



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

TESIS DOCTORAL

Niveles de cadmio y plomo en población infantil y adulta de 2 zonas de Cartagena con diferente exposición a residuos mineros.

D. ^a Natalia Alejandra Cabrera Castro

2024



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

TESIS DOCTORAL

Niveles de cadmio y plomo en población infantil y adulta de 2 zonas de Cartagena con diferente exposición a residuos mineros.

Autor: D.ª Natalia Alejandra Cabrera Castro

Directores: D. José Jesús Guillen Pérez, y

D.ª María Dolores Chirlaque López



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD
DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022

D./Dña. Natalia Alejandra Cabrera Castro

doctorando del Programa de Doctorado en

872 - PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD (PLAN 2013)

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Niveles de cadmio y plomo en población infantil y adulta de 2 zonas de Cartagena con diferente exposición a residuos mineros.

y dirigida por,

D./Dña. MARÍA DOLORES CHIRLAQUE LÓPEZ

D./Dña. JOSÉ JESÚS GUILLÉN PÉREZ

D./Dña.

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Si la tesis hubiera sido autorizada como tesis por compendio de publicaciones o incluyese 1 o 2 publicaciones (como prevé el artículo 29.8 del reglamento), declarar que cuenta con:

- La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 20 de SEPTIEMBRE de 2024

Fdo.: NATALIA ALEJANDRA CABRERA CASTRO

Esta DECLARACION DE AUTORIA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

| Información básica sobre protección de sus datos personales aportados | |
|---|--|
| Responsable: | Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es |
| Legitimación: | La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos |
| Finalidad: | Gestionar su declaración de autoría y originalidad |
| Destinatarios: | No se prevén comunicaciones de datos |
| Derechos: | Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia |

A mi familia, a la que me tocó y a la que elegí, a la
que se fue y a la que está.

Agradecimientos

A todas y todos los participantes del Estudio Emblema por su solidaridad. Y a las personas de los centros de salud y colegios que lo hicieron posible, personal de administración, docente, de enfermería y medicina, gracias por vuestro trabajo diario.

A José Carlos Vicente y a Manuel Villegas por apoyar la búsqueda de respuestas a través de una investigación rigurosa e independiente, y por creer que éramos capaces de hacer este trabajo.

Al personal del servicio de análisis clínicos del HU Santa Lucía por su ayuda. En especial a la Dra. María Dolores Albaladejo, gracias por encontrar soluciones a los problemas que te planteábamos, y por hacerlo siempre con amabilidad y una sonrisa.

A Josefina Marín, trabajadora incansable y persona excepcional, que desde los servicios centrales del SMS confió en nosotros y nos proporcionó su ayuda para hacer este estudio.

A Mercedes Barba, gerente del área IV, y a mis compañeros y compañeras del centro de salud de Bullas, que entendieron que para mí era importante hacer esta investigación.

A Ana Rin y Eva Galindo, de Demométrica, por vuestra vitalidad.

A mis compañeras y compañeros del Servicio de Epidemiología, sois grandes y, como ya habéis demostrado sois aún más grandes en las crisis, os quiero remando conmigo. Un abrazo especial a nuestro equipo de enfermería, Inma Marín, Mercedes Expósito, Sandra Garrido, Jacinta Tortosa†, Consuelo Martínez, Encarna Gutiérrez y Encarna Vicente, que aunque no era una tarea fácil nos ayudaron sin reservas en cuanto se lo pedimos. Y por supuesto, a ese equipo de administración tan versátil, Esperanza Ríos, Bárbara Lorente y M José Sánchez

A los residentes que han hecho un pedacito del estudio EMBLEMA. Gracias Pedro Yepes, tu ilusión se contagiaba, y a Juanfran Monteagudo, Inés Sánchez, Daniel Rodríguez y Marta Cañadilla

A mis compañeros del equipo de investigación, José María Huertas, Mónica Ballesta, Francisco Pacheco, José Jesús Guillén, José Luis López, Humberto Gómez y M Dolores Chirlaque por compartir esta travesía. Y a los asesores científicos externos por sus precisas aportaciones.

A Carmen Santiuste e Inés Sánchez, por sus empujones para que escribiera la tesis, y sobre todo por su amistad.

A mis directores, José Jesús Guillén y María Dolores Chirlaque, por su apoyo constante, su guía, y por seguir creyendo que investigar nos ayuda a avanzar, dedicándole ese tiempo extra que ninguno tenemos.

A Humberto, gracias por haber compartido este y otros muchos proyectos conmigo estos años, además de “soportarme” en el despacho.

A mis hermanos/as y mis sobrinos/as, gracias simplemente por estar y ser como sois, cada día encuentro más razones para admiraros y quereros, os elegiría siempre. Alejandro y Analía, Mónica y Miguel Ángel, Pablo y Azucena, Gustavo y Zulema, Belén, Tomás, Alejandra, Sofía, Marcela y Victoria.

A mi abuela Rosario, con ese delantal que cubría a todos sus pollitos, que me enseñó a dar amor y cariño en todo lo que hago.

A mi familia elegida, sabéis quienes sois, gracias por compartir tantos momentos y por creer en mí. Gracias Maru†, eras un ser de luz. Gracias Elena, Inma, Marisol...

Gracias Eloísa y José María, sois para mí el descanso de la guerrera. Un millón de gracias Eloísa, mi hermana del alma, no tengo que hablarte de mi vida porque siempre has estado ahí y sin embargo, tengo que hablar contigo durante horas para que todo tenga sentido.

A mis padres, Ramón† y Alicia, que por fin tendrán una doctora en casa, gracias por vuestro amor y por habernos enseñado a ser buenas personas, la importancia de la educación y la constancia, y a mirar la vida con diferentes cristales. Mi madre me demuestra todas las mañanas del mundo que se puede vivir con ilusión y sin dudar ni tener miedo a las dificultades y los retos, los antiguos y los nuevos.

Y gracias a Irene y Fernando, mis peques, que me sorprenden a diario, con los que aprendo a diario y con los que me río y lloro. Os quiero.

RESUMEN

Los metales pesados tóxicos como el plomo y el cadmio se encuentran en la corteza terrestre en una mínima cantidad, aunque por la actividad humana han aumentado su concentración en el medio ambiente de forma exponencial en los dos últimos siglos. La actividad minera es responsable de una parte importante de este aumento, y aunque se cierren las minas, si no se han realizado medidas de corrección, la población cercana puede estar expuesta a estos metales a través de los residuos mineros, como sucede en la Sierra Minera de la Unión-Cartagena. La exposición a estos metales se produce principalmente por inhalación o por ingestión, y en menor medida por contacto dérmico. Los efectos tóxicos están mediados por la biodisponibilidad para el ser humano, determinada por multitud de factores relacionados con características del metal, de la exposición y del individuo. El objetivo principal de este estudio es determinar si, en el momento de su realización, residir en las localidades cercanas a los residuos mineros de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena significaba tener mayor exposición a plomo y cadmio que residir en localidades alejadas a estos residuos. Se ha realizado un estudio transversal de base poblacional para determinar las concentraciones en sangre y orina de estos metales pesados tóxicos presentes en dos poblaciones, una que reside en una zona expuesta a residuos de la minería (zona minera) y otra que reside en una zona no expuesta (no minera) a estos residuos. Se seleccionó un población infantil entre 6 y 11 años y otra adulta, sus madres. Participaron 377 unidades familiares. Se ha corroborado la adecuación

de la selección de la zona no minera como área no expuesta tras la comparación con estudios nacionales e internacionales. Las personas participantes tenían similares características sociodemográficas, de consumos alimentarios, de exposición al humo del tabaco, de sus hogares y de actividades realizadas a lo largo del día lo que ha permitido la comparación. La zona minera incrementa un 60% la concentración de Pb en sangre de los menores entre 6 y 11 años residentes con respecto a los que residen en la zona no minera, tras el ajuste por otras variables ese incremento se reduce al 55%. En el caso de las madres es un 19% superior, 16% tras el ajuste. En la población infantil del estudio la concentración del plomo en sangre se asocia de forma positiva con el país de nacimiento de la madre, la zona minera, morderse las uñas, la antigüedad de la casa y la exposición al humo del tabaco, y negativa para la edad y el nivel educativo de la madre. El cadmio se asocia principalmente a la exposición al humo de tabaco.

