

FLSDiet®

FRENCH LOW SULFUR DIET



Guía práctica

PROFESIONALES SANITARIOS

Estándar y vegetariana — Desarrollo de la dieta y etapas de reintroducción

LOS AUTORES



Christian Boyer, PhD

Doctor en Biología · Nutricionista



Amin Gasmi, PhD

Investigador y Fisiólogo



Menús y recetas de Clara Materne, terapeuta nutricional

Derechos y distribución

© 2026 Christian Boyer y Amin Gasmi. Todos los derechos reservados.

Queda prohibida la reproducción, comunicación pública, adaptación, traducción, distribución o puesta a disposición de este documento, total o parcial, sin autorización previa y por escrito de los titulares de los derechos, sin perjuicio de las excepciones previstas por la ley.

La descarga oficial de este documento se realiza exclusivamente desde el sitio web de D-CODE LAB. Quedan prohibidos su alojamiento, republicación y redistribución en sitios o plataformas de terceros sin autorización previa y por escrito. Se permite compartir el enlace a la página oficial de descarga.

Menús y recetas: Clara Materne, terapeuta nutricional. Los derechos de las contribuciones e ilustraciones de terceros corresponden a sus respectivos titulares.

Índice

1. GUÍA PARA PROFESIONALES SANITARIOS
2. Advertencia
3. EL KIT FLSDIET®
4. INTRODUCCIÓN A LA FLSDIET®
5. DESARROLLO DE LAS DOS FASES DE LA FLSDiet®
6. FASE 1 — Eliminación de la FLSDiet® estándar y vegetariana
 1. Efectos de la cocción sobre la taurina y los compuestos azufrados de origen vegetal
 2. Apoyo ante la intolerancia a los compuestos azufrados y reducción de los síntomas sistémicos asociados al sulfuro de hidrógeno (H₂S)
7. FASE 2 — Reintroducción de la FLSDiet® estándar y vegetariana
 1. Reintroducción progresiva por grupos de alimentos
 2. Orden de reintroducción: grupos y alimentos
 3. Grupo 1 — Brasicáceas
 4. (Grupo 2 — Carne roja)
 5. Grupo 3 — Alcachofas
 6. (Grupo 4 — Pescado)
 7. Grupo 5 — Huevos
 8. Grupo 6 — Espárragos
 9. Grupo 7 — Productos lácteos
 10. Grupo 8 — Aliáceas
 11. (Grupo 9 — Marisco: crustáceos y moluscos)
 12. Grupo 10 — Alimentos feculentos: cereales como (trigo) y avena, y pseudocereales como trigo sarraceno y quinoa
 13. (Grupo 11 — Alcohol)
 14. Opciones de reintroducción: prudente o «prueba rápida»
 15. Opción 1 — Reintroducción prudente
 16. Opción 2 — Reintroducción mediante «prueba rápida»
 17. Ejemplos de porciones para la reintroducción de alimentos:
 18. Adaptación del orden de reintroducción y de la alimentación según el perfil microbiano (análisis de microbiota)
8. FACTORES QUE FAVORECEN LA INTOLERANCIA A LOS COMPUESTOS AZUFRADOS Y ESTRATEGIAS AVANZADAS DE ABORDAJE
 1. Factores que favorecen los desequilibrios del metabolismo azufrado y la acumulación de H₂S y sulfitos
 2. Variantes genéticas (SNP) y repercusiones metabólicas
9. Estrategias de regulación del metabolismo azufrado y de la carga de H₂S y sulfitos
 1. Modulación de la producción endógena de H₂S cuando sea necesario y apoyo a su metabolismo y al de los sulfitos
 2. Modulación de la producción microbiana de H₂S y reducción de los microorganismos productores
 3. Bioactivos vegetales y polifenoles
 4. Otros enfoques
10. Anexos
11. Anexo 1 – Aguas embotelladas con bajo contenido en sulfatos
12. Anexo 2 — Bacterias probióticas que pueden producir H₂S

GUÍA PARA PROFESIONALES SANITARIOS

Desarrollo de la dieta / Etapas de reintroducción / Estrategias de apoyo ante los problemas asociados a los compuestos azufrados

Guía práctica para profesionales sanitarios, común a la FLSDiet® estándar y vegetariana

La French Low Sulfur Diet (FLSDiet®) combina información detallada sobre una alimentación baja en compuestos azufrados con una selección de recetas sabrosas cuidadosamente adaptadas a sus principios. Se ha concebido para conciliar las necesidades nutricionales, el placer de comer y la creatividad culinaria, con su característico toque gastronómico francés. Se presentó por primera vez en la segunda edición del congreso Microbiome360, organizado por D-CODE LAB en Lyon, Francia, los días 3 y 4 de octubre de 2026. Creada por el Dr. Christian Boyer (PhD) y el Dr. Amin Gasmi (PhD). Menús y recetas elaborados por Clara Materne, terapeuta nutricional.

Advertencia

La FLSDiet® (French Low Sulfur Diet) es una pauta alimentaria temporal destinada a apoyar el abordaje de determinadas sensibilidades digestivas o reacciones asociadas a los compuestos azufrados. La información de este documento tiene fines educativos e informativos. No constituye un diagnóstico, una prescripción médica ni un tratamiento, y no sustituye la consulta con un médico u otro profesional sanitario cualificado. La guía profesional de la FLSDiet® está destinada exclusivamente a profesionales sanitarios y tiene un objetivo educativo e informativo basado en datos científicos.

EL KIT FLSDIET®

La FLSDiet® se presenta como un kit completo para abordar los problemas relacionados con los compuestos de azufre. Incluye:

- Dos listas de alimentos que conviene priorizar, limitar o evitar: una para la dieta estándar y otra para la vegetariana;
- Dos guías prácticas, una para pacientes y otra para profesionales sanitarios, con las pautas y el desarrollo de las fases de eliminación y reintroducción. Ambas guías se aplican a las versiones estándar y vegetariana de la FLSDiet®.
- Un recetario, también común a las versiones estándar y vegetariana de la FLSDiet®.

