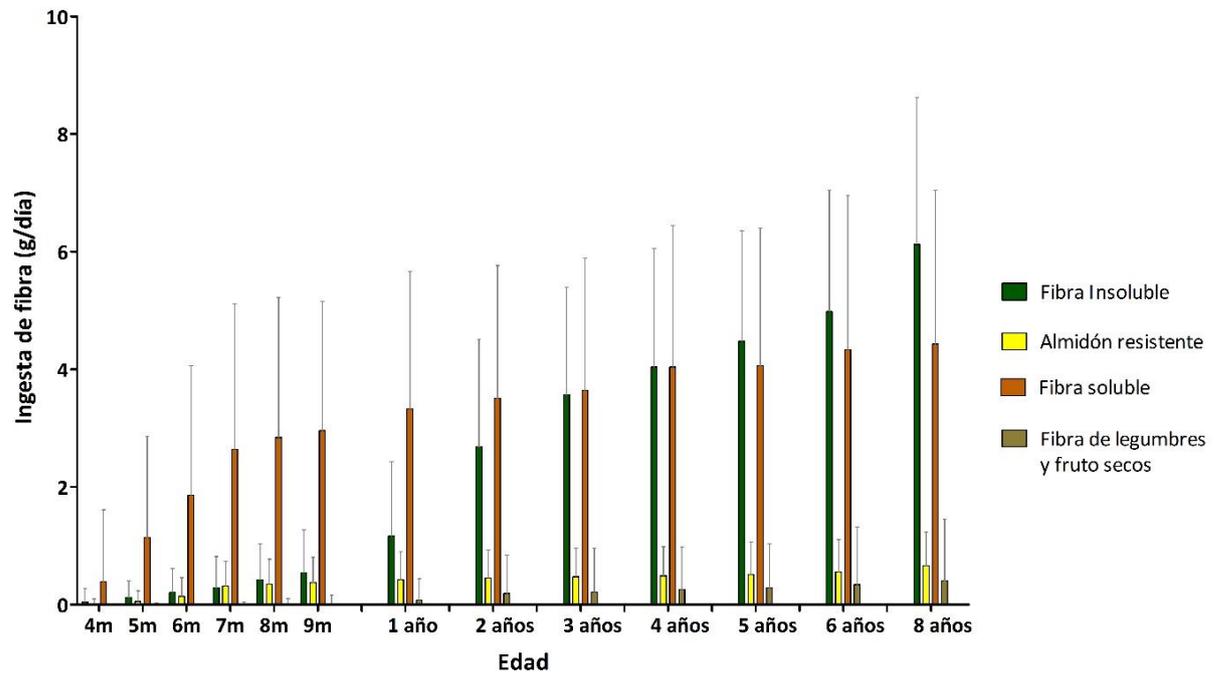


Figura 10.1. Ingesta de fibra (g/1000kcal) por edad según la fuente.

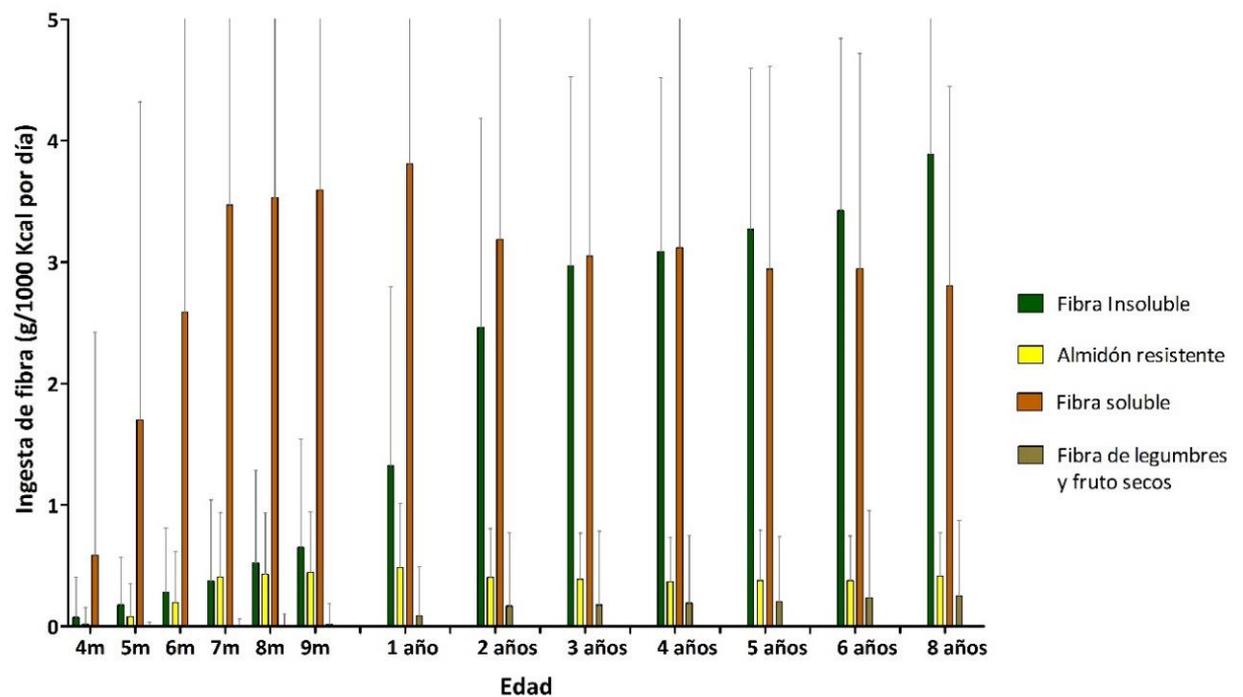


Tabla 10. Ingesta de fibra por edad según la fuente.

	Insoluble		Soluble		Almidón resistente		Fibra de legumbres y frutos secos	
	g/día	g/1000 kcal	g/día	g/1000 kcal	g/día	g/1000 kcal	g/día*	g/1000 kcal*
1 año n = 827	0.85 (0.14, 1.72)	0.96 (0.17, 1.94)	2.89 (1.61, 4.67)	3.34 (1.86, 5.26)	0.28 (0.00, 0.70)	0.32 (0.00, 0.79)	0.07 (0.37)	0.08 (0.40)
2 años n = 747	2.37 (1.42, 3.48)	2.14 (1.37, 3.03)	3.06 (1.93, 4.68)	2.91 (1.80, 4.20)	0.34 (0.08, 0.65)	0.30 (0.08, 0.59)	0.18 (0.65)	0.16 (0.60)
3 años, n = 531	3.32 (2.32, 4.41)	2.73 (1.99, 3.62)	3.27 (1.99, 4.98)	2.72 (1.71, 4.08)	0.36 (0.10, 0.66)	0.30 (0.09, 0.54)	0.21 (0.74)	0.17 (0.60)
4 años, n = 503	3.68 (2.63, 4.94)	2.86 (2.15, 3.69)	3.80 (2.41, 5.24)	2.87 (1.79, 3.89)	0.39 (0.07, 0.73)	0.30 (0.05, 0.53)	0.25 (0.73)	0.19 (0.56)
5 años, n = 445	4.15 (3.21, 5.38)	3.06 (2.41, 3.73)	3.76 (2.43, 5.47)	2.66 (1.77, 3.84)	0.39 (0.07, 0.73)	0.27 (0.05, 0.52)	0.29 (0.74)	0.20 (0.53)
6 años, n = 468	4.78 (3.64, 5.85)	3.17 (2.57, 3.94)	3.85 (2.46, 5.93)	2.65 (1.73, 3.85)	0.41 (0.10, 0.87)	0.30 (0.07, 0.59)	0.34 (0.98)	0.23 (0.72)
8 años, n = 399	5.68 (4.53, 7.23)	3.60 (2.94, 4.49)	4.03 (2.61, 5.80)	2.58 (1.72, 3.65)	0.55 (0.18, 1.02)	0.35 (0.11, 0.63)	0.40 (1.04)	0.25 (0.62)

Datos presentados como mediana (IQR). * Dado que la gran mayoría de los niños no tomaban frutos secos y legumbres o lo hacían en pequeñas cantidades se expresan los datos en forma de media \pm DS. La fibra insoluble incluye fibra de cereales, pasta, arroz, galletas, pasteles y comidas preparadas. La fibra soluble incluye la de frutas y verduras. El almidón resistente incluye fibra de patatas y productos derivados de la patata. Las legumbres y los frutos secos se agrupan por separado y contienen fibra soluble, insoluble y almidón resistente.

Tabla 10.1. Ingesta de fibra por edad según la fuente en niños y niñas.

	Insoluble		Soluble		Almidón resistente		Fibra de legumbres y frutos secos	
	g/día	g/1000 kcal	g/día	g/1000 kcal	g/día	g/1000 kcal	g/día ‡	g/1000 kcal ‡
Niños								
1 año, n = 390	0.71 (0.10, 1.66)	0.88 (0.12, 1.79)	2.95 (1.63, 4.49)	3.26 (1.74, 5.05)	0.26 (0.00, 0.69)	0.28 (0.00, 0.78)	0.07 (0.38)	0.08 (0.41)
2 años, n = 253	2.38 (1.42, 3.43)	2.11 (1.37, 2.93)	3.08 (1.94, 4.60)	2.87 (1.76, 4.03)	0.34 (0.08, 0.66)	0.32 (0.07, 0.60)	0.21 (0.75)	0.19 (0.68)
3 años, n = 253	3.55 (2.31, 4.55)	2.77 (1.91, 3.69)	3.38 (1.96, 5.10)	2.70 (1.64, 4.16)	0.39 (0.11, 0.75)	0.32 (0.09, 0.56)	0.20 (0.69)	0.16 (0.53)
4 años, n = 253	3.67 (2.63, 4.89)	2.79 (2.10, 3.64)	3.79 (2.41, 5.42)	2.78 (1.76, 3.85)	0.43 (0.14, 0.78)	0.32 (0.11, 0.57)	0.26 (0.76)	0.19 (0.56)
5 años, n = 217	4.16 (3.30, 5.37)	2.99 (2.39, 3.56)	3.88 (2.39, 5.55)	2.66 (1.62, 3.78)	0.41 (0.12, 0.78)	0.29 (0.08, 0.53)	0.24 (0.63)	0.16 (0.43)
6 años, n = 227	4.89 (3.85, 6.04)	3.18 (2.65, 3.96)	3.66 (2.41, 6.01)	2.59 (1.69, 3.80)	0.47 (0.14, 0.95)	0.32 (0.09, 0.66)	0.33 (0.99)	0.22 (0.68)
8 años, n = 193	5.94 (4.67, 7.49)	3.55 (2.85, 4.31)	4.19 (2.83, 5.98)	2.57 (1.76, 3.58)	0.59 (0.17, 1.09)	0.35 (0.10, 0.63)	0.43 (0.96)	0.26 (0.57)
Niñas								
1 año, n = 281	0.92 (0.20, 1.79)	1.05 (0.25, 2.11)	2.77 (1.58, 4.80)	3.37 (1.89, 5.35)	0.31 (0.00, 0.73)	0.36 (0.00, 0.82)	0.07 (0.36)	0.08 (0.40)
2 años, n = 281	2.35 (1.41, 3.58)	2.17 (1.37, 3.07)	3.05 (1.90, 4.80)	2.95 (1.81, 4.33)	0.33 (0.8, 0.62)	0.30 (0.08, 0.56)	0.16 (0.54)	0.14 (0.52)
3 años, n = 281	3.17 (2.34, 4.31)	2.70 (2.08, 3.58)	0.35 (0.09, 0.61)	0.29 (0.08, 0.51)	3.19 (2.02, 4.75)	2.76 (1.78, 3.94)	0.22 (0.79)	0.19 (0.67)
4 años, n = 251	3.69 (2.63, 5.04)	2.90 (2.26, 3.73)	3.81 (2.39, 5.14)	2.97 (1.82, 3.91)	0.37 (0.00, 0.64) *	0.28 (0.00, 0.48)	0.24 (0.69)	0.18 (0.55)
5 años, n = 230	4.14 (3.12, 5.39)	3.12 (2.43, 3.91)	3.63 (2.43, 5.34)	2.69 (1.88, 3.93)	0.35 (0.00, 0.72)	0.25 (0.00, 0.51)	0.33 (0.83)	0.24 (0.61)
6 años, n = 242	4.63 (3.38, 5.73)	3.16 (2.45, 3.94)	3.95 (2.47, 5.90)	2.74 (1.77, 3.86)	0.39 (0.08, 0.78) *	0.29 (0.05, 0.53)	0.34 (0.97)	0.25 (0.75)
8 años, n = 207	5.54 (4.45, 7.06)	3.60 (2.95, 4.57)	2.58 (1.68, 3.80)	3.93 (2.38, 5.45)	0.52 (0.18, 0.95)	0.34 (0.12, 0.67)	0.38 (1.13)	0.24 (0.66)

Los datos se presentan como mediana e IQR. * p <0,05, valor de p para la prueba t de Student para la comparación entre niños y niñas. ‡ Dado que la gran mayoría de los niños no tomaban frutos secos y legumbres o lo hacían en pequeñas cantidades se expresan los datos en forma de media ± DS.

3. Valores antropométricos y parámetros de salud

Las variables relacionadas con la salud cardiometabólica (valores antropométricos, parámetros bioquímicos, presión arterial y riesgo cardiometabólico) a los 8 años se describen en la Tabla 11.

Tabla 11. Parámetros relacionados con la salud cardiometabólica a los 8 años.

	Todos	Niños	Niñas
Antropometría	Media (±DS)	Media (±DS)	Media (±DS)
Peso (kg)	28.4 (6.04)	28.5 (6.3)	28.4 (5.8)
Talla (cm)	129.4 (5.5)	130.0 (5.5)	129.0 (5.5) *
IMC (kg/m ²)	16.9 (2.7)	16.8 (2.8)	17.0 (2.5)
Perímetro abdominal (cm)	59.2 (7.3)	59.35 (7.3)	59.0 (7.2)
Peso por edad (z score)	0.54 (1.18)	0.55 (1.28)	0.54 (1.10)
Talla por edad (z score)	0.38 (0.95)	0.42 (0.97)	0.36 (0.94)
IMC por edad (z score)	0.41 (1.22)	0.38 (1.36)	0.44 (1.10)
Parámetros bioquímicos	Media (±DS)	Media (±DS)	Media (±DS)
Glucosa (mg/dL)	84 (8)	84 (7)	83 (8) *
Colesterol total (mg/dL)	166 (27)	164 (27)	169 (27)
Colesterol HDL (mg/dL)	60 (15)	61 (16)	59 (14)
Colesterol LDL (mg/dL)	94 (25)	91 (24)	97 (25) *
Triglicéridos (mg/dL)	60 (26)	55 (22)	64 (29) †
Insulina (μIU/mL)	8.75 (3.15)	8.43 (2.96)	9.09 (3.32) *
HOMA-IR §	1.82 (0.70)	1.78 (0.66)	1.88 (0.74)
Presión arterial	Media (±DS)	Media (±DS)	Media (±DS)
Presión arterial sistólica (mmHg)	100 (10)	100 (9)	100 (10)
Presión arterial diastólica (mmHg)	57 (7)	56 (7)	58 (7) *
Presión arterial sistólica (percentil)	57.8 (28.1)	55.6 (27.9)	59.7 (28.2)
Presión arterial diastólica (percentil)	46.3 (22.1)	43.2 (22.1)	49.1 (21.9) *
Riesgo cardiometabólico	Media (±DS)		
Score cardiometabólico	-0.20 (3.85)	-0.03 (3.87)	-0.39 (3.86)

* p <0.05, † p <0.01, ‡ p <0.001 Valor de p para la prueba t de Student para la comparación de niños y niñas. Variables asimétricas testadas en forma logarítmica; § Variable sin distribución normal, mediana 1.70 (IQR: 1.31, 2.19); mediana de los niños 1.66 (IQR: 1.32, 2.0); mediana de las niñas 1,78 (IQR: 1.31, 2.25).

4. Análisis transversal de la asociación entre la ingesta de fibra dietética y la salud cardiometabólica en los niños

Los análisis de regresión lineal muestran que los niños que consumían una mayor cantidad de fibra a los 8 años tenían un IMC más alto, pero el modelo solo explica el 4.8% del IMC total a los 8 años (Tabla 12). Para el resto de variables de salud se encontró una tendencia hacia la reducción de glucosa, el colesterol LDL, la presión arterial sistólica y el riesgo cardiometabólico en los niños que consumían mayor cantidad de fibra a los 8 años.

Tabla 12. Análisis de regresión lineal sobre la asociación entre la ingesta de fibra dietética (g/1000kcal) a la edad de 8 años en los resultados de salud cardiometabólica.

		B	95% CI (Min, Max)	p-Valor	R ²
Análisis no ajustados	IMC z score	0.076	(0.000, 0.151)	0.049	0.011
	Glucosa (mg/dL)	-0.004	(-0.006, -0.001)	0.002	0.032
	Colesterol LDL (mg/dL)	-1.434	(-2.928, 0.060)	0.060	0.010
	Colesterol HDL (mg/dL)	-0.004	(-0.011, 0.003)	0.260	0.001
	Triglicéridos (mg/dL)	-0.004	(-0.014, 0.005)	0.392	-0.001
	HOMA-IR	-0.009	(-0.019, 0.001)	0.092	0.007
	Presión arterial sistólica (mmHg)	-2.126	(-3.770, -0.482)	0.011	0.020
	Score riesgo cardiometabólico	-0.195	(-0.432, 0.042)	0.107	0.006
Análisis ajustados	IMC z score	0.065	(0.012, 0.117)	0.016	0.048
	Glucosa (mg/dL)	-0.002	(-0.004, 0.000)	0.064	0.258
	Colesterol LDL (mg/dL)	-1.374	(-2.872, 0.125)	0.072	0.037
	Colesterol HDL (mg/dL)	-0.006	(-0.012, 0.000)	0.071	0.182
	Triglicéridos (mg/dL)	-0.001	(-0.011, 0.008)	0.770	0.161
	HOMA-IR	-0.006	(-0.015, 0.002)	0.151	0.337
	Presión arterial sistólica (mmHg)	-0.937	(-2.034, 0.159)	0.094	0.256
	Score riesgo cardiometabólico	-0,159	(-0.339, 0.021)	0.082	0.476

Modelos de regresión lineal no ajustados y ajustados por país, sexo, ingesta energética promedio a los 8 años, educación materna e IMC (si no fue la variable dependiente). Cada línea representa un modelo de regresión lineal independiente.

5. Análisis transversal de la asociación entre el consumo de fibra dietética según la fuente y la salud cardiometabólica en los niños

Al relacionar la ingesta de fibra dietética según la fuente alimentaria, una mayor ingesta de fibra soluble (fibra de frutas y verduras) a los 8 años se relacionó con menor HOMA-IR y puntuación de riesgo cardiometabólico (Tabla 13). La presión arterial sistólica se asoció inversamente con la ingesta de fibra de frutos secos y legumbres y se asoció directamente con el consumo de almidón resistente. Los niveles de lípidos no se asociaron con la ingesta de fibra dietética de diferentes fuentes de alimentos.

Tabla 13. Ingesta de fibra dietética de diferentes fuentes y parámetros de salud cardiometabólica a los 8 años.

		HOMA-IR			Presión arterial sistólica			Triglicéridos			Score riesgo cardiometabólico		
		B	95% CI (Min, Max)	p-Valor	B	95% CI (Min, Max)	p-Valor	B	95% CI (Min, Max)	p-Valor	B	95% CI (Min, Max)	p-Valor
Análisis no ajustados	Fibra insoluble	0.005	(-0.008, 0.017)	0.445	1.351	(0.13, 2.56)	0.030	0.006	(-0.006, 0.017)	0.346	0.148	(-0.130, 0.426)	0.296
	Almidón resistente	0.028	(-0.009, 0.065)	0.137	9.698	(4.67, 14.72)	<0.001	0.015	(-0.020, 0.050)	0.397	1.323	(0.495, 2,151)	0.002
	Fibra soluble	-0.010	(-0.018, -0.001)	0.028	-0.358	(-1.41, 0.69)	0.505	-0.001	(-0.009, 0.006)	0.709	-0.068	(-0.261, 0.124)	0.486
	Fibra legumbres y frutos secos	0.015	(-0.004, 0.034)	0.131	-1.917	(-4.49, 0.65)	0.144	-0.008	(-0.026, 0.010)	0.381	-0.301	(-0.734, 0.131)	0.171
		R ² = 0.016			R ² = 0.040			NS			R ² = 0.37		
Análisis ajustados	Fibra insoluble	0.000048	(-0.010, 0.010)	0.982	-0.48	(-1.70, 0.74)	0.440	0.006	(-0.005, 0.016)	0.281	0.059	(-0.14, 0.26)	0.566
	Almidón resistente	-0.014	(-0.046, 0.017)	0.370	4.60	(0.06, 9.19)	<0.0496	-0.023	(-0.057, 0.011)	0.104	0.087	(-0.56, 0.74)	0.793
	Fibra soluble	-0.008	(-0.016, -0.001)	0.025	-0.19	(-1.16, 0.77)	0.694	-0.005	(-0.014, 0.001)	0.182	-0.159	(-0.30, -0.00)	0.037
	Fibra legumbres y frutos secos	0.012	(-0.004, 0.028)	0.148	-2.24	(-4.53, 0.05)	0.055	0.012	(-0.007, 0.027)	0.183	-0.045	(-0.37, 0.20)	0.784
		R ² = 0.346			R ² = 0.252			R ² = 0.207			R ² = 0.489		

Análisis transversal de las ingestas de diferentes tipos de fibra ajustadas por energía (g / 1000 kcal) a los 8 años sobre los parámetros de salud a la misma edad. Todos los tipos de fibra ingresaron juntos en un modelo de regresión lineal, sin ajustar y ajustados por país, sexo, ingesta energética promedio a los 8 años, educación materna e IMC. NS: modelo no significativo.

