

Fortificación obligatoria de harina de trigo con vitamina D3 en Chile

Marco regulatorio, evidencia científica y recomendaciones para la industria molinera

AUTORA

Dra. Lorena Marchant,
Bioquímico
gerencia@molinerosdelsur.cl

INSTITUCIÓN

Asociación Gremial Molineros
del Sur

FECHA

20 de octubre de 2026

PALABRAS CLAVE

vitamina D3 · fortificación de alimentos · harina de trigo · panificación · vigilancia epidemiológica

01 Resumen ejecutivo

El 18 de junio de 2026 entró en vigencia en Chile la obligación de fortificar la harina de trigo con vitamina D3 (colecalciferol), en niveles mínimos de 2,25 µg por cada 100 gramos de harina, con una tolerancia de hasta 40% adicional (3,15 µg/100 g) [1]. Esta medida, contenida en el Decreto Supremo N°29, que modifica el Decreto Supremo N°977 de 1996 (Reglamento Sanitario de los Alimentos), se suma a la fortificación obligatoria de leche líquida y leche en polvo [1].

Este documento resume el marco regulatorio y la evidencia científica disponible sobre la medida, y plantea cuatro observaciones técnicas centrales: (i) la escasa evidencia sobre la estabilidad de la vitamina D3 a lo largo de toda la cadena, desde el almacenamiento de la harina fortificada, incluida la importada, hasta el pan, sin estudios en preparaciones de panadería chilenas como la marraqueta, (ii) la necesidad de una vigilancia epidemiológica a cargo de la autoridad sanitaria, que permita ajustar los niveles de fortificación y evitar tanto la deficiencia como los excesos, (iii) la dificultad de evaluar el aporte de cada matriz, dado que la fortificación es obligatoria a la vez en harina y leche y (iv) el desafío de comunicar al consumidor el significado de la fortificación obligatoria, particularmente en productos sin etiquetado como el pan de venta a granel.

Un hallazgo relevante es que, si bien Chile no es el primer país en hacer obligatoria la fortificación de harina de trigo con vitamina D —varios países del Medio Oriente cuentan con estándares similares—, sí se posiciona como el primer país de América Latina en hacerlo, y a un nivel de fortificación más alto que la mayoría de los países mencionados. Sin embargo, ninguno de estos países cuenta con estudios poblacionales que evalúen el impacto de esta medida, lo que abre a Chile la oportunidad de generar esa evidencia.

Para abordar estas brechas, el documento propone seis recomendaciones orientadas a generar evidencia propia: estudios de estabilidad de la vitamina D3 en la harina y en el pan, ensayos acotados que distingan el aporte de cada matriz, una vigilancia periódica del estado de vitamina D de la población y medidas que mejoren la comprensión del consumidor sobre la fortificación obligatoria.

02 Marco regulatorio vigente y magnitud de la deficiencia de vitamina D en Chile

2.1 Marco regulatorio vigente

El Decreto Supremo N°29, que modifica el Decreto Supremo N°977 de 1996 (Reglamento Sanitario de los Alimentos), establece la fortificación obligatoria de la harina de trigo, la leche líquida y la leche en polvo con vitamina D3 (colecalfiferol), sea de origen animal o no animal [1]. La medida entró en vigencia el 18 de junio de 2026 [1]. La verificación del cumplimiento se realiza en la harina, la leche líquida y la leche en polvo como tales, es decir, en el molino y en la planta que elabora o reenvasa, respectivamente, y se excluye la verificación en productos elaborados a partir de estas, como el pan u otros derivados [1]. Dado que la verificación se realiza en el molino, la harina de trigo importada requiere un control propio, mediante toma de muestras a su ingreso al país o en su comercialización, ya que no pasa por los molinos nacionales. En todos los casos, la lista de ingredientes debe especificar el origen de la vitamina D3, indicando entre paréntesis la declaración "origen animal" u "origen no animal", según corresponda [1].

El decreto exige específicamente vitamina D3 (colecalfiferol) y no vitamina D2 (ergocalciferol), la otra forma utilizada en la fortificación de alimentos. La evidencia disponible indica que la vitamina D3 es más eficaz que la D2 para elevar los niveles sanguíneos de vitamina D [2,3]: según una revisión reciente, la vitamina D2 resultó igual de eficaz o entre 0,4 y 0,8 veces menos eficaz que la D3, aunque la heterogeneidad de los estudios aún no permite establecer un factor de conversión

entre ambas formas [3]. Esto respalda la exigencia regulatoria chilena de utilizar específicamente la vitamina D3 en la fortificación de harina y leche [1].

