



Historia e impacto del yodo en la salud chilena

Moraga, Mariana¹

Fecha: Septiembre 2025
Volumen / Número: 1/ 2
Páginas: 1–20
Área temática: Salud Pública e Historia de Chile
Número de artículo: Art. 2
Sitio web: www.revistacienciasestudiantes.com

Abstract

Este estudio examina la historia y el impacto de la yodación de la sal en Chile como una estrategia de salud pública para combatir la deficiencia de yodo. Se analiza el papel del yodo en la salud humana, particularmente en la prevención del bocio endémico y el cretinismo, y se evalúan los efectos socioeconómicos de su implementación en Chile desde 1979. A través de fuentes científicas y documentales, se exploran los logros en la reducción de enfermedades relacionadas con el déficit de yodo, así como los desafíos enfrentados, como el exceso de yodo y los cambios en los hábitos alimentarios. Los resultados destacan el éxito de la yodación de la sal en la mejora de la salud, la productividad y la equidad social, posicionando a Chile como un modelo de intervención preventiva.

Palabras clave: Yodo, Yodación de la Sal, Bocio Endémico, Salud Pública, Desarrollo Cognitivo, Chile

Abstract

This study examines the history and impact of salt iodization in Chile as a public health strategy to combat iodine deficiency. It analyzes the role of iodine in human health, particularly in preventing endemic goiter and cretinism, and evaluates the socioeconomic effects of its implementation in Chile since 1979. Through scientific and documentary sources, the achievements in reducing iodine deficiency-related diseases are explored, alongside challenges such as iodine excess and changing dietary habits. The results highlight the success of salt iodization in improving health, productivity, and social equity, positioning Chile as a model for preventive intervention.

Keywords: Iodine, Salt Iodization, Endemic Goiter, Public Health, Cognitive Development, Chile

1. Estudiante, Colegio Curimon de San Felipe, Chile. Correo: mariema0827@gmail.com

1 Introducción

El yodo, un micronutriente esencial para el organismo humano, desempeña un papel fundamental en el funcionamiento de la glándula tiroides y en la regulación de procesos vitales como el metabolismo, el crecimiento y el desarrollo neurológico. A pesar de su relevancia, la deficiencia de yodo ha sido históricamente una de las principales causas de problemas de salud pública en diversas partes del mundo. Enfermedades como el bocio endémico, el cretinismo y otros trastornos tiroideos destacan entre las manifestaciones más graves asociadas a la falta de este elemento, afectando tanto a individuos como al desarrollo de comunidades enteras.

En este contexto, las políticas de salud pública han desempeñado un papel clave para abordar esta problemática. La yodación de la sal, reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF como una intervención costo-efectiva, ha transformado la calidad de vida en numerosos países. Chile, en particular, se erige como un ejemplo notable en la lucha contra la deficiencia de yodo, al implementar desde 1979 la obligatoriedad de la yodación de la sal.

Desde que se inició la yodación obligatoria en Chile, la prevalencia del hipotiroidismo por déficit de yodo ha disminuido, no así en otras partes del mundo donde la yodación de la sal no es obligatoria. Este esfuerzo no solo ha reducido drásticamente la prevalencia de enfermedades relacionadas con el déficit de yodo, sino que también ha generado un impacto económico y social significativo.

Este ensayo explora la importancia del yodo desde una perspectiva biológica y nutricional, analizando sus fuentes naturales, el impacto de su deficiencia, y los avances logrados en Chile a través de la yodación de la sal. A lo largo de sus capítulos, se abordarán tanto los logros alcanzados como los desafíos y soluciones adoptadas para mantener un equilibrio adecuado en la ingesta de este nutriente esencial. La experiencia chilena no sólo ilustra la eficacia de políticas preventivas basadas en evidencia científica, sino que también subraya la necesidad de un monitoreo constante para adaptarse a los cambios en los hábitos alimenticios y garantizar la sostenibilidad de los logros alcanzados.