6. Análisis longitudinal de la asociación entre la ingesta de fibra dietética y la salud cardiometabólica en los niños

Del total de 400 niños que asistieron a la visita de 8 años con un diario dietético, 89 habían permanecido repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra dietética entre los 3 y 8 años (al menos tres de cada cinco en ese período). Los niños que permanecieron repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra durante la infancia, a los 8 años, exhibieron niveles de glucosa más altos estadísticamente significativos, HOMA-IR más alto, puntuación de riesgo cardiometabólico más alto y una tendencia a una presión arterial sistólica más alta, como lo muestran los modelos ajustados por ANOVA (Figura 11). Los modelos realizados sobre triglicéridos, colesterol HDL y LDL y presión arterial diastólica no revelaron asociación significativa.

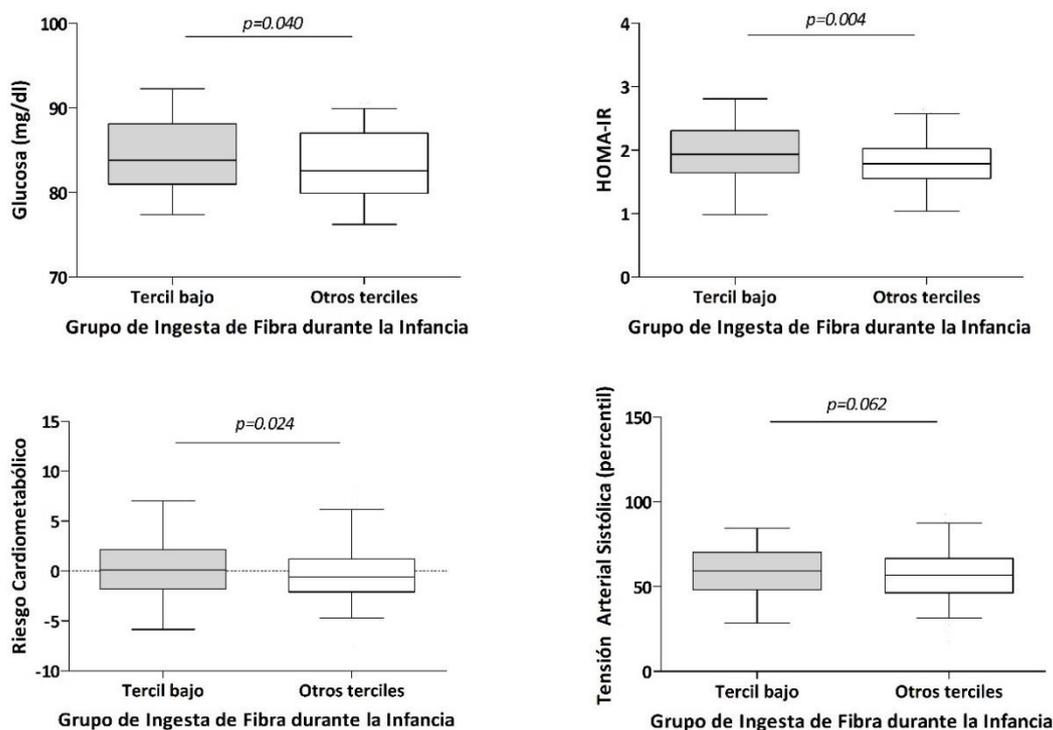


Figura 11. Parámetros de salud cardiometabólica según el nivel de ingesta de fibra durante la infancia. Niños clasificados en repetidas ocasiones en el tercil más bajo de ingesta de fibra entre los 3 y 8 años (al menos tres de cada cinco en este período) o en otros terciles y / o no repetidamente en el tercil más bajo. Resultados de modelos ANOVA de una vía ajustados por país, sexo, índice de masa corporal y educación materna para glucosa (A), HOMA-IR (B), riesgo cardiometabólico (C) y presión arterial sistólica (D).

7. Determinación de valores de consumo para establecer recomendaciones según parámetros de riesgo cardiometabólico

En la Tabla 14 se muestra el consumo promedio de ingesta de fibra a lo largo de la infancia (de los 3 a los 8 años) entre los niños que permanecieron repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra.

Tabla 14. Consumo promedio de ingesta de fibra (g/1000 Kcal) por edad entre los niños que permanecieron repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra.

	3 años, <i>n</i> = 178	4 años, <i>n</i> = 139	5 años, <i>n</i> = 123	6 años, <i>n</i> = 123	8 años, <i>n</i> = 103
Ingesta promedio (g/1000 kcal)	6.63	7.01	7.07	7.42	7.39

La ingesta promedio del grupo de niños que permanecieron repetidamente en el tercil más bajo de ingesta de fibra durante la infancia fue 6.7 g/1000 kcal al día (DS 1.29).

Se realizaron análisis de curva ROC y área bajo la curva, para intentar definir valores de ingesta de fibra que permitieran definir el riesgo dicotómico de presentar o no una alteración metabólica y así definir un nuevo valor de recomendación. Los datos no aportaron ningún valor concreto de ingesta de fibra a los 8 años de edad con capacidad discriminativa significativa para ningún marcador de riesgo cardiometabólico alterado (HOMA-IR, tensión arterial sistólica, triglicéridos o LDL elevados para la edad).

8. Cumplimiento de las recomendaciones de ingesta de fibra

En la Figura 12 y la Tabla 15 se muestra de qué forma se ajustaron los niños a las diferentes recomendaciones por edades mediante el porcentaje de niños que cumplía con los requerimientos.

Figura 12. Porcentaje de niños que cumple las diferentes recomendaciones a todas las edades.

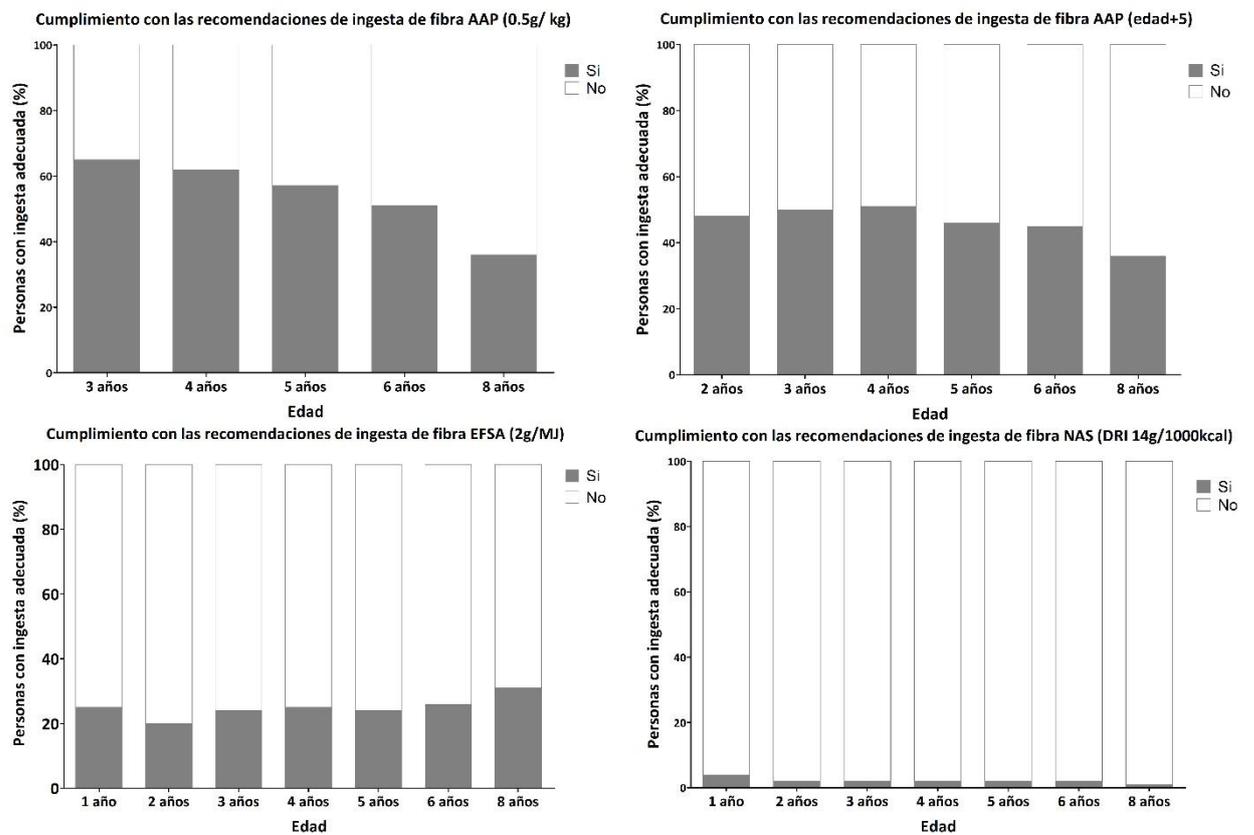


Tabla 15. Porcentaje de adecuación a las diferentes recomendaciones por edad y sexo.

	Referencia							
	AAP 1993		AAP 1995		EFSA 2017		NAS 2005	
	(63)	(62)	(57)	(14)	(%)	(%)	(%)	(%)
	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas
1 año					23.0	25.9	3.8	3.6
2 años			48.7	46.3	19.1	20.9	1.4	2.5
3 años	65.8	64.5	54.0	46.7	25.3	22.1	2.0	1.1
4 años	60.9	63.9	52.6	48.6	22.9	26.7	2.0	1.6
5 años	55.6	57.7	45.6	45.7	20.7	27.0	1.4	1.3
6 años	50.0	51.5	45.8	44.6	26.0	26.0	3.1	1.2
8 años	38	34	39.9	32.4	29.0	33.3	1.0	1.0

Sin diferencias entre géneros en la distribución de adecuación a la ingesta (prueba de Chi cuadrado).

AAP 1993: American Academy of Pediatrics (0,5g/kg peso), AAP 1995: American Academy of Pediatrics (Edad + 5), EFSA 2017: European Food Safety Authority (2g/ MJ), NAS: National Academy of Sciences (14g/1000 kcal).

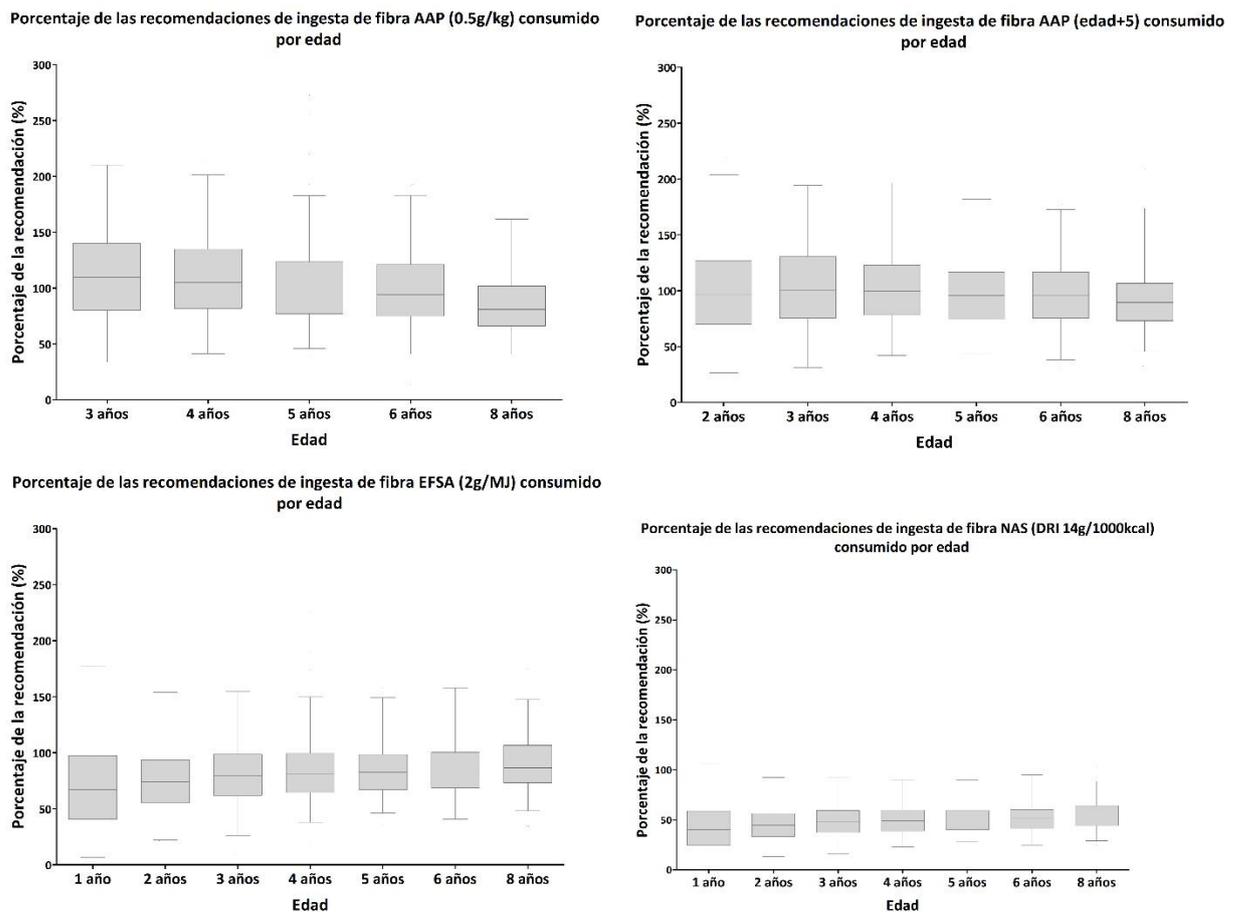
En general, alrededor del 75-80% de los niños no cumplían las recomendaciones de la EFSA (2g/MJ) (57) a ninguna edad, aunque a los 8 años el cumplimiento era algo mayor (del 31.3%). Con las recomendaciones de la “edad más 5” de la AAP (62), la adecuación fue alrededor del 45-50% a todas las edades sin diferencia entre niños y niñas. La recomendación a la que más se adecuaron los niños a todas las edades fue la de 0.5g/kg peso de la AAP (63) con un máximo del 65% a los 3 años y una reducción de la misma a medida que avanzaba la edad hasta los 8 años.

Por último, menos del 5% de los niños a todas las edades se adecuaron a las recomendaciones de 14 g/1000 kcal (14).

La Figura 13 ilustra la ingesta de fibra en las diferentes edades, expresada como el porcentaje de ingesta sobre la recomendación de las diferentes sociedades. Esto permite entender mejor si los niños, a pesar de no alcanzar el consumo recomendado, se encontraban muy lejos o cerca del consumo ideal, y por tanto entender mejor los posibles

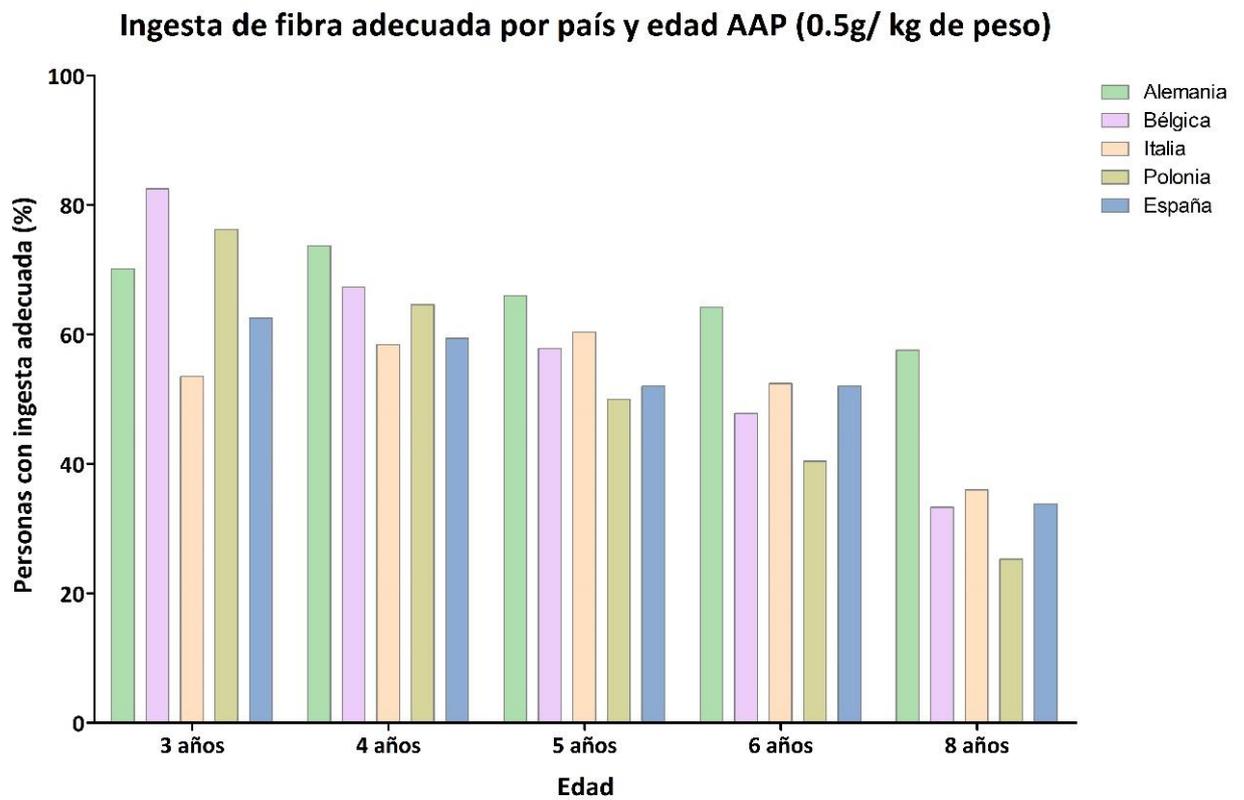
efectos que se desprenden del análisis aunque exista un elevado número de niños que no alcanza la recomendación. Así, según la EFSA, la mayoría de los participantes consumía entre el 50 y el 100% de la ingesta recomendada de fibra. Según la AAP, la ingesta de fibra de los participantes, se distribuía de forma consistente alrededor del 100% de las recomendaciones a lo largo de toda la infancia; además, a los 8 años, la mayoría de participantes tenía una ingesta superior al 75% de la recomendación de ingesta de fibra. Sin embargo, según las DRI, la ingesta de fibra de la mayoría los participantes no alcanzaba el 50% de la recomendación.

Figura 13. Porcentaje de las recomendaciones de ingesta de fibra consumido.

