



El Dióxido de Azufre (SO₂) en el Sector Vitivinícola Mundial

Análisis Regulatorio, Enológico y de Salud Pública

6 de noviembre de 2025

Contexto

El dióxido de azufre (SO₂), comúnmente conocido como sulfitos, sigue siendo el aditivo más crítico, eficaz y universalmente utilizado en la enología moderna. Su indispensabilidad histórica y actual se basa en una doble funcionalidad que ningún otro aditivo ha logrado replicar con la misma rentabilidad y eficacia: es un potente agente antioxidante y un antimicrobiano selectivo.¹ A pesar de su papel central en la preservación de la calidad del vino, su uso se encuentra en una encrucijada crítica en 2025, impulsada por una confluencia de la demanda de los consumidores de productos "limpios", la confusión pública sobre su impacto en la salud y, lo que es más significativo, un escrutinio regulatorio renovado y más estricto.

Hallazgos Clave - Regulación vs. Realidad del Mercado

Un análisis de los datos del mercado global revela una brecha significativa entre los límites legales máximos permitidos para el SO₂ total (que pueden oscilar entre 150 mg/L y 400 mg/L según el tipo de vino)⁴ y los niveles medios realmente detectados en los vinos comerciales. Estudios exhaustivos de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) muestran que

los niveles medios de SO₂ total en el mercado son sustancialmente más bajos, situándose típicamente en el rango de 60-130 mg/L.¹ Esto indica que la industria, en general, opera con amplios márgenes de seguridad, utilizando el SO₂ con moderación. Sin embargo, la percepción pública a menudo se centra erróneamente en los máximos legales, asumiendo que los vinos están saturados al límite permitido.

Hallazgos Clave - Salud (El Mito): Cefaleas y Quercetina

La evidencia científica acumulada, y en particular la investigación de vanguardia de 2023-2024, refuta de manera convincente la creencia popular que vincula directamente la ingestión de sulfitos con las cefaleas por vino.⁶ Durante décadas, los sulfitos han sido el chivo expiatorio de este fenómeno, a pesar de la evidencia contradictoria (p.ej., los vinos blancos suelen tener más SO₂ que los tintos, pero las quejas se centran en el vino tinto).

Un estudio transformador de la Universidad de California, Davis (2023) ha identificado un culpable mucho más probable: la **quercetina**, un flavanol natural que se encuentra en altas concentraciones en los hollejos de la uva tinta.⁸ El mecanismo propuesto es que, en el torrente sanguíneo, la quercetina metabolizada inhibe la enzima ALDH2, que es crucial para descomponer el acetaldehído (un subproducto tóxico del metabolismo del alcohol). Este bloqueo provoca una acumulación tóxica de acetaldehído, lo que resulta en enrojecimiento facial, náuseas y, de forma crítica, cefaleas, un mecanismo idéntico al del fármaco disulfiram.⁸

Hallazgos Clave - Salud (El Riesgo Real): Hipersensibilidad y Reevaluación de la EFSA

Si bien el mito de la cefalea ha sido científicamente desplazado, el SO₂ presenta riesgos reales para subconjuntos específicos de la población. La hipersensibilidad a los sulfitos es un fenómeno clínico establecido, que se manifiesta principalmente como broncoconstricción en asmáticos (5-10% de este grupo) y reacciones dermatológicas.⁹ La legitimidad de este riesgo se vio subrayada por la designación de los sulfitos como "Alérgeno del Año 2024" por la American Contact Dermatitis Society (ACDS).¹¹

Sin embargo, el desarrollo más crítico en el frente de la salud es la reciente reevaluación de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2022-2024). Citando la "falta de datos" toxicológicos adecuados de la industria, la EFSA no pudo reafirmar la Ingesta Diaria Admisible (IDA) tradicional. En su lugar, aplicó un **Margen de Exposición (MOE)** más estricto.¹² La EFSA

concluyó que existe una "preocupación de seguridad para los grandes consumidores" de sulfitos, ya que sus ingestas superan el nivel de seguridad ($MOE < 80$) hasta en un 60% en adultos. De forma alarmante, la EFSA identificó nuevos riesgos potenciales, incluyendo indicios de **neurotoxicidad** (respuesta retardada de las células nerviosas).¹²

Hallazgos Clave - El Futuro: Alternativas Enológicas

La doble presión de la demanda del consumidor y el escrutinio regulatorio de la EFSA ha acelerado la investigación de alternativas.¹³ El SO_2 sigue siendo el estándar de oro en coste-eficacia², pero están surgiendo opciones viables. Las tecnologías físicas como los Campos Eléctricos Pulsados (PEF) y el Procesamiento de Alta Presión (HPP) demuestran ser eficaces para la esterilización microbiana.¹⁵ A nivel biológico, la "bioprotección" (uso de microbios benignos para desplazar a los patógenos)¹⁶ y las innovaciones en "upcycling", como el uso de extractos de polifenoles de orujo de uva (p.ej., tecnología Bioma), están demostrando ser capaces de replicar la doble función antioxidante y antimicrobiana del SO_2 .¹⁷

Conclusión Estratégica

El sector vitivinícola global debe gestionar una doble y compleja narrativa en 2026. En primer lugar, debe lanzar una campaña de educación pública proactiva, armada con la nueva ciencia de la quercetina⁸, para dismantlar el mito de la cefalea por sulfitos y reenfocar la conversación en la causa real (y natural) del "dolor de cabeza por vino tinto". En segundo lugar, y de manera más urgente, debe abordar internamente la seria preocupación regulatoria de la EFSA sobre la neurotoxicidad en grandes consumidores.¹² Esto exige una inversión inmediata en (1) la investigación toxicológica necesaria para llenar los "vacíos de datos" identificados por la EFSA y (2) la implementación acelerada de las alternativas enológicas viables para reducir los niveles generales de SO_2 en todos los vinos, con el objetivo estratégico de llevar la mayor cantidad posible del producto por debajo del umbral de etiquetado de 10 ppm.

Parte 1: Fundamentos Químicos y Rol Enológico

Indispensable del SO₂

1.1. Química del SO₂ en el Vino: SO₂ Total, Libre y Molecular

La gestión eficaz del dióxido de azufre (SO₂) en la vinificación comienza con la comprensión de su complejo equilibrio químico en la matriz del vino, que depende fundamentalmente del pH.¹ Cuando el SO₂ (generalmente añadido como metabisulfito de potasio o SO₂ gaseoso) se disuelve en el mosto o el vino, no permanece como una sola molécula. En su lugar, entra en un equilibrio dinámico entre tres formas principales. La gestión de este equilibrio es el núcleo de la práctica enológica moderna.

Estas formas se clasifican en tres categorías analíticas y funcionales clave:

1. **SO₂ Total:** Esta es la métrica utilizada para el cumplimiento legal y el etiquetado. Como se define en las metodologías estándar de la OIV¹⁸, el SO₂ total es la suma de todas las diferentes formas de dióxido de azufre presentes en el vino, tanto las que están libres como las que están ligadas a otros componentes.¹
2. **SO₂ Ligado (o Combinado):** Una fracción significativa del SO₂ añadido reacciona y se "liga" irreversiblemente o reversiblemente a varios compuestos del vino, especialmente al acetaldehído (un subproducto de la fermentación), pero también a azúcares, cetonas y ciertos polifenoles.¹ Esta fracción ligada está en gran medida "secuestrada" y se considera que tiene una eficacia protectora mínima o nula. El acetaldehído es el principal compuesto de unión, y una fermentación mal gestionada que produzca altos niveles de acetaldehído "consumirá" gran parte del SO₂ añadido, neutralizando su efecto.
3. **SO₂ Libre:** Esta es la porción de SO₂ que permanece sin reaccionar y disuelta en el vino. Es la fracción que posee las propiedades antioxidantes y antimicrobianas deseadas.¹ Los enólogos no gestionan el SO₂ total, sino que gestionan activamente el SO₂ libre para garantizar que haya suficiente protección activa. Durante la maduración y el almacenamiento, los niveles de SO₂ libre recomendados suelen ser de 25 mg/L para el vino tinto y 30 mg/L para el vino blanco.¹
4. **SO₂ Molecular (Activo):** Dentro de la fracción de SO₂ libre, existe un equilibrio adicional (dependiente del pH) entre el ion bisulfito (HSO_3^-), el ion sulfito (SO_3^{2-}) y el SO₂ molecular (la forma gaseosa disuelta). El SO₂ molecular es la verdadera forma antimicrobiana del aditivo; es la única forma que puede penetrar la membrana celular de levaduras y bacterias para inactivarlas.¹

La relación entre el pH y el SO₂ molecular es exponencial y no lineal. Un vino con un pH bajo

(p.ej., 3.2, más ácido) tendrá un porcentaje mucho mayor de su SO₂ libre en la forma molecular activa. Un vino con un pH alto (p.ej., 3.8, menos ácido) tendrá un porcentaje drásticamente menor en forma molecular.¹ Esto significa que un vino con pH alto necesita una dosis total de SO₂ mucho mayor (y, por tanto, un mayor SO₂ libre) para alcanzar el mismo nivel de protección antimicrobiana (p.ej., el objetivo de 0.6 mg/L de SO₂ molecular).¹ Esta relación es la razón por la que no existe una "dosis única" de sulfitos y por la que la gestión del pH es fundamental para la vinificación moderna.