2.2 La vitamina D: generalidades, consecuencias de su deficiencia y magnitud del problema en Chile

La vitamina D es una sustancia liposoluble que el cuerpo obtiene principalmente de la síntesis en la piel por exposición a la luz ultravioleta (UVB) y, en menor medida, de la dieta [4]. Para ejercer sus funciones, debe posteriormente transformarse en su forma molecular activa, la 1,25-dihidroxitamina D (1,25(OH)2D), mediante un proceso metabólico de dos etapas [4].

La vitamina D es responsable de mantener la homeostasis (equilibrio) del calcio y el fosfato para una óptima salud ósea. Además, participa en otros procesos biológicos, tales como la función muscular, la respuesta inmune y muchas otras funciones celulares [4].

La consecuencia mejor descrita de su deficiencia severa es el debilitamiento de los huesos debido a una disminución de la mineralización de la matriz ósea: en niños provoca raquitismo, un trastorno que además produce deformidad y arqueamiento de los huesos largos, y en adultos, osteomalacia [4].

En este contexto, la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2016-2017 evaluó el estatus de vitamina D, medido como la concentración en sangre de 25-hidroxitamina D, 25(OH)D, en dos grupos representativos: mujeres en edad fértil (15-49 años) y adultos mayores (65 años y más). En mujeres en edad fértil, un 15,9% presentó deficiencia severa (25(OH)D <12 ng/mL), un 36% deficiencia (12-19,9 ng/mL) y un 37,1% insuficiencia (20-29,9 ng/mL), es decir, un 52% de este grupo presentó algún grado de deficiencia de vitamina D (<20 ng/mL) [5,6]. La situación es más crítica en adultos mayores, donde un 20,9% presentó deficiencia severa, un 37,6% deficiencia y un 29,6% insuficiencia —un 59% con algún grado de deficiencia—, sin diferencias significativas por sexo en ninguno de los dos grupos [6].

La prevalencia varía considerablemente por región: en Magallanes y Antártica, la deficiencia severa en mujeres en edad fértil alcanza 59,6% y en adultos mayores 43,2%; en Aysén, 47,5% y 37%, respectivamente [5,6].

Un grupo internacional de expertos, tomando como base las guías de fortificación de alimentos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), plantea considerar la fortificación sistemática de alimentos con vitamina D cuando más del 2,5% de la población presenta deficiencia severa, y señala que esta se vuelve imperativa cuando la prevalencia de deficiencia severa se acerca al 20% o lo supera, ya sea en la población general o en subgrupos específicos [6,7]. En Chile, la prevalencia de deficiencia severa

supera ampliamente el primer umbral: alcanza el 16% en mujeres en edad fértil y supera el 20% en adultos mayores y en las regiones australes [6].

2.3 Fuentes alimentarias y causas de la deficiencia en la población chilena

Existen dos formas de vitamina D: la vitamina D3 o colecalciferol, principalmente de origen animal, y la vitamina D2 o ergocalciferol, de origen vegetal y fúngico. La vitamina D3 está presente de forma natural en pescados grasos, aceite de hígado de pescado y huevos. Los pescados grasos aportan entre 2,5 y 12,5 µg por porción, pero menos del 10% de la población chilena consume pescado al menos dos veces por semana [6]. El Estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud (ELANS) [8] reveló una ingesta promedio de vitamina D de 2,8 µg/día (112 UI/día) en la población chilena de 15 a 65 años, equivalente a solo un 28% del requerimiento promedio estimado establecido por la Academia Nacional de Medicina de Estados Unidos (10 µg/día) [6]. Existen otras recomendaciones de ingesta de vitamina D según distintas organizaciones, cuyos valores para adultos fluctúan entre 10 y 20 µg/día [7]; sin embargo, existe consenso general en que, para alcanzarlos, se debe suplementar con vitamina D a los menores de un año, mientras que los mayores de un año deben consumir alimentos que sean fuentes naturales de vitamina D o estén fortificados con ella, y mantener una exposición solar prudente [6]. De esta forma, una de las principales causas de la deficiencia de vitamina D en la población chilena es la baja ingesta dietética.