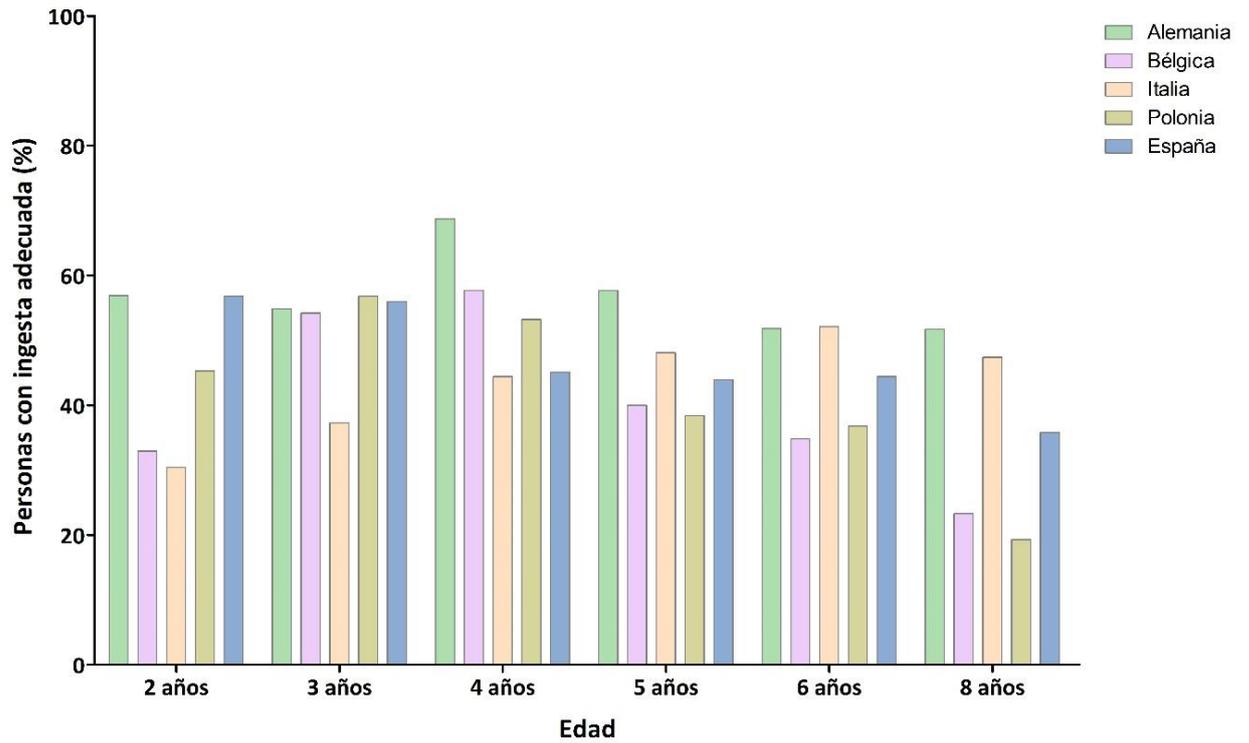


En la Figura 14 se muestra la adecuación a las diferentes recomendaciones por país y edad. Alemania fue el país con el nivel de adecuación mayor y más estable.

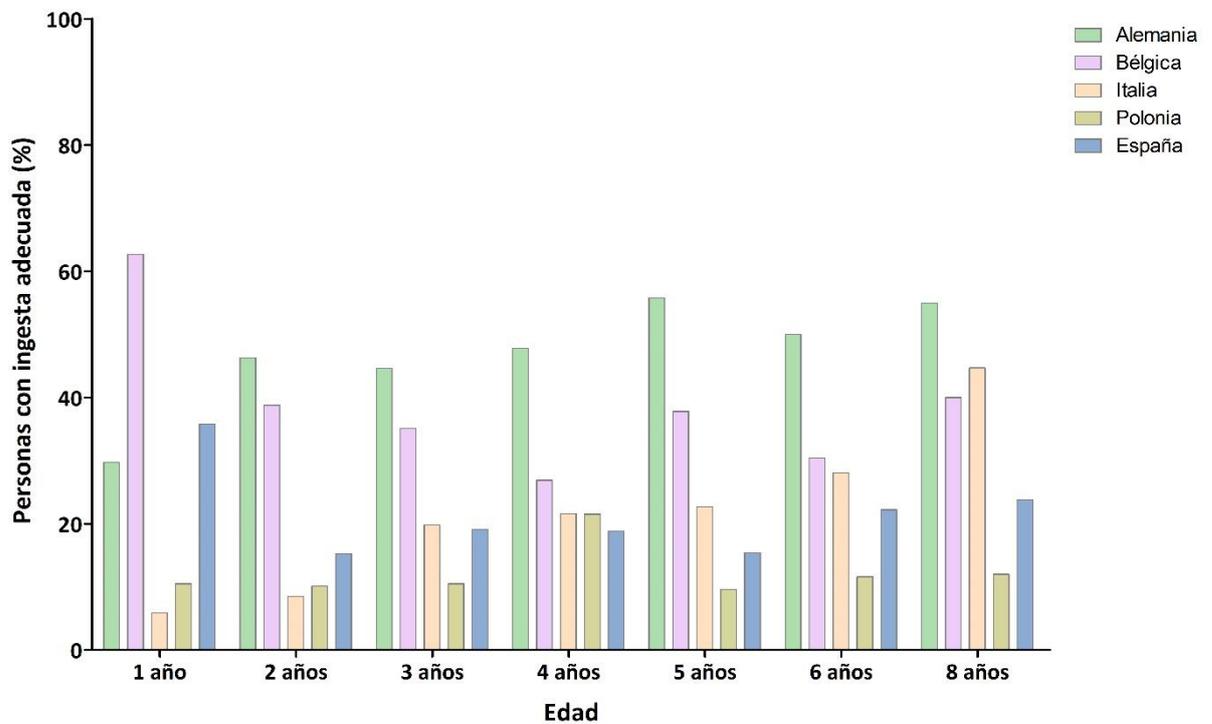
Figura 14. Adecuación de la ingesta de fibra a las diferentes recomendaciones por país y edad.

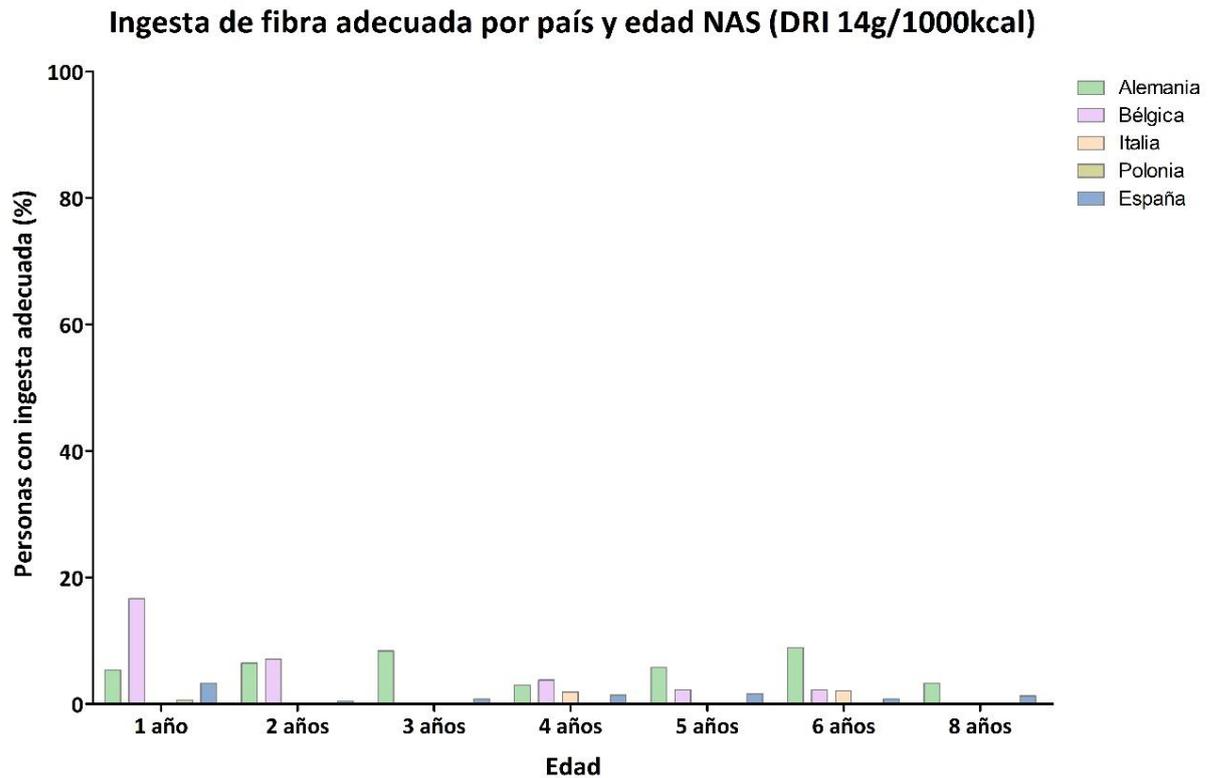


Ingesta de fibra adecuada por país y edad AAP (edad + 5)



Ingesta de fibra adecuada por país y edad EFSA (2g/MJ)





9. Valores antropométricos y parámetros de salud en función de la adecuación de la ingesta de fibra a las recomendaciones.

Las variables relacionadas con la salud cardiometabólica (IMC, parámetros bioquímicos, presión arterial y riesgo cardiometabólico) a los 8 años, en función del cumplimiento de las recomendaciones de la EFSA, se describen en la Tabla 16. Los participantes fueron categorizados como “cumplidores” con la ingesta de fibra recomendada por la EFSA a lo largo de la infancia si, entre los 2 y los 8 años, aportaban como mínimo 3 diarios y cumplían con las recomendaciones como mínimo en tres ocasiones.

Tabla 16. Parámetros relacionados con la salud cardiometabólica a los 8 años según el cumplimiento mantenido de las recomendaciones de la EFSA.

	No cumplen	Cumplen	
Antropometría	Media (±DS)	Media (±DS)	p
IMC por edad (z score)	0.39 (1.25)	0.46 (1.23)	0.164
Parámetros bioquímicos	Media (±DS)	Media (±DS)	p
Glucosa (mg/dL)	84 (7)	83 (8)	0.836
Colesterol total (mg/dL)	167 (28)	169 (26)	0.443
Colesterol HDL (mg/dL)	60 (15)	61 (14)	0.554
Colesterol LDL (mg/dL)	95 (26)	95 (23)	0.627
Triglicéridos (mg/dL)	59 (25)	61 (27)	0.435
Insulina (µIU/mL)	8.68 (2.95)	8.78 (3.58)	0.412
HOMA-IR §	1.81 (0.64)	1.82 (0.83)	0.287
Presión arterial	Media (±DS)	Media (±DS)	p
Presión arterial sistólica (percentil)	57.1 (27.3)	57.7 (30.5)	0.810
Presión arterial diastólica (percentil)	46.8 (22.2)	43.2 (22.3)	0.574
Riesgo cardiometabólico	Media (±DS)		p
Score cardiometabólico	-0.30 (3.69)	-0.015 (4.29)	0.892

T-test realizado con la variable HOMA normalizada como logaritmo en base 10. § Variable sin distribución normal, mediana de los que no cumplen 1.72 (IQR: 1.33, 2.17), mediana de los que cumplen 1.67 (IQR: 1.27, 2.24).

10. Factores que predicen el cumplimiento y adherencia de las recomendaciones a lo largo de la infancia

El 75% de los niños que no cumplían con los requerimientos a los 2 años tampoco lo hacían a los 8 años.

El RR de no cumplir los requerimientos a los 8 años por no cumplirlos a los 2 años era de 1.59 (IC 95% 1.24, 2.05) y a los 3 años de 1.54 (IC 95% 1.19, 1.99).

Los modelos de regresión logística, ajustados por país, género y educación de la madre, indicaban que cumplir con los requerimientos de ingesta de fibra al año de vida no se asociaba con el cumplimiento de los requerimientos a los 8 años. Sin embargo, cumplir con los requerimientos a los 2 años de vida implicaba una OR de 2,374 ($p = 0.006$) de

cumplir los requerimientos a los 8 años, con un efecto significativo del nivel educativo de la madre (a nivel alto, OR de cumplir de 2,580 ($p=0.036$)) ajustado por país y género. De forma similar, cumplir con los requerimientos de ingesta de fibra a los 3 años también se asoció a cumplir con los requerimientos a los 8 años ($OR=2.153$, $p=0.017$), junto con un efecto significativo del alto nivel educativo materno ($OR=2.807$, $p=0.025$).

11. Análisis transversal de la asociación entre la adecuación de la ingesta de fibra dietética según las recomendaciones y la salud cardiometabólica en los niños

Los análisis de regresión lineal no mostraron ninguna asociación entre el correcto cumplimiento de las diferentes recomendaciones de la EFSA y los resultados de salud a los 8 años de edad.

12. Análisis longitudinal de la asociación entre la adecuación de la ingesta de fibra dietética según las recomendaciones y la salud cardiometabólica en los niños

Al analizar si los niños que cumplían de forma repetida con los requerimientos de ingesta de fibra de la EFSA (2 g/MJ al día) entre los dos y los 8 años (al menos 3 veces de 6) tenían mejores resultados de salud a los 8 años, no se encontró ningún resultado significativo.

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio europeo multicéntrico que investiga la asociación de la ingesta de fibra dietética y sus fuentes, y la adecuación a sus recomendaciones, con la salud cardiometabólica en niños pequeños.

La ingesta de fibra dietética a los 8 años mostró una asociación con la salud cardiometabólica a la misma edad, aunque no alcanzó la significación estadística. Sin embargo, mantener una ingesta baja de fibra durante la infancia se asoció con una peor tolerancia a la glucosa, una presión arterial sistólica más elevada y un incremento del riesgo cardiometabólico general a la edad de 8 años. No todos los tipos de fibra se asociaron con estos beneficios. El consumo de fibra de frutas y verduras se asoció con un menor índice de resistencia a la insulina y riesgo cardiometabólico, y el consumo de fibra de legumbres y frutos secos se asoció con una tendencia a menor presión arterial sistólica. Estas asociaciones no se explicaron por las diferencias en la ingesta de energía, ya que la ingesta de fibra se ajustó por la ingesta total de energía. La ingesta de fibra insoluble no se asoció con parámetros de salud y el almidón resistente se asoció a una presión arterial sistólica más alta.

El consumo de fibra dietética en los niños europeos fue inadecuado, por debajo de las recomendaciones actuales según la edad, aún y así, no se observó ningún efecto del cumplimiento o no de éstas sobre la salud a los 8 años, ni tampoco pudimos definir un valor óptimo de ingesta para mejorar la salud cardiometabólica de los niños a la misma edad. Sin embargo, encontramos un valor de ingesta de fibra seguro de 6.7 g/1000 kcal al día. Ingestas mantenidas alrededor de estos valores se asocian a los 8 años con peor salud cardiometabólica y por tanto ingestas superiores podrían considerarse más seguras, con menores repercusiones sobre la salud futura. Estos resultados nos llevan a resaltar la

importancia de realizar nuevos estudios en busca de recomendaciones de ingesta de fibra para niños dirigidas a mejorar su salud a corto y largo plazo.

Los resultados mostraron que el correcto consumo de fibra en edades precoces condiciona la adecuación a las recomendaciones a la edad de 8 años y que la ingesta de fibra se mantiene estable durante la infancia. Aunque los resultados de un peor estado cardiometabólico no se tradujeron en implicaciones clínico-patológicas a los 8 años, nuestro estudio pone de manifiesto la importancia de la educación temprana para desarrollar hábitos alimenticios saludables que se puedan mantener hasta edades más avanzadas y que contribuyan a mejorar la salud cardiovascular a largo plazo.

Diferentes estudios prospectivos y metaanálisis de ensayos controlados aleatorios en adultos han demostrado que seguir una dieta rica en fibra se relaciona con un menor riesgo cardiometabólico al mejorar el perfil lipídico, reducir la presión arterial y la resistencia a la insulina (50) (44) (28) (91) (92) (31). Aunque el síndrome metabólico está bien definido en adultos, no existe una definición universal y uniforme para niños y adolescentes (93) (94) (95) y la frecuencia en este grupo de edad es baja. Esta fue la razón por la que utilizamos una puntuación continua como puntuación de riesgo cardiometabólico, utilizando variables comunes del síndrome metabólico para los análisis de nuestro estudio (85).

En niños, los estudios que relacionan la ingesta de fibra dietética y la salud cardiometabólica son escasos y sobre todo en adolescentes o preadolescentes (96) (97) (98). Encontramos sólo dos estudios publicados que analizaron la relación entre la ingesta de fibra dietética y el riesgo cardiometabólico en niños pequeños. Los dos estudios hallan asociaciones con el perfil de lípidos, pero no con el metabolismo de la glucosa. El estudio de Fulgoni se realizó en niños estadounidenses de 2 a 18 años y observaron asociaciones

entre la fibra dietética ajustada por energía y el colesterol total, los triglicéridos y la presión arterial diastólica a todas las edades (58). En otro estudio, que evaluó la asociación entre la fibra dietética y la salud cardiometabólica a la edad de 6 años, se encontró una reducción en el riesgo cardiometabólico en niños con una mayor ingesta de fibra a expensas de un mejor perfil de lípidos en sangre (aumento de colesterol HDL y disminución de triglicéridos) que parecía estar impulsado principalmente por la ingesta de patatas, frutas y verduras (8).

Los datos de nuestro estudio son más sólidos que la mayoría de estudios anteriores, al provenir de un estudio de cohorte longitudinal. Los niños con una menor ingesta de fibra mantenida a lo largo de 5 años delimitaron un grupo de clara exposición, donde el riesgo cardiometabólico era mayor a los 8 años, a expensas de una glucosa sanguínea basal más elevada, mayor resistencia a la insulina y a cifras de TA sistólica mayores. Estos hallazgos podrían ser relevantes, como veremos más adelante, ya que la resistencia a la insulina es el principal factor desencadenante en el tiempo de enfermedad metabólica.

En adultos, los efectos de la ingesta de fibra sobre el control del peso y el menor riesgo de obesidad se han atribuido a diferentes mecanismos, incluido la reducción de la densidad calórica total de la dieta, el poder saciante de las fibras y la disminución de la absorción de nutrientes en el intestino delgado (44) (99) (100) (28) (101) (102) (43). En los niños, se expresó la preocupación de que una ingesta alta en fibra podría disminuir la ingesta de energía y la absorción de nutrientes críticos, induciendo así un daño potencial. Los datos de varias publicaciones han demostrado que una ingesta elevada de fibra no causa problemas de crecimiento ni falta de nutrientes en niños sanos (60) (103). En nuestro estudio, los niños que consumían más fibra, independientemente de su procedencia, tenían un IMC más elevado (sin llegar a variaciones patológicas). Esta

asociación fue independiente de la ingesta energética total, y los resultados obtenidos en nuestros análisis que asocian el consumo de fibra dietética y la salud cardiometabólica fueron independientes del IMC. Por lo tanto, aumentar la ingesta de fibra dietética puede mejorar los marcadores de riesgo para la salud cardiometabólica a corto y largo plazo, incluso en niños pequeños independientemente del peso.

La ingesta de fibra dietética mejora la homeostasis de la glucosa al provocar una disminución de la glucosa en sangre, una reducción del hiperinsulinismo y una mejora de la resistencia a la insulina, lo que reduce el riesgo de DM2 en adultos (50) (36) (44) (104) (105) (47) (37) (91). Este efecto se ha atribuido clásicamente a la fibra soluble (que, a través de la formación de geles viscosos en el intestino y su mayor capacidad de fermentar, reduce la absorción de glucosa y disminuye la secreción de insulina) (20), aunque en los últimos años la fibra insoluble destaca como la fibra principal en cuanto a sus efectos en la reducción de la DM2 en adultos mediante mecanismos todavía no del todo ciertos aunque probablemente relacionados con el aumento del tránsito intestinal y la reducción en la absorción de glucosa, sensibilidad mejorada a la insulina, actividad y modulación de marcadores inflamatorios, así como influencias directas e indirectas en la microbiota intestinal (106) (104) (107) (108) (109) (110). En los niños, la relación entre la ingesta de fibra y el control glucémico no ha sido bien demostrada (111) (112) (59) (113). Nuestros resultados son novedosos, ya que hemos observado una tendencia similar a la de los adultos a una edad temprana. Por lo tanto, una ingesta baja sostenida de fibra desde la infancia podría estar asociada a una menor tolerancia a la glucosa. Además, una dieta con una mayor cantidad de fibra soluble a la edad de 8 años, procedente de frutas y verduras, podría reducir el índice de resistencia a la insulina, como han demostrado algunos estudios en adultos (114) (36) (115) (116) (117). Ésta mejora en la resistencia a

la insulina es uno de los puntos clave de los efectos beneficiosos de la fibra sobre la salud ya que es el mecanismo más potente responsable de reducir el riesgo de obesidad, diabetes, hipertensión e hiperlipidemia. Reducir dichos factores de riesgo en edades tempranas podría mejorar el riesgo cardiovascular en la edad adulta.

En adultos está claramente establecida la mejora del perfil lipídico con la ingesta de fibra, mayoritariamente de tipo soluble, a través de varios mecanismos como la reducción de la absorción del colesterol, el bloqueo de su síntesis hepática (a través del propionato derivado de la fermentación de las fibras) y la reducción del colesterol circulante (debido al aumento de la utilización del colesterol para la síntesis de ácidos biliares que es estimulado por el secuestro de ácidos biliares intestinales por la fibra) (118) (119). Coincidiendo con los estudios publicados hasta la fecha tanto en niños, adolescentes como en adultos (58) (60) (120) (28), encontramos una tendencia a un colesterol LDL más bajo a los 8 años de edad con una mayor ingesta de fibra.