INTRODUCCIÓN A LA FLSDIET®

La FLSDiet® (French Low Sulfur Diet) es una dieta de apoyo diseñada específicamente para situaciones en las que existe una proliferación excesiva de bacterias productoras de sulfuro de hidrógeno (H₂S), también denominada ISO (Intestinal Sulfide Overproduction, o sobreproducción intestinal de sulfuro). La ISO puede corresponder a un sobrecrecimiento de estas bacterias en el intestino grueso (LIBO H₂S, Large Intestinal Bacterial Overgrowth) y/o en el intestino delgado (SIBO H₂S, Small Intestinal Bacterial Overgrowth).

La FLSDiet® consiste en adoptar temporalmente una alimentación con dos objetivos complementarios:

- reducir la producción microbiana, así como la endógena, de sulfuro de hidrógeno (H₂S);
- Limitar la proliferación excesiva de las bacterias intestinales que producen H₂S.

Para ello, la FLSDiet® limita especialmente:

- los productos de origen animal ricos en aminoácidos azufrados (cisteína y metionina) y taurina, o todos los productos de origen animal en la FLSDiet® vegetariana;
- los alimentos feculentos (cereales, pseudocereales y productos similares), así como los frutos secos y las semillas ricos en aminoácidos azufrados o que puedan tolerarse peor;
- Las grasas saturadas.
- Los compuestos de azufre presentes en los alimentos vegetales, especialmente los compuestos organoazufrados de las familias Brassicaceae y Alliaceae.
- Los sulfitos y los sulfatos.
- En general, cualquier alimento, ingrediente, suplemento alimenticio o aditivo que pueda aumentar la producción intestinal de H₂S o favorecer la proliferación de las bacterias que lo producen.

La FLSDiet® también puede contemplarse en personas con intolerancia a los compuestos azufrados. Su versión vegetariana está especialmente adaptada a esta situación y a personas con ISO grave, sobre todo cuando se acompaña de síntomas múltiples, intensos o sistémicos.

La «intolerancia a los compuestos azufrados» no corresponde a una alergia al azufre, sino a un desequilibrio entre las cantidades de compuestos azufrados aportadas por la alimentación o producidas por el organismo y su microbiota, y la capacidad del organismo para metabolizarlas y eliminarlas.

La FLSDiet® vegetariana se dirige prioritariamente a personas que toleran al menos pequeñas cantidades de legumbres. Cuando se toleran mal, es necesario prestar especial atención a garantizar un aporte proteico suficiente. Pueden contemplarse preparados de proteínas en polvo de guisante o arroz, según la tolerancia individual. Otra posibilidad es optar por la FLSDiet® estándar, que permite consumir pollo y pescado.

Debido a la mayor restricción de productos de origen animal y aminoácidos azufrados, la fase estricta de la versión vegetariana no debe prolongarse. Es esencial mantener un aporte proteico de al menos 1 g/kg de peso corporal al día, adaptado a las necesidades individuales. Puede contemplarse el uso de BCAA sin aditivos (leucina, isoleucina y valina) para complementar los aminoácidos implicados en el anabolismo muscular, sin sustituir un aporte suficiente de proteínas completas. Se recomienda el acompañamiento dietético para prevenir desequilibrios y carencias nutricionales.

La French Low Sulfur Diet se desarrolla en dos fases:

- Fase 1 — Eliminación estricta: duración máxima de 2 a 3 semanas para la versión estándar y de 2 semanas para la vegetariana. En ocasiones, los síntomas pueden mejorar rápidamente, desde la primera semana.
- Fase 2 — Reintroducción de alimentos: reintroducción progresiva e individualizada, que puede prolongarse entre 2 y 3 meses cuando se contempla una reintroducción completa.

El objetivo es reintroducir progresivamente la mayor diversidad alimentaria posible, según la tolerancia individual, evitando prolongar innecesariamente las restricciones. Es esencial recordar al paciente que la fase de eliminación de la FLSDiet® vegetariana no debe prolongarse en ningún caso más de dos semanas.

DESARROLLO DE LAS DOS FASES DE LA FLSDiet®

FASE 1 — Eliminación de la FLSDiet® estándar y vegetariana

Duración: 2–3 semanas para la versión estándar; 2 semanas como máximo para la vegetariana.

Los cuadros de alimentos se encuentran en la LISTA DE ALIMENTOS de la FLSDiet® y de la FLSDiet® vegetariana.

Durante esta primera fase, elimine todos los alimentos incluidos en la categoría «Evitar o reintroducir más adelante».

Los alimentos permitidos son los que figuran en las categorías:

- «Alimentos que conviene priorizar»;
- «Alimentos que conviene moderar y que requieren especial atención».

Cuando se indican cantidades máximas por comida o por día, deben respetarse.

Los alimentos de la categoría «Limitar y vigilar especialmente la tolerancia» tienden a provocar más reacciones en algunos pacientes, por motivos que pueden estar relacionados directamente con la ISO o no. Esta clasificación no implica que deban eliminarse de forma sistemática, sino que su consumo debe ajustarse a la tolerancia individual.

La ISO (sobrepoducción intestinal de sulfuro) puede acompañarse de manifestaciones sugestivas de intolerancia a la histamina. A concentraciones fisiológicas, el H₂S podría estabilizar los mastocitos; en cambio, su producción excesiva podría favorecer la inflamación de la mucosa intestinal y aumentar la activación de los mastocitos y la liberación de histamina.

Algunas bacterias intestinales, especialmente del filo Pseudomonadota (antes Proteobacteria), pueden producir tanto sulfuro de hidrógeno (H₂S) como histamina. Este doble potencial metabólico, presente en algunas especies de Klebsiella, Escherichia, Proteus y Fusobacterium, así como en Clostridium perfringens, podría aumentar la carga intestinal de histamina en una disbiosis asociada a producción excesiva de H₂S.

Por ello, la FLSDiet® incorpora una moderación de los alimentos ricos en histamina y otras aminos, que pueden favorecer la liberación de histamina o inhibir la actividad de la DAO (enzima que degrada la histamina), sin imponer restricciones intensas.

En caso de intolerancia marcada a la histamina, puede ser preferible comenzar durante unas semanas con una alimentación específicamente adaptada a este problema, antes de iniciar la FLSDiet®.

La frescura y las condiciones de conservación son esenciales en relación con la histamina, especialmente en carnes y pescados. Su contenido en histamina puede aumentar rápidamente si se rompe la cadena de frío o se prolonga el almacenamiento. Conviene elegir productos de frescura irreprochable y, cuando sea posible, pescado ultracongelado en alta mar a bordo del barco para limitar la formación de histamina. Las frutas y verduras también deben consumirse frescas, preferiblemente sin manchas ni signos de deterioro y sin dejarlas madurar en exceso.