2 La importancia del yodo

El yodo es fundamental para la producción de hormonas tiroideas, que regulan el metabolismo, el crecimiento y el desarrollo del sistema nervioso. Este se adquiere mediante la alimentación, pues se trata de un oligoelemento natural que el cuerpo no puede producir por sí solo.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la ingesta diaria recomendada de yodo varía según la edad y el estado fisiológico de las personas. Los adultos necesitan 150 µg, los niños de 7 a 11 años requieren 120 µg, los niños de 1 a 6 años necesitan 90 µg, y los recién nacidos requieren 50 µg. Las mujeres embarazadas y en período de lactancia necesitan una mayor cantidad, estimada en 250 µg diarios, debido a su importancia crítica para el desarrollo del sistema nervioso del feto.²

La deficiencia de yodo puede tener consecuencias graves para la salud. La más conocida es el bocio, una inflamación de la glándula tiroides. El bocio endémico “es un problema nutricional colectivo que constituye la enfermedad crónica de más fácil prevención y control, sin embargo aún constituye un serio problema de salud pública mundial, estimándose que alrededor de 650 millones de personas tienen bocio, 43 millones padecen de cretinismo endémico y 1.570 millones están en riesgo de padecer esta enfermedad por vivir en áreas que presentan un déficit de yodo”.³ En casos más severos, la deficiencia de yodo durante el embarazo puede causar cretinismo endémico, un trastorno irreversible del desarrollo neurológico.⁴

Un ejemplo particularmente interesante de los efectos de la falta de yodo es “La enfermedad de los montañeses”. Esto ocurrió en siglo XIX, cuando se descubrió que las regiones montañosas tenían altas tasas de bocio y cretinismo

2. Organización Mundial de la Salud, *Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring Their Elimination: A Guide for Programme Managers*, 3rd (Ginebra, Suiza, 2007).

3. Santiago Muzzo, “Tendencia de la nutrición de yodo durante las últimas décadas en escolares chilenos y sus consecuencias,” *Revista Chilena de Endocrinología y Diabetes* 4, no. 4 (2011): 283–289.

4. Michael Zimmermann, “Iodine Deficiency,” *Endocrine Reviews* 30, no. 4 (June 2009): 376–403, <https://doi.org/10.1210/er.2009-0011>.

porque el agua de deshielo de las montañas arrastraba los minerales del suelo, dejando el agua y los cultivos pobres en yodo.⁵ Estos efectos adversos subrayan la necesidad de una ingesta adecuada de yodo.

3 El yodo en la alimentación chilena

El yodo se encuentra principalmente en productos del mar, como pescado, mariscos y algas, que son las principales fuentes dietéticas de este mineral.⁶ Esto se debe a que el mar es una fuente prácticamente ilimitada de yodo, ya que posee casi la totalidad este.⁷

Las algas marinas son particularmente ricas en este mineral, y algunas especies, como las algas kelp, concentran cantidades bastante altas.⁸ Por esta razón, las dietas tradicionales de países como Japón, que incluyen grandes cantidades de algas,⁹ suelen ser ricas en yodo. Las hortalizas, los huevos, las carnes de ave y de vacuno también contienen yodo, aunque sus niveles varían según las condiciones del suelo y la alimentación del ganado.¹⁰

Conviene recordar los efectos dañinos que trae el déficit de yodo para poder entender la situación chilena. Según Muzzo “Está comprobado que un déficit de yodo durante el embarazo puede perjudicar el desarrollo del sistema nervioso del hijo en gestación y a mayor severidad del déficit se puede producir un retardo mental irreversible llamado cretinismo endémico”.¹¹ Como dato adicional, la palabra “cretinismo” proviene de la palabra francesa *chrétien*, que significa “cristiano”. Esto se debía a que las personas con esta condición en los Alpes eran llamadas así para subrayar su humanidad y protegerlas del desprecio social.¹²

Esto demuestra el importante papel que juega el yodo en el desarrollo cerebral del feto y que, una corrección del déficit durante todo el embarazo, previene el cretinismo endémico.