La ingesta más alta de fibra se ha relacionado con una presión arterial sistólica y diastólica más baja en adultos, así como con una mejora en los niveles de presión arterial en pacientes hipertensos (121) (122) (28) (123) (124) (125) (126). En los niños, los estudios que relacionan la ingesta de fibra dietética y la presión arterial son muy escasos y todos en edad adolescente (127) (113). Nuestro estudio aporta nuevos datos referentes a la influencia de la ingesta de fibra sobre la TA en niños normotensos. Los niños con ingestas bajas de fibra mantenidas a lo largo del tiempo exhibieron cifras más altas de presión arterial sistólica. El efecto antihipertensivo de la fibra lo encontramos en la literatura explicado a través de diferentes mecanismos, como la reducción del peso o la mejora del perfil lipídico. En nuestro estudio, estos dos mecanismos jugarían un papel secundario y

sería la mejoría del perfil glucémico el principal mecanismo involucrado. El mecanismo principal que explicaría la reducción de las cifras de tensión arterial por el efecto de la fibra dietética, sería secundario a la capacidad de ésta de reducir la resistencia a la insulina.

El hiperinsulinismo aumenta la TA a través de varios mecanismos como el aumento de la absorción renal de sodio, el aumento de la actividad del sistema nervioso simpático, el incremento en la producción de sustancias vasoconstrictoras, como la endotelina 1, Ang II y tromboxano y una disminución de la relajación vascular dependiente del endotelio. Asimismo, también se ha observado una menor producción de agentes vasodilatadores, tales como el óxido nítrico (NO) y la prostaciclina (52). En línea con estudios previos en adultos, nuestro estudio encontró que esta asociación protectora de la fibra con la presión arterial estaba relacionada principalmente con la fibra derivada de las legumbres y frutos secos (126) (128) (129) (130) (131). Los frutos secos contienen altos niveles de ácidos grasos insaturados y compuestos bioactivos que podrían contribuir a mejorar la presión arterial y la función endotelial (132) (131). Por otro lado, las legumbres tienen un alto contenido en fibra dietética, proteínas vegetales y potasio, que confieren efectos reductores sobre la presión arterial (133). Nuestro estudio corrobora estos resultados en niños por primera vez.

Por el contrario, la ingesta de fibra procedente del almidón resistente se asoció a un aumento de la presión arterial sistólica. La explicación de esta asociación podría ser que el almidón resistente proviene principalmente de las patatas. El almidón resistente y el consumo de patatas se ha relacionado con la TA en ambos sentidos. Podría disminuirla por ser una fuente dietética importante de potasio (134) o bien aumentarla de forma secundaria según las formas de elaboración culinaria. En nuestro estudio posiblemente el efecto hipertensor guarde relación con la ingesta de patatas acompañadas frecuentemente

de una gran cantidad de sal (como fritas o snacks). No se pudo cuantificar la cantidad de sal, lo que se considera una limitación en este estudio.

De entre las diferentes recomendaciones actuales de ingesta de fibra en niños, la regla de la “edad más cinco” de la AAP (62) sigue siendo la más utilizada aunque las recomendaciones de la EFSA (57) son las más recientes y destinadas a la población europea.

La regla de la “edad más cinco” es fácil de recordar, segura para el crecimiento y desarrollo normales y consistente con las recomendaciones de los adultos (62), aunque carece de una base fisiológica y no tiene en cuenta las diferencias de género, las necesidades energéticas ni el tipo o propiedades de la fibra. Las recomendaciones anteriores propuestas por la AAP (63) (que consistían en 0,5 g/kg al día con un máximo en 35g/d) se traducían en un valor constante creciente según los kg de peso independientemente de la edad. Sin embargo, las necesidades energéticas y alimentarias de los niños y adolescentes por kg de peso corporal disminuyen con la edad (135) y la densidad de fibra se mantiene constante durante la infancia y la adolescencia, de manera que a partir de los 10 años éstas recomendaciones de ingesta de fibra aumentan hasta llegar a valores iguales a los límites altos de las recomendaciones en la edad adulta siendo cifras inalcanzables y contradictorias.

La evidencia disponible sugiere que los efectos beneficiosos de la fibra en los seres humanos probablemente estén relacionados con la cantidad de alimentos consumidos, no con la edad o el peso corporal del individuo, por lo que el mejor enfoque es establecer una ingesta adecuada (IA) basada en gramos por 1000 kcal, aunque valores de referencia vinculados exclusivamente a la energía podrían dar lugar a cantidades excesivas en los primeros años de vida (136) (137).

Como en la mayoría de publicaciones presentes en la literatura (64) (65) (66) (67) (138) (68), el consumo de fibra en nuestros niños se encontraba por debajo de las recomendaciones actuales, pero además, nuestro trabajo es el primero que analiza esta adecuación en un estudio longitudinal multieuropeo y la compara con las diferentes recomendaciones (136) (7).

Solo un trabajo reciente (7) recopila encuestas sobre ingesta de fibra dietética de diferentes países europeos a todas las edades. Concluye que la ingesta de fibra está por debajo de las recomendaciones tanto para adultos como para niños, a excepción de Alemania. De todas formas, se trata de una revisión donde se recopilan datos de ingesta de fibra aproximada en franjas de edad amplias y de forma transversal, en general por encima de los 7-8 años y sin referencia sobre las recomendaciones de cada país lo que impide hacer comparaciones sobre el cumplimiento de éstas.

Que conozcamos, nuestro estudio es el único en comprobar que la ingesta de fibra dietética de los niños europeos a todas las edades se encontraba por debajo de las recientes recomendaciones de la EFSA (alrededor de un 75% de los niños no las cumplía), con una ingesta estable a lo largo de toda la infancia entre 6-8 g/1000 kcal al día. En general, los niños se adecuaron más a la recomendación de la AAP consistente en 0,5g/kg peso al día, aunque de forma similar a los hallazgos de otras publicaciones (136) (137), a partir de los 8 años ésta adecuación decaía. Alemania fue el país que de forma general se adecuó mejor a las diferentes recomendaciones coincidiendo con otras publicaciones (7), seguido de Italia y España.

En niños no existen hasta la fecha recomendaciones de fibra dietética específicas basadas en el estado de salud a corto y largo plazo debido a la falta de evidencia científica en este aspecto y éstas se extrapolan de las recomendaciones para los adultos (57) (14) (62).

En este sentido no encontramos ningún estudio que analice cuál es la ingesta de fibra adecuada para los niños dirigida a mejorar su estado de salud cardiovascular a corto y largo plazo ni tampoco que analice los efectos sobre la salud al cumplir o no las recomendaciones vigentes.

A través de nuestro estudio, el primero en realizar estos análisis, no pudimos demostrar ningún efecto sobre la salud a los 8 años por el hecho de cumplir o no con las recomendaciones de la EFSA a lo largo de la infancia. La Ingesta Adecuada (IA), que en el caso de la fibra se utiliza al no poder establecer un valor de Ingesta Recomendada (RDA), nos establece el nivel de ingesta suficiente para cubrir las necesidades de todos los individuos sanos. Nuestros resultados mostraron que, aunque la mayor parte de los niños no cumplía la ingesta adecuada, alrededor de un 75% de ellos se acercaba, sobre todo a la edad de 8 años, pudiendo ser este el motivo por el que no se encontraron diferencias de salud a los 8 años asociadas a alcanzar o no la ingesta adecuada.

Lo que sí observamos fue, cómo una ingesta mantenida alrededor de 6.7 g/1000 kcal al día (coincidiendo con el tercil bajo de nuestra población) se relacionaba con efectos negativos sobre la salud cardiometabólica a los 8 años. Este valor de ingesta podría considerarse cómo un valor de ingesta seguro, recomendando a los niños mantener una ingesta de fibra superior a dichos valores desde edades tempranas.

Por el contrario, no se pudo encontrar el valor óptimo de ingesta recomendada para mejorar la salud de los niños a los 8 años. Para valorar este aspecto, y aun sabiendo que

en la actualidad no existen criterios diagnósticos de síndrome metabólico en niños de 8 años, se consideró tener dos o más de los factores de riesgo habituales según los valores de normalidad aceptados para niños (87) (88) (89) (79).

Estos resultados nos indican la necesidad de realizar estudios prospectivos con grandes tamaños muestrales que establezcan recomendaciones de ingesta de fibra dietética en niños más precisas con la finalidad de mejorar su salud a corto y largo plazo.

Podría ser una limitación del estudio, que factores dietéticos que podrían estar relacionados con el riesgo cardiometabólico, como la proporción de sal, azúcares y grasas, no se incluyeron en los análisis. Sin embargo, todos los análisis se ajustaron por la ingesta energética total. Otra posible limitación es que los análisis no tuvieron en cuenta la actividad física, lo que también podría estar relacionado con los resultados de salud. Otra de las posibles limitaciones del estudio es la disminución del número de participantes a medida que aumenta la edad, especialmente aquellos que proporcionaron todos los datos dietéticos.

Cabe destacar como fortalezas que se trata del único estudio multicéntrico europeo longitudinal en niños prepúberes en el que se analiza la fibra y sus fuentes alimentarias en relación con diferentes elementos de salud cardiometabólica y riesgo cardiometabólico.

CONCLUSIONES

1. Bajos consumos de fibra de forma mantenida a lo largo de la infancia se asocian con niveles de glucosa más altos, peor tolerancia a la glucosa, peores cifras de tensión arterial sistólica y una puntuación de riesgo cardiometabólico más alto a los 8 años.
2. La ingesta de fibra procedente de frutas y verduras mejora la tolerancia a la glucosa y reduce las puntuaciones de riesgo cardiometabólico a los 8 años.
3. El consumo de fibra de legumbres y frutos secos se asocia con una tendencia a una menor presión arterial sistólica a los 8 años.
4. Una ingesta de fibra mantenida a lo largo de los años por encima de 6.7 g/1000 kcal al día podría considerarse como un valor de ingesta seguro, en edades tempranas, que mejora marcadores de salud cardiometabólicos.
5. No se pudo definir un valor de ingesta de fibra con efectos beneficiosos sobre la salud a los 8 años que pudiera establecerse como nueva recomendación.
6. Existe un porcentaje elevado de la población infantil con una ingesta de fibra inferior a las ingestas adecuadas según la EFSA.
7. El hecho de no cumplir con las ingestas adecuadas según la EFSA no se asocia con alteraciones de la salud cardiometabólica en estas edades.
8. Los niños mantienen un consumo de fibra estable durante la infancia, siendo el consumo a los 2 años el mayor condicionante para cumplir las recomendaciones a los 8 años.
9. Una dieta rica en fibra dietética de frutas, verduras, legumbres y frutos secos debe promoverse desde una edad temprana, independientemente del peso y estado de salud de los niños, debido a sus aparentes beneficios a corto y largo plazo.

10. Son necesarios nuevos estudios prospectivos con grandes tamaños muestrales que definan mejor los beneficios y los riesgos de la fibra en la infancia para así poder establecer recomendaciones más precisas dirigidas a mejorar su salud cardiovascular y digestiva a corto y largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

1. INE. Mortalidad estimada y registrada por cualquier causa. Instituto Nacional de Estadística. 2020.
2. Bauer U, Briss P, Goodman R, Bowman B. Prevention of chronic disease in the 21st century: Elimination of the leading preventable causes of premature death and disability in the USA. *The Lancet*. 2014;384:45–52.
3. Liu J, Ma D. The role of n-3 polyunsaturated fatty acids in the prevention and treatment of breast cancer. *Nutrients*. 2014;6(11):5184–5223.
4. Koletzko B, Kries V, Closa R, Escribano J, Scaglioni S, Giovannini M, et al. Infant Feeding and Later Obesity Risk. *Adv Exp Med Biol*. 2009;646:15–29.
5. Berti C, Agostoni C. Programming Long-Term Health: Establishing Healthy Eating Patterns in Early Infancy. *Early Nutrition and Long-Term Health*. 2017; pp. 427–463.
6. Luque V, Escribano J, Closa-Monasterolo R, Zaragoza-Jordana M, Ferré N, Grote V, Koletzko B, Totzauer M, Verduci E, ReDionigi A, et al. Unhealthy Dietary Patterns Established in Infancy Track to Mid-Childhood: The EU Childhood Obesity Project. *J Nutr*. 2018;148(5):752–759.
7. Stephen A.M, Champ M.M.J, Cloran S.J, Fleith M, Van Lieshout L, Mejbourn H, Burley V.J. Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. *Nutr Res Rev*. 2017;30(02):149–190.
8. Van Gijssel R, Braun K, Kiefte-de Jong J, Jaddoe V, Franco O, Voortman T. Associations between Dietary Fiber Intake in Infancy and Cardiometabolic Health at School Age: The Generation R Study. *Nutrients*. 2016;8(9):531.
9. Cummings JH, Engineer A. Denis Burkitt and the origins of the dietary fibre hypothesis. *Nutr Res Rev*. 2017;31:1–15.

10. O’Keefe SJ. The association between dietary fibre deficiency and high-income lifestyle-associated diseases: Burkitt’s hypothesis revisited. *Lancet Gastroenterol Hepatol.* 2019;4(12):984–996.
11. DeVries JW. On defining dietary fibre. *Proc Nutr Soc.* 2003;62(1):37–43.
12. Food and Nutrition Board. Institute of Medicine of the National Academies. Dietary Reference Intakes: Proposed Definition of Dietary Fiber. In Panel on the Definition of Dietary Fiber and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes;); The National Academies Press: Washington, DC, USA. 2001; pp 22-25.
13. DeVries J, Camire M, Cho S, Craig S, Gordon D, Jones J, Li B, Lineback D, Prosky L, Tunland B. The Definition of Dietary Fiber. *Cereal Foods World.* 2001;46(3):112–129.
14. Food and Nutrition Board; Institute of Medicine of the National Academies. Dietary, functional and total fiber. In *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2005; pp. 339–421.
15. European Food Safety Authority (EFSA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. In Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). *EFSA J.* 2010;8(3):1462.
16. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO) & World Health Organization (OMS). Report of the 30th Session of the Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling (ALINORM 09/32/23). In *Codex Alimentarius Comision.* 2009; pp 1-73.
17. Grooper SS, Smith JL, Carr TP. *Macronutrients and Their Metabolism (Section*

- II). Fiber (Chapter 4). In: *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Seventh edition. 2018; pp. 107–125.
18. Aggett PJ, Agostoni C, Axelsson I, Edwards CA, Goulet O, Hernell O, Koletzko B, Lafeber HN, Micheli JL, Michaelsen KF, et al. Nondigestible carbohydrates in the diets of infants and young children: A commentary by the ESPGHAN committee on nutrition. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr* 2003; pp. 329–337.
 19. Augustin LSA, Aas AM, Astrup A, Atkinson FS, Baer-sinnott S, Barclay AW, et al. Dietary Fibre Consensus from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrients*. 2020;12(9):1-11.
 20. Almaraz RS, Fuentes MM, Milla SP, Plaza BL. Indicaciones de diferentes tipos de fibra en distintas patologías. *Nutr Hosp*. 2015;31(6):2372–83.
 21. Gil A, Xaruelo A, Gálvez J. Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición (Tomo I). Fibra dietética (Capítulo 9). In: *Tratado de Nutrición*. Editorial Médica Panamericana. Segunda Edición. 2010. p. 235–256.
 22. Peris GP, Lesmes B, Cuerda CM, Alvarez C. Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr Hosp*. 2002;17:11–6.
 23. Koh A, De Vadder F, Kovatcheva-Datchary P, Bäckhed F. From dietary fiber to host physiology: Short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell*. 2016;165(6):1332–1345.
 24. García Peris P, Álvarez de Frutos V. Fibra y salud. *Nutr y Obes*. 2000;3:127–135.
 25. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 2013;5(4):1417–1435.
 26. Overby HB, Ferguson JF. Gut Microbiota-Derived Short-Chain Fatty Acids Facilitate Microbiota: Host Cross talk and Modulate Obesity and Hypertension. *Curr Hypertens Rep*. 2021;23(8): 1-10.

27. Layden BT, Angueira AR, Brodsky M, Durai V, Lowe WL. Short chain fatty acids and their receptors: New metabolic targets. *Transl Res.* 2013;161(3):131–140.
28. Reynolds A, Mann J, Cummings J, Winter N, Mete E, Te Morenga L. Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet.* 2019;393:434–445.
29. Gill SK, Rossi M, Bajka B, Whelan K. Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2021;18(2):101–116.
30. Ocvirk S, Wilson AS, Appolonia CN, Thomas TK, Keefe SJDO. Fiber , Fat , and Colorectal Cancer : New Insight into Modifiable Dietary Risk Factors. *Curr Gastroenterology Reports.* 2019;21(62): 1-7.
31. Davy BM, Melby CL. The effect of fiber-rich carbohydrates on features of Syndrome X. *J Am Diet Assoc.* 2003;103(1):86–96.
32. Satija A, Hu FB. Cardiovascular Benefits of Dietary Fiber. *Curr Atheroscler Rep.* 2012;14(6):505–514.
33. Galisteo M, Duarte J, Zarzuelo A. Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome. *J Nutr Biochem.* 2008;19(2):71–84.
34. Anderson JW, Baird P, Davis RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev.* 2009;67(4):188–205.
35. Threapleton DE, Greenwood DC, Evans C, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, et al. Dietary fibre intake and diabetes risk: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Proc Nutr Soc.* 2013;72:2020.
36. Chandalia M, Garg A, Lutjohann D, von Bergmann K, Grundy SM, Brinkley LJ. Beneficial Effects of High Dietary Fiber Intake in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *N Engl J Med.* 2000;342(19):1392–1398.
37. Roberts CK, Hevener AL, Barnard RJ. Metabolic Syndrome and Insulin

- Resistance: Underlying Causes and Modification by Exercise Training. *Natl Inst Heal.* 2013;3(1):1–58.
38. Muñoz EE. Estudio del papel fisiopatológico de la resistencia a la insulina en la cirrosis. Tesis Doctoral. UAB. 2015; pp 12-18.
39. Beale EG. Insulin Signaling And Insulin Resistance. *Natl Inst Heal.* 2013;61(1):11–44.
40. Nelson RA, Bremer AA, Ph D. Insulin Resistance and Metabolic Syndrome in the Pediatric Population. *Metab Syndr Relat Disord.* 2010;8(1):1–14.
41. Prieto A. Trabajo Fin de Grado: Obesidad, síndrome Metabólico y Diabetes tipo 2. Facultad de farmacia. Universidad Complutense. 2019; pp 12-14.
42. Güemes-Hidalgo M, Muñoz-Calvo MT. Síndrome metabólico. *Pediatría integral.* 2015;XIX(6):428–435.
43. Slavin JL. Dietary fiber and body weight. *Nutrition.* 2005;21(3):411–418.
44. Slavin JL. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc.* 2008;108(10):1716–1731.
45. Howarth NC, Saltzman E RS. Dietary Fiber and Weight Regulation. *Nutr Rev.* 2001;59(5):129–139.
46. Pereira MA, Ludwig DS. Dietary fiber and body-weight regulation: Observations and mechanisms. *Pediatr Clin North Am.* 2001;48(4):969–980.
47. Silva FM, Kramer CK, de Almeida JC, Steemburgo T, Gross JL, Azevedo MJ. Fiber intake and glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev.* 2013;71(12):790–801.
48. Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz G, Liu S, Solomon CG, Willett W. Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. *N Engl J Med.*

- 2001;345(11):790–797.
49. Evans C. Dietary fibre and cardiovascular health: A review of current evidence and policy. *Proc Nutr Soc.* 2020;79(1):61–67.
 50. Threapleton DE, Greenwood DC, Evans CEL, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, et al. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: Systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2013;347(f6879).
 51. Aleixandre A, Miguel M. Dietary fiber and blood pressure control. *Food Funct.* 2016;7(4):1864–1871.
 52. Mayer MA, Peredo HA, Puyó AM. Fisiopatología de la hipertensión arterial en el síndrome metabólico y la insulinoresistencia (Capítulo 48). En *Hipertensión arterial: Epidemiología, fisiología, fisiopatología, diagnóstico y terapéutica*. Editorial: Sociedad Argentina de Hipertensión Arterial. 2013; pp. 238–242.
 53. Yang J, Wang H, Zhou L, Xu C. Effect of dietary fiber on constipation : A meta analysis. *World J Gastroenterol.* 2012;18(48):7378–7383.
 54. Murphy N, Norat T, Ferrari P, Jenab M, Bueno-de-mesquita B, Skeie G, et al. Dietary Fibre Intake and Risks of Cancers of the Colon and Rectum in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Public Library of Science (Plos one)*. 2012; 7 (6): e39361.
 55. Wong C, Harris PJ, Ferguson LR. Potential benefits of dietary fibre intervention in inflammatory bowel disease. *Int J Mol Sci.* 2016;17(6):919.
 56. El-Salhy M, Ystad SO, Mazzawi T, Gundersen D. Dietary fiber in irritable bowel syndrome (Review). *Int J Mol Med.* 2017;40(3):607–613.
 57. European Food Safety Authority (EFSA). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Support Publ.* 2017 (e15121); pp 98.
 58. Fulgoni VL, Brauchla M, Fleige L, Chu YF. Association of whole-grain and