Otra causa de la deficiencia de vitamina D son los bajos niveles de exposición solar, vinculados a la falta de actividades al aire libre, nubosidad, contaminación y uso de bloqueador solar [6]. A la menor actividad al aire libre se suma un alto nivel de sedentarismo: según la ENS 2016-2017, un 87% de la población chilena es sedentaria en su tiempo libre [5,9]. En Chile, el riesgo aumenta desde la Región del Maule hacia el sur, y es crítico en las regiones extremas de Aysén y Magallanes, donde la llegada de rayos UVB es mínima en otoño e invierno [6]. Un tercer factor es el sobrepeso y la obesidad. Según la misma encuesta, un 74% de la población presenta malnutrición por exceso —34,4% con obesidad— [5,9], condición que también reduce los niveles circulantes de vitamina D, ya que esta queda retenida en el tejido adiposo [6].

2.4 Precedentes de fortificación de alimentos con micronutrientes: experiencia nacional

Chile tiene una política de fortificación de alimentos muy bien documentada desde 1951, cuando se inició la fortificación de la harina de trigo con hierro, logrando disminuir la prevalencia de anemia en la población chilena [10]. El mismo año se estableció la fortificación con vitaminas del complejo B y posteriormente, en el año 2000, la fortificación con ácido fólico para reducir el riesgo de defectos del tubo neural

(DTN). Un estudio de vigilancia prospectiva en nueve maternidades públicas de Santiago, que comparó la tasa de DTN en el período previo a la fortificación (1999-2000) con el período posterior (2001-2009) sobre un total de 610.481 nacimientos, encontró que la tasa de DTN se redujo en un 50% [11].

Esta experiencia constituye un precedente relevante: demuestra que Chile cuenta con capacidad técnica, sanitaria y regulatoria para utilizar la harina de trigo como vehículo de fortificación con impacto poblacional medible cuando la intervención se implementa y monitorea adecuadamente, lo que respalda la viabilidad del mismo enfoque aplicado ahora a la vitamina D.

03 Matrices de fortificación: evidencia internacional y la posición de Chile en América Latina

La fortificación de alimentos con vitamina D se introdujo ampliamente en las décadas de 1930 y 1940 en Estados Unidos y otros países industrializados, como estrategia para prevenir el raquitismo [7]. Sin embargo, las políticas actuales varían considerablemente: coexisten esquemas obligatorios y voluntarios, y en muchos países la fortificación voluntaria tiene un efecto insuficiente sobre la ingesta de la población [7]. En la Unión Europea, pese a que la ingesta es insuficiente, la fortificación sigue siendo limitada —con excepción de Finlandia— debido a que se privilegia una alimentación basada en alimentos en su estado natural y a la preocupación por un consumo excesivo de vitamina D; el Reino Unido evalúa actualmente hacerla obligatoria [3]. En el Reino Unido y los Países Bajos, entre el 98% y el 100% de la población no alcanza una ingesta de 10 µg/día, consume o no alimentos fortificados de forma voluntaria [3].

Las experiencias de fortificación sistemática mejor documentadas son las de Estados Unidos, Canadá y Finlandia, donde los principales vehículos son la leche líquida y las margarinas o grasas untables. En marcas seleccionadas se fortifican además yogur, queso, jugo de naranja, bebidas vegetales (soya, avena, almendra), cereales de desayuno y pan [7]. En años recientes, ambos países norteamericanos revisaron sus niveles: en 2016 la FDA autorizó duplicar voluntariamente la vitamina D en la leche, y Health Canada anunció que exigiría duplicar los niveles obligatorios hacia 2020 [7]. Fuera de los países occidentales, India fortifica la leche y Jordania el pan [7].

La experiencia internacional documentada con mayor rigor corresponde a la fortificación de matrices lácteas y grasas untables, no a la harina de trigo. El caso más estudiado es Finlandia, donde la fortificación sistemática, de carácter voluntario, de productos lácteos líquidos y grasas untables comenzó en 2003 [7,12,13]. El seguimiento

poblacional finlandés, con datos estandarizados de dos encuestas nacionales representativas (Health 2000, n=6.134, y Health 2011, n=4.051), mostró que la concentración media de 25(OH)D sérica aumentó de 47,6 nmol/L a 65,4 nmol/L en 11 años, y que la prevalencia de deficiencia severa (<30 nmol/L) prácticamente se erradicó, pasando de 13,0% a 0,6% [12]. Este es, hasta donde permite establecer la evidencia revisada, el estudio prospectivo poblacional más robusto sobre el impacto de una política de fortificación con vitamina D.

Un hallazgo relevante de esta revisión es que la fortificación de harina de trigo con vitamina D sí cuenta con precedentes internacionales, concentrados en Medio Oriente. Una revisión reciente de programas de fortificación de harina en la región identificó estándares de fortificación con vitamina D en seis países: Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos y Kuwait —que comparten un estándar regional común establecido por la Organización de Estandarización del Consejo de Cooperación del Golfo (GSO)—, además de Jordania y Palestina [14]. Adicionalmente, Omán amplió en 2022 su fortificación obligatoria para incluir vitamina D3, aunque la revisión no informa el nivel establecido [14] (Tabla 1).