En el caso de Chile es necesario entregar yodo como suplemento alimenticio dado que nuestro suelo, al igual que el de varios países de América Latina, carece de yodo al haber sido arrasado durante las glaciaciones, sumado al hecho que la población consume muy pocos productos del mar ricos en este componente.¹³

4 Yodación de la sal en Chile

Para contrarrestar esto, la mayoría de los países en donde hay carencia de yodo, se suplementa en la sal de consumo humano. Esto se debe a que la yodación de la sal es una estrategia eficaz para garantizar una ingesta adecuada de yodo en la población, al punto en que ha sido reconocida por la OMS como una solución efectiva.¹⁴

Es así como “Chile reconoció que bocio endémico era un problema de salud pública, al exigir por ley en 1960 la yodación de toda la sal de consumo humano en el orden de los 100 ppm. La fortificación de la sal con yodo, es una estrategia muy efectiva, pero que requiere una monitorización constante a distintos niveles”.¹⁵ Sin embargo, no fue

5. Noël de Passy, *Définition et répartition du crétinisme en France et en Europe*, Culture, Histoire et Patrimoine de Passy, 2025, <https://www.histoire-passy-montblanc.fr/patrimoine-de-passy/patrimoine-hospitalier/la-lutte-contre-le-cretinisme-et-les-goitres/definition-et-repartition-du-cretinisme-en-france-et-en-europe/>.

6. Tatiana Zanin, *28 Alimentos con yodo (y cuál es su función)*, Tua Saúde, 2023, <https://www.tuasaude.com/es/alimentos-con-yodo/>.

7. Peter Smyth, “Iodine, Seaweed, and the Thyroid,” *European Thyroid Journal* 10, no. 2 (2021): 101–108, <https://doi.org/10.1159/000512971>.

8. Medline Plus, *Yodo en la dieta*, MedlinePlus, 2025, <http://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002421.htm>.

9. Vilma Quiral et al., “Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional,” *Revista Chilena de Nutrición* 39, no. 4 (December 2012): 196–202.

10. National Institutes of Health, *Yodo - Datos en español*, NIH Office of Dietary Supplements, 2024, <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-DatosEnEspañol/>.

11. Santiago Muzzo, *La nutrición de yodo en Chile: Su importancia y evolución en las últimas décadas*, Nutrición y Vida, 2023, <https://nutricionyvida.cl/la-nutricion-de-yodo-en-chile-su-importancia-y-evolucion-en-las-ultimas-decadas/>.

12. Bionity, *Chretinism*, Accessed September 1, 2025, <https://www.bionity.com/en/encyclopedia/Cretinism.html>.

13. Richard Follis, *Distribución geográfica de la deficiencia de yodo en América Latina*, Accessed September 1, 2025, n.d. 28–38, <https://iris.paho.org/handle/10665.2/15355>.

14. World Health Organization, *Iodization of salt for the prevention and control of iodine deficiency disorders*, World Health Organization (WHO), 2023, <https://www.who.int/tools/elena/interventions/salt-iodization>.

15. Guadalupe López-Rodríguez and Santiago Muzzo, “Evolución de la nutrición del yodo en la población chilena,” *Revista Chilena de Nutrición* 33, no. 2 (August 2006): 204–206, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000200010.

hasta 1979 que ésta se volvió imperativa mediante un Reglamento de Obligatoriedad del Ministerio de Salud que estableció que toda sal de consumo humano debía ser yodada con 100 partes por millón (ppm) de yodato de sodio o potasio.

Los primeros datos tras la obligatoriedad mostraron una disminución en la prevalencia del bocio. En 1982, se reportó una prevalencia del 18,8% en escolares de la Región Metropolitana, lo que fue un descenso notable comparado con datos previos. “Posteriormente el año 1986, y tras definir estudios con mayor representatividad al tomar un área de la zona norte (Calama), centro (Santiago), sur (Temuco) y extremo sur (Punta Arenas) del país, se detectó que la prevalencia de bocio en escolares de Santiago y Temuco ya había descendido a un 7,6%”.¹⁶

Entre 1991 y 1995 se confirmó una tendencia descendente en la prevalencia del bocio y se encontró que la yodación de la sal cumplía con los estándares establecidos. Sin embargo, se detectó un problema nuevo: los niveles de excreción de yodo en orina eran alarmantemente altos, lo que indicaba una posible sobrecarga de yodo. Este exceso podría tener efectos adversos sobre la tiroides, como el desarrollo de tiroiditis autoinmune. A raíz de esto, expertos recomendaron reducir la concentración de yodo en la sal de 100 a 40 ppm.