Efectos de la cocción sobre la taurina y los compuestos azufrados de origen vegetal

La cocción de las brasicáceas en abundante agua reduce determinados compuestos azufrados hidrosolubles, especialmente los glucosinolatos. En personas muy sensibles, una cocción en dos aguas puede limitar notablemente las reacciones de intolerancia. Asimismo, cocer carnes o pescados en caldo corto permite eliminar parte de la taurina, que es muy hidrosoluble.

Apoyo ante la intolerancia a los compuestos azufrados y reducción de los síntomas sistémicos asociados al sulfuro de hidrógeno (H₂S)

El modelo del «cubo de azufre» ilustra de forma sencilla un fenómeno de acumulación. El cubo se llena con los compuestos azufrados aportados por la alimentación, producidos por el organismo y generados por la microbiota intestinal, especialmente el H₂S. Se vacía mediante los mecanismos de transformación, oxidación y eliminación. Mientras la capacidad metabólica del organismo sea suficiente, estos compuestos suelen tolerarse bien. Cuando la carga azufrada total supera la capacidad de metabolización y eliminación, el cubo «se desborda»: metabolitos reactivos como el H₂S o los sulfitos pueden acumularse y provocar diversos síntomas.

La vía de la transulfuración desempeña un papel central en el metabolismo endógeno de las moléculas azufradas y contribuye, en etapas posteriores, a la producción de sulfato, una forma terminal estable y generalmente poco reactiva. Una desregulación de esta vía o de sus etapas posteriores puede favorecer una producción excesiva de H₂S o sulfito, o una producción insuficiente de sulfato. La microbiota intestinal también puede producir un exceso de H₂S que, al superar la capacidad local de detoxificación, puede pasar a la circulación sistémica y provocar síntomas extradigestivos además de los digestivos habituales.

Pueden contemplarse cuatro enfoques para mejorar la tolerancia a los compuestos azufrados, apoyar la disponibilidad de sulfato y limitar los síntomas asociados a un exceso de H₂S:

- Los baños de pies o de cuerpo con sal de Epsom (sulfato de magnesio) pueden contemplarse como un enfoque destinado a favorecer un aporte de sulfato por vía cutánea, sin paso directo por el tubo digestivo y, por tanto, sin aportar directamente sustratos a las bacterias intestinales productoras de H₂S. Se aconseja comenzar por baños de pies y aumentar progresivamente la cantidad.
- El molibdeno es un cofactor indispensable de la sulfito oxidasa (SUOX), enzima que transforma los sulfitos en sulfatos. Algunos datos experimentales sugieren que también podría contribuir a reducir la producción de H₂S por bacterias reductoras de sulfato (BRS).
- La coenzima Q10 es necesaria para el buen funcionamiento de la SQOR, enzima mitocondrial que interviene en la primera etapa de oxidación y detoxificación del H₂S.
- La hidroxocobalamina, una forma de vitamina B12, puede ayudar a captar H₂S uniéndose a él. También puede unirse al tiosulfato, un intermediario de la detoxificación del H₂S, por el que podría tener una afinidad aún mayor. De este modo contribuye a reducir la cantidad de H₂S y a limitar los síntomas sistémicos.

Estos cuatro enfoques pueden contemplarse desde la fase 1 de la FLSDiet® y mantenerse durante la fase 2 durante el tiempo que se considere necesario.

FASE 2 — Reintroducción de la FLSDiet® estándar y vegetariana

Duración: 2–3 meses para una reintroducción completa mediante la opción 1

Reintroducción progresiva por grupos de alimentos

Los alimentos excluidos se reintroducirán progresivamente por grupos de alimentos (11 grupos), siguiendo el orden que se presenta a continuación. Cada grupo se probará por separado y los alimentos se reintroducirán uno a uno, empezando por pequeñas cantidades.

Los grupos que contienen alimentos que habitualmente no se consumen pueden omitirse para pasar directamente al siguiente. El grupo del alcohol es totalmente opcional: no es necesario probarlo para continuar las reintroducciones alimentarias.

Si un grupo se tolera mal, no debe interrumpirse todo el proceso. La reintroducción continuará con los grupos siguientes, en el orden previsto. Los grupos mal tolerados podrán volver a probarse una vez reintroducidos los demás. Todo alimento bien tolerado durante las pruebas puede mantenerse en la alimentación, respetando las cantidades y la frecuencia para las que se haya confirmado la buena tolerancia.

Por último, los alimentos que se consumían antes de la dieta pero no figuran en los 11 grupos siguientes podrán reintroducirse progresivamente solo después de haber completado o intentado la reintroducción de los distintos grupos de la FLSDiet®.

Orden de reintroducción: grupos y alimentos

Brócoli → coliflor → (carne roja: ternera) → alcachofa → (pescado) → huevos → espárragos → lácteos: queso curado, después yogur y nata → puerros y cebollas cocidos → ajo cocido → (marisco: gambas) → (trigo), después avena → trigo sarraceno y quinoa → (alcohol) → otros alimentos

El texto azul y los paréntesis indican reintroducciones opcionales, bien en todos los casos (p. ej., alcohol), bien según el régimen alimentario seguido (p. ej., carne, pescado y marisco en la versión vegetariana).

La FLSDiet® vegetariana también puede ser seguida por personas omnívoras que necesitan limitar más los productos de origen animal. Por ello, la fase de reintroducción contempla por defecto la posibilidad de reintroducir carne y pescado. En personas vegetarianas, esta reintroducción sigue siendo opcional, aunque puede contemplarse por sus posibles beneficios, especialmente en el caso del pescado. Para mantener una alimentación vegetariana, la reintroducción puede limitarse a productos de origen animal compatibles con los hábitos alimentarios, como huevos y lácteos.

Grupo 1 — Brasicáceas

Comenzar reintroduciendo progresivamente el brócoli y después la coliflor. Al principio, consumir estas verduras bien cocidas en abundante agua hirviendo. Si se toleran bien, podrán probarse más adelante cocciones más breves o al vapor. Las demás brasicáceas (col, lombarda, coles de Bruselas, etc.) podrán reintroducirse posteriormente.