1.2. Idoneidad Enológica: El Doble Mecanismo de Acción

La idoneidad del SO₂ como aditivo vitivinícola, que lo ha mantenido como indispensable durante siglos ¹, se basa en el hecho de que es el único aditivo de bajo coste que realiza dos funciones críticas simultáneamente.²

Mecanismo Antioxidante:

La función principal del SO₂ es prevenir la oxidación. El vino, desde el prensado de la uva hasta el envejecimiento en botella, está constantemente expuesto al oxígeno.³ El SO₂ actúa como un potente agente reductor: "captura" el oxígeno disuelto antes de que este pueda reaccionar con los componentes deseables del vino.¹ En los vinos blancos, esto previene la oxidación de los polifenoles, que de otro modo causarían un pardeamiento (oscurecimiento) enzimático y la pérdida de aromas frutales frescos, dando lugar a notas de "fruta magullada". En todos los vinos, protege los compuestos aromáticos volátiles, que son extremadamente sensibles a la degradación oxidativa, preservando así el carácter varietal y la frescura del vino durante su vida útil.¹⁹

Mecanismo Antimicrobiano (Conservante):

Simultáneamente, el SO₂ (específicamente la forma molecular) actúa como un agente antimicrobiano selectivo.³ Suprime el crecimiento de una amplia gama de microorganismos de deterioro no deseados que pueden arruinar el vino. Esto incluye bacterias acéticas (p.ej., *Acetobacter*), que convierten el alcohol en vinagre (ácido acético), y levaduras salvajes (p.ej., *Brettanomyces*), que pueden producir olores desagradables a "corral" o "curita".¹⁵ Es crucial que el SO₂ sea selectivo: en las dosis utilizadas, inhibe a estos microbios de deterioro pero es en gran medida tolerado por la levadura de vinificación deseada, *Saccharomyces cerevisiae*, permitiéndole dominar la fermentación. Esta selectividad es clave para lograr una fermentación alcohólica limpia y es esencial para garantizar la estabilidad microbiológica del vino después del embotellado, especialmente en vinos que contienen azúcar residual.²⁰ Esta doble funcionalidad es la razón por la que el SO₂ es tan difícil de reemplazar. La mayoría de las alternativas (discutidas en la Parte 4) solo abordan una de estas funciones, pero no ambas.

1.3. Impacto en la Calidad y Estabilidad del Vino (Estudios 2024-2025)

La investigación científica reciente continúa validando el papel esencial del SO₂ en la calidad sensorial y la estabilidad a largo plazo del vino. Los estudios que comparan vinos elaborados con SO₂ frente a vinos elaborados sin él (conocidos como "Sin Sulfitos Añadidos" o NSA) demuestran de forma concluyente los riesgos de su omisión.

Un estudio de 2024 que analizó vinos blancos de la variedad Solaris (una variedad resistente a enfermedades) exploró diferentes regímenes de gestión del SO₂.¹⁹ Tras 12 meses de almacenamiento, un panel sensorial entrenado evaluó los vinos. Los resultados fueron claros: los vinos producidos "Sin SO₂" (así como aquellos donde el SO₂ se añadió solo al jugo antes de la fermentación y se consumió) desarrollaron percepciones significativamente más fuertes de notas sensoriales negativas, descritas como 'químicas', 'fruta sobremadura' y 'miel'.¹⁹ En contraste, los vinos con adiciones estándar de SO₂ post-fermentación mantuvieron un perfil aromático más estable y limpio. Esto subraya la influencia crítica del SO₂ en la estabilidad del sabor a lo largo del tiempo.¹⁹

Estos hallazgos se ven corroborados por estudios en el mercado comercial. Un análisis de 2024 de vinos tintos de Burdeos comercializados como "Sin Sulfitos Añadidos" (NSA)²¹ investigó su calidad. Si bien el estudio confirmó que es *posible* producir vinos NSA sin defectos, también encontró que estos vinos presentaban una "frecuencia mucho mayor de defectos" sensoriales en comparación con los vinos elaborados mediante métodos de vinificación convencionales que utilizan SO₂.²¹

La tendencia de los "vinos naturales"³ se basa en la filosofía de la mínima intervención, que a menudo incluye la eliminación del SO₂ añadido. Sin embargo, esta elección se enfrenta a una barrera química y microbiológica fundamental. En ausencia de la protección del SO₂, el vino es exponencialmente más vulnerable a la oxidación y a la contaminación microbiana.³ El éxito de un vino NSA requiere un nivel extraordinario de higiene en la bodega, una viticultura impecable (uvas perfectamente sanas) y, a menudo, la aceptación por parte del consumidor de un perfil sensorial "diferente" o más "rústico"²³, que puede incluir niveles más altos de acidez volátil (precursora del vinagre) o características de *Brettanomyces*. La gestión eficaz del SO₂ sigue siendo, por tanto, la principal herramienta del enólogo para garantizar la calidad, la estabilidad y la longevidad del vino.³

Parte 2: Marco Regulatorio Global y Etiquetado

(Vigente en 2025)

La regulación del dióxido de azufre en el vino es un pilar de la legislación alimentaria mundial, diseñada para equilibrar la necesidad técnica de la enología con la protección del consumidor, especialmente aquellos con hipersensibilidad. A fecha de 2025, esta regulación se basa en estándares internacionales y se aplica con matices específicos en las principales jurisdicciones de producción y consumo.

2.1. El Estándar Global: Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV)

La Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) funciona como el organismo científico y técnico de referencia intergubernamental. Sus estándares, aunque a menudo son recomendaciones, forman la base de la mayoría de las legislaciones nacionales y acuerdos comerciales, incluidos los de la Unión Europea.²⁴

El Compendio de Métodos Internacionales de Análisis de Vinos y Mostos de la OIV (ediciones 2024-2025)²⁵ y el Código Internacional de Prácticas Enológicas⁵ establecen los límites máximos aceptables de SO₂ total en el vino en el momento de su venta al consumidor. Estos límites no son arbitrarios, sino que reflejan una profunda comprensión enológica de la necesidad técnica de protección:

- **Vinos Tintos (secos):** Límite de 150 mg/L (para vinos con < 4 g/L de sustancias reductoras).⁴
- **Vinos Blancos y Rosados (secos):** Límite de 200 mg/L (para vinos con < 4 g/L de sustancias reductoras).⁴
- **Vinos con Azúcar Residual:** Los límites aumentan con el contenido de azúcar. Para vinos (tintos, blancos o rosados) que contienen más de 4 g/L de sustancias reductoras, el límite se eleva a 300 mg/L.⁴
- **Excepciones (Vinos Dulces):** En casos excepcionales, ciertos vinos blancos dulces (como los de cosecha tardía o botritizados) pueden tener límites de hasta 400 mg/L.⁴

La lógica de esta estratificación es clara: los vinos tintos contienen altos niveles de taninos y otros polifenoles extraídos de los hollejos, que actúan como antioxidantes naturales, reduciendo así la *necesidad* de SO₂ añadido para la protección. Los vinos blancos y rosados, que carecen de esta protección fenólica, son más susceptibles a la oxidación y requieren un límite más alto.²⁷ De manera similar, los vinos con azúcar residual (dulces) son microbiológicamente inestables, ya que el azúcar sirve de alimento para levaduras y

bacterias, lo que requiere un nivel más alto de SO₂ para prevenir una refermentación no deseada en la botella.⁴

2.2. Análisis Comparativo de Legislación: UE, EE.UU. y Australia/NZ

Aunque la OIV establece la línea de base, las principales jurisdicciones de mercado implementan sus propias regulaciones, que difieren sutilmente en los límites pero de manera crucial en el etiquetado.

Unión Europea (UE)

La UE, el mayor productor y consumidor de vino del mundo ²⁸, armoniza en gran medida sus límites de SO₂ con los de la OIV.³⁰ Los límites generales son 150 mg/L para tintos secos y 200 mg/L para blancos/rosados secos, con las mismas excepciones para vinos dulces.⁴

Etiquetado (Alérgeno): La UE fue pionera en el etiquetado de alérgenos. Si un vino contiene más de 10 miligramos por litro (mg/L), o 10 partes por millón (ppm), de sulfitos (expresado como SO₂ total), la etiqueta debe incluir la declaración "Contiene sulfitos" (o "contains sulphites" y sus variantes lingüísticas).³¹

Etiquetado (Ingredientes - Novedad 2024/2025): La transformación regulatoria más significativa ha sido la implementación completa del Reglamento (UE) 2021/2117.³² Desde el 8 de diciembre de 2023, todos los vinos comercializados en la UE deben incluir una lista de ingredientes y una declaración nutricional (que puede proporcionarse digitalmente a través de un código QR). Los sulfitos, clasificados como aditivos (E220-E228), deben incluirse en esta lista de ingredientes.³¹ La normativa permite agruparlos bajo la categoría funcional, por ejemplo, "conservantes (sulfitos)". Sin embargo, dado que los sulfitos también son un alérgeno designado, deben destacarse visualmente en la lista de ingredientes (p.ej., en **negrita**) para cumplir con los requisitos de etiquetado de alérgenos.³²

Estados Unidos (EE.UU.)

La regulación en EE.UU. es gestionada por el Alcohol and Tobacco Tax and Trade Bureau

(TTB).

Límites: El TTB establece un límite superior general más alto que el de la OIV/UE para el vino de mesa: 350 mg/L de SO2 total.²⁷

Etiquetado: Al igual que la UE, el TTB impone un umbral de 10 ppm (10 mg/L).³³ Cualquier vino que contenga 10 ppm o más de SO2 total *debe* llevar la declaración "Contains Sulfites".³⁴ Esta regulación (especificada en 27 CFR 4.32(e)) se implementó en la década de 1980, no por preocupaciones de toxicidad general, sino explícitamente para proteger a la población sensible a los sulfitos, en particular a los asmáticos.³⁵ Si un productor desea comercializar un vino sin esta declaración, debe presentar al TTB un análisis de laboratorio (realizado por el propio TTB o un laboratorio certificado) que demuestre que el vino está por debajo del umbral de 10 ppm, obteniendo lo que se conoce como una "exención de etiquetado de sulfitos" (sulfite labeling waiver).³³

Australia y Nueva Zelanda

La regulación es gestionada por Food Standards Australia New Zealand (FSANZ) a través del Código de Normas Alimentarias, Específicamente el Standard 4.5.1.36

Límites: Los límites de FSANZ son en gran medida paralelos a los de la OIV y la UE, aunque con una terminología ligeramente diferente. Generalmente permiten hasta 250 mg/L para vinos con menos de 35 g/L de azúcar y hasta 300 mg/L para vinos con más azúcar.²⁷

Etiquetado: FSANZ también aplica el estándar internacional de 10 ppm. Una declaración de sulfitos es obligatoria si están presentes en concentraciones de 10 mg/kg (o 10 mg/L) o más.³⁹

A continuación, se presenta una tabla que resume estos marcos regulatorios clave.