Como dato adicional, antes de la yodación de la sal, los bocios gigantes eran comunes y requerían cirugías complicadas. En el siglo XIX, el cirujano suizo Theodor Kocher fue pionero en técnicas para extirpar bocios. Por sus contribuciones, recibió el Premio Nobel de Medicina en 1909. El bocio era tan común en algunas regiones montañosas (donde el suelo es pobre en yodo) que llegó a considerarse un rasgo distintivo de las comunidades locales. En los Alpes europeos, por ejemplo, la prevalencia del bocio era tan alta que las personas con esta condición eran representadas en el arte y la literatura de la época.

5 Impacto económico y social de la yodación en Chile

La implementación de la yodación de la sal en Chile no solo mejoró la salud de la población, sino que también tuvo un impacto significativo en el ámbito económico y social. El déficit de yodo, antes de la yodación, tenía consecuencias graves en términos de productividad laboral, educación y desarrollo humano, especialmente en las zonas rurales y de bajos recursos:

Mejora de la productividad laboral: Antes de la yodación de la sal, las personas afectadas por el déficit de yodo, especialmente aquellos con bocio endémico o problemas cognitivos relacionados con el cretinismo, experimentaban una reducción significativa en su capacidad para trabajar de manera eficiente. La literatura académica de hecho correlaciona la nutrición con el crecimiento económico, siendo países con mejor nutrición más productivos.¹⁷ En Chile, el impacto fue más evidente en regiones agrícolas y rurales, donde el trabajo físico era la principal fuente de ingresos. Con la disminución de la prevalencia del bocio y la mejora del desarrollo cognitivo, las comunidades rurales pudieron ser más productivas y contribuir al desarrollo económico regional.

Reducción de costos en salud pública: Tratar las complicaciones del déficit de yodo, como el bocio y el cretinismo, representaba un costo significativo para el sistema de salud chileno. La yodación de la sal, al ser una medida preventiva de bajo costo, redujo drásticamente la incidencia de estas enfermedades, disminuyendo los gastos asociados a hospitalizaciones, cirugías de tiroides y terapias para discapacidades relacionadas. Según la OMS, el costo de la yodación de la sal es menor a \$0,05 USD por persona al año,¹⁸ mientras que los costos asociados con el tratamiento de enfermedades por déficit de yodo son mucho más altos.

Mayor desarrollo económico a largo plazo: La mejora en el desarrollo cognitivo y físico de las generaciones más jóvenes tuvo un impacto positivo en la economía a largo plazo. La reducción de problemas como el cretinismo permitió que más niños accedieran a la educación y alcanzaran su máximo potencial intelectual, aumentando así la fuerza laboral calificada en el país.

En temas sociales ayudó a mejorar la calidad de vida por ejemplo en las regiones más afectadas por el bocio, como las zonas del sur de Chile, las personas solían experimentar estigmatización social debido a las deformidades

16. Muzzo, *La nutrición de yodo en Chile: Su importancia y evolución en las últimas décadas*.

17. I. Lenoir-Wijnkoop et al., “Nutrition economics – food as an ally of public health,” *The British Journal of Nutrition* 109, no. 5 (2013): 777–784, <https://doi.org/10.1017/S0007114512005107>.

18. Organización Mundial de la Salud, *Estrategias de yodación universal de la sal y reducción de la ingesta de sodio: compatibles, rentables y de gran beneficio para la salud pública*, 2022.

visibles causadas por la enfermedad. La reducción de estos casos mejoró la autoestima y la integración social de las personas afectadas.

También ayudó a la reducción de desigualdades, el déficit de yodo afectaba desproporcionadamente a las comunidades más pobres y rurales, donde el acceso a alimentos ricos en yodo, como los productos del mar, era limitado. La yodación universal de la sal democratizó el acceso a este micronutriente esencial, cerrando brechas de salud entre las diferentes regiones del país.

Recordemos que en los años 80, la prevalencia del bocio era significativamente más alta en escolares de áreas rurales que en urbanas.¹⁹ Para 1995, esta brecha prácticamente desapareció gracias a la yodación. Recordemos que el yodo afecta en el desarrollo cognitivo, por lo que su universalización ayudó significativamente en esta área.