(Grupo 2 — Carne roja)

Al principio, reintroducir únicamente ternera magra en pequeñas cantidades, sin salsa ni nata. Una vez confirmada su tolerancia, podrán probarse progresivamente otras carnes, especialmente vacuno y pato. El cerdo deberá reintroducirse mucho más tarde. La frescura y la calidad de las carnes son fundamentales.

Grupo 3 — Alcachofas

Las alcachofas podrán reintroducirse primero como corazones de alcachofa en conserva, cuidadosamente enjuagados, y después como alcachofa cocida en agua, en pequeñas cantidades. Debe comprobarse la composición de las conservas para descartar aditivos problemáticos.

(Grupo 4 — Pescado)

Si no se consumió pescado durante la fase de eliminación, o solo un número limitado de especies, reintroducir progresivamente las especies que se consumen habitualmente.

Comenzar preferiblemente por especies menos grasas y menos ricas en taurina, como eglefino, fletán o merlán. Continuar después con pescados más ricos en taurina, como el bacalao, o más grasos, como sardinas, caballa y salmón. Cada nueva especie debe probarse por separado.

Se aconseja elegir pescado de frescura irreprochable y, cuando sea posible, dar preferencia inicialmente al pescado ultracongelado en alta mar a bordo del barco.

Grupo 5 — Huevos

Comenzar por una pequeña cantidad, por ejemplo medio huevo, antes de pasar a un huevo entero si se tolera bien. Para esta primera reintroducción, elegir una preparación sencilla, como huevo pasado por agua, escalfado o a la plancha, con la yema todavía líquida.

Grupo 6 — Espárragos

Comenzar con espárragos frescos bien cocidos en abundante agua hirviendo. Los espárragos en conserva se probarán por separado, tras enjuagarlos cuidadosamente y comprobar que no contienen sulfitos ni otros aditivos azufrados.

Grupo 7 — Productos lácteos

Comenzar con un queso tipo tomme curado de cabra u oveja, naturalmente muy bajo en lactosa. Continuar con yogur y después con nata y mantequilla. Estas últimas se consumirán al principio en pequeñas cantidades, aumentando progresivamente las porciones si se toleran bien.

Si los quesos duros curados se toleran bien pero los yogures o la nata parecen provocar síntomas, puede contemplarse una mala tolerancia a la lactosa.

Grupo 8 — Aliáceas

Reintroducir las aliáceas en el siguiente orden: puerro bien cocido, cebolla bien cocida y, después, ajo bien cocido. El ajo, que suele provocar más reacciones, se probará en último lugar.

Antes de cocinarlo, por ejemplo en sartén, puede escaldarse el puerro en agua hirviendo durante 1 a 2 minutos y escurrirse después.

(Grupo 9 — Marisco: crustáceos y moluscos)

La reintroducción del marisco puede comenzar por las gambas, generalmente menos ricas en taurina que el pulpo o el calamar. Las ostras, los mejillones y las vieiras, con un contenido en taurina claramente superior, se reintroducirán más adelante. Las gambas no deben contener sulfitos; se dará preferencia a las congeladas.

Grupo 10 — Alimentos feculentos: cereales como (trigo) y avena, y pseudocereales como trigo sarraceno y quinoa

Reintroducir el trigo preferiblemente mediante variedades antiguas y pan de masa madre, empezando por una pequeña porción sin acompañarla de ningún otro alimento recién reintroducido.

La cantidad podrá aumentarse progresivamente si no se observa ninguna reacción significativa. La reintroducción del trigo y, en general, del gluten no es obligatoria en ningún caso. Debe valorarse individualmente, ya que puede resultar problemática para algunas personas.

También puede reintroducirse progresivamente la avena, seguida del trigo sarraceno y la quinoa, ambos con moderación. Antes de cocinar la quinoa, debe enjuagarse cuidadosamente y puede dejarse en remojo un máximo de 3 a 4 horas para mejorar la tolerancia digestiva eliminando parte de sus saponinas.

Atención: la reintroducción del trigo, la avena, el trigo sarraceno y la quinoa debe realizarse progresiva y metódicamente, un alimento cada vez. Deben vigilarse cuidadosamente las posibles reacciones digestivas, ya que algunas personas con trastornos digestivos, especialmente síndrome del intestino irritable (SII), pueden tolerarlos mal.

(Grupo 11 — Alcohol)

La reintroducción del alcohol es totalmente opcional y no constituye en ningún caso una etapa obligatoria del protocolo. Si se desea, su consumo debe seguir siendo ocasional y estrictamente moderado.

En su caso, comenzar por una cantidad muy pequeña de un destilado sencillo, como whisky o ron, o por vino sin sulfitos añadidos. La cerveza se probará al final.

La cerveza puede reunir varios factores capaces de provocar una reacción: alcohol, hidratos de carbono fermentables residuales (maltosa), compuestos procedentes de la fermentación y sulfatos en cantidades variables.

Opciones de reintroducción: prudente o «prueba rápida»

Cada alimento debe probarse por separado, sin introducir simultáneamente otro alimento, incluso dentro del mismo grupo. Pueden contemplarse dos opciones de reintroducción según el grado de sensibilidad digestiva.

Opción 1 — Reintroducción prudente

Esta modalidad es preferible en personas especialmente sensibles o que ya hayan presentado reacciones importantes:

- Día 1: ¼ de porción
- Día 2: pausa
- Día 3: ½ porción
- Día 4: pausa
- Día 5: 1 porción habitual, únicamente en ausencia de reacción significativa a las cantidades anteriores
- Día 6: observar durante 24 horas sin introducir ningún alimento nuevo.

Si aparecen síntomas leves con media porción, no aumentar la cantidad el quinto día y probar una porción completa más adelante, tras reintroducir los distintos grupos.

Opción 2 — Reintroducción mediante «prueba rápida»

Esta modalidad permite realizar una primera prueba rápida de tolerancia:

- consumir media porción del alimento que se está probando;
- observar las posibles reacciones durante las 24 horas siguientes;
- en ausencia de reacción significativa, pasar al siguiente alimento.

La «prueba rápida» es una prueba breve de tolerancia, pero no permite confirmar la tolerancia a una porción completa.