SUMMARY

Toxic heavy metals such as lead and cadmium are found in the earth's crust in minimal quantities, although human activity has increased their concentration in the environment exponentially over the last two centuries. Mining activity is responsible for an important part of this increase, and even if the mines are closed, if no corrective measures have been taken, the nearby population may be exposed to these metals through mining waste, as is the case in the Sierra Minera de la Unión-Cartagena. Exposure to these metals occurs mainly by inhalation or ingestion, and to a lesser extent by dermal contact. Toxic effects are mediated by bioavailability to humans, determined by a multitude of factors related to characteristics of the metal, the exposure and the individual. The main objective of this study is to determine whether, at the time of the study, residing in localities close to the mining waste in the Sierra Minera de La Unión - Cartagena meant having greater exposure to lead and cadmium than residing in localities far from these wastes. A population-based cross-sectional study was conducted to determine the blood and urine concentrations of these toxic heavy metals present in two populations, one residing in an area exposed to mining waste (mining area) and the other residing in an area not exposed (non-mining) to mining waste. A child population between 6 and 11 years old and an adult population, their mothers, were selected. A total of 377 households participated. The appropriateness of the selection of the non-mining area as a non-exposed area has been corroborated by comparison with national and international studies. The participants had similar socio-demographic, food consumption, exposure to tobacco smoke, household and activities

characteristics, which allowed for comparison. The mining area increases the Pb concentration in the blood of children aged 6-11 years in comparison to those living in the non-mining area by 60%, after adjustment for other variables this increase is reduced to 55%. For mothers it is 19% higher, 16% after adjustment. In the child study population, blood lead concentration is positively associated with mother's country of birth, mining area, nail biting, age of house and exposure to tobacco smoke, and negatively associated with mother's age and educational level. Cadmium is mainly associated with exposure to tobacco smoke.

ABREVIATURAS

AAS Espectroscopia de absorción atómica

CDC Centro de control y prevención de enfermedades de Estados Unidos

Cdo Cadmio en orina

Cds Cadmio en sangre

EFSA Autoridad europea de seguridad alimentaria

EPA Agencia de protección ambiental de EEUU

GF-AAS Espectroscopia de absorción atómica con cámara de grafito

HR-ICP-MS Espectroscopia atómica de masas de plasma de alta resolución

IARC Agencia internacional de investigación sobre cáncer

ICP-MS Espectroscopia atómica de masas de plasma

IDH índice de desarrollo humano

IMC índice de masa corporal

LD Límite de detección

LQ Límite de cuantificación

NHANES Encuesta de salud y nutrición de Estados Unidos

OMS Organización mundial de la salud

Pbs Plomo en sangre

RIC Rango intercuartil

SMS Servicio Murciano de Salud

SNC Sistema nervioso central

UF Unidad familiar

VRP Valor de referencia poblacional

ZBS Zona básica de salud

ÍNDICE

| | | |
|------|--|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 2 |
| | Metales pesados tóxicos | 3 |
| | Sierra Minera La Unión – Cartagena. | 4 |
| | Biomonitorización | 6 |
| | Estudio EMBLEMA..... | 7 |
| | Plomo | 8 |
| | Cadmio | 14 |
| | Cotinina | 16 |
| II. | HIPÓTESIS Y OBJETIVOS..... | 18 |
| III. | MATERIAL Y MÉTODOS | 22 |
| | Diseño del estudio..... | 23 |
| | Población de estudio..... | 23 |
| | Selección de la muestra | 24 |
| | Criterios de inclusión y exclusión | 26 |
| | Variables recogidas | 27 |
| | Estudio de la no participación..... | 31 |
| | Preparación trabajo de campo..... | 32 |
| | Campaña de información | 32 |
| | Selección empresa colaboradora | 32 |
| | Selección del laboratorio..... | 33 |
| | Recogida muestras biológicas y datos antropométricos | 33 |
| | Recogida de variables sociodemográficas y dietéticas | 36 |
| | Laboratorio..... | 36 |
| | Análisis estadístico | 37 |
| | Modelo jerárquico..... | 40 |
| | Estudio de la no participación | 43 |
| | Aspectos éticos y legales..... | 43 |
| IV. | RESULTADOS | 46 |
| | Trabajo de campo..... | 47 |
| | Participación en el estudio..... | 48 |
| | Características sociodemográficas, dietéticas y del hogar..... | 54 |
| | Niños y niñas | 54 |

| | |
|---|-----|
| Madres | 62 |
| Hogares | 70 |
| Plomo en sangre..... | 76 |
| Niñas y niños | 76 |
| Madres | 77 |
| Cadmio en sangre..... | 79 |
| Niñas y niños | 79 |
| Madres | 79 |
| Ratio cadmio en orina – creatinina en orina..... | 82 |
| Niñas y niños | 82 |
| Madres | 82 |
| Concentración de cadmio en orina | 84 |
| Niñas y niños | 84 |
| Madres | 85 |
| Análisis multivariante..... | 86 |
| Plomo en sangre..... | 86 |
| Cadmio en sangre..... | 94 |
| Cadmio en orina | 98 |
| V. DISCUSIÓN..... | 104 |
| Selección de la población de estudio..... | 105 |
| Rango de edad..... | 105 |
| País de origen | 106 |
| Estacionalidad | 109 |
| Distancia de las localidades de estudio a los residuos mineros..... | 109 |
| Características básicas de los participantes | 110 |
| Tasa de respuesta..... | 112 |
| Factores asociados a la concentración de plomo en sangre..... | 113 |
| Tabaco | 113 |
| Dieta | 114 |
| Conducta mano-boca | 114 |
| País de nacimiento | 114 |
| Edad..... | 115 |
| Estado peri-menopáusic..... | 115 |
| Sexo | 115 |
| Antigüedad de la vivienda..... | 115 |
| Nivel educativo de la madre..... | 116 |

| | |
|--|-----|
| IMC | 116 |
| Factores asociados a la concentración de cadmio en sangre y orina | 116 |
| Comparación con resultados en estudios de biomonitorización y en poblaciones similares. | 117 |
| Comunicación de resultados y actuaciones posteriores..... | 119 |
| Comparación entre zonas | 136 |
| Fortalezas y Limitaciones | 138 |
| VI. CONCLUSIONES | 140 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA..... | 144 |
| VIII. ANEXOS | 166 |
| Anexo 1. Encuesta estudio EMBLEMA | 167 |
| Anexo 2. Tríptico estudio EMBLEMA..... | 184 |
| Anexo 3. Cartel estudio EMBLEMA | 186 |
| Anexo 4. Hoja de información del estudio EMBLEMA | 188 |
| Anexo 5. Folleto exposición al plomo | 192 |
| Anexo 6. Folleto exposición al cadmio..... | 194 |
| Anexo 7. Folleto plomo y nutrición..... | 196 |
| Anexo 8. Cartel cosas que hacer para evitar la exposición al plomo | 198 |
| Anexo 9. Modelo de comunicación de resultados individuales de cadmio y plomo..... | 200 |
| Anexo 10. Modelos de carta para comunicación de resultados..... | 202 |
| Anexo 11. Procedimiento de recogida de muestras | 206 |
| Anexo 12. Criterios de actuación y derivación ante valores elevados de plomo y cadmio .. | 210 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diez productos químicos de importancia para la Salud Pública. Adaptado de la OMS(12). | 4 |
| Figura 2. Mapa de la Sierra Minera de La Unión- Cartagena, localización de las principales minas abandonadas y zonas afectadas por la contaminación minera. De Martínez-López S et al 2021.(21). | 5 |
| Figura 3. Situación mundial en el año 1996 sobre prohibición del uso del plomo en la gasolina. Adaptado de Ritchie 2022(38) | 9 |
| Figura 4. Situación mundial en el año 2001 sobre prohibición del uso del plomo en la gasolina. Adaptado de Ritchie 2022(38) | 9 |
| Figura 5. Situación mundial en enero del año 2024 sobre regulaciones sobre el uso del plomo en pinturas. OMS 2024(38). | 10 |
| Figura 6. Mediana de Plomo en sangre, con su intervalo de confianza, en menores entre 1-5 años y 6-11 años en la población de EEUU desde 1988 a 2018. Elaboración propia a partir de los datos del NHANES (58)..... | 12 |
| Figura 7. Prevalencia estimada (%) y media geométrica de la concentración de plomo en sangre $\geq 10\mu\text{g}/\text{dL}$ y $\geq 5\mu\text{g}/\text{dL}$ en la población infantil de EEUU entre 1-11 años en escala log-10 en el NHANES, 1976–2016, por ciclo de encuesta. De Egan KB et al 2021(57). | 13 |
| Figura 8. Mapa del Índice de privación socio-económica. Municipio de Cartagena- La Unión año 2001. De Cirera et al, 2012 (81). | 24 |
| Figura 9. Concentración media de cotinina (ng/mL) según categorías de la variable exposición al humo del tabaco. La línea de regresión continua muestra la tendencia lineal. La discontinua tras excluir el valor con cotinina > 200 ng/mL. | 38 |
| Figura 10. Cronograma trabajo de campo del estudio EMBLEMA 2018. | 47 |
| Figura 11. Flujograma de participación en el estudio EMBLEMA 2018. | 51 |
| Figura 12. Flujograma de participación de la zona expuesta en el estudio EMBLEMA 2018. | 52 |
| Figura 13. Flujograma de participación de la zona no expuesta en el estudio EMBLEMA 2018. | 53 |
| Figura 14. Frecuencia de realización de actividades (minutos/semana) al aire libre, en recinto cerrado y en el hogar fuera del periodo escolar de los niños y niñas participantes del estudio EMBLEMA 2018 por zona de procedencia. | 56 |
| Figura 15. Distribución de ocasiones por semana de consumo de frutas (niños/as). | 57 |
| Figura 16. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vegetales (niños/as). | 57 |
| Figura 17. Distribución de ocasiones por semana de consumo de tubérculos (niños/as). | 58 |