Además, las políticas públicas creadas respecto al yodo marcaron un fuerte precedente en Chile. Este éxito impulsó al país a adoptar medidas similares para combatir otras deficiencias nutricionales, como la fortificación de la harina con hierro y ácido fólico.²⁰

El impacto económico y social de la yodación de la sal en Chile es un ejemplo de cómo una intervención sencilla y costo-efectiva puede transformar la salud y el desarrollo de un país. Al erradicar prácticamente el bocio endémico y reducir las complicaciones asociadas al déficit de yodo, Chile mejoró la calidad de vida de su población, redujo costos en el sistema de salud y fomentó el desarrollo económico a largo plazo. Esto muestra la importancia de invertir en estrategias preventivas de salud pública que benefician tanto a las generaciones actuales como a las futuras.

6 Desafíos y soluciones en Chile

Como hemos visto, la yodación de la sal ha sido una medida crucial de salud pública para combatir la deficiencia de yodo y prevenir enfermedades como el bocio endémico y el retraso mental asociado al hipotiroidismo congénito. Sin embargo, la implementación de esta estrategia también ha presentado desafíos y soluciones específicas.

Durante las primeras décadas de la yodación, se detectaron casos de niveles elevados de yodo en la población debido a un exceso de suplementación.²¹ Esto generó preocupación sobre posibles efectos adversos, como la tiroiditis autoinmune. La necesidad de ajustar las concentraciones de yodo en la sal se hizo evidente para evitar una sobrecarga en ciertos grupos vulnerables, como los niños pequeños y las personas con predisposición genética a enfermedades tiroideas. Sin embargo, el ajuste hecho a 40 ppm permitió solucionar estos problemas. Los monitores constantes también han sido vitales para mantener la vigencia de las medidas. Además, cabe mencionar nuevamente a la desigualdad inicial, más esta fue diluyéndose a medida que la yodación se universalizaba.

Ultimamente, cambios en los hábitos alimentarios, con un aumento del consumo de alimentos procesados, han dificultado la supervisión directa del yodo ingerido, ya que la sal utilizada en alimentos industriales no siempre está yodada lo que ha llevado a la OMS a alertar sobre estos problemas.²²

Sin embargo, en términos generales, se considera que la yodación de la sal y las medidas tomadas en Chile fueron exitosas, y permitieron la erradicación del bocio en Chile.

7 Conclusión

El impacto del yodo en la salud humana, particularmente en el desarrollo físico, metabólico y cognitivo, subraya su importancia como micronutriente esencial. Hemos podido estudiar cómo impactan las enfermedades causadas por la deficiencia de yodo, como el bocio endémico y el cretinismo, en la salud y la economía de los países, particularmente en Chile. Así también hemos visto cómo la medida para la yodación de la sal implementada en 1979 permitió grandes avances en la equidad y la salud de las poblaciones chilenas.

19. López-Rodríguez and Muzzo, “Evolución de la nutrición del yodo en la población chilena.”

20. Fernando Pizarro, *El pan nuestro de cada día: Su historia y fortificación*, INTA, Universidad de Chile, 2022, <https://inta.uchile.cl/noticias/201109/el-pan-nuestro-de-cada-dia-su-historia-y-fortificacion>.

21. Muzzo, *La nutrición de yodo en Chile: Su importancia y evolución en las últimas décadas*.

22. Katherine Ardila, “OMS advierte preocupante aumento de la deficiencia de yodo por dietas que evitan lácteos y sal yodada,” *Medicina y Salud Pública*, 2024, <https://medicinaysaludpublica.com/noticias/nutricion/oms-advierde-preocupante-aumento-de-la-deficiencia-de-yodo-por-dietas-que-evitan-lacteos-y-sal-yodada/24159>.

En síntesis, la yodación de la sal en Chile es un caso ejemplar de cómo una intervención sencilla, basada en evidencia científica, puede transformar la salud, la economía y la estructura social de un país. Este modelo exitoso nos muestra la importancia de mantener un monitoreo constante, promover la educación en salud y adaptar las políticas públicas a las necesidades cambiantes de la población. Asimismo, demuestra la relevancia de invertir en estrategias preventivas que garanticen un desarrollo sostenible y equitativo, asegurando una mejor calidad de vida para las generaciones actuales y futuras.