Cabe destacar que en Medio Oriente, pese a la abundante radiación solar durante todo el año, la deficiencia de vitamina D afecta a entre el 46% y el 83% de adolescentes y adultos, lo que se atribuye a la vestimenta tradicional que cubre la mayor parte del cuerpo y a la escasez de alimentos ricos en vitamina D o fortificados con ella [14]. Los datos disponibles, en su mayoría de niños y embarazadas, muestran cifras elevadas —por ejemplo, 44,2% de deficiencia en escolares jordanos y 99,3% de insuficiencia en embarazadas palestinas—, aunque las comparaciones entre países son difíciles por la diversidad de puntos de corte utilizados [14].

Tabla 1. Estándares de fortificación de harina de trigo con vitamina D en Medio Oriente y Chile

País	Vitamina D en harina (µg/100 g)	Carácter (año de inicio)
Qatar (estándar GSO)	1,37	Voluntario (2015)
Arabia Saudita (estándar GSO)	1,37	Voluntario (2015)*
Emiratos Árabes Unidos (estándar GSO)	1,37	Voluntario (1996)
Kuwait (estándar GSO)	1,37	Obligatorio (2015)*
Omán	n.i.	Obligatorio (vitamina D3 desde 2022)
Jordania	1,45	Obligatorio (2008)
Palestina	2,3	Obligatorio (2005)
Chile (Decreto Supremo N°29)	2,25 – 3,15	Obligatorio (2026)

Fuente: elaboración propia a partir de Abdul Majeed et al. 2025 [14] y Decreto Supremo N°29 [1]. Valores de vitamina D convertidos de mg/kg a µg/100 g. n.i.: no informado. *La revisión entrega información contradictoria sobre el carácter voluntario u obligatorio de la fortificación en Arabia Saudita y Kuwait.

Sin embargo, la misma revisión no identifica estudios poblacionales que evalúen el impacto de la fortificación de harina con vitamina D en ninguno de estos países [14]. El único estudio de resultado clínico identificado en la región evaluó pan elaborado con harina fortificada con vitamina D en Irán —no un programa de fortificación a nivel de molino—, mediante un ensayo acotado con 90 participantes durante 8 semanas, que mostró un aumento significativo de 25(OH)D sérica equivalente al de un suplemento oral [15]. Esto sugiere que existe una oportunidad para que Chile, mediante un seguimiento adecuado, aporte evidencia poblacional que actualmente no existe en ningún país que fortifica harina con vitamina D.

En conjunto, esta evidencia indica que Chile no es el primer país en fortificar harina de trigo con vitamina D a nivel mundial, pero sí es el primer país de América Latina en hacerlo de forma obligatoria, y a un nivel de fortificación más alto que la mayoría de los precedentes documentados.

04 Consideraciones técnicas para la industria molinera

4.1 Estabilidad de la vitamina D3 en preparaciones de panadería chilenas

La evidencia científica sobre la estabilidad de la vitamina D3 durante el proceso de panificación es escasa y proviene de matrices distintas a las chilenas, pero permite dimensionar el problema de falta de información al respecto. Para interpretarla es necesario distinguir entre la retención verdadera —que relaciona la cantidad total de vitamina presente en el producto horneado con la de la masa, considerando la pérdida de peso durante la cocción— y la simple comparación de concentraciones, que puede subestimar las pérdidas, ya que el pan pierde agua durante el horneado y la vitamina remanente se concentra [16].

Jakobsen y Knuthsen elaboraron pan de trigo a partir de una mezcla comercial de harina lista para hornear, levadura seca y agua, y agregaron la vitamina D3 disuelta en aceite directamente a la masa; tras 30 minutos de fermentación, el pan se horneó a unos 170 °C durante 30 y 60 minutos. Midiendo la retención verdadera, encontraron que se conservó el 85% de la vitamina D3 con ambos tiempos de horneado, y un 69% en pan de centeno horneado durante 60 minutos, menor retención que atribuyeron a la mayor acidez de este pan [16]. Tabibian et al. elaboraron un pan plano iraní sin grasa (taftoon) con harina de trigo, agua, levadura y sal, y agregaron vitamina D3 en polvo a la masa; tras 60 minutos de fermentación, el pan se horneó a 220 °C durante 15 minutos. La concentración de vitamina D3 se mantuvo estable durante los primeros 60 minutos de fermentación, pero descendió aproximadamente un 30% al prolongarla hasta 120 minutos, y disminuyó cerca de un 25% al aumentar la