| | |
|--|----|
| Figura 18. Distribución de ocasiones por semana de consumo de legumbres (niños/as)..... | 58 |
| Figura 19. Distribución de ocasiones por semana de consumo de cereales (niños/as). | 58 |
| Figura 20. Distribución de ocasiones por semana de consumo de lácteos (niños/as). | 59 |
| Figura 21. Distribución de ocasiones por semana de consumo de huevos (niños/as). | 59 |
| Figura 22. Distribución de ocasiones por semana de consumo de carne (niños/as)..... | 59 |
| Figura 23. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vísceras (niños/as). | 60 |
| Figura 24. Distribución de ocasiones por semana de consumo de pescado (niños/as). | 60 |
| Figura 25. Distribución de ocasiones por semana de consumo de marisco (niños/as). | 60 |
| Figura 26. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite de oliva (niños/as). .. | 61 |
| Figura 27. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite semillas (niños/as). .. | 61 |
| Figura 28. Distribución de ocasiones por semana de consumo de bollería (niños/as). | 61 |
| Figura 29. Frecuencia de realización de actividades (minutos/semana) al exterior o en el interior de las madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de procedencia. | 64 |
| Figura 30. Distribución de ocasiones por semana de consumo de frutas (madres)..... | 65 |
| Figura 31. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vegetales (madres). | 65 |
| Figura 32. Distribución de ocasiones por semana de consumo de tubérculos (madres). | 65 |
| Figura 33. Distribución de ocasiones por semana de consumo de legumbres (madres). | 66 |
| Figura 34. Distribución de ocasiones por semana de consumo de cereales (madres). | 66 |
| Figura 35. Distribución de ocasiones por semana de consumo de lácteos (madres)..... | 66 |
| Figura 36. Distribución de ocasiones por semana de consumo de huevos (madres)..... | 67 |
| Figura 37. Distribución de ocasiones por semana de consumo de carne (madres). | 67 |
| Figura 38. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vísceras (madres). | 67 |
| Figura 39. Distribución de ocasiones por semana de consumo de pescado (madres)..... | 68 |
| Figura 40. Distribución de ocasiones por semana de consumo de marisco (madres)..... | 68 |
| Figura 41. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite de oliva (madres). ... | 68 |
| Figura 42. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite de semillas (madres). | 69 |
| Figura 43. Distribución de ocasiones por semana de consumo de bollería (madres). | 69 |
| Figura 44. Distribución de ocasiones por semana de consumo de café o té (madres). | 69 |
| Figura 45. Distribución de la frecuencia de limpieza con bayeta húmeda en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona. | 72 |
| Figura 46. Distribución de la frecuencia de limpieza con bayeta seca en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona. | 72 |
| Figura 47. Distribución de la frecuencia de limpieza con aspiradora en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona. | 73 |

| | |
|---|-----|
| Figura 48. Distribución de la frecuencia de limpieza con barrido del suelo en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona..... | 73 |
| Figura 49. Distribución de la frecuencia de limpieza con fregado del suelo en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona..... | 74 |
| Figura 50. Concentración de plomo en sangre en niños/as y madres por zona de estudio. Estudio EMBLEMA 2018..... | 77 |
| Figura 51. Concentración de cadmio en sangre en niños/as y madres por zona de estudio. ... | 81 |
| Figura 52. Ratio de la concentración de cadmio/creatinina en orina ($\mu\text{g/g}$) en niños/as y madres por zona. Estudio EMBLEMA 2018..... | 83 |
| Figura 53. Concentración de cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$) en niñas y niños y madres por zona. Estudio EMBLEMA 2018..... | 84 |
| Figura 54. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Pbs en los niños/as según localidad, país nacimiento de la madre y exposición al humo del tabaco, para una población infantil con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 23. Estudio EMBLEMA 2018..... | 89 |
| Figura 55. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Pbs en las madres según localidad, país nacimiento de la madre y uso de tabaco, para una población de madres con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 26. Estudio EMBLEMA 2018. | 93 |
| Figura 56. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Cds según localidad, país nacimiento de la madre y exposición al humo del tabaco, para una población infantil con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 29. Estudio EMBLEMA 2018..... | 95 |
| Figura 57. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Cds en las madres según localidad y uso de tabaco, para una población con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 31. Estudio EMBLEMA 2018. | 97 |
| Figura 58. Media, P5 y P95 predichos para el ratio de la concentración de Cdo ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en la población infantil según localidad, para una población con valores medios en el resto de las variables del modelo de la tabla 34..... | 100 |
| Figura 59. Media, P5 y P95 predichos para el ratio de la concentración de Cdo ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en las madres según localidad y uso de tabaco, para una población con valores medios en el resto de las variables del modelo de la tabla 38. Estudio EMBLEMA 2018..... | 103 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tamaños muestrales por grupo para detectar una tamaño del efecto de una diferencia entre medias del 20, 30, 40 y 50%..... | 25 |
| Tabla 2. Centros escolares de educación primaria activos en el año 2018 en las localidades seleccionadas para el estudio EMBLEMA. Elaborada a partir de los datos de Mapa escolar. Murciaeduca(88)..... | 26 |
| Tabla 3. Zona básica de salud y centros de salud colaboradores en el estudio EMBLEMA 2018 por localidades..... | 34 |
| Tabla 4. Resultados de la captación de los participantes por zona de exposición y su distribución del estudio EMBLEMA 2018..... | 48 |
| Tabla 5. Resultados de la captación de los participantes del estudio EMBLEMA 2018 por localidad de estudio y su distribución..... | 49 |
| Tabla 6. Factores sociodemográficos y del hogar de los participantes del estudio EMBLEMA 2018 asociados con la participación..... | 50 |
| Tabla 7. Características sociodemográficas, antropométricas y de conductas potencialmente asociadas a la exposición a plomo y cadmio de niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona de estudio..... | 55 |
| Tabla 8. Frecuencia de consumo de grandes grupos alimentarios de los niños y niñas participantes del estudio EMBLEMA 2018 por zona de procedencia..... | 56 |
| Tabla 9. Características sociodemográficas, antropométricas y de conductas potencialmente asociadas a la exposición a plomo y cadmio de las madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona de estudio..... | 63 |
| Tabla 10. Frecuencia de consumo de grandes grupos alimentarios de las madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de procedencia..... | 64 |
| Tabla 11. Características básicas del hogar y la vivienda de los participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio..... | 70 |
| Tabla 12. Distribución del origen de los alimentos y uso de utensilios de barro en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio..... | 71 |
| Tabla 13. Frecuencia de limpieza por diferentes métodos en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio..... | 75 |
| Tabla 14. Concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis..... | 76 |

| | |
|---|----|
| Tabla 15. Concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis. | 78 |
| Tabla 16. Concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g}/\text{L}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis..... | 79 |
| Tabla 17. Concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g}/\text{L}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis. | 80 |
| Tabla 18. Ratio de la concentración de cadmio/creatinina en orina ($\mu\text{g}/\text{g}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis. | 82 |
| Tabla 19. Ratio de la concentración de cadmio/creatinina en orina ($\mu\text{g}/\text{g}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis. | 83 |
| Tabla 20. Concentración de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{L}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis. | 84 |
| Tabla 21. Concentración de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{L}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis. | 85 |
| Tabla 22. Modelo crudo para el Pb ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018..... | 86 |
| Tabla 23. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, exposición al humo del tabaco, antigüedad de la vivienda y dieta. | 87 |
| Tabla 24. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en niños/as participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, exposición al humo del tabaco, antigüedad de la vivienda, dieta y variables mediadoras. | 88 |
| Tabla 25. Modelo crudo para el Pb ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018..... | 90 |
| Tabla 26. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, uso de tabaco, estado menopáusico, consumo de alcohol y dieta..... | 91 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 27. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, uso de tabaco, estado menopáusico, consumo de alcohol, dieta y tenencia de aire acondicionado. | 92 |
| Tabla 28. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/L}$) en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018..... | 94 |
| Tabla 29. Modelo de regresión para la concentración de Cd en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, peso, exposición al humo del tabaco y dieta..... | 95 |
| Tabla 30. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/L}$) en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018..... | 96 |
| Tabla 31. Modelo de regresión para la concentración de Cd en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta. | 97 |
| Tabla 32. Modelo crudo para el ratio de la concentración del Cd ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en orina en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. | 98 |
| Tabla 33. Modelo crudo para el Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018..... | 99 |
| Tabla 34. Modelo de regresión para el ratio de la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta. | 99 |
| Tabla 35. Modelo de regresión para la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta. | 100 |
| Tabla 36. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en orina en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018..... | 101 |
| Tabla 37. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/L}$) en orina en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018..... | 101 |
| Tabla 38. Modelo de regresión para el ratio de la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta. | 102 |
| Tabla 39. Modelo de regresión para la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta. | 103 |
| Tabla 40. Resultados de concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g/dL}$) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, | |