Ejemplos de porciones para la reintroducción de alimentos:

Alimento	¼ de porción	½ porción	Porción habitual
Brócoli cocido	35–40 g	75 g	150 g
Ternera magra	35–40 g	75 g	150 g
Huevo	½ huevo	1 huevo	2 huevos
Espárragos (tamaño mediano)	1–2 unidades	3–4 unidades	6 unidades
Queso curado	7–10 g	15 g	30 g
Puerro cocido	20 g (peso cocido)	40–50 g (peso cocido)	100–120 g (peso cocido)
Ajo cocido	¼ de diente	½ diente	1 diente
Gambas (tamaño mediano)	2 unidades	4 unidades	6–8 unidades
Pan de masa madre	15 g	25–30 g	50–80 g

u = unidad

En caso de reacción importante, interrumpir temporalmente la reintroducción de alimentos, esperar al menos 48 horas y volver a la última alimentación bien tolerada hasta que los síntomas se estabilicen por completo, antes de reiniciar las reintroducciones.

Se recomienda encarecidamente mantener un diario alimentario detallado durante toda la fase de reintroducción. Permitirá anotar los alimentos reintroducidos, las cantidades consumidas y toleradas y la posible aparición de síntomas.

Conviene vigilar y registrar especialmente:

- síntomas digestivos: diarrea, gases con olor a azufre, dolor intestinal, hinchazón, reflujo, etc.;
- síntomas extradigestivos: cefalea, sensación de intoxicación o malestar, dolor articular o muscular, rubor o enrojecimiento cutáneo, sofocos, sudoración nocturna, hipotensión, aceleración o disminución del ritmo cardíaco, cansancio intenso, niebla mental, ansiedad, agitación mental, molestias urinarias, etc.

Este seguimiento ayudará a identificar los alimentos y las cantidades asociados a la aparición de síntomas y a determinar progresivamente los umbrales individuales de tolerancia.

Adaptación del orden de reintroducción y de la alimentación según el perfil microbiano (análisis de microbiota)

Cuando se conoce el perfil microbiano de la persona mediante un análisis de la microbiota intestinal, también pueden adaptarse y personalizarse el orden de reintroducción y los consejos alimentarios.

- En caso de exceso de *Bilophila*, retrasar principalmente la reintroducción de alimentos ricos en grasas saturadas, especialmente grasas lácteas (nata y mantequilla), quesos grasos, carnes rojas y embutidos. Estos alimentos estimulan la secreción biliar y pueden aumentar la disponibilidad de ácidos biliares conjugados con taurina. Entre los productos del mar, reintroducir más tarde los más ricos en taurina, especialmente moluscos como mejillones, ostras y vieiras, así como pulpo y calamar. Debe prestarse especial atención a una posible exposición crónica al arsénico: algunos estudios han observado una asociación entre la exposición a este metaloide tóxico y una mayor abundancia de *Desulfovibronaceae*, especialmente *Desulfovibrio* y *Bilophila* [Brabec JL. et al., 2020, Heliyon]. Los cereales y pseudocereales son fuentes alimentarias importantes de arsénico inorgánico, y el arroz es un contribuyente principal. El arroz integral y semiintegral suele contener más arsénico que el blanco, ya que se concentra en las capas externas del grano, especialmente el salvado. El arroz basmati blanco de India o Pakistán suele presentar concentraciones menores, aunque varían según la región de cultivo y los lotes. El método PBA (Parboiled and Absorbed) consiste en precocer el arroz en una primera agua, desecharla y terminar la cocción con agua nueva. Permitiría reducir el arsénico inorgánico alrededor de un 54% en arroz integral y hasta un 73% en arroz blanco [Menon M. et al., 2021, Sci. Total Environ.].
- En caso de exceso de *Fusobacterium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella* o *Proteus*, retrasar prioritariamente los alimentos concentrados en cisteína y metionina, especialmente huevos, carnes rojas, embutidos y lácteos ricos en proteínas como skyr y quesos duros curados. La soja y la quinoa también pueden reintroducirse más adelante. En el caso de los lácteos, puede comenzarse por pequeñas cantidades de yogur o queso fresco.
- En caso de exceso de *Desulfovibrio*, prestar especial atención a las fuentes de sulfatos y sulfitos, así como a los polisacáridos sulfatados, como carragenanos E407 y E407a y suplementos de condroitín sulfato. Los ultraprocesados, embutidos, frutas desecadas tratadas con sulfitos o dióxido de azufre, determinadas bebidas alcohólicas y aguas muy ricas en sulfatos deben reintroducirse con prudencia. También conviene evitar una dieta rica en grasas animales y saturadas y azúcares simples, y pobre en fibra, ya que podría favorecer el nicho ecológico de *Desulfovibrio*. Al igual que *Bilophila*, algunas bacterias productoras de H₂S, especialmente *Desulfovibrio*, podrían aumentar con una exposición crónica al arsénico [Brabec JL. et al., 2020, Heliyon]. En este contexto se recomienda también la cocción del arroz mediante el método PBA (Parboiled and Absorbed), destinado a reducir su contenido en arsénico, cuando se identifica sobreabundancia de *Desulfovibrio*.

FACTORES QUE FAVORECEN LA INTOLERANCIA A LOS COMPUESTOS AZUFRADOS Y ESTRATEGIAS AVANZADAS DE ABORDAJE

La intolerancia a los compuestos azufrados puede favorecerse por un aumento de la carga que debe procesarse o por una eliminación más lenta. El contexto genético, los cofactores enzimáticos y las señales metabólicas modulan este equilibrio, al que se añade la producción de H₂S por la microbiota.