temperatura de horneado de 200 a 250 °C [17]. Otros dos estudios, que incorporaron la vitamina D3 a la harina informan pérdidas cercanas al 50% tras el horneado: uno en pan plano iraní (lavash), horneado por exposición directa al calor, en el que la vitamina remanente fue tan biodisponible como una dosis equivalente en suplemento oral [15], y otro en pan de molde de trigo [18]. En conjunto, las pérdidas informadas varían entre cerca de un 15% y un 50%, con procesos, formas de incorporación de la vitamina y métodos de medición que no son comparables entre sí, y ninguno de estos estudios corresponde a una preparación de panadería chilena (Tabla 2).

Tabla 2. Estudios sobre la estabilidad de la vitamina D3 en pan: condiciones de elaboración y resultados

	Jakobsen 2014 (Dinamarca) [16]	Tabibian 2017 (Irán) [17]	Nikooyeh 2016 (Irán) [15]	Boudrag 2025 (Irlanda) [18]
Tipo de pan	Molde: trigo (mezcla comercial) y centeno	Plano, sin grasa (taftoon)	Plano (lavash)	Molde de trigo, con aceite
Incorporación de la vitamina D	D3 en aceite, agregada a la masa	D3 en polvo, agregada a la masa	Premezcla agregada a la harina	Premezcla con harina
Fermentación	30 min	0–120 min	n.i.	90 min
Horneado	≈170 °C; 30–60 min	220 °C; 15 min (rango estudiado: 200–250 °C)	Calor directo; n.i.	220–230 °C; 35 min
Medición	Retención verdadera	Concentración	Concentración	Concentración
Resultado	Retención: 85% (trigo) y 69% (centeno)	≈30% menos al fermentar 120 min; ≈25% menos al hornear a 250 °C frente a 200 °C	Pérdida cercana al 50%	Pérdida cercana al 50%

Fuente: elaboración propia a partir de Jakobsen y Knuthsen 2014 [16], Tabibian et al. 2017 [17], Nikooyeh et al. 2016 [15] y Boudrag et al. 2025 [18]. n.i.: no informado. Los porcentajes de Tabibian et al. corresponden a la vitamina D3; el descenso de la concentración de vitamina D durante la fermentación es una estimación a partir de los gráficos del estudio.

Los estudios revisados sugieren que la pérdida de vitamina D3 responde a varios mecanismos que actúan a lo largo del proceso: la degradación por temperatura durante el horneado, la isomerización en medio ácido y, de manera transversal, la oxidación [16–18]. La oxidación se ha asociado a la caída de vitamina D en fermentaciones superiores a 60 minutos [17,18] y a su disminución durante el almacenamiento del pan [17], lo que indica que la estabilidad debe evaluarse no solo en el producto recién horneado, sino a lo largo de toda la cadena, desde la harina hasta el consumo. Ninguno de estos estudios evaluó la estabilidad de la vitamina D3 en la harina fortificada durante su almacenamiento.

No se dispone, en la evidencia revisada, de estudios de estabilidad de la vitamina D3 en preparaciones de panadería chilenas como la marraqueta. Dado que el punto de verificación regulatorio es el molino —es decir, se fortifica la harina, y no el pan u otras preparaciones horneables elaboradas a partir de ella [1]—, cualquier pérdida de

vitamina D3 durante el almacenamiento de la harina, el amasado, la fermentación, el horneado y el almacenamiento del pan no está contemplada en el diseño de verificación del decreto, lo que representa una brecha técnica relevante para la industria. La literatura existente es escasa y resulta evidente la necesidad de generar estudios propios que sigan la vitamina D3 desde la harina fortificada en el molino, pasando por la masa, hasta el pan, midiendo la retención verdadera en las preparaciones de panadería más habituales en Chile.

4.2 Vigilancia epidemiológica y evaluación del aporte de cada matriz fortificada

La implementación de la fortificación obligatoria requiere un sistema de vigilancia epidemiológica que permita evaluar, mediante mediciones estandarizadas y periódicas de 25(OH)D sérica e ingesta de vitamina D en muestras representativas de la población, los cambios en el estado de vitamina D y, si fuera necesario, ajustar los niveles de fortificación. La experiencia internacional muestra que estas políticas se han reevaluado y modificado cuando los datos lo han requerido, como ocurrió en Finlandia, que duplicó en 2010 los niveles de fortificación recomendados en 2003 [7]. En Chile, esta vigilancia debe estar a cargo de la autoridad sanitaria, que cuenta con un punto de partida en la medición de 25(OH)D realizada en la Encuesta Nacional de Salud 2016-2017 [5,6].