| | |
|--|-----|
| año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado. | 121 |
| Tabla 41. Resultados de concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado..... | 123 |
| Tabla 42. Resultados de concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g}/\text{L}$) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado. | 126 |
| Tabla 43. Resultados de concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g}/\text{L}$) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado..... | 127 |
| Tabla 44. Resultados de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{L}$) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado. | 130 |
| Tabla 45. Resultados de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{L}$) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado..... | 132 |
| Tabla 46. Resultados de ratios de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{gr}$ creatinina) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado. | 133 |
| Tabla 47. Resultados de ratios de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{gr}$ creatinina) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado. | 134 |
| Tabla 48. Año de prohibición de la gasolina con plomo y existencia o no de alguna regulación sobre el uso de pintura con plomo en 2024, por países. Elaboración propia a partir de los datos de Ritchie et al y OMS(38,39)..... | 108 |

Tabla 49. Estudios de comparación de concentraciones de plomo y cadmio en sangre y orina entre zonas con o sin contaminación asociada a la minería de metal. Año de publicación, país, población de estudio, y tipo de actividad y su situación (activa, abandonada o rehabilitada). 1984-2023. 137

I. INTRODUCCIÓN

Metales pesados tóxicos

Los metales pesados son elementos químicos que se encuentran en la corteza terrestre de forma natural, normalmente en pequeñas cantidades. Desde la antigüedad han sido utilizados por el hombre de diversas formas, como, por ejemplo, para la fabricación de recipientes y tinturas. Su uso en diferentes industrias se ha incrementado principalmente durante los siglos XX y XXI, por lo que su presencia en el medio ambiente ha aumentado de forma notable. Entre las actividades humanas que han propiciado este aumento se encuentran la minería y las fundiciones de metales. Los metales pesados no son degradables por lo que persisten en el medio ambiente durante mucho tiempo (1). Dentro de los metales pesados se encuentran minerales esenciales para el ser humano como son el hierro (Fe), el Zinc (Zn) o el cobre (Cu) y otros que no lo son, como el plomo (Pb) o el cadmio (Cd).

Algunos de estos metales y sus componentes están reconocidos como agentes tóxicos que pueden ocasionar intoxicaciones agudas o crónicas en contextos de alta exposición, como son los ocupacionales o por alta contaminación medio ambiental, normalmente por desechos de la industria o por accidentes de ésta(2–5). Sin embargo, desde hace tiempo se están estudiando los efectos en la salud de la exposición a menores concentraciones, como son las que se encuentran en las proximidades de zonas mineras e industriales, activas o no, e incluso a las que la gran mayoría de la población se encuentra expuesta en el medio ambiente general, encontrando cada vez más evidencia de los efectos negativos para la salud de los metales considerados tóxicos(3,6–11).

La gran distribución, ubiquidad y peligrosidad de los metales pesados considerados tóxicos es un problema que preocupa a nivel mundial. La OMS ha señalado 4 metales (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) entre los 10 químicos que actualmente suponen un importante problema de salud pública por su peligrosidad y potencial daño al medio ambiente y al ser humano. Se aprecian en la figura 1, junto a otras sustancias como son los pesticidas y la contaminación del aire (12).

La exposición a estos metales se produce principalmente por inhalación o por ingestión, y en menor medida por contacto dérmico. En la población general, la principal vía de

exposición no laboral a estas sustancias es a través de la vía digestiva, bien a través de la ingesta de alimentos o agua contaminados o bien por la ingesta de polvo contaminado(13–16).

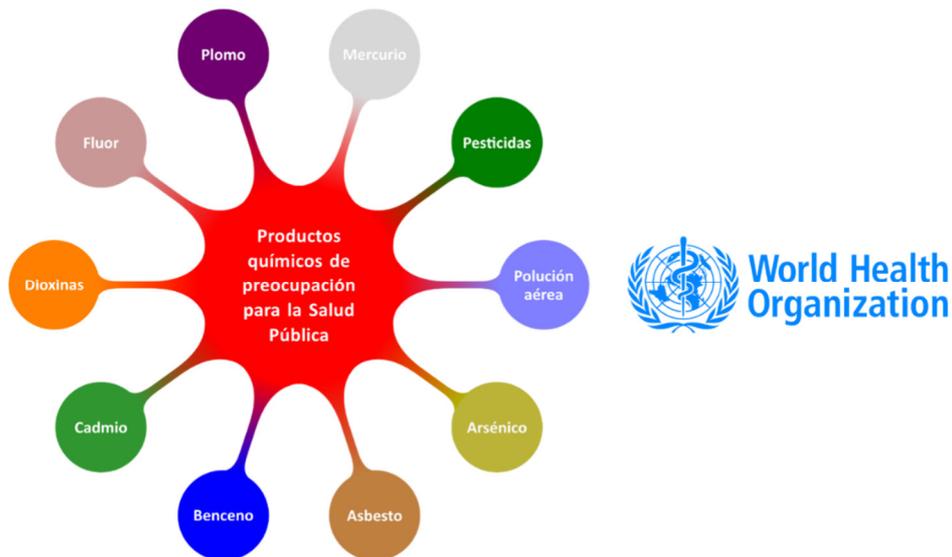


Figura 1. Diez productos químicos de importancia para la Salud Pública. Adaptado de la OMS(12).

Sierra Minera La Unión – Cartagena.

La Sierra de La Unión – Cartagena es un cinturón de colinas en los municipios de La Unión y Cartagena de una superficie aproximada de unos 50 Km² y que se extiende a lo largo de unos 26 Km de costa en sentido este – oeste, desde la ciudad de Cartagena hasta Cabo de Palos. En el año 2009 fue declarado bien de interés cultural, con categoría de sitio histórico por la Región de Murcia(17).

Desde hace más de 2000 años, desde la época de los cartagineses y romanos, con diferente grado de intensidad, el hombre ha explotado la sierra para la obtención de metales, habiendo sido las principales explotaciones de plata (Ag), hierro (Fe), plomo (Pb) y zinc (Zn)(18). Entre los siglos XIX y XX estas explotaciones alcanzaron su mayor

auge, sobre todo a partir de la segunda mitad del XX con la aparición de las explotaciones a cielo abierto en forma de cortas o de descubiertas.

El paisaje minero actual es el resultado de esta actividad extractiva, salpicando su paisaje de castilletes, chimeneas, hornos..., pero que también movilizó una gran cantidad de terreno y dejó abundante material de desecho en forma de balsas y escombreras, que durante muchos años han permanecido sin aplicarse medidas correctoras o métodos de tratamiento o regeneración ambiental. Para dar una idea del volumen de tierra movilizad, entre 1957 y 1987, el movimiento de tierras (mena y estériles) en las explotaciones de Peñarroya – España fue de 360 millones de toneladas, 315 de las mismas de estériles y desechos(19). Una mención especial merece el caso particular de la bahía de Portmán, en la que entre 1957 y 1990, con las autorizaciones pertinentes, 57 millones de toneladas de residuos se arrojaron al mar directamente a través del lavadero Roberto, lo que ha movido la orilla de la costa 500-600 metros hacia el mar(20).