References

- Ardila, Katherine. “OMS advierte preocupante aumento de la deficiencia de yodo por dietas que evitan lácteos y sal yodada.” *Medicina y Salud Pública*, 2024. <https://medicinaysaludpublica.com/noticias/nutricion/oms-advierte-preocupante-aumento-de-la-deficiencia-de-yodo-por-dietas-que-evitan-lacteos-y-sal-yodada/24159>.
- Bionity. *Chretinism*. Accessed September 1, 2025. Bionity.com, n.d. <https://www.bionity.com/en/encyclopedia/Cretinism.html>.
- Follis, Richard. *Distribución geográfica de la deficiencia de yodo en América Latina*. Accessed September 1, 2025, n.d. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/15355>.
- Lenoir-Wijnkoop, I., I. Jones, P. J. Jones, L. Segal, R. Uauy, and J. Milner. “Nutrition economics – food as an ally of public health.” *The British Journal of Nutrition* 109, no. 5 (2013): 777–784. <https://doi.org/10.1017/S0007114512005107>.
- López-Rodríguez, Guadalupe, and Santiago Muzzo. “Evolución de la nutrición del yodo en la población chilena.” *Revista Chilena de Nutrición* 33, no. 2 (August 2006): 204–206. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000200010.
- Medline Plus. *Yodo en la dieta*. MedlinePlus, 2025. <http://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002421.htm>.
- Muzzo, Santiago. *La nutrición de yodo en Chile: Su importancia y evolución en las últimas décadas*. Nutrición y Vida, 2023. <https://nutricionyvida.cl/la-nutricion-de-yodo-en-chile-su-importancia-y-evolucion-en-las-ultimas-decadas/>.
- . “Tendencia de la nutrición de yodo durante las últimas décadas en escolares chilenos y sus consecuencias.” *Revista Chilena de Endocrinología y Diabetes* 4, no. 4 (2011): 283–289.
- National Institutes of Health. *Yodo - Datos en español*. NIH Office of Dietary Supplements, 2024. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-DatosEnEspañol/>.
- Organización Mundial de la Salud. *Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring Their Elimination: A Guide for Programme Managers*. 3rd. Ginebra, Suiza, 2007.
- . *Estrategias de yodación universal de la sal y reducción de la ingesta de sodio: compatibles, rentables y de gran beneficio para la salud pública*, 2022.
- Passy, Noël de. *Définition et répartition du crétinisme en France et en Europe*. Culture, Histoire et Patrimoine de Passy, 2025. <https://www.histoire-passy-montblanc.fr/patrimoine-de-passy/patrimoine-hospitalier/la-lutte-contre-le-cretinisme-et-les-goitres/definition-et-repartition-du-cretinisme-en-france-et-en-europe/>.
- Pizarro, Fernando. *El pan nuestro de cada día: Su historia y fortificación*. INTA, Universidad de Chile, 2022. <https://inta.uchile.cl/noticias/201109/el-pan-nuestro-de-cada-dia-su-historia-y-fortificacion>.
- Quitral, Vilma, Carla Morales, Marcela Sepúlveda, and Marco Schwartz. “Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional.” *Revista Chilena de Nutrición* 39, no. 4 (December 2012): 196–202.
- Smyth, Peter. “Iodine, Seaweed, and the Thyroid.” *European Thyroid Journal* 10, no. 2 (2021): 101–108. <https://doi.org/10.1159/000512971>.
- World Health Organization. *Iodization of salt for the prevention and control of iodine deficiency disorders*. World Health Organization (WHO), 2023. <https://www.who.int/tools/elena/interventions/salt-iodization>.
- Zanin, Tatiana. *28 Alimentos con yodo (y cuál es su función)*. Tua Saúde, 2023. <https://www.tuasaude.com/es/alimentos-con-yodo/>.
- Zimmermann, Michael. “Iodine Deficiency.” *Endocrine Reviews* 30, no. 4 (June 2009): 376–403. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0011>.