La vigilancia no solo debe verificar que la medida reduzca la deficiencia, sino también que no genere ingestas excesivas, ya que un exceso de vitamina D también tiene consecuencias para la salud y debe ser evitado. La intoxicación por vitamina D puede provocar hipercalciuria e hipercalcemia, con consecuencias como cálculos renales, nefrocalcinosis y deterioro de la función renal [7]. Aunque el riesgo de alcanzar concentraciones potencialmente dañinas mediante la fortificación es bajo en la población general [3,7], debe considerarse que las personas pueden recibir vitamina D de varios alimentos fortificados y de suplementos a la vez [7]. Un estudio de modelación en población iraní estimó que, con niveles de hasta 350 UI de vitamina D por 100 g de pan, no habría riesgo de alcanzar concentraciones de 25(OH)D potencialmente dañinas (>375 nmol/L), mientras que a partir de 400 UI/100 g un 0,1% de la población podría superarlas, proporción que aumentaría al 1% con 900 UI/100 g o más [19]. Los autores advierten que no evaluaron el aporte de otros alimentos fortificados de forma voluntaria [19], lo que refuerza la necesidad de que la vigilancia considere todas las fuentes de vitamina D de la dieta.

Una característica distintiva de la política chilena es que la fortificación es obligatoria en dos matrices alimentarias diferentes: la harina de trigo y la leche [1]. Esto hace más difícil determinar si ambas son efectivas y cómo se complementan entre sí, ya que el

aporte de cada matriz depende de los hábitos alimentarios de las personas, que varían en las distintas etapas de la vida. Por ello, la vigilancia debe cruzar los niveles séricos de 25(OH)D con información sobre el consumo de pan y de leche en los distintos grupos de edad. En el estudio de modelación citado, la probabilidad de alcanzar niveles suficientes de vitamina D a través del pan fortificado varió según el sexo, la edad, el índice de masa corporal y la cantidad de pan consumida: las mujeres adultas tuvieron un 29% menos de probabilidad que los hombres, lo que los autores atribuyen a una mayor proporción de grasa corporal y a un menor consumo de pan [19].

Esta pregunta puede abordarse, además, mediante estudios o ensayos acotados. El precedente más cercano es el estudio danés VitmaD, un ensayo aleatorizado que evaluó el efecto de reemplazar el consumo habitual de leche y pan por sus versiones fortificadas con vitamina D3 en 201 familias (782 participantes de 4 a 60 años) durante el invierno, y que encontró que la fortificación conjunta de ambas matrices redujo la caída estacional de 25(OH)D sérica y mantuvo concentraciones adecuadas en niños y adultos [20]. Sin embargo, este estudio evaluó el efecto conjunto de leche y pan, no el aporte de cada matriz por separado. Un ensayo acotado en Chile con grupos que reciban solo harina fortificada, solo leche fortificada, ambas matrices o ninguna, entregaría información sobre el aporte relativo de cada una y su efecto combinado en distintos grupos de edad.

4.3 Comunicación al consumidor sobre la fortificación de alimentos

Revisado todo lo anterior, cabe preguntarse si el consumidor chileno comprende qué significa que un alimento esté fortificado y por qué esto es relevante para su salud. En el mercado conviven alimentos con fortificación obligatoria por ley —como la harina, la sal o la leche— con productos voluntariamente fortificados y promocionados como tales con fines de diferenciación comercial, lo que puede generar confusión entre una obligación sanitaria y una estrategia de marketing.

Una posible vía para abordar esta confusión es evaluar el diseño de un sello o distintivo que identifique específicamente la fortificación de carácter obligatorio, diferenciándola de las declaraciones voluntarias en el etiquetado. Este desafío es particularmente relevante para el pan de panadería tradicional de venta a granel, que no lleva ningún tipo de etiquetado, pero que es portador no solo de la fortificación con vitamina D, sino también de ácido fólico, hierro y otros micronutrientes que la harina incorpora por mandato regulatorio [1].

Esta situación plantea una pregunta adicional: si, a juicio del consumidor, un pan industrial envasado, que declara su información nutricional de forma escrita y visible, es percibido como un producto que aporta más micronutrientes que un pan de panadería tradicional, aun cuando ambos se elaboran con harina fortificada.