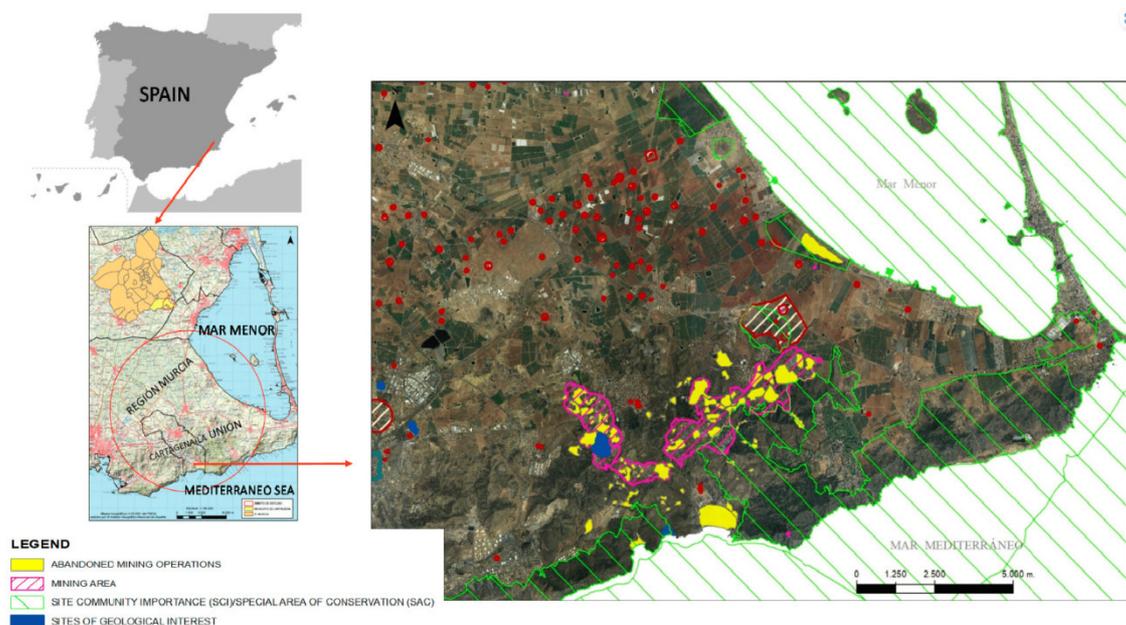


Figura 2. Mapa de la Sierra Minera de La Unión- Cartagena, localización de las principales minas abandonadas y zonas afectadas por la contaminación minera. De Martínez-López S et al 2021.(21).

Esta actividad minera cesó en el año 1991, dejando tras de sí gran cantidad de material de desecho por toda la sierra minera, en muchos casos próximos a poblaciones residentes en la zona y a sitios protegidos de especial valor ecológico, como es la laguna salada del Mar Menor(21), lo que se aprecia en la **figura 2**. Estos residuos minero-

metalúrgicos tienen impacto sobre el medio ambiente debido a su movilización a través de escorrentías superficiales, transporte eólico y flujo subterráneo(18), resultando en suelos contaminados por los estériles mineros.

Los suelos de la Sierra de La Unión – Cartagena han sido ampliamente estudiados en la caracterización y cuantificación de estos contaminantes. Los principales elementos traza hallados son el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el arsénico (As), el zinc (Zn), el cobre (Cu) y el hierro (Fe). Las concentraciones de estos metales son mayores en los lugares en los que se localizan los residuos mineros, los restos de las fundiciones y en los cursos y desembocaduras de las ramblas (22–24).

Biomonitorización

El impacto de los metales pesados tóxicos en el medio ambiente es el resultado de la combinación de sus propiedades, como son las formas químicas y su toxicidad, las fuentes de origen, su producción, concentración, la existencia de espacios contaminados y la interacción con los sistemas naturales como son la atmosfera, litosfera, hidrosfera y biosfera, en la que se incluyen todos los organismos biológicos, microorganismos, flora y fauna y por último, los efectos en la salud del ser humano(25).

El efecto de los metales pesados tóxicos en la salud depende de la toxicidad propia de cada uno de ellos y de su composición química, la cantidad presente, la forma de exposición y de la biodisponibilidad para el ser humano. Esta biodisponibilidad está determinada por la capacidad de absorción, metabolismo y excreción y varía según el metal, la forma físico-química en la que se encuentre, la vía de exposición y según factores relacionados con características individuales propias de la población expuesta como pueden ser la edad, el sexo, la raza o etnia, el estado de salud, la susceptibilidad genética y las exposiciones previas a la misma sustancia química o a otras(16).

Aunque los efectos tóxicos de estos metales se presentan en todas las edades, los niños/as son más susceptibles a los efectos adversos. Conductas típicas de la infancia, como la mano-boca, pueden resultar en una mayor exposición a estos metales. Por otro lado, las diferencias tóxico-cinéticas entre personas adultas y menores pueden explicar la mayor susceptibilidad de estos últimos; de hecho, por vía digestiva, los niños/as

absorben más Pb que las personas adultas(26), un 40% frente a un 10% respectivamente. Finalmente, la infancia es la época de la vida de crecimiento, desarrollo y maduración del SNC.

Uno de los métodos para evaluar los riesgos de una población relacionados con un peligro químico es el uso de biomarcadores. Los biomarcadores de exposición son indicadores de exposición, de la concentración o acumulación de una sustancia o sus metabolitos en el organismo(27). La biomonitorización de la concentración de metales pesados en diferentes matrices, sangre, orina, pelo o uñas permite determinar la exposición de la población a dichos metales. Algunos países, como Canadá(28) o EEUU(29), realizan encuestas nacionales periódicas para conocer la distribución de la concentración de químicos en la población, lo que les ayuda a determinar valores de referencia poblacionales, siguiendo un concepto estadístico. En la mayor parte de estos estudios se incluye el plomo, el cadmio y el arsénico; sin embargo, a pesar de las recomendaciones de la OMS(30) y los esfuerzos para tenerlos en Europa y en España(31), actualmente no existen datos que permitan establecer valores de referencia poblacionales ni en todo el continente, ni en la Unión Europea, ni en España.

Estudio EMBLEMA

En el contexto de la evaluación de los niveles de exposición de las poblaciones de la Sierra Minera surge el estudio EMBLEMA(32). El objetivo del Estudio Epidemiológico en los Pueblos de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena (EMBLEMA) era determinar la concentración de determinados metales en una muestra de niños/as y sus madres residentes La Unión y en la localidades del Llano del Beal y El Estrecho de San Ginés de la diputación del Beal y compararlos con los de una zona no minera.

En la lista de la OMS de los contaminantes químicos de especial preocupación se encuentran varios metales pesados, como son el plomo, cadmio, arsénico y mercurio(12), tres de los cuales son contaminantes de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena: plomo, cadmio y arsénico(18). Debido a su potencial tóxico para los seres humanos y a su disponibilidad en los suelos del área minera se seleccionaron estos 3 metales como elementos de comparación entre las zonas.

Esta tesis se basa en la realización del trabajo del estudio EMBLEMA, desarrollando los aspectos metodológicos del estudio, llevándose a cabo el trabajo de campo y la obtención, análisis y discusión de los resultados obtenidos para plomo y cadmio, y su comparación entre las zonas y con el resto del mundo.

Plomo

Se estima que actualmente la concentración del plomo en el medio ambiente es 100 veces superior a la época preindustrial. Su presencia ha aumentado por el uso por el hombre: minería, quema de combustibles fósiles y la fabricación de distintos objetos como son baterías de automóviles, munición, tuberías, pigmentos, pinturas o cubiertas anticorrosivas.

La exposición al plomo puede ser por vía digestiva, a través de alimentos, agua o polvo contaminados; por vía inhalatoria, hoy en día principalmente a través del humo del tabaco(33) y en muy pequeña medida por vía dérmica(34).

Para la población general, en todo el mundo, las principales amenazas han surgido del uso del plomo en las gasolinas, en la pintura y en las tuberías de conducción de agua, habiéndose realizado importantes esfuerzos por la OMS y muchos países para disminuir e incluso eliminar este riesgo(35).

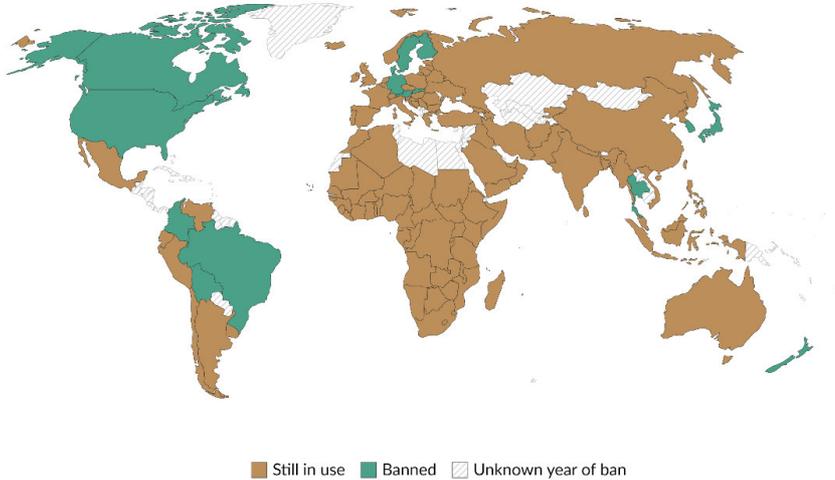
En el año 1920 se comenzó la adicción de tetraetilo y del tetrametilo de plomo a la gasolina para mejorar el rendimiento de los motores, lo que persistió durante gran parte del siglo XX, haciendo que la concentración del plomo en el medio ambiente llegara a ser 1000 veces superior a la época preindustrial(15). Su disminución comenzó a partir de la década de 1970 cuando se empezó a reducir el plomo en la gasolina, debido a que se objetivaron los importantes efectos en salud que producía, especialmente en niños. Inicialmente se limitó su uso, en España a partir de 1987(36), y posteriormente se prohibió, en España fue en agosto de 2001(37). El primer país en prohibir su uso en las gasolinas fue Japón en 1986, seguido por Canadá en 1990, USA y Alemania en 1996, quedando prohibida la gasolina con plomo en el año 2001 en gran parte de Europa. En las **figuras 3 y 4** se puede apreciar la evolución entre el año 1996 y 2001 de la prohibición de la gasolina con plomo en el mundo. Posteriormente se ha ido prohibiendo en el resto de países, siendo en el último en Argelia, que lo hizo en el año 2021(38). Sin embargo,

aunque se haya prohibido su uso, en el medio ambiente persiste parte del plomo que se fue emitiendo a través de la combustión de los motores durante décadas.