Tabla 1: Comparativa de Límites Legales Máximos de SO2 Total (mg/L) por Jurisdicción (2025)

Tipo de Vino	OIV (Referencia Global)	Unión Europea (UE)	Estados Unidos (TTB)	Australia / NZ (FSANZ)
Vino Tinto	150 mg/L (con < 4 g/L azúcar)	150 mg/L	350 mg/L (límite general)	250 mg/L

Seco	⁴		para vino) ²⁷	
Vino Blanco/Rosado Seco	200 mg/L (con < 4 g/L azúcar) ⁴	200 mg/L	350 mg/L (límite general para vino) ²⁷	250 mg/L
Vino Dulce	300-400 mg/L (con > 4 g/L azúcar) ⁴	300-400 mg/L (dependiendo del azúcar/tipo)	350 mg/L (límite general para vino) ²⁷	300 mg/L (con > 35 g/L azúcar) ³⁸
Vino Orgánico (Tinto)	No especificado por OIV	100 mg/L	< 10 mg/L (para "USDA Organic") ⁴⁰	125 mg/L (Aprox.)
Umbral de Etiquetado "Contiene Sulfitos"	10 mg/L ⁴¹	10 mg/L ³¹	10 mg/L (10 ppm) ³³	10 mg/L (10 ppm) ³⁹

Esta tabla destaca una tensión regulatoria clave: el límite legal en EE.UU. (350 mg/L) es significativamente más alto que los límites de la OIV y la UE (150-200 mg/L) para los vinos secos.²⁷ Es importante notar que, como se analizará en la siguiente sección, esta diferencia en el *techo legal* no se traduce necesariamente en niveles de uso más altos en los vinos estadounidenses; simplemente proporciona un margen regulatorio más amplio. El umbral de etiquetado de 10 ppm, sin embargo, es un estándar global casi universal.

Parte 3: Presencia Real de Sulfitos en Vinos Comerciales (Estudios 2023-2025)

Una de las desconexiones más significativas en el debate sobre los sulfitos es la brecha entre la percepción pública, a menudo informada por los límites legales máximos, y la realidad cuantitativa de los vinos en el mercado. El análisis de los datos de mercado de 2023-2025 demuestra que la práctica enológica habitual es mucho más conservadora que lo que la ley permite.

3.1. Niveles Medios en Vinos Convencionales (Análisis de Mercado)

Para abordar esta cuestión, la OIV publicó una revisión colectiva exhaustiva, "SO₂ AND WINE: A REVIEW", que recopiló datos de mercado del mundo real de varios estados miembros para determinar los niveles reales de SO₂ total.¹

Los hallazgos de este informe son concluyentes: los niveles medios de SO₂ total detectados en todas las categorías de vinos estaban "muy por debajo del límite de la OIV".¹

Un resumen de los niveles medios detectados en los sondeos de la OIV revela:

- **Vinos Tintos Secos (< 4 g/L de azúcar):** Nivel medio detectado: **60-96 mg/L**. (Límite legal de la OIV: 150 mg/L).
- **Vinos Blancos y Rosados Secos (< 4 g/L de azúcar):** Nivel medio detectado: **100-132 mg/L**. (Límite legal de la OIV: 200 mg/L).
- **Vinos Dulces/Especiales (> 4 g/L de azúcar):** Nivel medio detectado: **80-180 mg/L**. (Límite legal de la OIV: 300-400 mg/L).

Estos datos demuestran que, en promedio, la industria vitivinícola utiliza entre el 50% y el 65% del límite legal permitido. Los datos detallados por país refuerzan esta conclusión ¹:

- **España (1,124 muestras):** Media de SO₂ total de 92.1 mg/L en vinos tintos y 107.2 mg/L en vinos blancos.
- **Rumanía (729 muestras):** Media de 86.76 mg/L en tintos y 114.67 mg/L en blancos.
- **Suecia (datos de 2016-2018):** Media de 76 mg/L en tintos embotellados y 105 mg/L en blancos embotellados.
- **Moldavia (10,767 muestras):** Media de 96.79 mg/L en tintos secos y 132.8 mg/L en blancos secos.

Esta es una de las conclusiones más importantes de este informe: la percepción pública de que los vinos están "llenos de sulfitos" hasta el límite legal es fáctica y cuantitativamente incorrecta. La industria opera con una autorregulación que favorece la moderación.

Tabla 2: Niveles de SO₂ Total Reales vs. Legales (mg/L) (Basado en Sondeo OIV 2023)

La siguiente tabla ilustra la brecha entre el cumplimiento legal y la práctica enológica real, utilizando los datos de sondeo de mercado de la OIV.¹

Tipo de Vino	Límite Legal OIV (mg/L)	Nivel Medio Detectado (mg/L)	Nivel Máximo Detectado (mg/L)
Tinto Seco (< 4g/L azúcar)	150	60 - 96	185 - 218
Blanco/Rosado Seco (< 4g/L azúcar)	200	100 - 133	199 - 303
Vino Dulce / Especial (> 4g/L azúcar)	300 - 400	80 - 180	250 - 422

Fuente: Datos compilados del informe "SO₂ AND WINE: A REVIEW" de la OIV, basados en sondeos de España, Moldavia, Rumanía y Suecia.¹

El análisis de esta tabla proporciona una visión crucial. Mientras que las *medias* son consistentemente bajas, los *máximos detectados* en casos individuales (p.ej., 303 mg/L en un vino blanco seco de Moldavia, o 422 mg/L en un vino rosado rumano)¹ a veces se acercan o incluso superan los límites estándar (a menudo acogiendo excepciones por condiciones climáticas). Esto justifica *por qué* existen los límites legales altos: no actúan como un objetivo de producción, sino como un control de seguridad para los casos atípicos y las cosechas enológicas difíciles (p.ej., uvas con podredumbre) que requieren dosis más altas para ser estabilizadas.

3.2. Estudio Comparativo: Vinos Orgánicos vs. Convencionales

La categoría de "vino orgánico" es una fuente principal de confusión para el consumidor en relación con los sulfitos, ya que las regulaciones sobre su uso difieren drásticamente entre las principales regiones productoras.

Fragmentación Regulatoria:

- **Estados Unidos:** La etiqueta "USDA Organic" es la más estricta del mundo. Prohíbe categóricamente la *adición* de SO₂ en cualquier etapa. Para llevar este sello, un vino solo puede contener sulfitos de origen natural (subproducto de la levadura) y debe tener un SO₂ total por debajo del umbral de etiquetado de 10 ppm.⁴⁰ Sin embargo, existe una

segunda etiqueta, "Made with Organic Grapes", que *sí permite* la adición de sulfitos (generalmente hasta 100 mg/L).⁴³

- **Unión Europea:** La etiqueta "Organic Wine" de la UE *permite* la adición de SO₂. Sin embargo, establece límites máximos que son más bajos que los de sus homólogos convencionales.⁴³ Por ejemplo, el límite para vinos tintos orgánicos suele ser de 100 mg/L, en comparación con los 150 mg/L para los convencionales.⁴⁴

Niveles Reales: ¿Tienen Realmente Menos Sulfitos?

La pregunta de si los vinos orgánicos contienen menos sulfitos en la práctica ha sido objeto de estudios científicos recientes (2024-2025) con resultados mixtos.

- Un meta-análisis de estudios (2024) concluyó que, si bien los vinos orgánicos tienen niveles significativamente más bajos de residuos de pesticidas, la diferencia en los niveles de sulfitos es "menos pronunciada" o "no siempre estadísticamente significativa".⁴⁵
- Sin embargo, un estudio separado, también de 2024⁴⁷, que comparó vinos de las Islas Canarias, encontró que los vinos orgánicos eran "más bajos en sulfitos que sus contrapartes convencionales (media de 55.62 mg/L frente a 76.52 mg/L)". El estudio atribuyó esto directamente a las regulaciones de vinificación orgánica más estrictas.⁴⁷

La implicación para el mercado es la confusión. La etiqueta "orgánico" no es una garantía universal de "bajo en sulfitos", especialmente para un consumidor estadounidense que compra un vino orgánico de la UE (que puede contener legalmente hasta 100 mg/L o más). El mercado global de vino orgánico está experimentando un crecimiento robusto, con una Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (CAGR) proyectada del 11.5%.⁴³ Esta confusión regulatoria y de etiquetado sigue siendo un obstáculo clave para la transparencia del consumidor.

3.3. El Nicho "Sin Sulfitos Añadidos" (NSA) y Vinos Naturales

Impulsado por la demanda de los consumidores de transparencia y productos "limpios"⁴⁸, ha crecido un nicho de mercado dedicado a los vinos "Sin Sulfitos Añadidos" (NSA), a menudo englobados en la categoría más amplia de "vino natural".⁴⁹

Es fundamental establecer que ningún vino es 100% "libre de sulfitos".⁵⁰ La levadura *Saccharomyces cerevisiae* produce naturalmente dióxido de azufre como un subproducto de su metabolismo durante la fermentación alcohólica. Estos niveles de origen natural suelen oscilar entre 10 y 20 mg/L.¹ Por lo tanto, la única etiqueta legal y científicamente precisa es "Sin Sulfitos Añadidos"³, lo que indica que el enólogo no ha añadido SO₂ exógeno. Los vinos que caen naturalmente por debajo del umbral de 10 ppm pueden omitir legalmente la

declaración "Contiene sulfitos".

La viabilidad comercial de este nicho depende del control de calidad. El estudio francés de 2024 ²¹ sobre 52 vinos tintos comerciales etiquetados como NSA proporciona datos reveladores:

- 43 de los 52 vinos (83%) tenían niveles de SO₂ total por debajo del umbral de etiquetado de 10 mg/L, cumpliendo con la promesa de la etiqueta.
- Sin embargo, 5 vinos (9.6%) tenían entre 10 y 30 mg/L.
- 4 vinos (7.7%) tenían niveles de SO₂ total aún más altos.

Estos datos demuestran que, si bien la producción de NSA por debajo de 10 ppm es la norma y es comercialmente viable, existe un desafío de cumplimiento o un riesgo de contaminación (posiblemente de barricas previamente sulfitadas) en el nicho. Este segmento representa la forma más pura de vinificación, pero, como se señaló en la Parte 1 ¹⁹, también conlleva el mayor riesgo de inestabilidad y defectos sensoriales, lo que requiere una habilidad enológica excepcional.

Parte 4: Alternativas Estratégicas y la Búsqueda de un Sustituto del SO₂

4.1. El Reto: Reemplazar un Aditivo Multifuncional

La búsqueda de una alternativa al SO₂ es uno de los mayores desafíos de la enología moderna. La dificultad no radica en reemplazar *una* de sus funciones, sino en reemplazar *ambas* (antioxidante y antimicrobiana) con un solo aditivo que sea igualmente eficaz, de bajo coste, fácil de usar, legalmente aprobado y sensorialmente neutro.²

La realidad es que no existe un sustituto único. Por lo tanto, la estrategia de la industria se ha desplazado de la "sustitución" a la "reducción", empleando un "enfoque de vallas" (o "tecnología de obstáculos"). Esto implica combinar múltiples técnicas (físicas, biológicas y químicas) donde cada una proporciona una capa de protección, reduciendo colectivamente la necesidad de SO₂.¹³

4.2. Alternativas Químicas y Biológicas: Potencial y Limitaciones

Una revisión de 2025 sobre sustitutos del SO₂¹⁴ y otros estudios recientes⁵¹ han evaluado un conjunto de alternativas químicas y biológicas, la mayoría de las cuales solo abordan una de las dos funciones clave.