Factores que favorecen los desequilibrios del metabolismo azufrado y la acumulación de H₂S y sulfitos

- Aportes alimentarios y cofactores enzimáticos: la cistationina beta-sintasa (CBS) y la cistationina gamma-liasa (CTH o CSE) dependen de la disponibilidad de sustratos. La vitamina B6 activa, o piridoxal-5-fosfato (PLP), es un cofactor de ambas enzimas, y la S-adenosilmetionina (SAM) activa la CBS. Los aportes elevados de aminoácidos azufrados o determinados suplementos, como la N-acetilcisteína (NAC), aumentan la cantidad de sustratos que deben metabolizarse (Sbodio J. I. et al., 2019).
- Estrés oxidativo e inflamación: la inflamación y las respuestas al estrés celular, especialmente mediante NRF2 y ATF4, pueden aumentar la expresión de CBS o CTH. El estrés oxidativo también puede activar la CBS mediante glutationilación. El estrés del retículo endoplasmático o del aparato de Golgi y la carencia de aminoácidos pueden inducir CTH. Estas adaptaciones apoyan inicialmente la producción de glutatión; pueden aumentar la carga de eliminación cuando se produce más H₂S (Niu W.-N. et al., 2015; Sbodio J. I. et al., 2019).
- Hormonas y ácidos biliares: los glucocorticoides pueden aumentar la expresión hepática de CBS, mientras que la insulina ejerce un freno. En los modelos estudiados, una disminución de la señalización de la hormona de crecimiento (GH) o de las hormonas tiroideas favorece la producción hepática de H₂S. Determinados ácidos biliares también estimulan CTH mediante los receptores FXR o TGR5, este último también denominado GPBAR1 (Hine C. et al., 2017; Ratnam S. et al., 2002; Renga B. et al., 2009, 2015).
- Procesamiento lento de los sulfitos: la sulfito oxidasa (SUOX) convierte los sulfitos en sulfatos. Una carencia adquirida de molibdeno, un defecto de síntesis de su cofactor o una alteración genética de SUOX pueden frenar esta conversión y favorecer la acumulación de sulfitos, intermediarios reactivos (Abumrad N. N. et al., 1981).
- Eliminación limitada del H₂S: su oxidación mitocondrial implica a la sulfuro-quinona oxidorreductasa (SQOR), la persulfuro dioxigenasa (ETHE1) y la tiosulfato sulfurtransferasa (TST). Los defectos de estas enzimas, la carencia de coenzima Q10 o la limitación de oxígeno pueden ralentizar la eliminación. A concentraciones elevadas, el H₂S puede inhibir la respiración mitocondrial y agravar el desequilibrio (Libiad M. et al., 2019; Ziosi M. et al., 2017).

- Oxidación de la cisteína: una actividad insuficiente de la cisteína dioxigenasa (CDO1) reduce su oxidación directa y deja más sustrato disponible para producir H₂S mediante CBS y CTH. La distribución de la cisteína entre glutatión, taurina y H₂S influye, por tanto, en la carga que debe procesarse (Jurkowska H. et al., 2014).
- Microbiota y alimentación: una disbiosis enriquecida en microorganismos productores de H₂S aumenta la carga intestinal, aunque las enzimas humanas funcionen normalmente. Estos microorganismos utilizan sulfatos, sulfitos, aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) y taurina procedente de los ácidos biliares. El tetrathionato, formado por oxidación del tiosulfato, puede servir de sustrato para la producción microbiana de H₂S en determinadas bacterias intestinales. Algunos compuestos azufrados alimentarios, como la sulfoquinovosa, también pueden ser degradados por la microbiota y generar metabolitos azufrados. Otras bacterias, como *Bilophila wadsworthia*, pueden utilizarlos después para producir H₂S mediante cooperación metabólica o cross-feeding. En general, una alimentación predominantemente animal y pobre en fibra puede aumentar la producción microbiana de H₂S (Devkota S. et al., 2012; Teigen L. et al., 2022; Hanson B. T. et al., 2021; Barrett y Clark, 1987).

Variantes genéticas (SNP) y repercusiones metabólicas

Gen	SNP	Repercusiones metabólicas del SNP
CBS	rs5742905 / p.Ile278Thr	Actividad ↓; H ₂ S procedente de CBS potencialmente ↓, pero homocisteína ↑ → efecto mixto sobre la tolerancia
CTH	rs28941785 / p.Thr67Ile	Actividad y unión a B6 ↓; H ₂ S procedente de CTH ↓, cistationina ↑ → efecto mixto sobre la tolerancia
SQOR	rs762256045 / p.Glu213Lys	Oxidación del H ₂ S ↓; acumulación favorecida → tolerancia metabólica al H ₂ S ↓
ETHE1	rs745656120 / p.Arg163Gln	Oxidación de persulfuros ↓; eliminación del H ₂ S frenada → tolerancia metabólica al H ₂ S ↓
SUOX	rs121908007 / p.Arg217Gln	Conversión de sulfitos en sulfatos ↓ → tolerancia metabólica a los sulfitos ↓

↑ aumento; ↓ disminución. El efecto metabólico esperado varía según las copias del gen afectadas; varias variantes son raras. Fuente: ClinVar (National Center for Biotechnology Information, sin fecha).