- dietary fiber intake with cardiometabolic risk in children and adolescents. *Nutr Health*. 2020;26(3):243–251.
59. White J, Jago R, Thompson JL. Dietary risk factors for the development of insulin resistance in adolescent girls: a 3-year prospective study. *Public Health Nutr*. 2012;17(2):361–368.
60. Ruottinen S, Lagström HK, Niinikoski H, Rönnemaa T, Saarinen M, Pahkala KA, et al. Dietary fiber does not displace energy but is associated with decreased serum cholesterol concentrations in healthy children. *Am J Clin Nutr*. 2010;91(3):651–661.
61. Kranz S, Brauchla M, Slavin JL, Miller KB. What do we know about dietary fiber intake in children and health? The effects of fiber intake on constipation, obesity, and diabetes in children. *Adv Nutr*. 2012 Jan;3(1):47–53.
62. Williams CL, Bollella M, Wynder EL. A New Recommendation for Dietary Fiber in Childhood. *Pediatrics*. 1995;96(5):985-988.
63. American Academy of Pediatrics. Carbohydrate and dietary fibre. In: American Academy of Pediatrics (ed). *Pediatric Nutrition Handbook*. American Academy of Pediatrics: Elk Grove Village, IL. 1993; pp 100–106.
64. Ruiz E, Ávila JM, Valero T, Pozo S, Rodriguez P, Aranceta-bartrina J, et al. Macronutrient Distribution and Dietary Sources in the Spanish Population: Findings from the ANIBES Study. *Nutrients*. 2016;8(177): 1-25.
65. Olza J, Mart E, Aranceta-bartrina J, Gonz M, Ortega RM, Serra-majem L, et al. Adequacy of Critical Nutrients Affecting the Quality of the Spanish Diet in the ANIBES Study. *Nutrients*. 2019;11:1–17.
66. Aranceta-bartrina J, Gil Á. Ingesta y fuentes alimentarias de fibra en España: diferencias en cuanto a la prevalencia de exceso de peso y obesidad abdominal en

- adultos del estudio científico ANIBES. En: fundación Española de Nutrición (número 18). 2016; pp 7-10.
67. Samaniego-Vaesken M, Partearroyo T. Carbohydrates, starch, total sugar, fiber intakes and food sources in Spanish children aged one to < 10 Years. Results from the EsNuPI Study. *Nutrients*. 2020;12:2–24.
 68. Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN). Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos en Población Infantil y Adolescente. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. 2014; 48-50.
 69. Weber M, Grote V, Closa-monesterolo R, Escribano J, Langhendries J, Dain E, Giovannini M, Verduci E, Gruszfeld D, Socha P. et al. Lower protein content in infant formula reduces BMI and obesity risk at school age: follow-up of a randomized trial. *Am J Clin Nutr*. 2014;99:1041–1051.
 70. Koletzko B, Kries V, Closa R, Escribano J, Scaglioni S, Giovannini M, et al. Lower protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y: A randomized clinical trial. *Am J Clin Nutr*. 2009;89:1836–1845.
 71. Verwied-Jorky S, Schiess S, Luque V, Grote V, Scaglioni S, Vecchi F, Martin F, Stolarczyk A, Koletzko B, et al. Methodology for longitudinal assessment of nutrient intake and dietary habits in early childhood in a transnational multicenter study. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2011;52(1):96–102.
 72. Luque V, Escribano J, Mendez-Riera G, Schiess S, Koletzko B, Verduci E, Stolarczyk A, Martin F, Closa-Monasterolo R, et al. Methodological approaches for dietary intake assessment in formula-fed infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2013;56(3):320–327.
 73. Dehne LI, Klemm C, Henseler G, Hermann-Kunz E. The German Food Code and Nutrient Data Base (BLS II.2). *Eur J Epidemiol*. 1999;15(4):355–358.

74. Mataix J, Manas M, Llopis J, Martínez de Victoria E, Juan J, Borregón A. Tablas de composición de alimentos españoles (Spanish Food Composition Tables). Vol. 4, Universidad de Granada. 2003.
75. IP L. Table de Composition des Aliments. Vol. 1. 1998.
76. Van Havere R, Muls E SC. Table belge de composition des aliments. Vol. 3. 1999.
77. Kunachowicz H, Nadolna I, Przybyla B IK. Tabele wartosci odzywczej produktow spozywczych (Food composition tables). 1998.
78. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. Bull World Heal Organ. 2007;85:660–667.
79. Flynn JT, Falkner BE. New Clinical Practice Guideline for the Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. Hypertension. 2017;70:683–686.
80. Miller, W. G.; Myers GL., Sakurabayashi, I.; Bachmann, L. M.; Caudill, P.; Dziekonski, A.; Edwards, S.; Kimberly, M. M.; Korzun, W. J.; Leary ET, et al. Seven Direct Methods for Measuring HDL and LDL Cholesterol Compared with Ultracentrifugation Reference Measurement Procedures. Clin Chem. 2015;56(6):977–986.
81. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the Concentration of Low-Density Lipoprotein Cholesterol in Plasma, Without Use of the Preparative Ultracentrifuge. Clin Chem. 1972;18(6):499–502.
82. Besch, W.; Woltanski HK., Keilacker, H.; Diaz-Alonso, J.M.; Schulz, B.; Amendnt, P.; Kohnert, K.D.; Ziegler M. Measurement of Insulin in Human Sera Using a New RIA Kit. Insuline determination in the absence of insuline antibodies- Conventional assay and micro modification. Exp Clin Endocrinol.

- 1987;90(3):264–270.
83. Matthews DR, Hosker JR, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homostasis model assessment: insuline resistance and b-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28:412–419.
 84. Mclaughlin T, Abbasi F, Cheal K, Chu J, Lamendola C, Reaven G. Use of Metabolic Markers To Identify Overweight Individuals Who Are Insulin Resistant. *Ann Intern Med*. 2013;139:802–809.
 85. Eisenmann JC. On the use of a continuous metabolic syndrome score in pediatric research. *Cardiovasc Diabetol*. 2008;7:1–6.
 86. Voortman T, van den Hooven EH, Tielemans MJ, Hofman A, Kiefte-de Jong JC, Jaddoe VWV, et al. Protein intake in early childhood and cardiometabolic health at school age: the Generation R Study. *Eur J Nutr*. 2016;55(6):2117–2127.
 87. Mehta SK. Waist Circumference to Height Ratio in Children and Adolescents. *Clin Pediatr (Phila)*. 2015;54(7):652–658.
 88. Peplies J, Jiménez-Pavón D, Savva SC, Buck C, Günther K, Fraterman A, et al. Percentiles of fasting serum insulin, glucose, HbA1c and HOMA-IR in pre-pubertal normal weight European children from the IDEFICS cohort. *Int J Obes (Lond)*. 2014;38:S39–47.
 89. De Henauw S, Michels N, Vyncke K, Hebestreit A, Russo P, Intemann T, et al. Blood lipids among young children in Europe: Results from the European IDEFICS study. *Int J Obes*. 2014;38:S67–75.
 90. World Medical Association. WMA Declaration of Helsinki—Ethica Principles for Medical Research Involving Human Subjects; World Medical Association: Ferney-Voltaire, France, 2013.

91. Lattimer JM, Haub MD. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*. 2010;2(12):1266–1289.
92. Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K, Brown MM. Dietary fiber and risk of coronary heart disease. *Arch Intern Med*. 2004;164(4):370–376.
93. Battista M, Murray RD, Daniels SR. Use of the metabolic syndrome in pediatrics: a blessing and a curse. *Semin Pediatr Surg*. 2009;18(3):136–43.
94. Ford E S, Li C. Defining the Metabolic Syndrome in Children and Adolescents: Will the Real Definition Please Stand Up? *J Pediatr*. 2008;152:160–164.
95. Zimmet P, Alberti GKMM, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, et al. The metabolic syndrome in children and adolescents - An IDF consensus report. *Pediatr Diabetes*. 2007;8(5):299–306.
96. Setayeshgar S, Ekwaru JP, Maximova K, Majumdar SR, Storey KE, Mcgavock J, et al. Dietary intake and prospective changes in cardiometabolic risk factors in children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;7:1–7.
97. Veldhuis L, Koppes LLJ, Driessen MT, Samoocha D, Twisk JWR. Effects of dietary fibre intake during adolescence on the components of the metabolic syndrome at the age of 36 years: The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *J Hum Nutr Diet*. 2010;23(6):601–608.
98. Carlson JJ, Eisenmann JC NG et al. Dietary fiber and nutrient density are inversely associated with the metabolic syndrome in US adolescents. *J Am Diet Assoc* 2011;111(11):1688–1695.
99. Wanders AJ, van den Borne JJGC, de Graaf C, Hulshof T, Jonathan MC, Kristensen M, et al. Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: A systematic review of randomized controlled trials. *Obes Rev*. 2011;12(9):724–739.

100. Du H, Van Der A DL, Boshuizen HC, Forouhi NG, Wareham NJ, Halkjær J, et al. Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women. *Am J Clin Nutr.* 2010;91(2):329–336.
101. Tucker LA, Thomas KS. Increasing total fiber intake reduces risk of weight and fat gains in women. *J Nutr.* 2009;139(3):576–581.
102. Koh-Banerjee P, Franz M, Sampson L, Liu S, Jacobs DR, Spiegelman D, et al. Changes in whole-grain, bran, and cereal fiber consumption in relation to 8-y weight gain among men. *Am J Clin Nutr.* 2004;80(5):1237–1245.
103. Edwards CA, Parrett AM. Dietary fibre in infancy and childhood. *Proc Nutr Soc.* 2003;62(1):17–23.
104. Yao B, Fang H, Xu W, Yan Y, Xu H, Liu Y, et al. Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: A dose-response analysis of prospective studies. *Eur J Epidemiol.* 2014;29(2):79–88.
105. Aune D, Norat T RP et al. Whole grain and refined grain consumption and the risk of type 2 diabetes : a systematic review and dose – response meta-analysis of cohort studies. *Eur J Epidemiol.* 2013;28:845–858.
106. Weickert MO, Pfeiffer AFH. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *J Nutr.* 2008;138(3):439–442.
107. Montonen J, Knekt P, Järvinen R, Aromaa A, Reunanen A. Whole-grain and fiber intake and the incidence of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(3):622–629.
108. Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR, Slavin J, Sellers TA, Folsom AR. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Am J Clin Nutr.* 2000;71(4):921–930.
109. Weickert MO, Mohlig M, Koebnick C, Holst JJ, Namsolleck P, Ristow M, et al. Impact of cereal fibre on glucose-regulating factors. *Diabetologia.*

- 2005;48(11):2343–2353.
110. Kaline K, Bornstein SR, Bergmann A, Hauner H, Schwarz PEH, Gustav C, et al. The Importance and Effect of Dietary Fiber in Diabetes Prevention with Particular Consideration of Whole Grain Products. *Horm Metab Res.* 2007;39:687–693.
 111. Cheng G, Karaolis-Danckert N, Libuda L, Bolzenius K, Remer T, Buyken AE. Relation of dietary glycemic index, glycemic load, and fiber and whole-grain intakes during puberty to the concurrent development of percent body fat and body mass index. *Am J Epidemiol.* 2009;169(6):667–677.
 112. Kynde I, Johnsen NF, Wedderkopp N, Bygbjerg IC, Helge JW, Heitmann BL. Intake of total dietary sugar and fibre is associated with insulin resistance among Danish 8-10- and 14-16-year-old girls but not boys. *European Youth Heart Studies i and II. Public Health Nutr.* 2010;13(10):1669–1674.
 113. Dong Y, Chen L, Gutin B, Zhu H. Total , insoluble , and soluble dietary fiber intake and insulin resistance and blood pressure in adolescents. *Eur J Clin Nutr.* 2019;73(8):1172–1178.
 114. Yu K, Ke MY, Li WH, Zhang SQ, Fang XC. The impact of soluble dietary fibre on gastric emptying, postprandial blood glucose and insulin in patients with type 2 diabetes. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2014;23(2):210–218.
 115. Jenkins, D.J.; Wolever, T.M.; Leeds, A.R.; Gassull, M.A.; Haisman, P.; Dilawari, J.; Goff DV., Metz, G.L.; Alberti K. Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: Importance of viscosity. *Br Med J.* 1978;1(6124):1392–1394.
 116. Schulze MB, Liu S, Rimm EB, Manson JAE, Willett WC, Hu FB. Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *Am J Clin Nutr.* 2004;80(2):348–356.
 117. Östman E, Rossi E, Larsson H, Brighenti F, Bjo I. Glucose and insulin responses

- in healthy men to barley bread with different levels of (1 / 3 ; 1 / 4) - b -glucans ; predictions using fluidity measurements of in vitro enzyme digests. *J Cereal Sci.* 2006;43:230–235.
118. Fernandez M. Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk. *Curr Opin Lipidol.* 2001;12:35–40.
119. Surampudi P, Enkhmaa B, Anuurad E, Berglund L. Lipid Lowering with Soluble Dietary Fiber. *Curr Atheroscler Rep.* 2016;18:75.
120. Shinozaki K. et al. Dietary Fiber Consumption Decreases the Risks of Overweight and Hypercholesterolemia in Japanese Children. *Ann Nutr Metab.* 2015;67:58–64.
121. Streppel MT, Arends LR, Van't Veer P, et al. Dietary fiber and blood pressure control. *Arch Intern Med.* 2005;165:150–156.
122. Whelton SP, Hyre AD, Pedersen B, Yi Y, Whelton PK, He J. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: A meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *J Hypertens.* 2005;23(3):475–481.
123. Khan K, Jovanovski E, Ho HVT, Marques ACR, Zurbau A, Mejia SB, et al. The effect of viscous soluble fiber on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2018;28(1):3–13.
124. Sacks F. et al. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet. *N Engl J Med.* 2001;344(1):3–10.
125. Ndanuko RN, Tapsell LC, Charlton KE, Neale EP, Batterham MJ. Dietary Patterns and Blood Pressure in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Adv Nutr.* 2016;7(6):76–89.
126. Chiavaroli L, Viguioliouk E, Nishi SK, Mejia SB, Raheli D, Kahleov H, et al. DASH Dietary Pattern and Cardiometabolic Outcomes: An Umbrella Review of

- Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Nutrients*. 2019;11:338.
127. Gopinath B, Flood VM, Roachchina E, Baur LA, Smith W, Mitchell P. Influence of high glycemic index and glycemic load diets on blood pressure during adolescence. *Hypertension*. 2012;59(6):1272–1277.
 128. Mejia SB, Kendall CWC, Viguioliouk E, Augustin LS, Ha V, Cozma AI, et al. Effect of tree nuts on metabolic syndrome criteria : a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open*. 2014;4.
 129. Del Gobbo LC, Falk MC, Feldman R, Lewis K, Mozaffarian D. Effects of tree nuts on blood lipids, apolipoproteins, and blood pressure: systematic review, meta-analysis, and dose-response of 61 controlled intervention trials. *Am J Clin Nutr*. 2015;102:1347–1356.
 130. Jayalath VH, Souza RJ De, Sievenpiper JL, Ha V, Chiavaroli L, Mirrahimi A, et al. Original article Effect of Dietary Pulses on Blood Pressure : A Systematic Review and Meta-analysis of Controlled Feeding Trials. *Am J Hypertens*. 2014;27:56–64.
 131. Kim Y, Keogh JB, Clifton PM. Benefits of nut consumption on insulin resistance and cardiovascular risk factors: Multiple potential mechanisms of actions. *Nutrients*. 2017;9:1271.
 132. Souza, R.G.M.; Gomes, A.C.; Naves, M.M.V.; Mota J. Nuts and legume seeds for cardiovascular risk reduction : scientific evidence and mechanisms of action. *Nutr Rev*. 2015;73(6):335–347.
 133. Lee, Y.P.; Puddey, I.B.; Hodgson JM. Protein, fibre and blood pressure: Potential benefit of legumes. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2008;35:473–476.
 134. Aburto NJ, Hanson S, Gutierrez H, Hooper L, Elliott P, Cappuccio FP. Effect of increased potassium intake on cardiovascular risk factors and disease: Systematic

- review and meta-analyses. *BMJ*. 2013;346(7903):1–19.
135. Torun B, Davies PS, Livingstone MB, Paolisso M, Sackett R SG. Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur J Clin Nutr*. 1996;50:(Suppl 1), S37–S80; discussion S80-31.
136. Alexy U, Kersting M, Sichert-Hellert W. Evaluation of dietary fibre intake from infancy to adolescence against various references - Results of the DONALD Study. *Eur J Clin Nutr*. 2006;60(7):909–914.
137. Cañedo-argüelles CA. Fibra dietética. *Rev Pediatr Aten Primaria*. 2006;8:Supl I:83-97.
138. Decarli B, Cavadini C, Grin J, Blondel-lubrano A, Narring F, Michaud P. Food and Nutrient Intakes in a Group of 11 to 16 Year Old Swiss Teenagers. *Int J Vitam Nutr Res*. 2000;70(3):139–147.

ANEXOS

Anexo 1. Publicaciones derivadas de la Tesis Doctoral

Larrosa S, Luque V, Grote V, Closa-Monasterolo R, Ferré N, Koletzko B, Verduci E, Gruszfeld D, Xhonneux A, Escribano J. Fibre Intake Is Associated with Cardiovascular Health in European Children. *Nutrients*. 2021;13(1):12.
<https://doi.org/10.3390/nu13010012>.

Anexo 2. Comunicaciones derivadas de la Tesis Doctoral

Comunicación oral: Consumo de fibra y cumplimiento de las recomendaciones actuales en niños europeos de 2 a 8 años. Autores: Susana Larrosa, Verónica Luque, Pau Mora, Ricardo Closa Monasterolo, Joaquín Escribano Subías. 67º Congreso de la Asociación Española de Pediatría (AEP). Burgos. Junio de 2019.

Comunicación premiada con el Premio Mención Especial Mejores Comunicaciones.

Anexo 3. Premios derivados de la Tesis Doctoral

Premio Mención Especial Mejores Comunicaciones por la Comunicación oral: Consumo de fibra y cumplimiento de las recomendaciones actuales en niños europeos de 2 a 8 años. Autores: Susana Larrosa, Verónica Luque, Pau Mora, Ricardo Closa Monasterolo, Joaquín Escribano Subías. 67º Congreso de la Asociación Española de Pediatría (AEP). Burgos. Junio de 2019.

Article

Fibre Intake Is Associated with Cardiovascular Health in European Children

Susana Larrosa ¹, Veronica Luque ^{1,2,*} , Veit Grote ³ , Ricardo Closa-Monasterolo ¹, Natalia Ferré ¹ ,
Berthold Koletzko ^{3,4} , Elvira Verduci ^{5,6} , Dariusz Gruszfeld ⁷ , Annick Xhonneux ⁸ and Joaquin Escribano ^{1,2,*}

- ¹ Paediatrics, Nutrition and Development Research Unit, Universitat Rovira i Virgili, IISPV, 43204 Reus, Spain; slarrosa@grupsagessa.com (S.L.); ricardo.closa@urv.cat (R.C.-M.); natalia.ferre@urv.cat (N.F.)
² Serra Hunter Fellow, Universitat Rovira i Virgili, 43201 Reus, Spain
³ Department Paediatrics, Dr. von Hauner Children's Hospital, University Hospital, LMU Ludwig-Maximilians-Universität, 80337 Munich, Germany; veit.grote@med.uni-muenchen.de (V.G.); berthold.koletzko@med.uni-muenchen.de (B.K.)
⁴ Else Kröner-Seniorprofessor of Paediatrics, LMU Ludwig-Maximilians-Universität, 80337 Munich, Germany
⁵ Department of Health Sciences, University of Milan, 20146 Milano, Italy; elvira.verduci@unimi.it
⁶ Department of Pediatrics Ospedale Vittore Buzzi, University of Milan, 20154 Milano, Italy
⁷ Neonatal Department, Children's Memorial Health Institute, 04-730 Warsaw, Poland; d.gruszfeld@ipczd.pl
⁸ CHC Sant Vincent, 4000 Liège-Rocourt, Belgium; annick.xhonneux@chc.be
* Correspondence: veronica.luque@urv.cat (V.L.); joaquin.escribano@urv.cat (J.E.);
Tel.: +34-977-759-365 (V.L. & J.E.)