Global phase-out of leaded petrol in road vehicles, 1996



All countries have banned the use of leaded petrol in road vehicles. Algeria was the final country to do so in 2021.



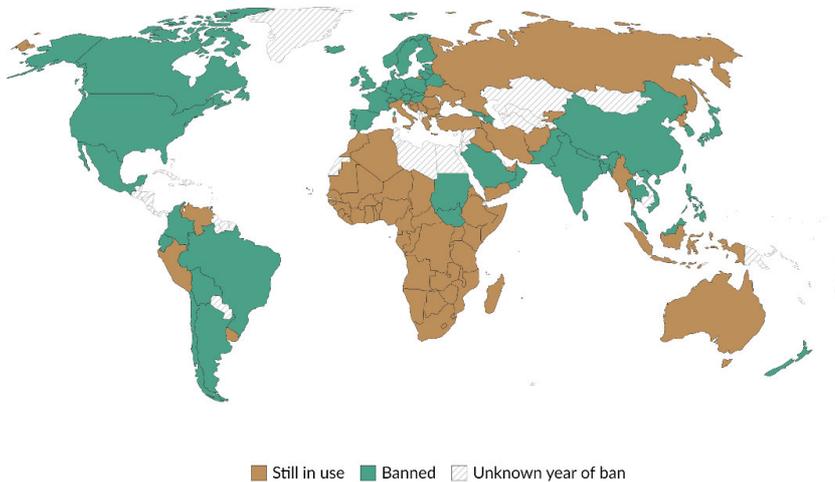
Data source: Collected by Our World in Data based on multiple sources OurWorldinData.org/lead-pollution | CC BY
Note: The specific date of phase-out could not be found for some countries, but all countries have banned its use.

Figura 3. Situación mundial en el año 1996 sobre prohibición del uso del plomo en la gasolina. Adaptado de Ritchie 2022(38)

Global phase-out of leaded petrol in road vehicles, 2001



All countries have banned the use of leaded petrol in road vehicles. Algeria was the final country to do so in 2021.



Data source: Collected by Our World in Data based on multiple sources OurWorldinData.org/lead-pollution | CC BY
Note: The specific date of phase-out could not be found for some countries, but all countries have banned its use.

Figura 4. Situación mundial en el año 2001 sobre prohibición del uso del plomo en la gasolina. Adaptado de Ritchie 2022(38)

En cuanto a la pintura con plomo, actualmente solo 48% de los países del mundo tienen regulaciones sobre su uso, y éstas son muy heterogéneas sobre la cantidad máxima permitida y en qué condiciones se puede emplear(39). La organización internacional de

trabajadores en Ginebra en 1921 firma un convenio para reducir el uso de pinturas con plomo, prohibiéndolas en el interior de viviendas, dicho convenio es ratificado por España en 1924(40,41), por lo que no se ha considerado una fuente importante de plomo para la población general. En Estados Unidos, sin embargo, las viviendas anteriores a 1978 pueden contener pinturas con plomo, siendo su vigilancia una de las medidas de la agencia de protección ambiental(42). En la **figura 5** se aprecia la distribución mundial de países con alguna regulación establecida sobre el uso del plomo en pinturas.

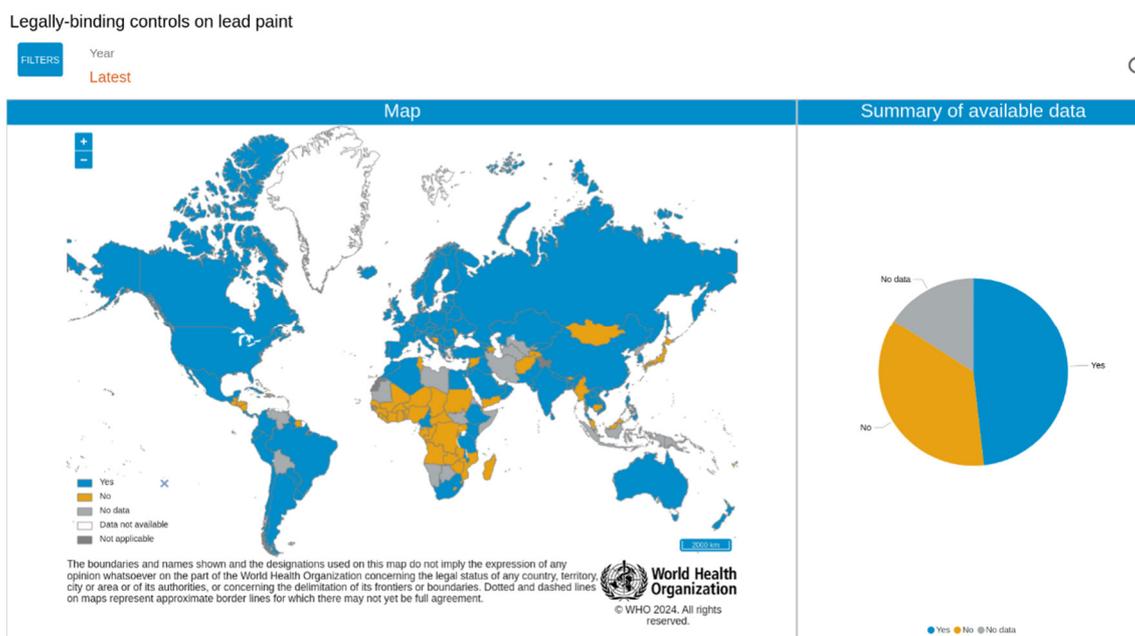


Figura 5. Situación mundial en enero del año 2024 sobre regulaciones sobre el uso del plomo en pinturas. OMS 2024(38).

En España, la legislación desde hace décadas, la última actualización en 2023(43), obliga a la vigilancia activa del plomo en la red de agua potable, siendo muy restrictiva en la cantidad de plomo permitida en el agua de consumo y considerando su infracción como muy grave. Desde la década de 1980 se prohíbe la instalación de nuevas tuberías de plomo y se insta a la sustitución de las anteriores por otros materiales.

Las principales categorías de alimentos contribuidoras a la exposición al plomo en la dieta en las poblaciones europeas, según la EFSA, son pan y panecillos, té, agua del grifo, patatas y sus productos, productos fermentados de la leche y cervezas o bebidas similares, aunque varía entre grupos de edad y las diferentes encuestas(44).

El plomo es uno de los tóxicos más estudiados y puede afectar a numerosos órganos y tejidos. Principalmente afecta al sistema nervioso, en grandes exposiciones (normalmente laborales) está relacionado con afectaciones graves del sistema nervioso, mientras que en exposiciones ambientales se relaciona con la alteración del desarrollo neurológico de los niños, ya desde la etapa fetal(7,45). Se acumula en el cuerpo, mayoritariamente en los huesos y puede producir efectos a largo plazo. En los adultos se ha asociado a hipertensión arterial, enfermedades renales crónicas, a anemia, a abortos y a la alteración de la producción de espermatozoides(3,15). El plomo inorgánico se ha clasificado como probable carcinógeno en humanos (clase 2A de la IARC)(46), es decir, se ha demostrado evidencia suficiente para ocasionar cáncer en animales con evidencia limitada en humanos. En un artículo reciente se ha estimado que en 2019 y a pesar del descenso de la exposición al plomo en el mundo de las últimas décadas los niños menores de 5 años perdieron 765 millones (95% CI 443–1098) de puntos en el coeficiente de inteligencia (IQ) y que 5 545 000 (2 305 000–8 271 000) adultos murieron de enfermedad cardiovascular debido a la exposición al plomo(47).