No se identificó, en la literatura revisada para la realización de este documento, evidencia sobre el nivel de comprensión del consumidor chileno respecto de la fortificación de alimentos, sobre la forma en que la presencia o ausencia de etiquetado influye en su percepción del aporte nutricional del pan, ni sobre la efectividad de distintos formatos de comunicación al respecto. Este es un vacío de investigación que amerita ser abordado de forma específica, y que se plantea aquí como una pregunta abierta más que como una conclusión respaldada por evidencia.

05 Recomendaciones de política

1. Financiar y ejecutar un estudio de estabilidad de vitamina D3 en preparaciones de panadería de mayor consumo en Chile, midiendo la retención verdadera desde la harina hasta el pan.
2. Evaluar la estabilidad de la vitamina D3 en la harina fortificada, incluida la harina importada mediante toma de muestras, durante su almacenamiento, el transporte y la panadería, en condiciones reales de la cadena de distribución, dado que el punto de verificación del decreto es el molino y no existen estudios sobre esta etapa.
3. Diseñar y ejecutar ensayos clínicos acotados en población chilena que evalúen el efecto de la harina fortificada, la leche fortificada, y su combinación, sobre los niveles séricos de 25(OH)D, para aislar el aporte de cada matriz por separado.
4. Evaluar el diseño de un sello o distintivo que identifique la fortificación de carácter obligatorio por ley, diferenciándola de las declaraciones voluntarias utilizadas con fines de marketing en otros productos.
5. Investigar el nivel de comprensión del consumidor chileno sobre la fortificación de alimentos en general y la influencia del etiquetado en su percepción del aporte nutricional del pan, dado que no se identificó evidencia disponible sobre estos puntos.
6. Establecer una evaluación periódica —sugerida cada 5 a 6 años— de los niveles séricos de 25(OH)D y de la ingesta de vitamina D en la población chilena, cruzando esta información con el consumo de pan y leche en las distintas etapas de la vida. Esta evaluación, a cargo de la autoridad sanitaria, debe permitir detectar tanto la persistencia de la deficiencia como posibles excesos y ajustar los niveles de fortificación si fuera necesario, aprovechando la posición de Chile como primer país de América Latina en fortificar harina de trigo con vitamina D para generar

evidencia poblacional que actualmente no existe en ningún país que fortifica esta matriz.

Declaraciones

Uso de inteligencia artificial. En la elaboración de este documento se utilizó Claude (Anthropic), una herramienta de inteligencia artificial generativa, como apoyo en la revisión de redacción, la búsqueda de referencias bibliográficas complementarias, la verificación de la correspondencia entre el texto y las fuentes citadas, la organización de la bibliografía y el diseño del formato. La herramienta no generó datos ni resultados. El contenido, su interpretación y las recomendaciones fueron definidos y revisados por la autora, quien asume plena responsabilidad por el documento.

Conflicto de interés. Este documento fue elaborado por la Asociación Gremial Molineros del Sur, cuyos asociados son molinos de trigo sujetos a la obligación de fortificación establecida en el Decreto Supremo N°29. Su elaboración no contó con financiamiento externo.

Cómo citar este documento: Marchant L. Fortificación obligatoria de harina de trigo con vitamina D3 en Chile: marco regulatorio, evidencia científica y recomendaciones para la industria molinera. Serie Briefs Técnicos N° 01. Santiago: Asociación Gremial Molineros del Sur; 2026. Disponible en: www.molsurag.cl