Abstract: Background: We aimed at analysing the association between dietary fibre intake during childhood and cardiovascular health markers. Methods: We used observational longitudinal analysis and recorded diet using 3-day diaries at the ages of 3, 4, 5, 6, and 8 years in children from the EU Childhood Obesity Project Trial. At the age of 8, waist circumference, systolic and diastolic blood pressure (SBP and DBP) and biochemical analyses (lipoproteins, triglycerides and homeostasis model for insulin resistance (HOMA-IR)) were evaluated. Those parameters were combined into a cardiometabolic risk score through the sum of their internal z-scores. Results: Four-hundred children (51.8% girls) attended to the 8-year visit with a 3-day diary. Adjusted linear regression models showed that children who repeatedly stayed in the lowest tertile of fibre intake during childhood had higher HOMA-IR ($p = 0.004$), higher cardiometabolic risk score ($p = 0.02$) and a nonsignificant trend toward a higher SBP at 8 years. The higher the dietary intake of soluble fibre (from fruits and vegetables) at 8 years, the lower the HOMA-IR and the cardiometabolic risk score ($p = 0.002$; $p = 0.004$). SBP was directly associated with fibre from potatoes and inversely with fibre from nuts and pulses. Conclusion: A diet rich in dietary fibre from fruits, vegetables, pulses and nuts from early childhood was associated to a healthier cardiovascular profile, regardless of children's weight.

Keywords: dietary fibre; children; cardiovascular risk; soluble fibre; insoluble fibre; resistant starch; fibre food sources



Citation: Larrosa, S.; Luque, V.; Grote, V.; Closa-Monasterolo, R.; Ferré, N.; Koletzko, B.; Verduci, E.; Gruszfeld, D.; Xhonneux, A.; Escribano, J. Fibre Intake Is Associated with Cardiovascular Health in European Children. *Nutrients* **2021**, *13*, 12. <https://dx.doi.org/10.3390/nu13010012>

Received: 1 December 2020

Accepted: 17 December 2020

Published: 23 December 2020

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

An optimal diet during childhood must be adequate to support normal growth and development. At the same time, the diet must be aimed at reducing the risk of diet-related chronic diseases during adulthood. Starting proper dietary habits from early childhood could help to maintain them throughout life [1]. Dietary fibre intake is frequently related to the digestive and cardiovascular health of the adult and child population [2,3]. Physiological benefits of fibre on health are produced by several of its properties, such as viscosity, solubility and fermentability. The main effects derived from the viscosity of soluble fibre are responsible for reducing lipid absorption, slowing carbohydrate absorption, producing satiety and providing part of its anticarcinogenic potential. Insoluble fibres produce an increase in faecal mass that accelerates intestinal transit, which is useful in the treatment

and prevention of chronic constipation and colon cancer [4,5]. More recent studies have highlighted the fermentability of the fibre, in contact with the colonic microflora, as the most important property, since a multitude of local and systemic effects derive from it [6]. The short-chain fatty acids, which result from the fermentation process [7], are responsible for several functions related to the cardiovascular and digestive tract health, such as an anti-inflammatory action, protection against colonic carcinogenesis, a direct effect on the synthesis of cholesterol and glucose, a reduction of peripheral insulin resistance and a prebiotic effect [8–15].

In adults, a low dietary fibre intake has been related to risk indicators of cardiovascular disease such as hypercholesterolemia, diabetes mellitus, high blood pressure and obesity, as well as gastrointestinal diseases including constipation, irritable bowel syndrome, ulcerative colitis, diverticular disease and colorectal cancer [16–19]. Currently, it is proposed that a dietary fibre intake between 25–35 g a day in adults may contribute to reducing the prevalence of some of these noncommunicable diseases [20–22].

Studies in children analysing the association between dietary fibre intake and cardiovascular health are scarce and have been performed mainly in adolescence [23,24]. Therefore, studies are needed to evaluate the relationship of dietary fibre intake with health indicators in young children. We aimed at analysing the relation of the dietary fibre intake in children from five European countries at the ages of 3 to 8 years to cardiovascular health markers such as obesity, blood lipids, blood pressure and glucose metabolism.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design and Population

This was an observational longitudinal analysis assessing the association between dietary fibre intakes during childhood, from 3 to 8 years, on cardiovascular health at 8 years. This study is a secondary analysis of data collected in the EU-CHOP Childhood Obesity Project trial (NCT00338689), carried out in Germany, Belgium, Italy, Poland and Spain. The EU-CHOP was a double-blind, randomized dietary intervention trial that recruited children from birth (October 2002 to July 2004) and followed their dietary intake until the age of 8 years. Recruited infants were healthy, full-term and born from uncomplicated pregnancies with a normal weight for gestational age. Formula-fed infants were randomly assigned to either a lower or a higher protein content formula, with the aim to assess the effect on later obesity risk. A group of breastfed infants was recruited and followed up as the observational gold standard group. Details of the clinical trial have been previously published [25,26]. The data used for this study were collected prospectively during the post-intervention follow-up visits.

2.2. Dietary Intake Assessment

Dietary intake was recorded using 3-day diet diaries at the ages of 3, 4, 5, 6, and 8 years. The amounts of recorded foods were coded by trained research nutritionists following standardized procedures [27,28] and were introduced in a dedicated program for the conversion to nutrients. The program contained the German BLS II.2 food composition database [29], and the nutrient content of local foods from the different countries was added using national food composition databases. The average intakes of energy (kcal/day), fibre (g/day, g/1000 kcal) and macronutrients (g/day, g/1000 kcal and as % of total energy) of the 3 days were calculated. Furthermore, the amount of fibre (g, g/1000 kcal) was quantified according to its food source as that from cereals and derivatives (as an approximation to insoluble fibre), fruits and vegetables (as an approximation to soluble fibre), potatoes and tubers (as an approximation to resistant starch) and that from legumes and nuts that contain different types of soluble and insoluble fibres and resistant starch [30].

2.3. Health Variables

At the age of 8, we measured anthropometry. The main health outcome measures were blood pressure and blood sample parameters related to cardiovascular risk.

2.3.1. Anthropometry

At 8 years of age, the measurements of weight (kg), height (cm), calculation of the body mass index (BMI) (kg/m^2) and waist circumference (cm) were analysed. Weight was measured in underwear on a SECA 702/703 digital scale (10 g precision). Height was measured with a SECA 242 digital stadiometer (1 mm precision). Standardized procedures for measuring the child's height included having the feet slightly apart, with the back of the head, shoulder blades, buttocks and heels touching the vertical board whenever possible. The mother or caregiver was asked to hold the child's knees and ankles to help keep the legs straight while the researcher held the child's head in the Frankfort plane and read the measurement. Weight, height and BMI z-scores were calculated using World Health Organization (WHO) references [31].

2.3.2. Blood Pressure

Systolic and diastolic blood pressures (mmHg) were measured at 8 years of age using a Dinamap ProCare 100/200 digital blood pressure monitor following a standardized procedure. Blood pressure was measured after at least 15 min from arrival at the centre and after at least 5 min of rest. The measurement was taken in duplicate and on the left arm supported by a slightly elevated horizontal support (that is, close to the level of the heart). Both measurements were taken separated by at least 5 min, and the mean between them was used for statistical analysis. Systolic and diastolic blood pressure are presented as raw measurements (mmHg). Furthermore, they were standardized as percentiles for height and sex using the references from the American Academy of Pediatrics, 2017 [32].

2.3.3. Blood Sample Parameters

At 8 years of age, a fasting venous blood sample was drawn. Total cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol (LDL cholesterol), high-density lipoprotein cholesterol (HDL cholesterol), triglycerides, insulin and glucose were analysed. Total cholesterol (mg/dL), LDL cholesterol (mg/dL), HDL cholesterol (mg/dL), triglycerides (mg/dL), and glucose (mg/dL) were assessed in the clinical chemistry laboratories of study centres with routine methods used for clinical diagnosis [33]. Total and HDL cholesterol, triglycerides and glucose were analysed by indirect or enzymatic potentiometric methods. LDL cholesterol values were calculated by the Friedewald equation [34]. Insulin (AIU/mL) was quantified at the Department of Biochemistry, Radioimmunology and Experimental Medicine of the Institute for Children's Memorial Health using the immunoradiometric assay (DiaSource, Nivelles, Bélgica) [35]. The evaluation of the homeostasis model for insulin resistance (HOMA-IR) was calculated as an approximation for insulin resistance [36,37].

2.3.4. Cardiometabolic Risk Assessment

The cardiometabolic risk factor was calculated as a continuous variable equal to the sum of the internal z-scores for both sexes separately of the waist circumference, HDL cholesterol (multiplied by -1 to equate the sense of its beneficial effect to the other parameters), LDL cholesterol, triglycerides, HOMA-IR, DBP percentile and SBP percentile, as described in other studies [2,38,39]. A higher score was indicative of a less favourable cardiometabolic profile. This score could be summed to a maximum of around ± 14 points.

2.4. Ethics

The study complied with the ethical requirements of the Declaration of Helsinki [40]. The study was approved by the ethics committees of all research centres and parents or legal guardians obtained the study information and signed the informed consent to participate.

2.5. Statistical Analyses

Continuous normally distributed variables are shown as mean and standard deviation, and continuous not normally distributed variables are presented as median and

interquartile range. The distribution of the sample was assessed by means of graphical representation. Categorical variables are described as n and percentage of the total. Differences between sexes in continuous variables were assessed either through Student's *t*-test or Mann-Whitney U-test according to the distribution of the variables. A cross-sectional analysis of fibre intake (g/1000 kcal) and its relationship with health variables at 8 years was performed using linear regression analysis, in which fibre intake (total or by subtypes) was adjusted by country of origin (Germany, Belgium, Italy, Poland and Spain), sex, average energy intake (kcal/day), maternal education (high, medium or low) and BMI (when this was not the dependent variable of the model). The feeding type (intervention low vs. high protein content during the first year) and breastfeeding (at least 3 months) was considered for adjustment in linear regression models but discarded after checking that there was no effect on the cardiovascular health related markers at that age.

The relationship between repeatedly staying in a low fibre intake tertile throughout childhood (at least 3 timepoints out of 5 between the 3 and 8 years of age) and health variables at 8 years was analysed using one-way ANOVA models adjusted for country of origin, maternal education, sex and BMI. For this analysis, participants who had reported fibre intakes in the lowest tertile on at least 3 occasions were considered.

Statistical significance was accepted at the level of $p < 0.05$.

All statistical analyses have been conducted with IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0 Released 2019 (IBM Corp. Armonk, NY: IBM Corp).

3. Results

A total of 587 children attended the visit at age 8 years (277 boys, 310 girls). Blood pressure was obtained in 556 children (53.2% were girls). Among those, 400 participants (51.8% girls) completed the 3-day dietary diary. From these, 361 (49.9% girls) fasted blood samples were obtained.

3.1. Dietary Intake

Table 1 describes the daily intakes of energy, macronutrients and fibre by age. Stratification and comparison by sex is shown in Appendix A, Table A1.

Table 1. Energy, macronutrient and fibre intakes by age group.

	Energy (kcal/Day) Mean (±SD)	Proteins (g/Day) Mean (±SD)	Lipids (g/Day) Mean (±SD)	Carbohydrates (g/Day) Mean (±SD)	Total Fibre (g/Day) Mean (±SD)	Total Fibre (g/1000 kcal) Mean (±SD)
3 years, <i>n</i> = 534	1221 (243)	47.0 (12.2)	47.1 (12.8)	152.6 (37.2)	8.3 (3.3)	6.9 (2.7)
4 years, <i>n</i> = 504	1317 (249)	50.0 (13.1)	52.0 (14.4)	163.2 (34.5)	9.2 (3.4)	7.1 (2.4)
5 years, <i>n</i> = 447	1394 (268)	52.1 (13.6)	54.7 (14.4)	174.5 (41.1)	9.9 (3.5)	7.2 (2.2)
6 years, <i>n</i> = 469	1479 (253)	55.2 (12.7)	58.1 (14.3)	184.8 (39.5)	10.8 (3.6)	7.3 (2.4)
8 years, <i>n</i> = 400	1598 (304)	61.1 (15.4)	65.4 (17.8)	192.4 (42.1)	12.1 (4.0)	7.7 (2.3)

Table 2 describes the total fibre intake and that adjusted for energy according to the food source and in all age groups. The sources of consumed dietary fibre were divided into four food groups based on the corresponding fibre type. Stratification and comparison by sex is shown in Appendix A, Table A2.

Table 2. Fibre intake by age according to food source.

	Insoluble		Soluble		Resistant Starch		Fibre from Pulses and Nuts	
	g/Day	g/1000 kcal	g/Day	g/1000 kcal	g/Day	g/1000 kcal	g/Day	g/1000 kcal
3 years, n = 531	3.32 (2.32, 4.41)	2.73 (1.99, 3.62)	3.27 (1.99, 4.98)	2.72 (1.71, 4.08)	0.36 (0.10, 0.66)	0.30 (0.09, 0.54)	0.00 (0.00, 0.00)	0.00 (0.00, 0.00)
4 years, n = 503	3.68 (2.63, 4.94)	2.86 (2.15, 3.69)	3.80 (2.41, 5.24)	2.87 (1.79, 3.89)	0.39 (0.07, 0.73)	0.30 (0.05, 0.53)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.00)
5 years, n = 445	4.15 (3.21, 5.38)	3.06 (2.41, 3.73)	3.76 (2.43, 5.47)	2.65 (1.77, 3.84)	0.39 (0.07, 0.73)	0.27 (0.05, 0.52)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.01)
6 years, n = 468	4.78 (3.64, 5.85)	3.17 (2.57, 3.94)	3.85 (2.46, 5.93)	2.65 (1.73, 3.85)	0.41 (0.10, 0.87)	0.30 (0.07, 0.59)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.00)
8 years, n = 399	5.68 (4.53, 7.23)	3.60 (2.94, 4.49)	4.03 (2.61, 5.80)	2.58 (1.72, 3.65)	0.55 (0.18, 1.02)	0.35 (0.11, 0.63)	0.00 (0.00, 0.02)	0.00 (0.00, 0.01)

Data presented as median (IQR). Insoluble fibre includes fibre from cereals, pasta, rice, cookies, cakes and convenience foods. Soluble fibre includes that from fruits and vegetables. Resistant starch includes fibre from potatoes and potato products. Pulses and nuts are groups separately, containing soluble, insoluble and resistant starch.

3.2. Association between Dietary Fibre Intake and Health in Children—Cross-Sectional Analyses

The cardiovascular health-related variables (anthropometric values, the biochemical parameters and blood pressure) at 8 years are described in Table 3. Linear regression analyses shows that children who ate a higher amount of fibre at 8 years of age had a higher BMI, but the model explains that only the 4.8% of total BMI at 8 years (Appendix B, Table A3). No further associations were found in cross-sectional analyses between fibre intake and health outcomes.

Table 3. Cardiovascular health-related parameters at age 8 years.

	All	Boys	Girls
	Mean (±SD)	Mean (±SD)	Mean (±SD)
Anthropometry			
Weight (kg)	28.6 (6.1)	28.7 (6.6)	28.6 (5.7)
Height (cm)	129.6 (5.7)	130.2 (5.8)	129.0 (5.6) *
BMI (kg/m ²)	16.9 (2.6)	16.8 (2.8)	17.0 (2.4)
Abdominal circumference (cm)	59.4 (7.3)	59.5 (7.5)	59.3 (7.1)
Weight for age (z score)	0.59 (1.19)	0.59 (1.31)	0.60 (1.07)
Height for age (z score)	0.43 (0.99)	0.47 (1.03)	0.39 (0.96)
BMI for age (z score)	0.46 (1.21)	0.40 (1.37)	0.52 (1.04)
Biochemical Parameters			
Glucose (mg/dL)	84 (8)	84 (7)	83 (8) *
Total cholesterol (mg/dL)	167 (27)	164 (27)	169 (27)
HDL cholesterol (mg/dL)	60 (15)	61 (16)	59 (14)
LDL cholesterol (mg/dL)	94 (25)	91 (24)	97 (25) *
Triglycerides (mg/dL)	60 (26)	55 (22)	64 (29) †
Insulin (µIU/mL)	8.75 (3.15)	8.43 (2.96)	9.09 (3.32) *
HOMA-IR [§]	1.82 (0.70)	1.78 (0.66)	1.88 (0.74)
Blood Pressure			
Systolic blood pressure (mmHg)	100 (10)	100 (9)	100 (10)
Diastolic blood pressure (mmHg)	57 (7)	56 (7)	58 (7) *
Systolic blood pressure (percentile)	57.8 (27.5)	55.6 (27.9)	59.7 (28.2)
Diastolic blood pressure (percentile)	44.5 (21.8)	41.5 (21.4)	47.2 (21.9) *
Cardiovascular Risk			
Cardiometabolic score	Mean (±SD)	Mean (±SD)	Mean (±SD)
	−0.20 (3.85)	−0.03 (3.87)	−0.39 (3.86)

* $p < 0.05$, † $p < 0.01$, p -value for Student's t -test for comparison boys vs. girls. Skewed variables tested in logarithmic form; § Not normally distributed variable, median 1.70 (IQR: 1.31, 2.19); boys median 1.66 (IQR: 1.32, 2.10); girls median 1.78 (IQR: 1.31, 2.25).

3.3. Fibre Intake According to Dietary Source and Association to Health—Cross-Sectional Analyses

When relating dietary fibre intake according to its source, a higher intake of soluble fibre (fibre from fruit and vegetables) at 8 years was related to lower HOMA-IR and cardiometabolic risk score (Table 4). Systolic blood pressure was inversely associated with the intake of fibre from nuts and legumes and was directly associated with the consumption of resistant starch. Triglycerides levels were not associated to dietary fibre intakes from different food sources.

3.4. Association between Dietary Fibre Intake and Health in Children—Longitudinal Analyses

Of the total of 400 children who attended the 8-year visit with dietary diary, 89 had repeatedly remained in the lowest tertile of dietary fibre intake between 3 and 8 years (at least three times out of five in that period). Children staying repeatedly in the lowest tertile of fibre intake throughout childhood, at 8 years, exhibited statistically significant higher glucose levels, higher HOMA-IR, higher cardiometabolic risk score and a trend for a higher systolic blood pressure, as shown by ANOVA adjusted models (Figure 1). Models carried out on triglycerides, HDL and LDL cholesterol and diastolic blood pressure did not reveal any significant association.

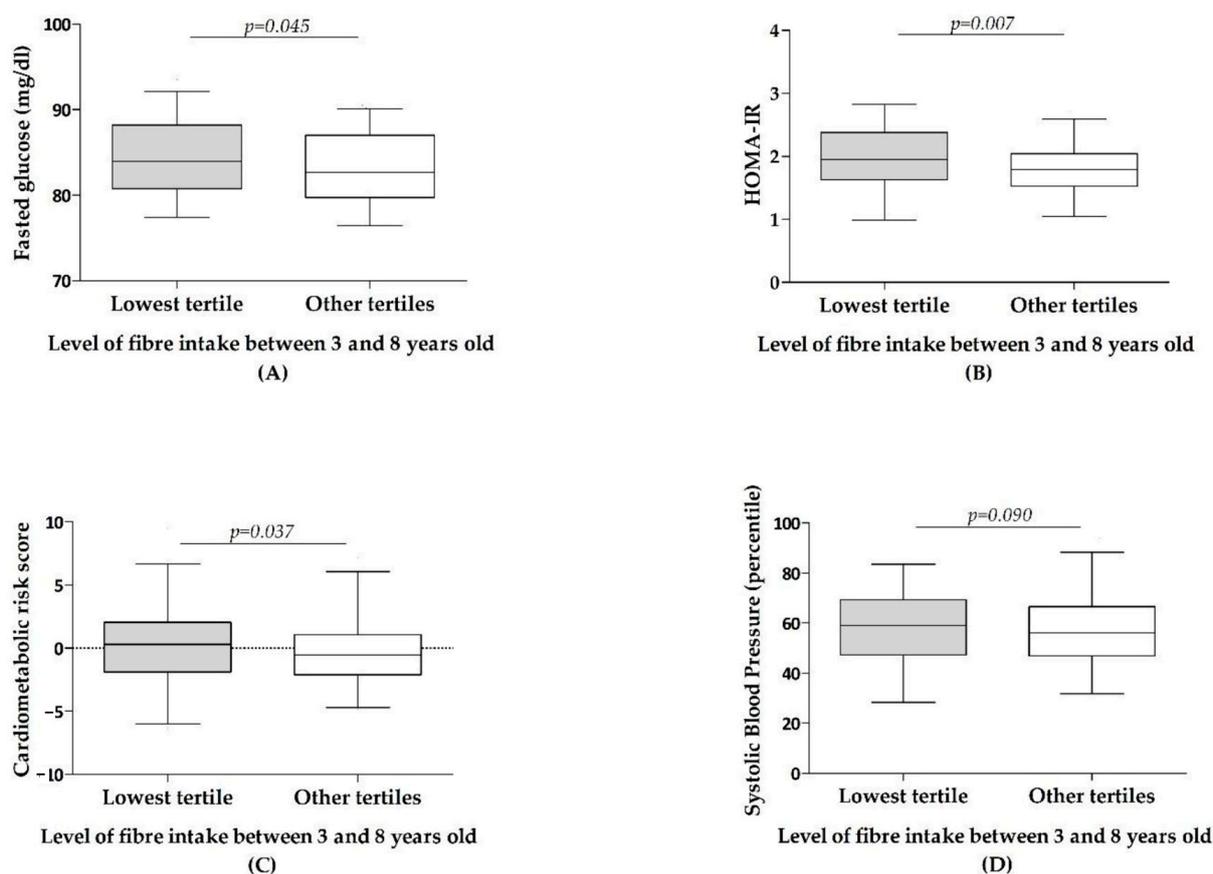


Figure 1. Cardiovascular health parameters according to the level of fibre intake throughout childhood. Children classified as being repeatedly in the lowest tertile of fibre intake between 3 and 8 years old (at least three times out of five in this period) or in other tertiles and/or not repeatedly in the lowest tertile. Results from one-way ANOVA models adjusted by country, sex, body mass index and maternal education for glucose (A), HOMA-IR (B), Cardiometabolic risk (C) and systolic blood pressure (D).