La matriz más utilizada y aceptada para biomonitorizar la exposición al plomo es la sangre(3,48). El plomo en sangre se considera una medida de exposición reciente, la vida media biológica del plomo en sangre es aproximadamente de 30 días, con lo que su medida refleja exposición actual, de las últimas semanas y meses. (49)

En diferentes países se ha biomonitorizado el nivel de plomo en sangre con estudios en panel periódicos(28,29,50,51) o bien en algún momento(52,53). En los estudios periódicos se ha podido apreciar una disminución de las concentraciones medias de plomo en sangre en la población general en las últimas décadas, asociada principalmente a las prohibiciones del uso de la gasolina con plomo y de la adicción de plomo a la pintura(54–57). Se ha construido un gráfico a partir de los datos del NHANES de Estados Unidos donde se aprecia cómo ha ido disminuyendo la concentración de plomo de los menores de entre 1-5 años y 6-11 años, desde 1988 donde la mediana en menores entre 1-5 años era 3,5 µg/dL, es decir la mitad de los niños y niñas de edad tenían valores superiores a 3,5 µg/dL, hasta el 2018 donde la mediana para esa edad fue de 0.62 µg/dL (**figura 6**). Este efecto se aprecia aún mejor en la **figura 7**, en la que se ve como se disminuye la media geométrica en niños y niñas de 1-5 años de 15.2 en el primera periodo hasta 0.8 en el último, destacando que entre 1976-1980 prácticamente

el 100% de los menores de esa edad presentaban una concentración de plomo en sangre mayor que 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (57).

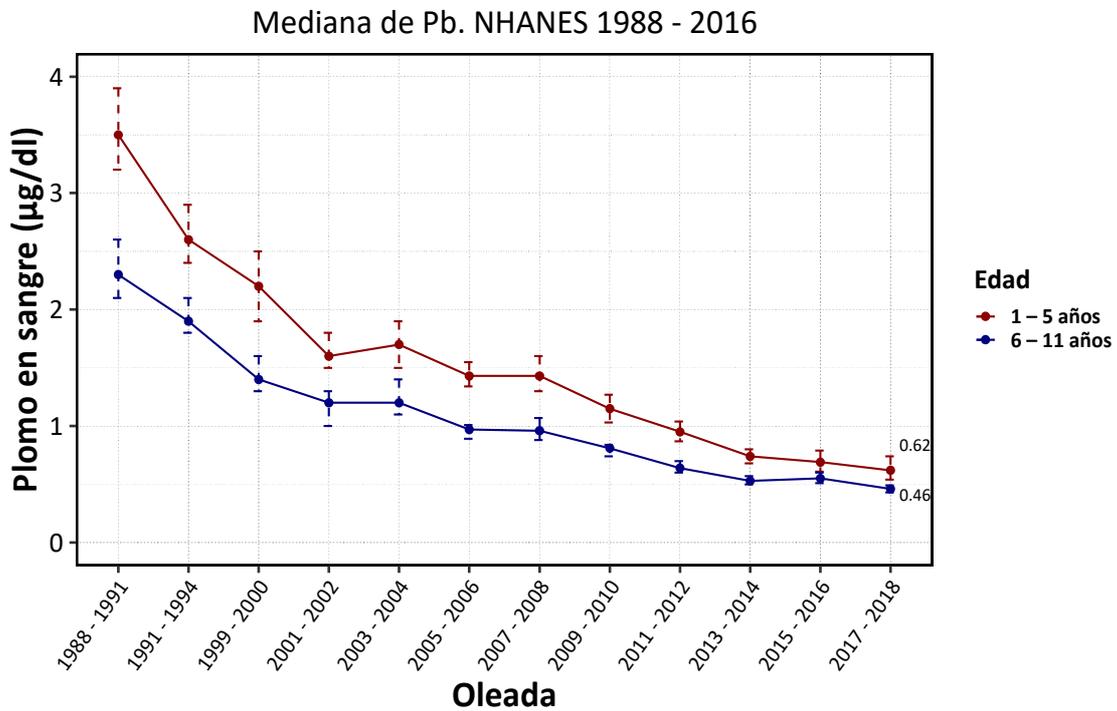


Figura 6. Mediana de Plomo en sangre, con su intervalo de confianza, en menores entre 1-5 años y 6-11 años en la población de EEUU desde 1988 a 2018. Elaboración propia a partir de los datos del NHANES (58).

Además de los datos de biomonitorización se han comenzado a estudiar los efectos positivos en salud de la disminución del plomo en la población, como en el caso de la patología cardio-vascular(59,60).

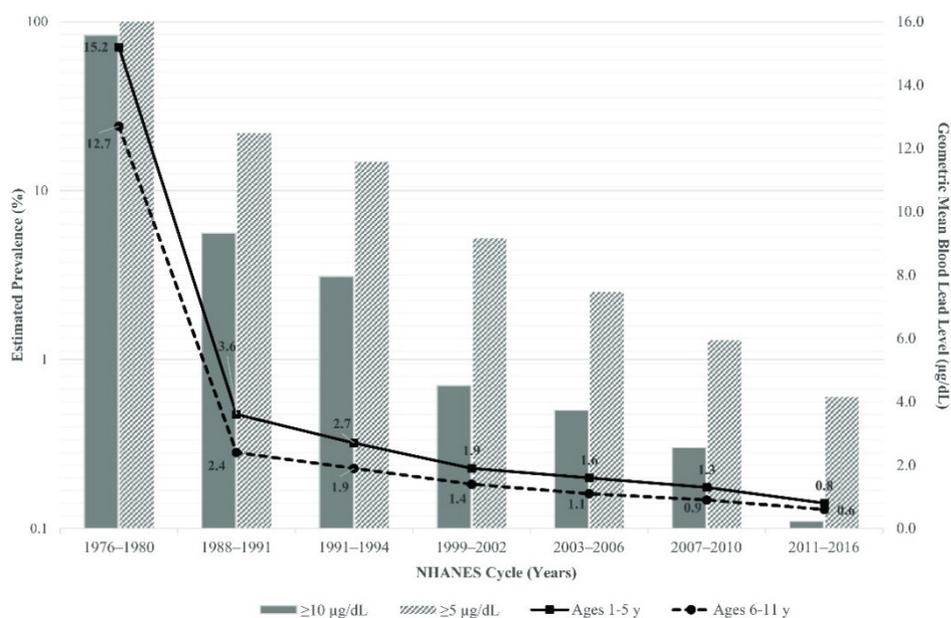


Figura 7. Prevalencia estimada (%) y media geométrica de la concentración de plomo en sangre $\geq 10\mu\text{g/dL}$ y $\geq 5\mu\text{g/dL}$ en la población infantil de EEUU entre 1-11 años en escala log-10 en el NHANES, 1976-2016, por ciclo de encuesta. De Egan KB et al 2021(57).

A partir de los datos obtenidos en la biomonitorización de niveles en Estados Unidos y diferentes estudios sobre los efectos en el desarrollo intelectual de los niños(7), el Centro de Control de Enfermedad (CDC), junto con la Academia de Pediatría de los EEUU(61) y avalados posteriormente por la OMS, establecieron que no se podía sostener un valor seguro de plomo en sangre. Se estableció, entonces, en 2012, un valor de referencia de $5 \mu\text{g/dL}$, en base a un criterio estadístico (percentil 97.5% de la distribución de la concentración de Pb en niños y niñas de 1 a 5 años en las ondas del estudio NHANES 2007 – 2010), a partir del cual se recomienda una actuación clínico-epidemiológica basada en la identificación de posibles focos de plomo, medidas higiénico-dietéticas y repetición de la medición. Con niveles de plomo a partir de $44 \mu\text{g/dL}$ se recomienda el ingreso hospitalario y valorar el tratamiento con quelantes(54). En el momento del estudio estas eran las recomendaciones. Anteriormente se utilizaba el valor de $10 \mu\text{g/dL}$ en sangre como nivel de preocupación. Posteriormente en mayo de 2021 el CDC ha bajado el nivel de referencia a $3.5 \mu\text{g/dL}$ en sangre en niños y niñas, basándose en los ciclos de 2015-2016 y 2017-2018 del NHANES(62), sin embargo la OMS continua utilizando el valor anterior de $5 \mu\text{g/dL}$ tanto para menores como para adultos(35).

Cadmio

Se encuentra en la corteza terrestre de forma natural, por emisiones volcánicas o erosión de rocas y minerales. Su presencia, al igual que en el caso del plomo pero en menor medida, ha aumentado por su uso por el hombre: minería, fundiciones, incineración de residuos, lodos de depuradoras, quema de combustibles fósiles, uso de fertilizantes fosfatados, y uso en la fabricación de distintos objetos, como son baterías, radiadores, revestimientos de metal y plástico, anticorrosivo en pinturas y pigmentos y paneles solares(6).

El cadmio, es un metal estrechamente relacionado con el Zn, por lo que es habitual la aparición conjunta de ambos metales(63). Las vías de exposición son la dérmica, casi despreciable, la inhalatoria, entre el 10% y el 50% del cd inhalado es absorbido, y la digestiva, donde se absorbe el 5-10% del cadmio ingerido. En fumadores la principal fuente de exposición a Cd es la inhalada a través del tabaco, pudiendo duplicar las concentraciones halladas a las de los no fumadores. En población no fumadora, la principal fuente de exposición son los alimentos. De entre ellos destacan, por su mayor consumo, los cereales y productos derivados de estos, el girasol, los vegetales, tubérculos y otras raíces ricas en hidratos de carbono y vegetales con hoja. En los productos de origen animal, son la principal fuente de cadmio los mariscos y las vísceras de animales (riñones)(14,64). La absorción del cadmio está mediada en parte por receptores de otros minerales esenciales como el hierro (fe), por lo que en personas con déficit de hierro esta absorción puede estar aumentada(65).