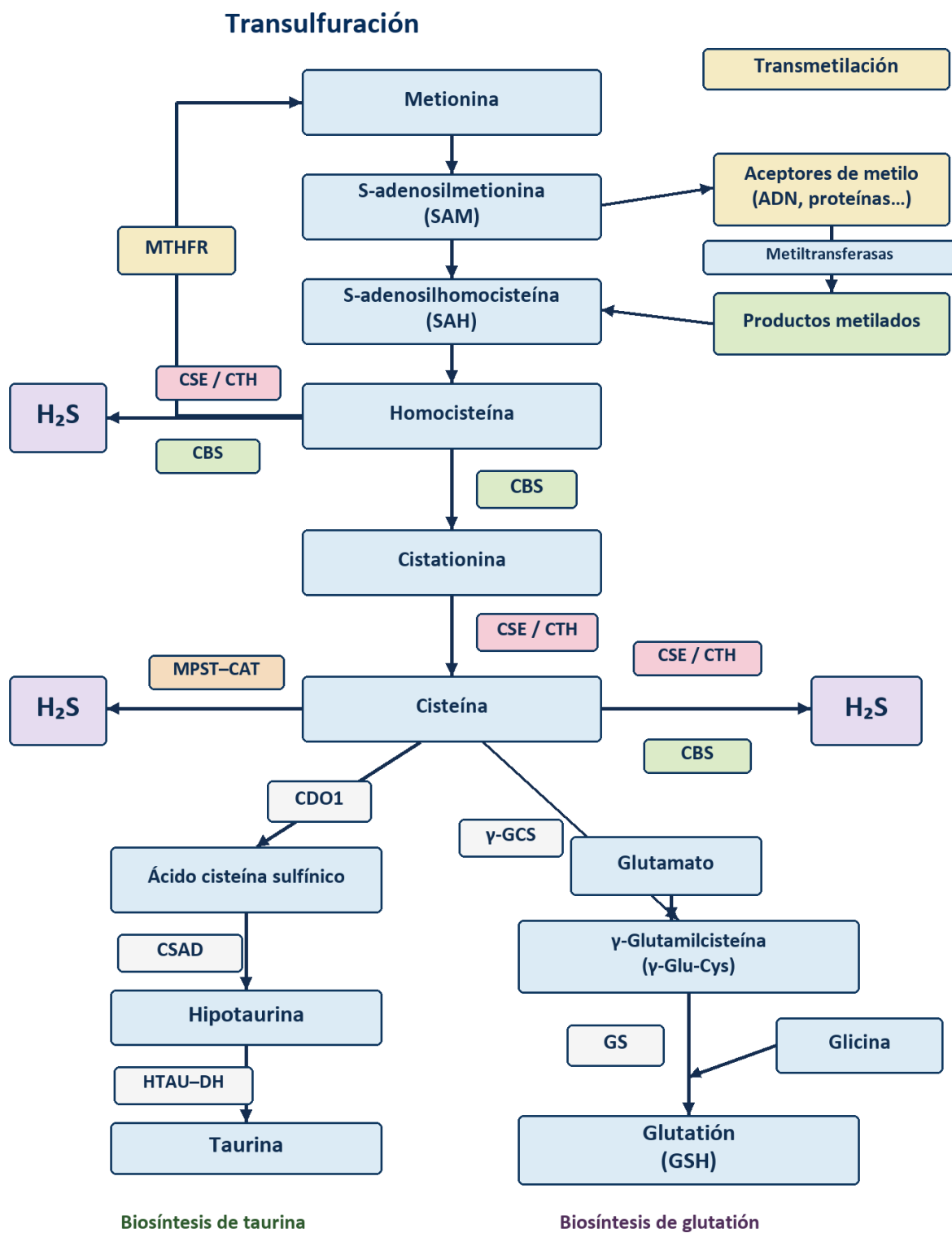
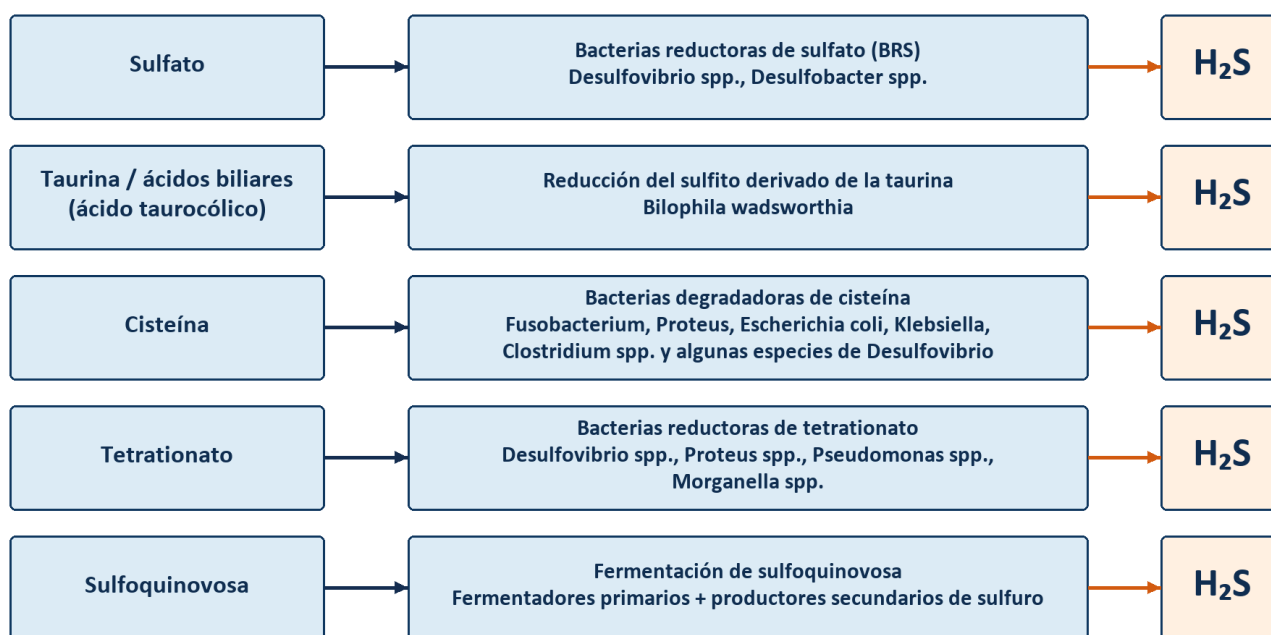


Figura 1. Vista general de la vía de transulfuración y de su papel en la biosíntesis de H₂S, taurina y glutatión (adaptado de Sbodio et al., 2019).

Figura 2. Principales sustratos y vías metabólicas implicados en la producción intestinal de sulfuro de hidrógeno (H₂S) por la microbiota



Estrategias de regulación del metabolismo azufrado y de la carga de H₂S y sulfitos

Modulación de la producción endógena de H₂S cuando sea necesario y apoyo a su metabolismo y al de los sulfitos

La cistationina beta-sintasa (CBS) y la cistationina gamma-liasa (CTH o CSE) utilizan vitamina B6 activa, el piridoxal-5-fosfato (PLP). Una mayor actividad puede aumentar la producción de H₂S cuando hay sustratos disponibles y la eliminación no es suficiente. La B6 modula este flujo; sus aportes deben ajustarse a las necesidades en lugar de aumentarse sistemáticamente (DeRatt B. N. et al., 2014). El ginseng rojo reduce la expresión de CBS/CTH en algunos modelos celulares. La linatina del lino origina un antagonista de la vitamina B6 activa capaz de frenar ambas enzimas en experimentos con ratas. Su acción se basa en un antagonismo bioquímico de la B6, no simplemente en una menor absorción intestinal. Si se contempla su uso, deben utilizarse semillas de lino molidas y consumirse inmediatamente después de molerlas (Choi K.-S. et al., 2012; Mayengbam S. et al., 2016).