Table 4. Intake of dietary fibre from different sources and cardiovascular health parameters at age 8 y.

		HOMA-IR			Systolic Blood Pressure			Triglycerides			Cardiometabolic Risk Score		
		B	95% CI (Min, Max)	p-Value	B	95% CI (Min, Max)	p-Value	B	95% CI (Min, Max)	p-Value	B	95% CI (Min, Max)	p-Value
Unadjusted analyses	Insoluble fibre	0.005	(−0.008, 0.017)	0.445	1.351	(0.13, 2.56)	0.030	0.006	(−0.006, 0.017)	0.346	0.148	(−0.130, 0.426)	0.296
	Resistant starch	0.028	(−0.009, 0.065)	0.137	9.698	(4.67, 14.72)	<0.001	0.015	(−0.020, 0.050)	0.397	1.323	(0.495, 2,151)	0.002
	Soluble fibre	−0.010	(−0.018, −0.001)	0.028	−0.358	(−1.41, 0.69)	0.505	−0.001	(−0.009, 0.006)	0.709	−0.068	(−0.261, 0.124)	0.486
	Fibre from pulses and nuts	0.015	(−0.004, 0.034)	0.131	−1.917	(−4.49, 0.65)	0.144	−0.008	(−0.026, 0.010)	0.381	−0.301	(−0.734, 0.131)	0.171
		R ² = 0.016			R ² = 0.040			NS			R ² = 0.37		
Adjusted analyses	Insoluble fibre	0.000048	(−0.010, 0.010)	0.982	−0.48	(−1.70, 0.74)	0.440	0.006	(−0.005, 0.016)	0.281	0.059	(−0.14, 0.26)	0.566
	Resistant starch	−0.014	(−0.046, 0.017)	0.370	4.60	(0.06, 9.19)	<0.0496	−0.023	(−0.057, 0.011)	0.104	0.087	(−0.56, 0.74)	0.793
	Soluble fibre	−0.008	(−0.016, −0.001)	0.025	−0.19	(−1.16, 0.77)	0.694	−0.005	(−0.014, 0.001)	0.182	−0.159	(−0.30, −0.00)	0.037
	Fibre from pulses and nuts	0.012	(−0.004, 0.028)	0.148	−2.24	(−4.53, 0.05)	0.055	0.012	(−0.007, 0.027)	0.183	−0.045	(−0.37, 0.20)	0.784
		R ² = 0.346			R ² = 0.252			R ² = 0.207			R ² = 0.489		

Cross-sectional analyses on the intakes of different fibre types adjusted by energy (g/1000 kcal) at 8 years old on health outcome parameters at the same age. All fibre types entered together in a linear regression model, unadjusted and adjusted by country, sex, average energy intake at 8 years old, maternal education and BMI. NS: Overall goodness of fit of the model was not significant.

4. Discussion

This is the first multicentre European study investigating the association of dietary fibre intake and its sources with cardiovascular health in young children.

Fibre dietary intakes at 8 years old did not show any significant association to cardiovascular health at the same age. However, maintaining low fibre intakes during young childhood was associated with a worse glucose tolerance, systolic blood pressure and overall cardiometabolic risk at the age of 8. Not all fibre types were associated with these benefits. The consumption of fibre from fruits and vegetables was associated with a lower insulin resistance index and cardiometabolic risk, and the consumption of fibre from legumes and nuts was associated with a trend to lower SBP. These associations were not explained by differences in energy intake, as fibre intake was adjusted for total energy intake. Insoluble fibre intake was not associated to health outcome parameters and resistant starch was associated with a trend to a higher SBP.

Different prospective studies and clinical trials in adults have shown that following a diet rich in fibre is related to a lower cardiometabolic risk by improving the lipid profile, reducing blood pressure and insulin resistance [18,41–43]. Although the metabolic syndrome is well defined in adults, there is no universal and uniform definition for children and adolescents [44,45] and frequency in this age group is low. This was the reason why we used a continuous score as a cardiometabolic risk score, using common variables of the metabolic syndrome for the analyses of our study [38].

In children, studies that link dietary fibre intake and cardiometabolic health are scarce and mostly in adolescents or pre-adolescents [46–50]. We found only two published studies that analysed the relationship between dietary fibre intake and cardiometabolic risk in young children, which reported associations to lipid profiles but not to glucose metabolism [2,23].

In adults, effects of fibre intake on weight control and lower obesity risk have been attributed to different mechanisms, including the satiating power of fibres [10,51]. In children, concern was raised that a high fibre intake could decrease energy intake and the absorption of critical nutrients, thereby inducing potential harm. Data from the several publications have shown that high fibre intakes do not cause growth problems or lack of nutrients in healthy children [49,52]. In our study, the children who consumed more fibre, regardless of its source, had a higher BMI (without reaching pathological variations). This association was independent of the total energy intake, and the results obtained in our analyses associating dietary fibre consumption and cardiovascular health were independent of the BMI. Therefore, increasing the intake of dietary fibre can improve cardiovascular health risk markers in the short and long term, even in young children independently of weight.

Dietary fibre intake improves glucose homeostasis by causing a decrease in blood glucose, a reduction in hyperinsulinism and an improvement in insulin resistance [17,43]. This effect has been classically attributed to soluble fibre (which, through the formation of viscous gels in the intestine, reduces glucose absorption and decreases insulin secretion), but some studies have found significant effects from insoluble fibre as well [10,51,53]. In children, the relationship between fibre intake and glycaemic control had not been well demonstrated [24]. Our results are novel, as we have observed a similar trend to that from adults at an early age. Thus, a sustained low fibre intake from childhood could be associated to a poorer glucose tolerance. Furthermore, a diet with a higher amount of soluble fibre at the age of 8 from fruits and vegetables could reduce insulin resistance index as several studies in adults have previously shown [10,17,54].

Similar to studies previously published that have focused on children, adolescents and adults [23,49,50], we found a trend for a lower LDL cholesterol at 8 years of age with higher fibre intakes. The improved lipid profile may occur through several mechanisms, such as the reduction of cholesterol absorption, the blocking of its hepatic synthesis (through propionate derived from fibre fermentation) and the reduction of circulating cholesterol (due to increased cholesterol utilisation for the synthesis of bile acids, stimulated by intestinal bile acid sequestration by fibre) [55].

Higher fibre intakes have been related to lower systolic and diastolic BP in adults, as well as an improvement in BP levels in hypertensive patients [56–58]. In children, studies linking dietary fibre intake and BP are very scarce. Our study corroborates the association found in adults for the first time in children. Children with low fibre intakes maintained over time exhibited higher figures of systolic blood pressure. One explanation that could partly explain this association is that fibre-rich vegetables could be poorer in sodium and rich in potassium (depending on its preparation). In any case, a mechanism that could explain this association between fibre and blood pressure could be the renal sodium absorption, increased activity of the sympathetic nervous system, and sensitivity induced by free fatty acids to adrenergic stimuli and the antagonized vasorelaxation of nitric oxide that produces hyperinsulinism [59]. In line with previous studies, this protective association of fibre with blood pressure was mainly related with soluble fibre and that derived from pulses and nuts [58,60–65]. Nuts also contain high levels of unsaturated fatty acids and bioactive compounds that could contribute to the improvement of blood pressure and endothelial function [66,67]. On the other hand, pulses have a high content of dietary fibre, vegetable protein and potassium, which confer reducing effects on blood pressure [68]. The intake of resistant starch was associated with higher SBP. Resistant starch mainly comes from potatoes, and potatoes consumption, particularly as fries or chips, could be frequently accompanied by a high salt intake.

The amount of salt could not be quantified, which is considered a limitation in this study. Other dietary factors that could be related to cardiovascular risk, such as the proportion of sugars and fats, were not included in these analyses. However, all of the analyses were adjusted by overall energy intake. Another possible limitation is that the analyses did not account for physical activity, which might be related to the health outcomes as well. Other possible limitations of the study are the decreasing number of participants with increasing age, especially those who provided all dietary data. A strength of the study is that this is the only longitudinal European multicentre study in prepubertal children in which fibre and its food sources are analysed in relation with different cardiovascular health items and cardiometabolic risk.

5. Conclusions

In summary, children who consistently consumed fewer amounts of fibre had indications of poorer glucose tolerance and overall higher cardiometabolic risk score at 8 years. These better glucose tolerance levels and overall higher cardiometabolic risk scores were mainly associated with a higher intake of fibre from fruits and vegetables. These results support the importance of acquiring a healthy diet from childhood that includes dietary fibre as an important component. A diet rich in dietary fibre from fruits, vegetables, legumes and nuts should be promoted from an early age, regardless of the weight and health status of children, due to its apparent short- and long-term benefits.

Author Contributions: Conceptualization, V.L. and J.E.; methodology, V.L., J.E. and V.G.; formal analysis, S.L. and V.L.; investigation, V.L., V.G., R.C.-M., N.F., B.K., D.G., E.V., A.X. and J.E.; resources, funding acquisition and supervision R.C.-M., B.K. and J.E.; data curation, V.G.; writing—original draft preparation, S.L. and V.L; writing—review and editing, all authors. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: The Childhood Obesity Project was funded by the 5th Framework Program from the European Union [grants number QLRT-2001-00389 and QLK1-CT-2002-30582]. The follow up of the participants was funded by the 6th Framework Program (with contract number FOOD-CT-2005-007036) and also by the 7th Framework Program (FP7-KBBE-2007-1, ref. No. 212652; and FP7-289346-EarlyNutrition and its Brain Mobility Program). This manuscript does not necessarily reflect the views of the Commission and in no way anticipates the future policy in this area. The work of VG and BK has been supported by the European Commission, H2020 Programmes Lifecycle-733206 and CoreMD, the Erasmus Plus Programmes Early Nutrition eAcademy Southeast Asia-573651-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP and Capacity Building to Improve Early Nutrition and Health in South Africa-598488-EPP-1-2018-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP, and the European Joint Programming Initiative Projects

NutriPROGRAM and EndObesity supported by the German Ministry of Education and Research, Berlin. BK is the Else Kröner-Seniorprofessor of Paediatrics co-funded by the Else Kröner-Fresenius-Foundation, Bad Homburg, Germany, and the LMU University Hospitals Munich, Germany.

Data Availability Statement: Data available on request due to ethical restrictions.

Acknowledgments: CHOP study group: J. Beyer, M. Fritsch, G. Haile, U. Handel, I. Hannibal, B. Koletzko, S. Kreichauf, I. Pawellek, S. Schiess, S. Verwied-Jorky, R. von Kries, M. Weber (Children’s University Hospital, University of Munich Medical Center, Munich, Germany); R. Closa-Monasterolo, J. Escribano, N. Ferré, V. Luque, M. Gispert-Llauradó, C. Rubio-Torrents, M. Zaragoza-Jordana (Pediatrics, Nutrition and Development Research Unit, Universitat Rovira i Virgili, IISPV, Reus, Spain); A. Dobrzańska, D. Gruszfeld, R. Janas, A. Wierzbicka, P. Socha, A. Stolarczyk, J. Socha (Children’s Memorial Health Institute, Warsaw, Poland); C. Carlier, E. Dain, P. Goyens, J.N. Van Hees, J. Hoyos, J.P. Langhendries, F. Martin, P. Poncelet, A. Xhonneux (ULB, Bruxelles, Belgium, and CHC St. Vincent, Liège-Rocourt, Belgium); E. Perrin (Danone Research Centre for Specialised Nutrition, Schiphol, The Netherlands), and C. Agostoni, M. Giovannini, A. Re Dionigi, E. Riva, S. Scaglioni, F. Vecchi, E. Verducci (University of Milan).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

Appendix A. Description of The Study Sample and Comparison by Sex

Table A1. Energy, macronutrient and fibre intake by age group and sex.

	Energy (kcal/Day) Mean (±SD)	Proteins (g/Day) Mean (±SD)	Lipids (g/Day) Mean (±SD)	Carbohydrates (g/Day) Mean (±SD)	Total Fibre (g/Day) Mean (±SD)	Total Fibre (g/1000 kcal) Mean (±SD)
Boys						
3 years, <i>n</i> = 253	1264 (1086, 1437)	48.82 (39.62, 56.45)	48.02 (39.36, 57.40)	154.19 (129.74, 183.76)	8.36 (6.04, 11.26)	6.83 (5.19, 8.41)
4 years, <i>n</i> = 253	1340 (1183, 1513)	49.28 (41.15, 58.24)	51.86 (43.20, 63.20)	165.34 (143.97, 190.78)	9.23 (7.08, 11.11)	6.71 (5.33, 8.20)
5 years, <i>n</i> = 217	1436 (1253, 1622)	52.58 (45.62, 61.71)	54.63 (44.61, 65.60)	180.19 (150.28, 208.32)	9.58 (7.48, 11.46)	6.72 (5.36, 7.97)
6 years, <i>n</i> = 227	1476 (1322, 1680)	55.31 (47.28, 63.72)	56.71 (48.88, 66.77)	186.89 (162.88, 212.34)	10.50 (8.56, 12.99)	6.92 (5.83, 8.48)
8 years, <i>n</i> = 193	1690 (1464, 1850)	62.50 (52.87, 73.80)	68.81 (56.48, 79.93)	201.43 (172.33, 229.58)	11.95 (9.88, 14.51)	7.33 (6.07, 8.58)
Girls						
3 years, <i>n</i> = 281	1172 (1028, 1341) ^Φ	44.71 (37.64, 52.32) [‡]	45.89 (37.19, 53.65) [‡]	144.72 (125.29, 168.39) [‡]	7.67 (6.02, 9.98)	6.66 (5.22, 8.13)
4 years, <i>n</i> = 251	1262 (1138, 1405) [‡]	47.54 (40.94, 56.31)	50.00 (41.66, 57.80) [*]	156.66 (137.69, 178.85) [‡]	8.82 (7.01, 10.92)	6.89 (5.44, 8.45)
5 years, <i>n</i> = 230	1378 (1202, 1536) [‡]	49.73 (41.11, 58.74) [*]	53.60 (43.96, 61.65)	170.42 (141.46, 194.76) [‡]	9.48 (7.38, 12.01)	7.13 (5.96, 8.48)
6 years, <i>n</i> = 242	1465 (1270, 1615)	54.36 (45.64, 61.35)	56.39 (47.22, 66.33)	179.88 (153.72, 203.71) [*]	10.50 (8.12, 12.76)	7.38 (5.75, 8.42)
8 years, <i>n</i> = 207	1532 (1360, 1689) ^Φ	56.36 (48.54, 64.86) ^Φ	59.23 (51.10, 72.61) ^Φ	182.05 (156.95, 210.66) ^Φ	11.04 (9.17, 13.66) [*]	7.19 (6.18, 9.16)

* *p* < 0.05, † *p* < 0.01, ^Φ *p* < 0.001, *p*-value for Student’s *t*-test for comparison boys vs. girls.

Table A2. Fibre intake by age according to food source in boys and girls.

	Insoluble		Soluble		Resistant Starch		Fibre from Pulses and Nuts	
	g/Day	g/1000 kcal	g/Day	g/1000 kcal	g/Day	g/1000 kcal	g/Day	g/1000 kcal
Boys								
3 years, n = 253	3.55 (2.31, 4.55)	2.77 (1.91, 3.69)	3.38 (1.96, 5.10)	2.70 (1.64, 4.16)	0.39 (0.11, 0.75)	0.32 (0.09, 0.56)	0.00 (0.00, 0.00)	0.00 (0.00, 0.00)
4 years, n = 253	3.67 (2.63, 4.89)	2.79 (2.10, 3.64)	3.79 (2.41, 5.42)	2.78 (1.76, 3.85)	0.43 (0.14, 0.78)	0.32 (0.11, 0.57)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.01)
5 years, n = 217	4.16 (3.30, 5.37)	2.99 (2.39, 3.56)	3.88 (2.39, 5.55)	2.66 (1.62, 3.78)	0.41 (0.12, 0.78)	0.29 (0.08, 0.53)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.01)
6 years, n = 227	4.89 (3.85, 6.04)	3.18 (2.65, 3.96)	3.66 (2.41, 6.01)	2.59 (1.69, 3.80)	0.47 (0.14, 0.95)	0.32 (0.09, 0.66)	0.00 (0.00, 0.00)	0.00 (0.00, 0.00)
8 years, n = 193	5.94 (4.67, 7.49)	3.55 (2.85, 4.31)	4.19 (2.83, 5.98)	2.57 (1.76, 3.58)	0.59 (0.17, 1.09)	0.35 (0.10, 0.63)	0.00 (0.00, 0.08)	0.00 (0.00, 0.03)
Girls								
3 years, n = 281	3.17 (2.34, 4.31)	2.70 (2.08, 3.58)	0.35 (0.09, 0.61)	0.29 (0.08, 0.51)	3.19 (2.02, 4.75)	2.76 (1.78, 3.94)	0.00 (0.00, 0.00)	0.00 (0.00, 0.00)
4 years, n = 251	3.69 (2.63, 5.04)	2.90 (2.26, 3.73)	3.81 (2.39, 5.14)	2.97 (1.82, 3.91)	0.37 (0.00, 0.64) *	0.28 (0.00, 0.48)	0.00 (0.00, 0.00)	0.00 (0.00, 0.00)
5 years, n = 230	4.14 (3.12, 5.39)	3.12 (2.43, 3.91)	3.63 (2.43, 5.34)	2.69 (1.88, 3.93)	0.35 (0.00, 0.72)	0.25 (0.00, 0.51)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.01)
6 years, n = 242	4.63 (3.38, 5.73)	3.16 (2.45, 3.94)	3.95 (2.47, 5.90)	2.74 (1.77, 3.86)	0.39 (0.08, 0.78) *	0.29 (0.05, 0.53)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.01)
8 years, n = 207	5.54 (4.45, 7.06)	3.60 (2.95, 4.57)	2.58 (1.68, 3.80)	3.93 (2.38, 5.45)	0.52 (0.18, 0.95)	0.34 (0.12, 0.67)	0.00 (0.00, 0.01)	0.00 (0.00, 0.00)

Data are presented as median and IQR. * $p < 0.05$, p -value for Student's t -test for comparison boys vs. girls.

Appendix B

Table A3. Linear regression analyses on the association between dietary fibre intakes at age 8 years on cardiovascular health outcomes.

	B	95% CI (Min, Max)	p -Value	R ²	
Unadjusted analyses	BMI z score	0.076	(0.000, 0.151)	0.049	0.011
	Glucose (mg/dL)	-0.004	(-0.006, -0.001)	0.002	0.032
	LDL cholesterol (mg/dL)	-1.434	(-2.928, 0.060)	0.060	0.010
	HDL cholesterol (mg/dL)	-0.004	(-0.011, 0.003)	0.260	0.001
	Triglycerides (mg/dL)	-0.004	(-0.014, 0.005)	0.392	-0.001
	HOMA-IR	-0.009	(-0.019, 0.001)	0.092	0.007
	Systolic Blood Pressure (mmHg)	-2.126	(-3.770, -0.482)	0.011	0.020
	Cardiometabolic risk score	-0.195	(-0.432, 0.042)	0.107	0.006
Adjusted analyses	BMI z score	0.078	(0.004, 0.152)	0.039	0.048
	Glucose (mg/dL)	-0.002	(-0.004, 0.000)	0.064	0.257
	LDL cholesterol (mg/dL)	-1.417	(-2.922, 0.087)	0.065	0.026
	HDL cholesterol (mg/dL)	-0.006	(-0.012, 0.001)	0.075	0.180
	Triglycerides (mg/dL)	-0.001	(-0.010, 0.008)	0.857	0.191
	HOMA-IR	-0.006	(-0.015, 0.003)	0.167	0.347
	Systolic Blood Pressure (mmHg)	-1.996	(-3.495, -0.496)	0.009	0.255
	Cardiometabolic risk score	-0.149	(-0.327, 0.029)	0.101	0.489

Linear regression models unadjusted and adjusted by country, sex, average energy intake at 8 years old, maternal education and BMI (if was not the dependent variable). Each line depicts a separate linear regression model.