- **Lisozima:** Esta enzima (a menudo derivada de la clara de huevo, lo que plantea problemas de alérgenos) es muy eficaz como agente *antimicrobiano*, específicamente contra las bacterias lácticas (previniendo la fermentación maloláctica no deseada). Sin embargo, no tiene ningún efecto *antioxidante*. Su uso es limitado y su coste es relativamente alto.¹⁴
- **Quitosano:** Un biopolímero (derivado de hongos o crustáceos) aprobado por la OIV. Tiene una potente acción *antimicrobiana*, especialmente contra la levadura de deterioro *Brettanomyces*.⁵² Su capacidad antioxidante es limitada o nula.¹⁴
- **Glutación (GSH):** Un tripéptido y potente *antioxidante* natural que ya está presente en las uvas. Es extremadamente eficaz para prevenir el pardeamiento oxidativo en vinos blancos.⁵³ Sin embargo, el GSH es muy reactivo y se consume rápidamente (es inestable) si no se protege, irónicamente, con una pequeña cantidad de SO₂. También es muy caro de producir y añadir.⁵¹
- **Dimetil Dicarbonato (DMDC) (Velcorin):** Este no es un sustituto, sino un complemento en el punto final. El DMDC es un agente de esterilización en frío que se añade en la línea de embotellado. Es extremadamente eficaz para eliminar levaduras y bacterias, garantizando la estabilidad *microbiológica*.²⁰ Sin embargo, se hidroliza y desaparece minutos después de la adición, por lo que no ofrece *ninguna protección antioxidante* a largo plazo en la botella.²⁰

Como concluye una revisión de 2024⁵¹, estas alternativas químicas "sufren de problemas negativos como la falta de estabilidad y el alto coste", lo que limita su adopción generalizada como reemplazos completos.

4.3. Alternativas Físicas (Tecnologías No Térmicas)

Dado que las alternativas químicas son imperfectas, la industria ha recurrido a tecnologías físicas no térmicas para reemplazar la función *antimicrobiana* del SO₂, pasteurizando eficazmente el vino sin el uso de calor (que destruiría los aromas).¹⁵

Una revisión comparativa ¹⁵ evalúa la eficacia de las tecnologías líderes:

- **Campos Eléctricos Pulsados (PEF):** Esta tecnología aplica pulsos de alto voltaje (kV/cm) durante microsegundos al vino mientras fluye por un sistema. Se ha demostrado que es muy eficaz para inactivar levaduras (*Brettanomyces*) y bacterias.¹⁵ Su ventaja clave es que es un proceso *continuo* y extremadamente rápido (microsegundos), lo que lo hace ideal para bodegas de gran volumen y alto rendimiento. Su principal limitación es el alto coste de capital y los riesgos de seguridad asociados con el alto voltaje.¹⁵
- **Procesamiento de Alta Presión (HPP):** Esta tecnología somete al vino (a menudo ya embotellado) a presiones hidrostáticas extremadamente altas (p.ej., 400 MPa). También es muy eficaz para inactivar microbios.¹⁵ Su principal limitación es que es un proceso por *lotes*, lo que lo hace significativamente más lento y menos escalable que el PEF para operaciones de gran volumen.¹⁵
- **Irradiación UV-C:** Se ha propuesto el uso de luz ultravioleta (UV-C) como alternativa.⁵⁶ Sin embargo, su eficacia es variable y depende en gran medida de la turbidez y el color del vino (es menos eficaz en vinos tintos). Existe una preocupación significativa de que el tratamiento UV-C pueda alterar los polifenoles del vino y afectar negativamente las propiedades químicas y sensoriales.⁵⁶
- **Filtración por Membrana:** La microfiltración estéril (p.ej., 0.45 micras) en el embotellado es una práctica estándar para eliminar levaduras y bacterias. Sin embargo, no sustituye la necesidad de SO₂ como antioxidante. Estudios sobre filtraciones más "agresivas" (p.ej., nanofiltración) muestran que, si bien pueden estabilizar el vino, también corren el riesgo de "despojar" al vino de compuestos fenólicos y aromáticos deseables.²⁰

De estas, PEF y HPP son las tecnologías más viables técnicamente para la estabilización microbiana. Su adopción sigue siendo una decisión basada en el coste de capital y la integración del flujo de trabajo.¹⁵

4.4. Innovación (2024-2025): Bioprotección y Upcycling

Las áreas de investigación más prometedoras se centran en soluciones biológicas y naturales que imitan la funcionalidad del SO₂.

Bioprotección:

La OIV reconoció formalmente esta estrategia con la publicación de un documento de expertos en marzo de 2024, "USE OF BIOPROTECTION STRAINS IN WINEMAKING".¹⁶ La bioprotección es una estrategia preventiva. En lugar de esterilizar el mosto con SO₂, el enólogo lo inocula con una cepa seleccionada de levadura no-*Saccharomyces* (o bacterias benignas). Estas cepas "ocupan el nicho" ecológico, consumiendo nutrientes y espacio, lo que impide que los microorganismos de deterioro (como *Acetobacter* o *Brettanomyces*) se

establezcan. Esto reduce la necesidad de SO2 en las primeras etapas. Sin embargo, los estudios sensoriales 23 han demostrado que, si bien son eficaces, los vinos producidos con bioprotección sin SO2 pueden tener perfiles sensoriales distinguibles, lo que indica que no son un sustituto sensorialmente idéntico.

Upcycling de Subproductos (Innovación Bioma):

La innovación más disruptiva de 2024-2025 proviene de la valorización (upcycling) de los subproductos de la vinificación. Estudios publicados en 2024 y 2025 3 han analizado una nueva tecnología de la empresa Bioma. Esta tecnología extrae y estabiliza extractos de polifenoles (incluyendo antocianinas, flavanoles y ácidos fenólicos) del orujo de uva 17, un residuo de la bodega.

Este enfoque es potencialmente transformador porque, por primera vez, ofrece un sustituto natural que replica la *doble función* del SO2: los polifenoles proporcionan tanto una potente capacidad *antioxidante* como propiedades *antimicrobianas*.¹⁷ Este enfoque resuelve múltiples problemas simultáneamente:

- 1. Ofrece un sustituto "limpio" y natural para el SO2.
- 2. El aditivo proviene de la propia uva, alineándose con las filosofías de "mínima intervención".
- 3. Valoriza un flujo de residuos (orujo), creando un producto de valor añadido y apoyando una economía circular en la bodega.¹⁷

Los estudios iniciales afirman que estos aditivos de polifenoles pueden mantener la calidad organoléptica y microbiológica logrando reducciones drásticas de SO2 (p.ej., reduciendo los niveles a la mitad) o incluso produciendo vinos estables por debajo del umbral de etiquetado de 10 mg/L.³

Tabla 3: Matriz de Evaluación de Alternativas al SO2 (2025)

Alternativa	Función Principal	Ventajas Clave	Limitaciones (Coste, Estabilidad, Impacto Sensorial)
SO2 (Línea Base)	Ambas (Antimicrobiana y Antioxidante)	Bajo coste, muy eficaz, fácil de usar, décadas de datos ²	Preocupaciones de salud (alergia, EFSA), percepción del consumidor ¹²

Quitosano	Antimicrobiana	Eficaz contra <i>Brettanomyces</i> , derivado natural (hongo) ¹⁴	Sin efecto antioxidante. Coste moderado.
Lisozima	Antimicrobiana	Eficaz contra bacterias lácticas ¹⁴	Sin efecto antioxidante. Coste alto. Alérgeno (huevo) ⁵¹
Glutación (GSH)	Antioxidante	Muy potente contra el pardeamiento en blancos ⁵³	Sin efecto antimicrobiano. Muy inestable. Coste muy alto ⁵¹
DMDC (Velcorin)	Antimicrobiana (Esterilizante)	Esterilización completa en el embotellado ²⁰	Sin protección a largo plazo (antioxidante). Tóxico antes de la hidrólisis.
PEF	Antimicrobiana (Esterilizante)	Proceso continuo, rápido, alto rendimiento ¹⁵	Alto coste de capital. Requiere gestión de seguridad de alto voltaje ¹⁵
HPP	Antimicrobiana (Esterilizante)	Muy eficaz, puede tratar en la botella ¹⁵	Proceso por lotes (lento, menos escalable). Alto coste de capital ¹⁵
Bioprotección	Antimicrobiana (Preventiva)	Natural, "etiqueta limpia", enfoque preventivo ¹⁶	Requiere una alta higiene. Puede alterar el perfil sensorial ²³
Extractos de Polifenoles (Upcycling)	Ambas (Antimicrobiana y Antioxidante)	Natural (de la uva), sostenible (upcycling), doble función ¹⁷	Tecnología emergente (2024-2025). Coste y escalabilidad aún

			en evaluación.
--	--	--	----------------

Parte 5: Repercusión en la Salud y Seguridad del Consumidor (Análisis 2023-2025)

El debate sobre los sulfitos y la salud es complejo, estando enturbiado por mitos arraigados y, al mismo tiempo, definido por riesgos reales y científicamente validados. El análisis más reciente (2023-2025) ha sido fundamental para separar los mitos de las amenazas reales, redefiniendo el panorama de la seguridad del consumidor.

5.1. El Estándar de Seguridad Global: JECFA/OMS y la Ingesta Diaria Admisible (IDA)

El estándar de seguridad global para los aditivos alimentarios lo establece el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). La Ingesta Diaria Admisible (IDA) para los sulfitos se estableció en **0-0.7 miligramos por kilogramo de peso corporal** (mg/kg pc).⁵⁸ Esta IDA representa la cantidad de sulfitos que se puede ingerir diariamente durante toda la vida sin un riesgo apreciable para la salud, según la evidencia toxicológica disponible en el momento de la evaluación.⁶⁰

Sin embargo, el propio informe de JECFA identificó un punto de preocupación específico: el vino. Aunque la ingesta media de sulfitos de la mayoría de la población en la mayoría de los países se encontraba por debajo de la IDA, el comité señaló explícitamente que "la exposición dietética en los grandes consumidores regulares de vino (percentil 97.5) demostró **exceder la IDA**".⁵⁸ Esta conclusión se basó en el consumo de vino con concentraciones analíticas medias (alrededor de 100 mg/L) o en los niveles máximos permitidos.⁵⁸

5.2. La Reevaluación de la EFSA (2022-2025): El Margen de Exposición y la Neurotoxicidad

El desarrollo más crítico y reciente en la regulación de la seguridad de los sulfitos proviene de

la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). En su reevaluación de los sulfitos (E220-E228) ⁶¹, el panel de la EFSA llegó a una conclusión alarmante.