06 Referencias

- [1] Ministerio de Salud de Chile. Decreto Supremo N°29 que modifica el Decreto Supremo N°977, de 1996, del Ministerio de Salud, Reglamento Sanitario de los Alimentos. Diario Oficial de la República de Chile, Núm. 43.879, 18 de junio de 2024.
- [2] Balachandar R, Pullakhandam R, Kulkarni B, Sachdev HS. Relative Efficacy of Vitamin D2 and Vitamin D3 in Improving Vitamin D Status: Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2021;13(10):3328. <https://doi.org/10.3390/nu13103328>
- [3] Bruins MJ. Contribution of different vitamin D forms and fortified foods to vitamin D intake in Europe: a narrative review. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 2025;251:106761. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2025.106761>
- [4] Jones G. 100 years of vitamin D: Historical aspects of vitamin D. *Endocrine Connections*. 2022;11(4):e210594. <https://doi.org/10.1530/EC-21-0594>
- [5] Ministerio de Salud de Chile, Departamento de Epidemiología. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017: segunda entrega de resultados. Santiago: Ministerio de Salud; 2018. Disponible en: <http://epi.minsal.cl/resultados-encuestas/>
- [6] Leiva C, Borzutzky A, Le Roy C, Rojas L. Deficiencia de vitamina D: propuesta de modelo chileno para una política nacional de fortificación alimentaria. *Temas de la Agenda Pública*. 2020;15(124):1-18. Centro de Políticas Públicas UC, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [7] Pilz S, März W, Cashman KD, Kiely M, Whiting S, Holick M, Grant W, Pludowski P, Hiligsmann M, et al. Rationale and plan for vitamin D food fortification: a review and guidance paper. *Frontiers in Endocrinology*. 2018;9:373. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00373>
- [8] Fisberg M, Kovalskys I, Gómez G, Rigotti A, Cortés LY, Herrera-Cuenca M, et al. Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS): rationale and study design. *BMC Public Health*. 2016;16:93. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-2765-y>
- [9] Margozzini P, Passi Á. Encuesta Nacional de Salud, ENS 2016-2017: un aporte a la planificación sanitaria y políticas públicas en Chile. *ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas*. 2018;43(1):30-34. <https://doi.org/10.11565/arsmed.v43i1.1354>
- [10] Olivares M, Pizarro F, Hertrampf E, Walter T, Arredondo M, Letelier A. Fortificación de alimentos con hierro en Chile. *Revista Chilena de Nutrición*. 2000;27(3):340-344.
- [11] Cortés F, Mellado C, Pardo RA, Villarroel LA, Hertrampf E. Wheat flour fortification with folic acid: changes in neural tube defects rates in Chile. *American Journal of Medical Genetics Part A*. 2012;158A(8):1885-1890.
- [12] Jääskeläinen T, Itkonen ST, Lundqvist A, Erkkola M, Koskela T, Lakkala K, Dowling KG, Hull GLJ, Kröger H, Karppinen J, Kyllönen E, Härkänen T, Cashman KD, Männistö S, Lamberg-Allardt C. The positive impact of general vitamin D food fortification policy on vitamin D status in a representative adult Finnish population: evidence from an 11-y follow-up based on standardized 25-hydroxyvitamin D data. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2017;105(6):1512-1520. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.151415>
- [13] Moulas AN, Vaiou M. Vitamin D fortification of foods and prospective health outcomes. *Journal of Biotechnology*. 2018;285:91-101.
- [14] Abdul Majeed S, Said S, Hassan DA, Sadiq F, Alhosani M, Al-Jawaldeh A, El-Obeid T, Tayyem R. Evaluating the effectiveness and risks of bread fortification programs in the middle eastern region: a comprehensive review. *Frontiers in Public Health*. 2025;13:1530380. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1530380>

- [15] Nikooyeh B, Neyestani TR, Zahedirad M, Mohammadi M, Hosseini SH, Abdollahi Z, Salehi F, Mirzay Razaz J, Shariatzadeh N, Kalayi A, Lotfollahi N, Maleki MR. Vitamin D-fortified bread is as effective as supplement in improving vitamin D status: a randomized clinical trial. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2016;101(6):2511-2519. <https://doi.org/10.1210/jc.2016-1631>
- [16] Jakobsen J, Knuthsen P. Stability of vitamin D in foodstuffs during cooking. *Food Chemistry*. 2014;148:170-175. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.043>
- [17] Tabibian M, Torbati M, Afshar Mogaddam MR, Mirlohi M, Sadeghi J, Mohtadinia J. Evaluation of vitamin D3 and D2 stability in fortified flat bread samples during dough fermentation, baking and storage. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*. 2017;7(3):323-328. <https://doi.org/10.15171/apb.2017.038>
- [18] Boudrag S, Arendt EK, Segura Godoy C, Sahin AW, Nyhan L, Cashman KD, Zannini E. Optimising white wheat bread fortification with vitamin D3 and dietary fibre: balancing nutritional enhancement and technological quality. *Foods*. 2025;14(12):2055. <https://doi.org/10.3390/foods14122055>
- [19] Nikooyeh B, Holick MF, Abdollahi Z, Rasekhi H, Amini M, Ghodsi D, et al. Effectiveness and potential toxicity of bread fortification with vitamin D in general population: a predictive modeling study. *Journal of Nutrition*. 2025;155:1268-1277. <https://doi.org/10.1016/j.tjn.2025.02.019>
- [20] Madsen KH, Rasmussen LB, Andersen R, Mølgaard C, Jakobsen J, Bjerrum PJ, Andersen EW, Mejborn H, Tetens I. Randomized controlled trial of the effects of vitamin D-fortified milk and bread on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in families in Denmark during winter: the VitmaD study. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2013;98(2):374-382. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.059469>