References

1. Luque, V.; Escribano, J.; Closa-Monasterolo, R.; Zaragoza-Jordana, M.; Ferré, N.; Grote, V.; Koletzko, B.; Totzauer, M.; Verduci, E.; ReDionigi, A.; et al. Unhealthy Dietary Patterns Established in Infancy Track to Mid-Childhood: The EU Childhood Obesity Project. *J. Nutr.* **2018**, *148*, 752–759. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Van Gijssel, R.M.A.; Braun, K.V.E.; Kieft-de Jong, J.C.; Jaddoe, V.W.V.; Franco, O.H.; Voortman, T. Associations between dietary fiber intake in infancy and cardiometabolic health at school age: The generation R study. *Nutrients* **2016**, *8*, 531. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Stephen, A.M.; Champ, M.M.J.; Cloran, S.J.; Fleith, M.; Van Lieshout, L.; Mejbourn, H.; Burley, V.J. Dietary fibre in Europe: Current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. *Nutr. Res. Rev.* **2017**, *30*, 149–190. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Aggett, P.J.; Agostoni, C.; Axelsson, I.; Edwards, C.A.; Goulet, O.; Hernell, O.; Koletzko, B.; Lafeber, H.N.; Micheli, J.L.; Michaelsen, K.F.; et al. Nondigestible carbohydrates in the diets of infants and young children: A commentary by the ESPGHAN committee on nutrition. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2003**, *36*, 329–337. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Kim, Y. AGA technical review: Impact of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Gastroenterology* **2000**, *118*, 1235–1257. [[CrossRef](#)]
6. Escudero Álvarez, E.; González Sánchez, P. La fibra dietética. *Nutr. Hosp.* **2006**, *21*, 61–72.
7. Peris, G.P.; Lesmes, B.; Cuerda, C.M.; Alvarez, C. Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr. Hosp.* **2002**, *17*, 11–16.
8. Trautwein, E.A.; Kunath-Rau, A.; Erbersdobler, H.F. Increased fecal bile acid excretion and changes in the circulating bile acid pool are involved in the hypocholesterolemic and gallstone-preventive actions of psyllium in hamsters. *J. Nutr.* **1999**, *129*, 896–902. [[CrossRef](#)]
9. Gibson, G.R. Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). *Clin. Nutr. Suppl.* **2004**, *1*, 25–31. [[CrossRef](#)]
10. Galisteo, M.; Duarte, J.; Zarzuelo, A. Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome. *J. Nutr. Biochem.* **2008**, *19*, 71–84. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Velázquez, O.C.; Zhou, D.; Seto, R.W.; Jabbar, A.; Choi, J.; Lederer, H.M.; Rombeau, J.L. In vivo crypt surface hyperproliferation is decreased by butyrate and increased by deoxycholate in normal rat colon: Associated in vivo effects on c-fos and c-jun expression. *J. Parenter. Enter. Nutr.* **1996**, *20*, 243–250. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Inan, M.S.; Rasoulpour, R.J.; Yin, L.; Hubbard, A.K.; Rosenberg, D.W.; Giardina, C. The luminal short-chain fatty acid butyrate modulates NF- κ B activity in a human colonic epithelial cell line. *Gastroenterology* **2000**, *118*, 724–734. [[CrossRef](#)]
13. Eckel, R.H.; Grundy, S.M.; Zimmet, P.Z. The metabolic syndrome. *Lancet* **2005**, *365*, 1415–1428. [[CrossRef](#)]
14. Slavin, J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients* **2013**, *5*, 1417–1435. [[CrossRef](#)]
15. Simpson, H.L.; Campbell, B.J. Review article: Dietary fibre-microbiota interactions. *Aliment. Pharmacol. Ther.* **2015**, *42*, 158–179. [[CrossRef](#)]
16. Andoh, A.; Tsujikawa, T.; Fujiyama, Y. Role of Dietary Fiber and Short-Chain Fatty Acids in the Colon. *Curr. Pharm. Des.* **2005**, *9*, 347–358. [[CrossRef](#)]
17. Chandalia, M.; Garg, A.; Lutjohann, D.; Von Bergmann, K.; Grundy, S.M.; Brinkley, L.J. Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. *N. Engl. J. Med.* **2000**, *342*, 1392–1398. [[CrossRef](#)]
18. Davy, B.M.; Melby, C.L. The effect of fiber-rich carbohydrates on features of Syndrome X. *J. Am. Diet. Assoc.* **2003**, *103*, 86–96. [[CrossRef](#)]
19. Murphy, N.; Norat, T.; Ferrari, P.; Jenab, M.; Bueno-de-Mesquita, B.; Skeie, G.; Dahm, C.C.; Overvad, K.; Olsen, A.; Tjønneland, A.; et al. Dietary fibre intake and risks of cancers of the colon and rectum in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC). *PLoS ONE* **2012**, *7*, e39361. [[CrossRef](#)]
20. Slavin, J.L. Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. *J. Am. Diet. Assoc.* **2008**, *108*, 1716–1731.
21. European Food Safety Authority Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA J.* **2010**, *8*, 1462.
22. Amine, E.K.; Baba, N.H.; Belhadj, M.; Deurenberg-Yap, M.; Djazayery, A.; Forrestre, T.; Galuska, D.A.; Herman, S.; James, W.P.T.; M'Buyamba Kabangu, J.R.; et al. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *World Health Organ. Tech. Rep. Ser.* **2003**, *916*, 1–149.
23. Fulgoni, V.L.; Brauchla, M.; Fleige, L.; Chu, Y.F. Association of whole-grain and dietary fiber intake with cardiometabolic risk in children and adolescents. *Nutr. Health* **2020**, *26*, 243–251. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. White, J.; Jago, R.; Thompson, J.L. Dietary risk factors for the development of insulin resistance in adolescent girls: A 3-year prospective study. *Public Health Nutr.* **2012**, *17*, 361–368. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Weber, M.; Grote, V.; Closa-monasterolo, R.; Escribano, J.; Langhendries, J.; Dain, E.; Giovannini, M.; Verduci, E.; Gruszfeld, D.; Socha, P.; et al. Lower protein content in infant formula reduces BMI and obesity risk at school age: Follow-up of a randomized trial. *Am. J. Clin. Nutr.* **2014**, *99*, 1041–1051. [[CrossRef](#)]
26. Koletzko, B.; Kries, V.; Closa, R.; Escribano, J.; Scaglioni, S.; Giovannini, M.; Beyer, J.; Demmelmair, H.; Gruszfeld, D.; Dobrzanska, A.; et al. Lower protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y: A randomized clinical trial. *Am. J. Clin. Nutr.* **2009**, *89*, 1836–1845.

27. Verwied-Jorky, S.; Schiess, S.; Luque, V.; Grote, V.; Scaglioni, S.; Vecchi, F.; Martin, F.; Stolarczyk, A.; Koletzko, B. Methodology for longitudinal assessment of nutrient intake and dietary habits in early childhood in a transnational multicenter study. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2011**, *52*, 96–102. [[CrossRef](#)]
28. Luque, V.; Escribano, J.; Mendez-Riera, G.; Schiess, S.; Koletzko, B.; Verduci, E.; Stolarczyk, A.; Martin, F.; Closa-Monasterolo, R. Methodological Approaches for Dietary Intake Assessment in Formula-fed Infants. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2013**, *56*, 320–327. [[CrossRef](#)]
29. Dehne, L.I.; Klemm, C.; Henseler, G.; Hermann-Kunz, E. The German Food Code and Nutrient Data Base (BLS II.2). *Eur. J. Epidemiol.* **1999**, *15*, 355–358. [[CrossRef](#)]
30. Food and Nutrition Board; Institute of Medicine of the National Academies. Dietary, functional and total fiber. In *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2005; pp. 339–421.
31. De Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, *85*, 660–667. [[CrossRef](#)]
32. Flynn, J.T.; Falkner, B.E. New clinical practice guideline for the management of high blood pressure in children and adolescents. *Hypertension* **2017**, *70*, 683–686. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Miller, W.G.; Myers, G.L.; Sakurabayashi, I.; Bachmann, L.M.; Caudill, P.; Dziekonski, A.; Edwards, S.; Kimberly, M.M.; Korzum, W.J.; Leary, E.T.; et al. Seven direct methods for measuring HDL and LDL cholesterol compared with ultracentrifugation reference measurement procedures. *Clin. Chem.* **2015**, *56*, 977–986. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Friedewald, W.T.; Levy, R.I.; Fredrickson, D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* **1972**, *18*, 499–502. [[CrossRef](#)]
35. Besch, W.; Woltanski, W.; Keilacker, H.; Diaz-Alonso, J.M.; Schulz, B.; Amendt, P.; Kohnert, K.D.; Ziegler, M. Measurement of Insulin in Human Sera Using a New RIA Kit. Insulin determination in the absence of insulin antibodies—Conventional assay and micro modification. *Exp. Clin. Endocrinol.* **1987**, *90*, 271–277. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Matthews, D.R.; Hosker, J.R.; Rudenski, A.S.; Naylor, B.A.; Treacher, D.F.; Turner, R.C.; Infirmary, R. Homeostasis model assessment: Insulin resistance and b-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* **1985**, *28*, 412–419. [[CrossRef](#)]
37. McLaughlin, T.; Abbasi, F.; Cheal, K.; Chu, J.; Lamendola, C.; Reaven, G. Use of Metabolic Markers To Identify Overweight individuals who are insulin resistant. *Ann. Intern. Med.* **2003**, *139*, 802–809. [[CrossRef](#)]
38. Eisenmann, J.C. On the use of a continuous metabolic syndrome score in pediatric research. *Cardiovasc. Diabetol.* **2008**, *7*, 1–6. [[CrossRef](#)]
39. Voortman, T.; van den Hooven, E.H.; Tielmans, M.J.; Hofman, A.; Kiefte-de Jong, J.C.; Jaddoe, V.W.V.; Franco, O.H. Protein intake in early childhood and cardiometabolic health at school age: The Generation R Study. *Eur. J. Nutr.* **2016**, *55*, 2117–2127. [[CrossRef](#)]
40. World Medical Association. *WMA Declaration of Helsinki—Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*; World Medical Association: Ferney-Voltaire, France, 2013.
41. Reynolds, A.; Mann, J.; Cummings, J.; Winter, N.; Mete, E.; Te Morenga, L. Carbohydrate quality and human health: A series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet* **2019**, *393*, 434–445. [[CrossRef](#)]
42. Pereira, M.A.; O'Reilly, E.; Augustsson, K.; Brown, M.M. Dietary fiber and risk of coronary heart disease: A pooled analysis of cohort studies. *Arch. Intern. Med.* **2004**, *164*, 370–376. [[CrossRef](#)]
43. Threapleton, D.E.; Greenwood, D.C.; Evans, C.; Cleghorn, C.L.; Nykjaer, C.; Woodhead, C.; Burley, V.J. Dietary fibre intake and diabetes risk: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Proc. Nutr. Soc.* **2013**, *72*, 2020. [[CrossRef](#)]
44. Battista, M.; Murray, R.D.; Daniels, S.R. Use of the metabolic syndrome in pediatrics: A blessing and a curse. *Semin. Pediatr. Surg.* **2009**, *18*, 136–143. [[CrossRef](#)]
45. Ford, E.S.; Li, C. Defining the Metabolic Syndrome in Children and Adolescents: Will the Real Definition Please Stand Up? *J. Pediatr.* **2008**, *152*, 160–164. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Kynde, I.; Johnsen, N.F.; Wedderkopp, N.; Bygbjerg, I.C.; Helge, J.W.; Heitmann, B.L. Intake of total dietary sugar and fibre is associated with insulin resistance among Danish 8-10- and 14-16-year-old girls but not boys. European Youth Heart Studies I and II. *Public Health Nutr.* **2010**, *13*, 1669–1674. [[CrossRef](#)]
47. Gopinath, B.; Flood, V.M.; Roachchina, E.; Baur, L.A.; Smith, W.; Mitchell, P. Diet and Blood Pressure Influence of High Glycemic Index and Glycemic Load Diets on Blood Pressure During Adolescence. *Hypertension* **2012**, *59*, 1272–1277. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Veldhuis, L.; Koppes, L.L.J.; Driessen, M.T.; Samoocha, D.; Twisk, J.W.R. Effects of dietary fibre intake during adolescence on the components of the metabolic syndrome at the age of 36 years: The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2010**, *23*, 601–608. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Ruottinen, S.; Lagström, H.K.; Niinikoski, H.; Rönnemaa, T.; Saarinen, M.; Pakkala, K.A.; Hakanen, M.; Viikari, J.S.A.; Simell, O. Dietary fiber does not displace energy but is associated with decreased serum cholesterol concentrations in healthy children. *Am. J. Clin. Nutr.* **2010**, *91*, 651–661. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
50. Schiess, S.; Grote, V.; Scaglioni, S.; Luque, V.; Martin, F.; Stolarczyk, A.; Vecchi, F.; Koletzko, B. Introduction of complementary feeding in 5 European countries. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2010**, *50*, 92–98. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
51. Satija, A.; Hu, F.B. Cardiovascular Benefits of Dietary Fiber. *Curr. Atheroscler. Rep.* **2012**, *14*, 505–514. [[CrossRef](#)]

52. Edwards, C.A.; Parrett, A.M. Dietary fibre in infancy and childhood. *Proc. Nutr. Soc.* **2003**, *62*, 17–23. [[CrossRef](#)]
53. Yao, B.; Fang, H.; Xu, W.; Yan, Y.; Xu, H.; Liu, Y.; Mo, M.; Zhang, H.; Zhao, Y. Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: A dose-response analysis of prospective studies. *Eur. J. Epidemiol.* **2014**, *29*, 79–88. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Almaraz, R.S.; Fuentes, M.M.; Milla, S.P.; Plaza, B.L. Indicaciones de diferentes tipos de fibra en distintas patologías. *Nutr. Hosp.* **2015**, *31*, 2372–2383.
55. Fernandez, M.L. Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk. *Curr. Opin. Lipidol.* **2001**, *12*, 35–40. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
56. Hollenberg, N.K. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet: Editor's comments. *Curr. Hypertens. Rep.* **2001**, *3*, 373.
57. Ndanuko, R.N.; Tapsell, L.C.; Charlton, K.E.; Neale, E.P.; Batterham, M.J. Dietary patterns and blood pressure in adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Adv. Nutr.* **2016**, *7*, 76–89. [[CrossRef](#)]
58. Chiavaroli, L.; Vigiouliouk, E.; Nishi, S.K.; Mejia, S.B.; Rahelić, D.; Kahleová, H.; Salas-Salvadó, J.; Kendall, C.W.C.; Sievenpiper, J.L. DASH dietary pattern and cardiometabolic outcomes: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Nutrients* **2019**, *11*, 338. [[CrossRef](#)]
59. Després, J.P.; Lamarche, B.; Mauriège, P.; Cantin, B.; Dagenais, G.R.; Moorjani, S.; Lupien, P.J. Hyperinsulinemia as an independent risk factor for ischemic heart disease. *N. Engl. J. Med.* **1996**, *334*, 952–957. [[CrossRef](#)]
60. Burke, V.; Hodgson, J.M.; Beilin, L.J.; Giangulioi, N.; Rogers, P.; Puddey, I.B. Dietary Protein and Soluble Fiber Reduce Ambulatory Blood Pressure in Treated Hypertensives. *Hypertension* **2001**, *38*, 821–826. [[CrossRef](#)]
61. Evans, C.E.L.; Greenwood, D.C.; Threapleton, D.E.; Cleghorn, C.L.; Nykjaer, C.; Woodhead, C.E.; Gale, C.P.; Burley, V.J. Effects of dietary fibre type on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of healthy individuals. *J. Hypertens.* **2015**, *33*, 897–911. [[CrossRef](#)]
62. Mejia, S.B.; Kendall, C.W.C.; Vigiouliouk, E.; Augustin, L.S.; Ha, V.; Cozma, A.I.; Mirrahimi, A.; Maroleanu, A.; Chiavaroli, L.; Leiter, L.A.; et al. Effect of tree nuts on metabolic syndrome criteria: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open* **2014**, *4*. [[CrossRef](#)]
63. Del Gobbo, L.C.; Falk, M.C.; Feldman, R.; Lewis, K.; Mozaffarian, D. Effects of tree nuts on blood lipids, apolipoproteins, and blood pressure: Systematic review, meta-analysis, and dose-response of 61 controlled intervention trials. *Am. J. Clin. Nutr.* **2015**, *102*, 1347–1356. [[CrossRef](#)]
64. Jayalath, V.H.; De Souza, R.J.; Sievenpiper, J.L.; Ha, V.; Chiavaroli, L.; Mirrahimi, A.; Di Buono, M.; Bernstein, A.M.; Leiter, L.A.; Kris-Etherton, P.M.; et al. Effect of dietary pulses on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials. *Am. J. Hypertens.* **2014**, *27*, 56–64. [[CrossRef](#)]
65. Kim, Y.; Keogh, J.; Clifton, P.M. Nuts and cardio-metabolic disease: A review of meta-analyses. *Nutrients* **2018**, *10*, 1935. [[CrossRef](#)]
66. Souza, R.G.M.; Gomes, A.C.; Naves, M.M.V.; Mota, J.F. Nuts and legume seeds for cardiovascular risk reduction: Scientific evidence and mechanisms of action. *Nutr. Rev.* **2015**, *73*, 335–347. [[CrossRef](#)]
67. Kim, Y.; Keogh, J.B.; Clifton, P.M. Benefits of nut consumption on insulin resistance and cardiovascular risk factors: Multiple potential mechanisms of actions. *Nutrients* **2017**, *9*, 1271. [[CrossRef](#)]
68. Lee, Y.P.; Puddey, I.B.; Hodgson, J.M. Protein, fibre and blood pressure: Potential benefit of legumes. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* **2008**, *35*, 473–476. [[CrossRef](#)]



Certificado de Presentación de Comunicación Oral

La Asociación Española de Pediatría certifica que la Comunicación titulada:

Consumo de fibra y cumplimiento de las recomendaciones actuales en niños europeos de 2 a 8 años

y firmada por los siguientes autores:

Susana Larrosa Capacés (1), Verónica Luque Moreno (2), Natalia Ferré Pallàs (3), Pau Mora Capdevila (1), Ricardo Closa Monasterolo (3), Joaquin Escribano Subías (1)

1. Hospital Universitario Sant Joan de Reus, Reus, Tarragona, España; 2. Hospital Universitari de Tarragona Joan XXIII, Tarragona, Tarragona, España; 3. Universitat Rovira i Virgili, Reus, Tarragona, España;

ha sido presentada en el 67º Congreso de la AEP, celebrado en Burgos del 6 al 8 de junio de 2019.

Burgos, 6 de junio de 2019.

Dra. María José Mellado Peña
Presidente de la AEP

Dra. Josefa Rivera Luján
Presidente del Comité Científico
Ejecutivo de los Congresos de la AEP



Premio Mención Especial Mejores Comunicaciones

Comunicación presentada en formato oral, de la especialidad "Gastroenterología y Hepatología / Nutrición" titulada:

"Consumo de fibra y cumplimiento de las recomendaciones actuales en niños europeos de 2 a 8 años"

y firmada por los siguientes autores:

Susana Larrosa Capacés (1), Verónica Luque Moreno (2), Natalia Ferré Pallàs (3), Pau Mora Capdevila (1), Ricardo Closa Monasterolo (3), Joaquin Escribano Subías (1)

1. Hospital Universitario Sant Joan de Reus, Reus, Tarragona, España

2. Hospital Universitari de Tarragona Joan XXIII, Tarragona, Tarragona, España

3. Universitat Rovira i Virgili, Reus, Tarragona, España

*durante el 67 Congreso de la AEP,
celebrado en Burgos del 6 al 8 de junio de 2019.*

Burgos, 8 de junio de 2019

Dra. María José Mellado Peña
Presidente de la AEP

Dra. Josefa Rivera Luján
Presidente del Comité Científico
Ejecutivo de los Congresos de la AEP