Debido a la "falta de datos" y "lagunas en la toxicidad" ¹², el panel de la EFSA determinó que no podía confirmar la seguridad de la IDA existente (0.7 mg/kg pc). En ausencia de datos suficientes de la industria para establecer un Nivel Sin Efecto Adverso Observado (NOAEL) claro, la EFSA aplicó un enfoque más estricto y precautorio: el **Margen de Exposición (MOE)**.⁶⁴

El MOE es la relación entre la dosis más baja a la que se observa un efecto adverso en estudios con animales y el nivel de exposición humana.¹² Para los sulfitos, la EFSA determinó que un **MOE por debajo de 80 indica una preocupación de seguridad**.¹²

Los hallazgos clave de la EFSA fueron ¹²:

1. Los MOE calculados estaban **por debajo de 80** para los *grandes consumidores* en todos los grupos de población (excepto adolescentes).
2. La ingesta de estos grandes consumidores excede potencialmente lo que se considera seguro. Específicamente, los adultos (grandes consumidores) superan el nivel de seguridad hasta en un **60%**, y los niños (3-10 años) lo superan hasta en un **12.5%**.¹²

Lo más preocupante de la evaluación de la EFSA no fue solo la exposición, sino la naturaleza del riesgo. El panel encontró "evidencia de **efectos adversos en el sistema nervioso central**", describiendo una "respuesta retardada de las células nerviosas a los estímulos", un signo temprano de disfunción del sistema nervioso.¹²

Esto cambia fundamentalmente las reglas del juego. El riesgo primario identificado por la EFSA no es la alergia (un riesgo conocido pero raro), sino un riesgo toxicológico general (neurotoxicidad) que podría afectar a una porción mucho mayor de la población: los "grandes consumidores".¹⁰ La "falta de datos" de la industria ⁶³ para refutar estos hallazgos ha colocado a los reguladores en una posición de precaución por defecto.

5.3. Hipersensibilidad Real: Asma y Dermatitis (Alérgeno del Año 2024)

Es fundamental separar el riesgo toxicológico general (EFSA) de la hipersensibilidad (alergia), que es un riesgo real pero distinto. Los sulfitos *son* un alérgeno real y potente para un subconjunto específico de la población.⁶⁶

Población Afectada: La sensibilidad a los sulfitos es extremadamente rara en la población

general (estimada en ~1%).⁶⁷ Sin embargo, ocurre de manera mucho más frecuente en adultos asmáticos, afectando a un 5-10% de este subgrupo.⁹

Síntomas Reales: Los síntomas de la hipersensibilidad a los sulfitos *no* son cefaleas. Las manifestaciones clínicas están bien documentadas e incluyen ⁹:

- **Respiratorios (más común):** Broncoconstricción, sibilancias y ataques de asma agudos, a menudo desencadenados por la inhalación del SO₂ gaseoso que se libera del vino en el estómago o directamente en la copa.⁹
- **Dermatológicos:** Urticaria, angioedema (hinchazón) y dermatitis de contacto.⁹
- **Gastrointestinales:** Dolor abdominal, diarrea.⁹

Validación 2024: En reconocimiento de la gravedad de estas reacciones y el hecho de que a menudo no se diagnostican (ya que los sulfitos no están en los paneles de prueba de alergia estándar), la **American Contact Dermatitis Society (ACDS) nombró a los sulfitos el "Alérgeno del Año 2024"**.¹¹ Esta designación tiene como objetivo aumentar la concienciación entre los dermatólogos para que consideren los sulfitos (en alimentos, medicamentos y cosméticos) como una fuente de dermatitis alérgica.

El umbral de etiquetado de 10 ppm, aplicado universalmente ³¹, fue diseñado y se mantiene *específicamente* para proteger a esta población asmática y sensible.

5.4. El Mito del "Dolor de Cabeza por Vino": La Hipótesis de la Quercetina (2023-2024)

A pesar de que el riesgo real es el asma, la queja más común de los consumidores sobre los sulfitos es, con diferencia, la cefalea (dolor de cabeza).³¹ Sin embargo, la ciencia actual (2024-2025) considera que esta conexión es un mito, basándose en tres líneas de evidencia contradictoria:

1. **Contradicción de Dosis:** Otros alimentos, como los frutos secos (p.ej., albaricoques secos), contienen niveles de sulfitos drásticamente más altos (hasta 1000-2000 mg/L) que el vino, pero no están comúnmente asociados con las cefaleas.⁶
2. **Contradicción del Color:** Los vinos blancos y los vinos dulces *generalmente* tienen niveles más altos de SO₂ añadido que los vinos tintos, ya que carecen de la protección antioxidante de los taninos.⁷
3. **La Paradoja del Vino Tinto:** A pesar de tener menos sulfitos, el fenómeno reportado predominantemente por los consumidores es el "Dolor de Cabeza por Vino Tinto" (RWH, por sus siglas en inglés).⁸

Esta paradoja ha desconcertado a los científicos durante décadas. Ahora, un estudio histórico de la Universidad de California, Davis, publicado a finales de 2023 ⁸, ha propuesto un mecanismo convincente que finalmente explica el RWH, y no involucra a los sulfitos.

La Hipótesis de la Quercetina:
El estudio 8 postula que el culpable es un flavanol natural de la uva llamado Quercetina.
El Mecanismo de Acción (propuesto por UC Davis):

- 1. **Ingestión:** El vino tinto tiene niveles mucho más altos de quercetina que el blanco porque se extrae de los hollejos de la uva durante la fermentación tinta.⁷³
- 2. **Metabolismo:** Cuando una persona bebe vino tinto, su cuerpo metaboliza la quercetina en una forma diferente, llamada "quercetina glucurónida".⁸
- 3. **Inhibición Enzimática:** Esta molécula, la quercetina glucurónida, es un potente inhibidor de una enzima hepática clave: la **Aldehído Deshidrogenasa 2 (ALDH2)**.⁸
- 4. **Acumulación Tóxica:** La ALDH2 es la enzima vital que el cuerpo utiliza para descomponer y eliminar el **acetaldehído**, un subproducto altamente tóxico, irritante e inflamatorio del metabolismo del alcohol (etanol).⁸
- 5. **Resultado:** Al bloquear la ALDH2, la quercetina del vino tinto provoca una acumulación rápida de acetaldehído en el torrente sanguíneo. Esta acumulación de toxinas es la que causa los síntomas clásicos de enrojecimiento facial, náuseas y, de forma crítica, una **cefalea** rápida e intensa.⁸

Este hallazgo es un hito. Desplaza la culpa de un aditivo (sulfitos) a un compuesto natural de la uva (quercetina) que interactúa con el alcohol. Explica perfectamente por qué el vino *tinto* es el problema principal, por qué solo algunas personas son susceptibles (las personas tienen diferentes niveles de eficiencia de la enzima ALDH2, similar a la "resaca asiática") y por qué los sulfitos siempre fueron un chivo expiatorio ilógico.

Tabla 4: Resumen de Impactos en la Salud (Mito vs. Realidad) (2025)

Problema de Salud	Culpable Probable (Compuesto)	Mecanismo	Población Afectada	Nivel de Evidencia (2025)
Cefalea (Dolor de cabeza)	Quercetina + Alcohol (Etanol)	Bloqueo de la enzima ALDH2; acumulación	Población general (susceptible)	Fuerte (Hipótesis UC Davis 2023)

		del tóxico acetaldehído ⁸		
Ataque de Asma / Sibilancias	Sulfitos (SO2)	Hipersensibilid ad (inhalación/ing estión) ⁹	Específica (5-10% de asmáticos) ¹⁰	Definitiva (JECFA, EFSA)
Dermatitis / Urticaria	Sulfitos (SO2)	Alergia de contacto / sistémica ¹¹	Específica (sensibles)	Definitiva (ACDS Alérgeno 2024) ¹¹
Riesgo Crónico (Neurotoxicidad)	Sulfitos (SO2)	Exposición acumulada (MOE < 80) ¹²	Grandes Consumidores	Emergente (Preocupación EFSA 2022) ¹²

Fuente: Compilado de.⁸

5.5. Nuevos Horizontes de Investigación: Impacto en la Microbiota Intestinal (Estudio 2025)

La investigación más reciente está comenzando a explorar una nueva vía de impacto en la salud: cómo los sulfitos afectan el microbioma intestinal.⁷⁵

Un estudio pionero *in vitro* publicado en el *Journal of Agricultural and Food Chemistry* en 2025 ⁷⁶ investigó la digestión de vinos (tintos y sintéticos) con y sin una dosis de SO2 (200 mg/L) utilizando un modelo avanzado de simulación gastrointestinal (simgi).⁷⁶

Los hallazgos revelaron una interacción compleja ⁷⁶:

- **Impacto Negativo:** Los vinos tratados con SO2 modificaron "ligeramente" la composición de la microbiota intestinal. Provocaron una **disminución** de bacterias beneficiosas (como *Bacteroides* y *Ruminococcus*).
- **Impacto Proinflamatorio:** Al mismo tiempo, el SO2 provocó un **aumento** de bacterias potencialmente proinflamatorias (como *Escherichia/Shigella*).

Sin embargo, el estudio también encontró dos matices cruciales:

1. **Rol Protector de los Polifenoles:** Este efecto negativo fue "parcialmente mitigado" en la prueba con vino tinto real, lo que sugiere un **rol protector de los polifenoles del vino** (como la quercetina) contra los efectos del SO₂ en el intestino.⁷⁶
2. **Aumento de la Biodisponibilidad:** Paradójicamente, el tratamiento con SO₂ también *mejoró* el metabolismo de los fenoles en el intestino, aumentando la biodisponibilidad de otros compuestos fenólicos beneficiosos de bajo peso molecular.⁷⁶

Esta es un área de investigación incipiente pero crítica.⁷⁸ Demuestra una compleja interacción de "tres vías" (sulfitos, polifenoles y microbiota). El impacto negativo del SO₂ en la microbiota podría ser otra razón para la reducción, pero el rol protector de los polifenoles del vino (que el propio SO₂ ayuda a preservar en la botella) complica enormemente la narrativa.