La eliminación del sulfuro de hidrógeno implica a la sulfuro-quinona oxidorreductasa (SQOR), la persulfuro dioxigenasa (ETHE1), la tiosulfato sulfurtransferasa (TST) y la sulfito oxidasa (SUOX). La SQOR utiliza B2 y coenzima Q10, ETHE1 utiliza hierro y SUOX utiliza un cofactor que contiene molibdeno. Corregir una carencia real de molibdeno facilita el procesamiento de los sulfitos; restaurar una coenzima Q10 deficitaria apoya la oxidación del H₂S (Abumrad N. N. et al., 1981; Ziosi M. et al., 2017).

La modulación de la producción endógena de H₂S, especialmente intentando ralentizar CBS y CTH, debe contemplarse cuando existan indicios de una actividad excesiva de la vía de transulfuración. En cambio, apoyar la conversión de sulfitos en sulfatos y la oxidación mitocondrial del H₂S es ampliamente recomendable. El molibdeno y la coenzima Q10 contribuyen respectivamente a ambos procesos. También es esencial corregir posibles carencias de hierro y vitamina B2 para apoyar la eliminación del H₂S.

Modulación de la producción microbiana de H₂S y reducción de los microorganismos productores

La FLSDiet® pretende ajustar los aportes de compuestos azufrados teniendo en cuenta la microbiota intestinal y preservando el equilibrio nutricional. Su objetivo es reducir la producción intestinal de H₂S y limitar la proliferación excesiva de determinadas bacterias productoras de H₂S.

Bioactivos vegetales y polifenoles

Varios polifenoles y compuestos bioactivos vegetales presentan un interés potencial en la disbiosis asociada a producción excesiva de H₂S, especialmente por su capacidad para modular la microbiota intestinal y reducir determinadas bacterias productoras de H₂S. En la práctica suele utilizarse una combinación de al menos dos activos.

- Apigenina y derivados: en un modelo murino de colitis inducida por DSS, la apigenina-7-O-glucósido mejoró la integridad de la barrera intestinal, redujo la inflamación y moduló favorablemente la microbiota, en particular disminuyendo la abundancia de *Desulfovibrio* (Hu Y. et al., 2023).
- Resveratrol: varios estudios experimentales sugieren una modulación favorable de la microbiota intestinal. Un estudio en ratones alimentados con una dieta rica en grasas observó una menor abundancia de *Desulfovibrio* y un aumento de géneros productores de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como *Blautia* y *Allobaculum* (Wang P. et al., 2020).
- Jiaogulan (*Gynostemma pentaphyllum*): esta planta contiene saponinas triterpénicas, especialmente gipenósidos, que no son polifenoles. Estudios experimentales han mostrado su capacidad para favorecer bacterias beneficiosas y reducir bacterias reductoras de sulfato (BRS), que pueden contribuir a la producción intestinal de H₂S (Chen L. et al., 2016).
- Extractos de granada (*Punica granatum*): ricos en elagitaninos, especialmente punicalaginas, y ácido elágico, presentan propiedades antiinflamatorias y moduladoras de la microbiota. Su interés potencial en la disbiosis asociada al H₂S se basa, entre otros aspectos, en efectos inhibidores descritos frente a *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Shigella* spp. y *Clostridium* spp. (Buccato D. G. et al., 2025).
- Aceite esencial de orégano: se ha demostrado actividad antimicrobiana in vitro frente a varias bacterias del filo Pseudomonadota (antes Proteobacteria), especialmente *Escherichia coli*, *Proteus* spp. y *Pseudomonas* spp. (Sienkiewicz M. et al., 2012; Nguyen H. L., 2025). Un estudio experimental en pollos también observó una menor abundancia de *Bilophila* en la microbiota cecal (Wu T. et al., 2022). Este aceite constituye un enfoque antimicrobiano más agresivo y menos selectivo que otros bioactivos vegetales. A dosis elevadas, también podría afectar a bacterias intestinales beneficiosas, especialmente bifidobacterias.

Otros enfoques

- El subsalicilato de bismuto tiene una gran capacidad para captar el H₂S intestinal. Un estudio observó que su administración oral durante 3 a 7 días reducía en más de un 95% las concentraciones fecales de H₂S (Suarez F. L. et al., 1998). El subnitrito de bismuto es otra forma de uso habitual. El bismuto debe utilizarse bajo supervisión médica. Puede reducir *Desulfovibrio*, pero también favorecer otras bacterias del filo Pseudomonadota (antes Proteobacteria), especialmente *Enterobacter*, *Escherichia* y *Klebsiella*. Por tanto, no es necesariamente adecuado para todos los perfiles de disbiosis H₂S. Puede contemplarse su asociación con extractos de granada para limitar la expansión de estas bacterias.

Anexos

Anexo 1 – Aguas embotelladas con bajo contenido en sulfatos

- Francia: Volvic (9 mg/L), Evian (15 mg/L), Thonon (12 mg/L), Wattwiller (34 mg/L), Cristaline (47 mg/L)
- Estados Unidos: Poland Spring, Iceland Glacial, Fiji water, Aquafina 5 (agua purificada)
- España: Bezoya, Mondariz, Castrovita, Aquarel, Solán de Cabras

Anexo 2 — Bacterias probióticas que pueden producir H₂S

Esta lista no exhaustiva incluye bacterias probióticas que han demostrado experimentalmente capacidad para producir sulfuro de hidrógeno (H₂S) in vitro, especialmente en presencia de cisteína o metionina como sustratos azufrados. Entre paréntesis figuran los nombres según la nomenclatura revisada publicada en 2020.

- *Lactobacillus plantarum* 299V (*Lactiplantibacillus plantarum* 299V)
- *Lactobacillus rhamnosus* GG (*Lacticaseibacillus rhamnosus* GG) *
- *Lactobacillus reuteri* BR11 (*Limosilactobacillus reuteri* BR11)
- *Lactobacillus delbrueckii* ATCC4797
- *Bacillus subtilis*?

Referencias: Sreekumar R. et al., 2009; Tyulenev A. et al., 2024.

* Aunque *L. rhamnosus* GG se clasifica entre los probióticos que pueden producir H₂S in vitro, suele tolerarse bien en personas con ISO. Algunos estudios en animales (*L. rhamnosus* GG solo o junto con *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12) y en humanos (junto con una fibra prebiótica) han observado una disminución de bacterias productoras de H₂S en la microbiota, como *Bilophila wadsworthia* y *Desulfovibrio* spp.

Referencias: Ni Y. et al., 2017; Lin YC. et al., 2022; Costabile A. et al., 2017.