Parte 6: Conclusiones y Perspectivas Estratégicas para 2026

Este informe ha analizado el estado del dióxido de azufre (SO₂) en el sector vitivinícola en 2025, integrando los datos de mercado, los marcos regulatorios, la ciencia enológica y las últimas evaluaciones de salud pública. Las conclusiones estratégicas para la industria de cara a 2026 son las siguientes:

1. El Veredicto sobre el SO₂: Indispensable, pero en Transición

El SO₂ sigue siendo, en 2025, el aditivo enológico más eficaz, versátil y económicamente viable disponible.² La práctica industrial es en gran medida responsable; los análisis de mercado demuestran que los niveles de uso medios (60-130 mg/L) están muy por debajo de los límites legales máximos.¹ Esto indica una gestión cuidadosa y un amplio margen de seguridad en la producción estándar.

2. La Tensión del Consumidor: Resolver el Mito, Respetar la Realidad

La industria se enfrenta a un desafío de comunicación crítico. El "mito de la cefalea" es la principal barrera de percepción del consumidor. La industria ahora tiene la munición científica para combatir esto.

- **Acción Requerida:** Se debe desarrollar e implementar una estrategia de comunicación proactiva para educar a los consumidores, sommeliers y medios de comunicación sobre la **hipótesis de la quercetina** de UC Davis.⁸ La narrativa debe cambiar de "los sulfitos causan dolores de cabeza" (falso) a "un compuesto natural del vino tinto, la quercetina, puede bloquear el metabolismo del alcohol y causar cefaleas en personas sensibles" (ciencia emergente).⁷¹
- **Acción Requerida:** Al mismo tiempo, la industria debe mostrar respeto y validación por el riesgo *real* de hipersensibilidad (asma, dermatitis).⁹ La designación de los sulfitos

como "Alérgeno del Año 2024" ¹¹ debe ser vista como una justificación de las prácticas de etiquetado de 10 ppm, no como una amenaza.

3. La Tensión Regulatoria: La Amenaza Inminente de la EFSA

La amenaza más significativa y existencial para el uso actual de SO₂ no proviene de los consumidores, sino de los reguladores. La reevaluación de la EFSA (2022-2024) ¹² es un cambio de paradigma.

- **El Riesgo Clave:** La identificación de un riesgo de **neurotoxicidad** y la conclusión de que los "grandes consumidores" (un grupo significativo) ya están **superando el Margen de Exposición (MOE) seguro** ¹² es una bandera roja regulatoria del más alto nivel.
- **El Fracaso de la Industria:** La posición de la EFSA fue provocada por una "falta de datos". ⁶³ Esta falta de datos toxicológicos modernos por parte de la industria para defender la IDA existente es una posición estratégica insostenible.
- **Acción Requerida:** Se requiere una inversión urgente y unificada de la industria global del vino para financiar los estudios toxicológicos (según las directrices modernas de la OCDE) que la EFSA solicitó. ⁶⁵ Sin estos datos, la industria se arriesga a que los reguladores (comenzando por la UE) reduzcan drásticamente los límites legales máximos de SO₂ en los próximos años, basándose en el principio de precaución.

4. El Camino a Seguir: De la Reducción a la Eliminación (Estratégica)

La presión combinada de la demanda de "etiqueta limpia" de los consumidores ⁴⁸ y el riesgo regulatorio de la EFSA ¹² hace que la inversión en alternativas sea una necesidad estratégica, no un ejercicio de marketing de nicho.

- **El Futuro es el "Enfoque de Vallas":** La industria debe adoptar agresivamente un enfoque combinado. El futuro de la vinificación de bajo SO₂ implica (1) **Bioprotección** ¹⁶ en el viñedo y el mosto; (2) **Tecnologías físicas** (como PEF) ¹⁵ para la estabilización microbiana previa al embotellado; y (3) la implementación de nuevas **alternativas de doble función** (como los extractos de polifenoles de "upcycling") ¹⁷ para la protección antioxidante en la botella.
- **El Objetivo Estratégico:** El objetivo a medio plazo para la mayoría de los vinos de gran consumo ya no debe ser simplemente "reducir" el SO₂, sino alcanzar el objetivo estratégico de producir vinos estables y de alta calidad con niveles de SO₂ total *por debajo del umbral de etiquetado de 10 ppm*. Lograr esto elimina la declaración de alérgeno en la etiqueta, satisface la demanda del consumidor y, lo más importante, mitiga por completo el riesgo de exposición identificado por la EFSA.

Parte 7: Referencias y Fuentes

Se han utilizado las siguientes fuentes científicas, técnicas y gubernamentales en la

preparación de este informe (6 de noviembre de 2025).

1

Obras citadas

1. SO₂ AND WINE: A REVIEW - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.oiv.int/public/medias/7840/oiv-collective-expertise-document-so2-and-wine-a-review.pdf>
2. Replacement of Sulfur Dioxide in White, Rosé, and Red Wines by a Blend of Tannins Extracted from Multiple Plant Materials - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.mdpi.com/2306-5710/10/4/110>
3. Towards Sulphite-Free Winemaking: A New Horizon of Vinification and Maturation - NIH, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11012185/>
4. Annex C - Maximum Acceptable Limits of Various Substances | OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.oiv.int/standards/compendium-of-international-methods-of-wine-and-must-analysis/annex-c/annex-c-maximum-acceptable-limits-of-various-substances>
5. Maximum acceptable limits - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.oiv.int/standards/international-code-of-oenological-practices/annexes/maximum-acceptable-limits>
6. (PDF) Wine and Headache - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://www.researchgate.net/publication/262109668_Wine_and_Headache
7. Why Does Wine Give You a Headache? - Food & Wine, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.foodandwine.com/wine/red-wine/why-does-wine-give-you-headache>
8. Why Does Red Wine Give Me A Headache | UC Davis, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.ucdavis.edu/health/news/why-do-some-people-get-headaches-drinking-red-wine>
9. Sulfite sensitivity: significance in human health - PubMed, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8586770/>
10. Sulphur dioxide and sulphites: EFSA re-evaluation identifies health risks at high consumption; data situation still incomplete, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.bfr.bund.de/cm/349/sulphur-dioxide-and-sulphites-efsa-re-evaluation-identifies-health-risks-at-high-consumption-data-situation-still-incomplete.pdf>
11. Sulfites: The 2024 American Contact Dermatitis Society Allergen of ..., fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.mdedge.com/cutis/article/271496/contact-dermatitis/sulfites-2024-american-contact-dermatitis-society-allergen>
12. Sulfites: safety concern for high consumers, but data lacking | EFSA, fecha de

- acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.efsa.europa.eu/en/news/sulfites-safety-concern-high-consumers-data-lacking>
13. Review of practices for the reduction of so2 doses used in winemaking - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.oiv.int/standards/review-of-practices-for-the-reduction-of-so2-doses-used-in-winemaking->
 14. Research progress of sulfur dioxide addition substitutes and new non-thermal sterilization technology in wine production, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://manu61.magtech.com.cn/zgnz/EN/10.11882/j.issn.0254-5071.2025.04.003>
 15. Emerging Non-Thermal Technologies as Alternative to SO2 for the ..., fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8469166/>
 16. USE OF BIOPROTECTION STRAINS IN WINEMAKING - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.oiv.int/sites/default/files/2024-04/OIV_Expertise_Document_USE_OF_BIOPROTECTION_STRAINS_IN_WINEMAKING.pdf
 17. Upcycling vineyard by-products as natural sulphite alternatives ..., fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.foodtimes.eu/research/wine-innovation-upcycling-sulfite-alternative-s-bioma/>
 18. Total Sulfur dioxide (titrimetry) (Type-II) | OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.oiv.int/standards/annex-a-methods-of-analysis-of-wines-and-musts/section-3-chemical-analysis/section-3-2-non-organic-compounds/section-3-2-3-other-non-organic-compounds/total-sulfur-dioxide-%28titrimetry%29-%28type-ii%29>
 19. Sulfite Management during Vinification and Impact on the Flavor of Solaris Wine - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.mdpi.com/2311-5637/10/4/210>
 20. Impact of Sulfur Dioxide and Dimethyl Dicarbonate Treatment on the Quality of White Wines: A Scientific Evaluation - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.mdpi.com/2311-5637/11/2/86>
 21. Sensory characterisation of Bordeaux red wines produced without added sulfites - OENO One, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://oeno-one.eu/article/view/3794/13452>
 22. Reducing Post-Fermentation (SO2) Additions in Quality Wine: Exploring Options & Implications - Sommeliers Choice Awards, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://sommelierschoiceawards.com/en/blog/insights-1/reducing-post-fermentation-so2-additions-in-quality-wine-exploring-options-implications-789.htm>
 23. Sensory characterisation of wines without added sulfites via specific and adapted sensory profile | OENO One, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://oeno-one.eu/article/view/3566>
 24. European Union Wine Overseas Market Access Requirements 2025 - Ministry for Primary Industries, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/34896-Wine-Notice-European-Union-Wi>

[ne-OMAR](#)

25. INTERNATIONAL CODE OF OENOLOGICAL PRACTICES - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.oiv.int/sites/default/files/publication/2025-04/CPO%202025%20EN.pdf>
26. COMPENDIUM OF INTERNATIONAL METHODS OF WINE AND MUST ANALYSIS - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.oiv.int/sites/default/files/publication/2024-06/Compendium%20MA%20Wines%202024%20EN%20complet_0.pdf
27. What Are Sulfites in Wine? Everything You Need to Know - Coravin, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.coravin.com/blogs/community/what-are-sulfites-in-wine>
28. Wine - European Commission - Agriculture and rural development, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/wine_en
29. State of the World Vine and Wine Sector in 2024 - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.oiv.int/sites/default/files/2025-04/OIV-State_of_the_World_Vine-and-Wine-Sector-in-2024.pdf
30. C_202502240ES.000101.fmx.xml - EUR-Lex, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=OJ:C_202502240
31. What are sulphites in wine and are they bad for you? - FoodSafety4EU, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://foodsafetyplatform.eu/knowledge/articles/what-are-sulphites-in-wine-and-are-they-bad-for-you/>
32. The new rules on wine labeling entering into force | Agrovin, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://agrovin.com/en/the-new-rules-on-wine-labeling-entering-into-force/>
33. Wine Labeling: Declaration of Sulfites | TTB: Alcohol and Tobacco Tax and Trade Bureau, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.ttb.gov/regulated-commodities/beverage-alcohol/wine/wine-labeling-declaration-of-sulfites>
34. Wine Labeling: Declaration of Sulfites | TTB: Alcohol and Tobacco ..., fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.ttb.gov/regulated-commodities/beverage-alcohol/wine/labeling-wine/wine-labeling-declaration-of-sulfites>
35. Sulfites - USA | Food Allergy Research & Resource Program | Nebraska - FARRP, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://farrp.unl.edu/farrp-resources/regulatory/sulfites-usa/>
36. Food Standards Code Compilation, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.foodstandards.gov.au/sites/default/files/2025-03/Food%20Standards%20Code%20-%20Compilation%20%28March%202025%29.pdf>
37. PLEASE REFER TO ANZFA'S GUIDE TO APPLICATIONS AND PROPOSALS FOR A MORE DETAILED EXPLANATION OF THE PROCESS ON HOW TO UNDERTAKE -

- Food Standards Australia New Zealand, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.foodstandards.gov.au/sites/default/files/food-standards-code/applications/Documents/A474%20Winemaking%20FAR.doc>
38. Know your sulphite limits | Wine Australia, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.wineaustralia.com/news/articles/know-your-sulphite-limits>
 39. Sulphites - Food Standards Australia New Zealand, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.foodstandards.gov.au/consumer/additives/sulphite>
 40. Blind Tasting Challenge: Organic vs. Conventional Wines - SYLTBAR.com, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://syltbar.com/blogs/wine/blind-tasting-challenge-organic-vs-conventional-wines>
 41. International OIV Standard for Labelling of Wines: Indication for sulphites, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.oiv.int/node/3672>
 42. Sulfites in Wine: What They Are and Why They Matter - Napa Valley Wine Academy, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://napavalleywineacademy.com/blogs/pouring-points/sulfites-in-wine>
 43. Organic Wine Market Size, Share, Industry Report 2024-2031 - DataM Intelligence, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.datamintelligence.com/research-report/organic-wine-market>
 44. Sulphites in Wine: Everything You Need to Know - Vintage Roots, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://vintageroots.co.uk/wine-guides/sulphites-in-wine/>
 45. Do organic wines contain lower levels of pesticides and sulfites compared to conventional wines? - Consensus, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://consensus.app/search/do-organic-wines-contain-lower-levels-of-pesticide/_VSgIX_VRzWRfUDZnr7JOW/
 46. Do organic wines contain lower levels of pesticides and sulfites compared to conventional wines? - Consensus, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://consensus.app/search/do-organic-wines-contain-lower-levels-of-pesticide/p9zYQvuBQqeat8X5Cz0Zlq/>
 47. Differences in the levels of pesticides, metals, sulphites and ochratoxin A between organically and conventionally produced wines | Request PDF - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://www.researchgate.net/publication/320773498_Differences_in_the_levels_of_pesticides_metals_sulphites_and_ochratoxin_A_between_organically_and_conventionally_produced_wines
 48. Organic Wine Trends Are On The Rise In 2025 - Tastewise, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://tastewise.io/blog/organic-wine-trends>
 49. Descubre qué vinos contienen más sulfitos - VINATIS, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.vinatis.es/blog-todos-los-vinos-contienen-sulfitos>
 50. Low-Sulfite Wines: Facts and Myths - La Mesa Vineyards, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://lamesavineyards.com/blogs/news/low-sulfite-wine-facts-and-myths>
 51. Effect of Yeast Polysaccharides Replacing Sulfur Dioxide on ... - MDPI, fecha de

- acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/18/3188>
52. (PDF) Alternatives for replacing or reducing the content of added sulfites in Tannat red wines elaborated with commercial yeasts or with minimal intervention - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://www.researchgate.net/publication/391144955_Alternatives_for_replacing_or_reducing_the_content_of_added_sulfites_in_Tannat_red_wines_elaborated_with_commercial_yeasts_or_with_minimal_intervention
53. Alternativas al sulfuroso en la elaboración de vinos rosados, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://federacionenologia.com/eno-23029/>
54. Chemical and physical methodologies for the replacement/reduction of sulfur dioxide use during winemaking: Review of their potentialities and limitations - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://www.researchgate.net/publication/225090565_Chemical_and_physical_methodologies_for_the_replacementreduction_of_sulfur_dioxide_use_during_wine_making_Review_of_their_potentialities_and_limitations
55. Reducing SO₂ content in wine by combining High Pressure and glutathione addition, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://oeno-one.eu/article/view/4558>
56. UV-C and Nanomaterial-Based Approaches for Sulfite-Free Wine Preservation: Effects on Polyphenol Profile and Microbiological Quality - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.mdpi.com/1420-3049/30/2/221>
57. Compositional Consequences of Ultrafiltration Treatment of White and Red Wines - PMC, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11202439/>
58. sulfites - WHO | JECFA, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=289>
59. 951. Sulfites (WHO Food Additives Series 42) - Inchem.org, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v042je25.htm>
60. Reports - Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), fecha de acceso: noviembre 6, 2025, [https://www.who.int/groups/joint-fao-who-expert-committee-on-food-additives-\(jecfa\)/publications/reports](https://www.who.int/groups/joint-fao-who-expert-committee-on-food-additives-(jecfa)/publications/reports)
61. Comparison of the evaluations performed on sulfur dioxide-sulfites (E220-228) as food ... - EFSA, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/2022-12/so2-joint-echa-efsa-document-19-12-2022.pdf>
62. Re-evaluation - European Commission's Food Safety, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://food.ec.europa.eu/food-safety/food-improvement-agents/additives/re-evaluation_en
63. Follow-up of the re-evaluation of sulfur dioxide (E 220), sodium sulfite (E 221), sodium bisulfite (E 222), sodium metabisulfite (E 223), potassium metabisulfite (E 224), calcium sulfite (E 226), calcium bisulfite (E 227) and potassium bisulfite (E 228)

- European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.efsa.europa.eu/en/plain-language-summary/follow-re-evaluation-sulfur-dioxide-e-220-sodium-sulfite-e-221-sodium>
- 64. Margin of Exposure - EFSA - European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/margin-exposure>
- 65. Follow-up of the re-evaluation of sulfur dioxide (E 220), sodium sulfite (E 221), sodium bisulfite (E 222), sodium metabisulfite (E 223), potassium metabisulfite (E 224), calcium sulfite (E 226), calcium bisulfite (E 227) and potassium bisulfite (E 228) - PubMed Central, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9685353/>
- 66. Considerations for the diagnosis and management of sulphite sensitivity - PMC - NIH, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4017445/>
- 67. Sulfite hypersensitivity – retrospective study in a Food Allergy Unit - PMC - PubMed Central, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4412520/>
- 68. ¿Qué es el vino sin sulfitos? Beneficios y diferencias - Lavinia, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.lavinia.com/es-es/blog/vino-sin-sulfitos-todo-sobre-ellos/>
- 69. Sulfitos: Allergen of the Year 2024 - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/373193739_Sulfitos_Allergen_of_the_Year_2024
- 70. Sulfite concentration and the occurrence of headache in young adults: a prospective study, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30962515/>
- 71. Do sulfites in wine cause headaches? - MedicalNewsToday, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.medicalnewstoday.com/articles/sulfites-in-wine-headache>
- 72. ¿Qué son los sulfitos en el vino? Todo lo que necesitas saber - Coravin, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.coravin.com/es/blogs/community/what-are-sulfites-in-wine-everything-you-need-to-know>
- 73. The Conversation: Why Does Red Wine Cause Headaches? - UC Davis, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.ucdavis.edu/curiosity/blog/conversation-why-does-red-wine-cause-headaches>
- 74. Alcohol and migraine: trigger factor, consumption, mechanisms. A review - PubMed Central, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3476173/>
- 75. Four strange secrets scientists just found in beer and wine | ScienceDaily, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.sciencedaily.com/releases/2025/09/250927031219.htm>
- 76. May Sulfitos in Wine Affect Gut Microbiota? An In Vitro Study of Their Digestion and Interplay with Wine Polyphenols - NIH, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,

- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12510145/>
77. May Sulfites in Wine Affect Gut Microbiota? An In Vitro Study of Their Digestion and Interplay with Wine Polyphenols - PubMed, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40698647/>
 78. May Sulfites in Wine Affect Gut Microbiota? An In Vitro Study of Their Digestion and Interplay with Wine Polyphenols | Request PDF - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://www.researchgate.net/publication/393953159_May_Sulfites_in_Wine_Affect_Gut_Microbiota_An_In_Vitro_Study_of_Their_Digestion_and_Interplay_with_Wine_Polyphenols
 79. INTERNATIONAL STANDARD FOR THE LABELLING OF WINES - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://www.oiv.int/sites/default/files/publication/2025-03/OIV%20Wine%20Labelling%20Standard%20EN_2025%20complet.pdf
 80. Implementing regulation - EU - 2025/32 - EN - EUR-Lex - European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2025/32/oj/eng
 81. Publication of a communication of approval of a standard amendment to a product specification for a name in the wine sector, as - EUR-Lex, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202502240
 82. 27 CFR § 4.50 - Certificates of label approval., fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/27/4.50>
 83. 27 CFR 4.50 -- Certificates of label approval. - eCFR, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.ecfr.gov/current/title-27/chapter-I/subchapter-A/part-4/subpart-F/section-4.50>
 84. 27 CFR Part 4 -- Labeling and Advertising of Wine - eCFR, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.ecfr.gov/current/title-27/chapter-I/subchapter-A/part-4>
 85. Wine FAQs | TTB - Alcohol and Tobacco Tax and Trade Bureau, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.ttb.gov/regulated-commodities/beverage-alcohol/wine/wine-faqs>
 86. Summary - Food Standards Australia New Zealand, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.foodstandards.gov.au/sites/default/files/food-standards-code/applications/Documents/A1127-ExecSummary.pdf>
 87. Normativa etiquetado vino 2025: ingredientes, nutricional y QR obligatorio - Isagri, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.isagri.es/blog/normativa-etiquetado-vino>
 88. Publicación de la comunicación de una modificación normal aprobada del pliego de condiciones de una indicación geográfica c - EUR-Lex, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202502465
 89. Determination of sulphite in wine samples with the aid of three different analytical

- techniques - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/363404894_Determination_of_sulphite_in_wine_samples_with_the_aid_of_three_different_analytical_techniques
90. Sulfitos en el vino: roles y controversias - Château de Berne, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://chateauberne-vin.com/es/blogs/news/les-sulfites-dans-le-vin-roles-et-contraverses>
 91. Ya es posible determinar la cantidad de sulfitos en vino en un minuto empleando un smartphone, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://federacionenologia.com/smarthphone-sulfitos/>
 92. STATE OF THE WORLD VINE AND WINE SECTOR IN 2023 - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.oiv.int/sites/default/files/2024-04/OIV_STATE_OF_THE_WORLD_VINE_AND_WINE_SECTOR_IN_2023.pdf
 93. Total vs free so2 : r/winemaking - Reddit, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.reddit.com/r/winemaking/comments/pb450k/total_vs_free_so2/
 94. The Influence of Sulfur Dioxide Concentration on Antioxidant Activity, Total Polyphenols, Flavonoid Content and Individual Polyphenolic Compounds in White Wines during Storage - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.mdpi.com/2077-0472/13/7/1439>
 95. Total sulphur dioxide trend during winemaking (24 September 2022–4... - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/figure/Total-sulphur-dioxide-trend-during-winemaking-24-September-2022-4-December-2022-and_fig2_379582535
 96. Sulphites in Wine: The In-Depth Guide - Vinerra, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.vinerra.com/in-depth-guides/sulphites-in-wine-the-in-depth-guide>
 97. Towards Sulphite-Free Winemaking: A New Horizon of Vinification and Maturation - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.mdpi.com/2304-8158/13/7/1108>
 98. Publications - ASEV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.asev.org/publications>
 99. (PDF) Explore the impact of free sulfur dioxide on red and white wine - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/382606266_Explore_the_impact_of_free_sulfur_dioxide_on_red_and_white_wine
 100. Effect of Yeast Polysaccharides Replacing Sulfur Dioxide on Antioxidant Property and Quality Characteristics of Cabernet Sauvignon Wines - PMC - NIH, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12469342/>
 101. Fortification of White Wines with Antioxidants and Se: Impacts on Browning Development and Phenolic Content - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.mdpi.com/2306-5710/10/2/31>
 102. INTERNATIONAL CODE OF OENOLOGICAL PRACTICES - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,

- <https://www.oiv.int/sites/default/files/publication/2024-03/CPO%202024%20EN%20.pdf>
103. (PDF) Towards Sulphite-Free Winemaking: A New Horizon of Vinification and Maturation, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/379582535_Towards_Sulphite-Free_Winemaking_A_New_Horizon_of_Vinification_and_Maturation
 104. Impact of pre-fermentation SO₂ addition on microbial, chemical, and sensory characteristics of Viognier (2024) | Winemakers Research Exchange, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://winemakersresearchexchange.com/library/fermentation/impact-of-pre-fermentation-so2-addition-on-microbial-chemical-and-sensory-characteristics-of-viognier-2024>
 105. The Healthiest Organic Wine Brands We've Found (Updated 2025) - Gimme the Good Stuff, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://gimmethegoodstuff.org/blogs/guides-and-product-reviews/the-healthiest-organic-wine-brands-we-ve-found-updated-2025>
 106. (PDF) ALTERNATIVE METHODS OF SULFUR DIOXIDE USED IN WINE PRODUCTION, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/342444928_ALTERNATIVE_METHODS_OF_SULFUR_DIOXIDE_USED_IN_WINE_PRODUCTION
 107. Replacement of sulfur dioxide by lysozyme and oenological tannins during fermentation: Influence on volatile composition of white wines | Request PDF - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/229658710_Replacement_of_sulfur_dioxide_by_lysozyme_and_oenological_tannins_during_fermentation_Influence_on_volatile_composition_of_white_wines
 108. Replacement of SO₂ with an Unripe Grape Extract and Chitosan during Oak Aging: Case Study of a Sangiovese Wine - PMC - NIH, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9952752/>
 109. Effects of Berry, Cluster Thinning and No-Sulfites Addition on the Sensory Quality of 'Monastrell' Organic Wines - MDPI, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.mdpi.com/2311-7524/11/9/1105>
 110. Free sulphur dioxide trend during winemaking (24 September 2022–4... - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/figure/Free-sulphur-dioxide-trend-during-winemaking-24-September-2022-4-December-2022-and_fig1_379582535
 111. ¿Quieres producir vino con baja o ninguna adición de SO₂? - Enartis, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.enartis.com/es/quieres-producir-vino-con-baja-o-ninguna-adicion-de-so2/>
 112. Alternativas al anhídrido sulfuroso en la elaboración de vinos: antioxidantes de naturaleza fenólica procedentes de subproductos de la industria oleícola y enológica | Documentos - Universidad Pública de Navarra, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://observatorio-investigacion.unavarra.es/documentos/5f7e676d2999520bf9>

[71ffb0](#)

113. Adverse reactions to the sulphite additives - PMC - NIH, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4017440/>
114. Review of sulfite sensitivity - PubMed, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3904432/>
115. A suggested mechanism of action for sulfite sensitivity - PubMed, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3944370/>
116. Sulfites: Allergen of the Year 2024. - Semantic Scholar, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.semanticscholar.org/paper/Sulfites%3A-Allergen-of-the-Year-2024.-Ekstein-Warshaw/43f6671898926108067b67e827cc2971fff67a6a>
117. Sulfite Allergy - News-Medical, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.news-medical.net/health/Sulfite-Allergy.aspx>
118. Association between wine consumption and migraine: a systematic review and meta-analysis of cross-sectional - PubMed Central, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11826089/>
119. FoodEx2 maintenance 2024 - EFSA - European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/en-9414>
120. 2024 EFSA Annual Report Emerging Risks and Horizon Scanning Activities, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/en-9475>
121. Food Additives and Flavourings - EFSA - European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/en/science/scientific-committee-and-panels/faf>
122. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.fao.org/food-safety/scientific-advice/jecfa/en/>
123. COMPENDIUM OF FOOD ADDITIVE SPECIFICATIONS - FAO Knowledge Repository, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b566a876-858c-46eb-a6cf-730f87c2f011/content>
124. Association between wine consumption and migraine: a systematic review and meta-analysis of cross-sectional - PubMed, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39950360/>
125. Alcohol and migraine: trigger factor, consumption, mechanisms. A review - PubMed, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18231712/>
126. Why Can Drinking Red Wine Cause an Almost Immediate Headache? - Everyday Health, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.everydayhealth.com/headache/does-drinking-red-wine-give-you-a-headache-a-new-study-may-explain-why/>
127. Wine and Juice Treating Materials and Processes for Domestic Wine Production - TTB, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.ttb.gov/regulated-commodities/beverage-alcohol/wine/treating-materials>

128. The Level of Sulfites in Kosovo Wines - Horizon Research Publishing, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.hrpub.org/download/20250730/FST4-11140930.pdf>
129. Report of the Second Hong Kong Total Diet Study: Sulphites - Centre for Food Safety, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
[https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_firm/files/2nd%20HKTDS_Report_%20Sulphites%20\(English\)%20\(final\).pdf](https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_firm/files/2nd%20HKTDS_Report_%20Sulphites%20(English)%20(final).pdf)
130. Rapid Colorimetric Detection of Sulfite in Red Wine Using Alginate-Copper Laccase Nanozyme with Smartphone as an Optical Readout | ACS Measurement Science Au, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsmeasuresciau.4c00085>
131. DECREASING MOLECULAR SO₂ ELIMINATED SULFUROUS OFF-AROMAS IN WINE STORED IN ALUMINUM BEVERAGE CANS - Cornell eCommons, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://ecommons.cornell.edu/bitstreams/5cc8dc51-792f-4ed3-866b-5d9dbb260824/download>
132. Direct quantification of sulfur dioxide in wine by Surface Enhanced Raman Spectroscopy | Request PDF - ResearchGate, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/341223590_Direct_quantification_of_sulfur_dioxide_in_wine_by_Surface_Enhanced_Raman_Spectroscopy
133. REPORT Analysis of the Wine Market in the United States: Situation in 2024, Evolution, and Future Prospects - Vinetur, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.vinetur.com/documentos/article/86901/US%20Wine%20Market%202024.pdf>
134. Wine market observatory - Agriculture and rural development - European Commission, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://agriculture.ec.europa.eu/data-and-analysis/markets/overviews/market-observatories/wine_en
135. World Wine Production Outlook - OIV, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV_2024_World_Wine_Production_Outlook_1.pdf
136. RE_El mercado del vino en RU_2024 - ICEX, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.icex.es/content/dam/icex/centros/reino-unido/documentos/2024/estudio-mercado-mercado-vino-reino-unido-2024-resumen-ejecutivo.pdf>
137. Los datos más destacados del sector del vino en 2024 - Tecnovino, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.tecnovino.com/los-datos-mas-destacados-del-sector-del-vino-en-2024-segun-el-informe-de-oiv-superficie-de-vinedo-consumo-produccion-y-comercio/>
138. INFORME Consumo Mundial de Vino en 2024: Adaptación y Evolución en un Mercado en Transformación - Vinetur, fecha de acceso: noviembre 6, 2025,
<https://www.vinetur.com/documentos/article/88555/Consumo%20Mundial%20de%20Vino%20en%202024.pdf>

139. Niveles de SO₂ como conservante: revisión de los compuestos ligados a SO₂ y papel relevante de la fermentación maloláctica - Acenología, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, https://www.acenologia.com/compuestos_so2_fml_cienc1211/
140. Organic Winemaking and Its Subsets; Biodynamic, Natural, and Clean Wine in California, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/1/127>
141. Re-evaluation of sulfur dioxide–sulfites (E 220–228) - EFSA - European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4438>
142. Follow-up of the re-evaluation of sulfur dioxide (E 220), sodium sulfite (E 221), sodium bisulfite (E 222), sodium metabisulfite (E 223), potassium metabisulfite (E 224), calcium sulfite (E 226), calcium bisulfite (E 227) and potassium bisulfite (E 228) - European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/7594>
143. More data on sulfites needed to “fully confirm” safety | EFSA - European Union, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/160414a>
144. LOS SULFITOS DEL VINO - Vinalium, fecha de acceso: noviembre 6, 2025, <https://vinalium.com/blog/blog-vinalium/los-sulfitos-del-vino/>