El Cd está clasificado como una sustancia cancerígena del grupo I por la IARC(66), habiendo sido implicado en el desarrollo de cáncer de pulmón entre trabajadores expuestos. La IARC también observó una asociación positiva entre la exposición laboral o ambiental al Cd y otros tipos de cánceres, como de mama, vejiga, endometrio, riñón y próstata. Entre los efectos no carcinógenos, el Cd en grandes exposiciones ha sido implicado en el desarrollo de enfermedad renal crónica en forma de nefropatía túbulo-intersticial, enfermedad ósea en forma de osteoporosis y osteomalacia y anemia(14). Se acumula en el riñón y el hígado y se están estudiando efectos a largo plazo de bajas concentraciones de cadmio a nivel cardio-vascular(67,68), renal(69) y sobre la densidad ósea(70).

Las matrices más aceptadas y utilizadas para biomonitorizar el cadmio son tanto la sangre (indica exposición reciente) como la orina (indica exposición reciente y crónica)(48), ésta última ajustada por la concentración de creatinina. En este sentido, aunque durante tiempo se ha mantenido que la concentración de cadmio en orina es un indicador de su bioacumulación a nivel renal(14), en la actualidad, esto ha sido puesto en cuestión, indicándose que factores fisiológicos y la exposición reciente pueden afectar a la misma(71).

Al igual que en el caso del plomo en diferentes países se ha biomonitorizado el cadmio en sangre y orina(28,29) o en orina(72). Donde más se han estudiado los efectos del cadmio ha sido en población laboral, siendo la administración de seguridad y salud laboral de EEUU (OSHA) la que ha establecido valores de corte para determinar daño renal, siendo considerados como que no suponen una amenaza valores en sangre por debajo de 5 µg/L y en orina de 3 µg/g creatinina(73). En la población general se consideran valores que no suponen una amenaza en sangre por debajo de 1 µg/L en no fumadores, aunque en fumadores este valor puede ser mucho mayor, llegando hasta 7.6 µg/L en algunos estudios(70). Dado que la excreción de cadmio en orina se encuentra influenciada por aspectos no relacionados directamente con el metal, como son la diuresis, la albuminuria, la proteinuria y las condiciones de la muestra, no hay un valor urinario poblacional aceptado universalmente(70). Los valores de referencia del cadmio en orina utilizados habitualmente en Europa para valoración del riesgo están basados en el percentil 95 de estudios epidemiológicos realizados en Alemania, estableciéndose para población adulta en 1 µg/L (HBM I) y 4 µg/L (HBM II) y en niños y adolescentes en 0.5 µg/L (HBM I) y 2 µg/L (HBM II), siendo el HBM I el valor por debajo del cual no se sospechan efectos adversos y HBM II el valor sobre el cual hay un incremento de efectos adversos(74). Sin embargo, hay estudios en los que se han asociado concentraciones de cadmio en orina más bajas (≤ 1 µg/g Cr) a un exceso de mortalidad total, mortalidad por cáncer y mortalidad de causa cardiovascular(75).

En las encuestas de biomonitorización de EEUU (NHANES) se ha apreciado que el ratio de la concentración del cadmio tiene una tendencia decreciente entre 1988 y 2008, al igual que ocurría con el plomo en sangre, lo que se atribuye a la disminución de las tasas de tabaquismo y a las legislaciones que disminuyen la exposición al humo del tabaco de

segunda mano(76) e incluso se ha encontrado que esta disminución, junto a la del plomo podría contribuir al descenso de la enfermedad cardio-vascular en EEUU(60).

Cotina

La exposición a la nicotina se produce a través del consumo de tabaco, la exposición medioambiental a su humo y por terapias de abandono del tabaco con nicotina. Los hijos de madres fumadoras pueden estar expuestos adicionalmente a través de la lactancia materna(77). La cotina es el principal metabolito de la degradación de la nicotina, por lo que es el biomarcador más importante de exposición al tabaco y sus productos(78); ya que sus niveles plasmáticos son más estables a lo largo del día que los de nicotina, tiene una semivida mayor (17-20 horas frente a 2-3 horas de la nicotina) y sus niveles son detectables en sangre entre 4 a 7 días. Ambos se excretan por vía renal, lo que permite medir la cotina en orina(79).

Los niveles pueden variar en personas con consumo similar por diversos motivos, como son: diferencias de absorción y distribución de la nicotina, profundidad y duración de las inhalaciones, diferencias genéticas en el metabolismo de la nicotina, eliminación de la cotina y el efecto mentolado de los cigarrillos. Los varones pueden metabolizar estos compuestos más rápido que las mujeres(77) . Por todas estas diferencias el valor de referencia de cotina que diferencia entre fumadores y no fumadores no está determinado de forma universal , aunque habitualmente en la literatura se establece este punto en 50 ng/mL de cotina(80).

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

La población residente en las localidades próximas a los residuos mineros de la Sierra Minera de La Unión-Cartagena (zona minera o de exposición) tiene mayor exposición a metales pesados tóxicos, plomo y cadmio, que una población con similares características socio-demográficas, de consumos alimentarios y de exposición al humo del tabaco y actividades diarias que reside lejos de estos residuos mineros (zona no minera o de no exposición).

Existen factores asociados a los niveles de concentración de plomo en sangre en las poblaciones de estudio en ambas zonas, como pueden ser la edad, el sexo, la exposición al humo del tabaco o la conducta mano-boca.

Hay factores asociados a los niveles de concentración de cadmio en sangre y en orina en las poblaciones de estudio en ambas zonas, como pueden ser la edad, el sexo o la exposición al humo del tabaco.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar si, en el momento del estudio, residir en las localidades cercanas a los residuos mineros de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena significa tener mayor exposición a metales pesados tóxicos, plomo y cadmio, que residir en localidades alejadas a estos residuos.

Objetivos específicos

1. Describir y comparar las características sociodemográficas, dietéticas y de actividades que pueden estar asociadas a exposición a plomo y cadmio de dos poblaciones de la zona de Cartagena que se encuentran a diferente distancia de residuos mineros; una cercana (zona minera) y otra lejana (zona no minera).
2. Medir la concentración de plomo en sangre y cadmio en sangre y en orina en menores (entre 6 y 11 años), y sus madres, residentes en las localidades de las zonas minera y no minera; y determinar las medias y la distribución de las concentraciones en la poblaciones de estudio.
3. Identificar y analizar factores asociados a la concentración de plomo y cadmio en sangre y de cadmio en orina en la zona minera y no minera.
4. Comparar las concentraciones medias de plomo en sangre y cadmio en sangre y orina de la población infantil y adulta de la zona minera con las de la zona no minera y calcular la diferencia entre ellas, ajustando por el resto de factores asociados a dichas concentraciones.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio

El estudio EMBLEMA es un estudio transversal de base poblacional para determinar las concentraciones en sangre y orina de metales pesados tóxicos presentes en dos poblaciones, una que reside en una zona expuesta a residuos de la minería y otra que reside en una zona no expuesta a estos residuos.

Población de estudio

La población a estudio son niñas y niños entre los 6 y los 11 años y sus madres residentes en las poblaciones de La Unión, Portmán, Llano del Beal y El Estrecho de San Ginés (zona expuesta a residuos de la minería) y niñas y niños entre los 6 y los 11 años y sus madres residentes en las poblaciones de Pozo Estrecho, La Palma, El Albuñón, La Aparecida y La Puebla (zona no expuesta a residuos de la minería).

Las poblaciones de la zona expuesta se han seleccionado por su cercanía a los residuos mineros existentes en la Sierra Minera de La Unión - Cartagena.

Las poblaciones de la zona no expuesta han sido seleccionadas por tener un cuartil de un índice de privación, que cuantifica la desigualdad socioeconómica(81,82), similar al de la zona expuesta (**Figura 8**), por ser conocedores de la problemática en el área de interés lo que hace presumir que pueden solidarizarse con ella(83) y por encontrarse lo suficientemente alejada de los residuos mineros (≥ 10 Km)(84) como para ser considerada como no expuesta a la contaminación por éstos.

El rango de edad escogido es el mismo que el empleado en el estudio DEMOCOPHES(31) incluido en el proyecto COPHES (Consortium to Perform Human biomonitoring on a European Scale) cuyo objetivo era desarrollar un protocolo armonizado para realizar estudios de biomonitorización en humanos a nivel europeo. La inclusión de las madres, también basada en el trabajo anterior, se justifica en que las madres pueden ser indicadores de exposición en los niños y niñas durante las primeras etapas de vida (embarazo y lactancia) y, por otro lado, las mujeres en edad fértil conforman en sí mismas un grupo de especial vulnerabilidad.

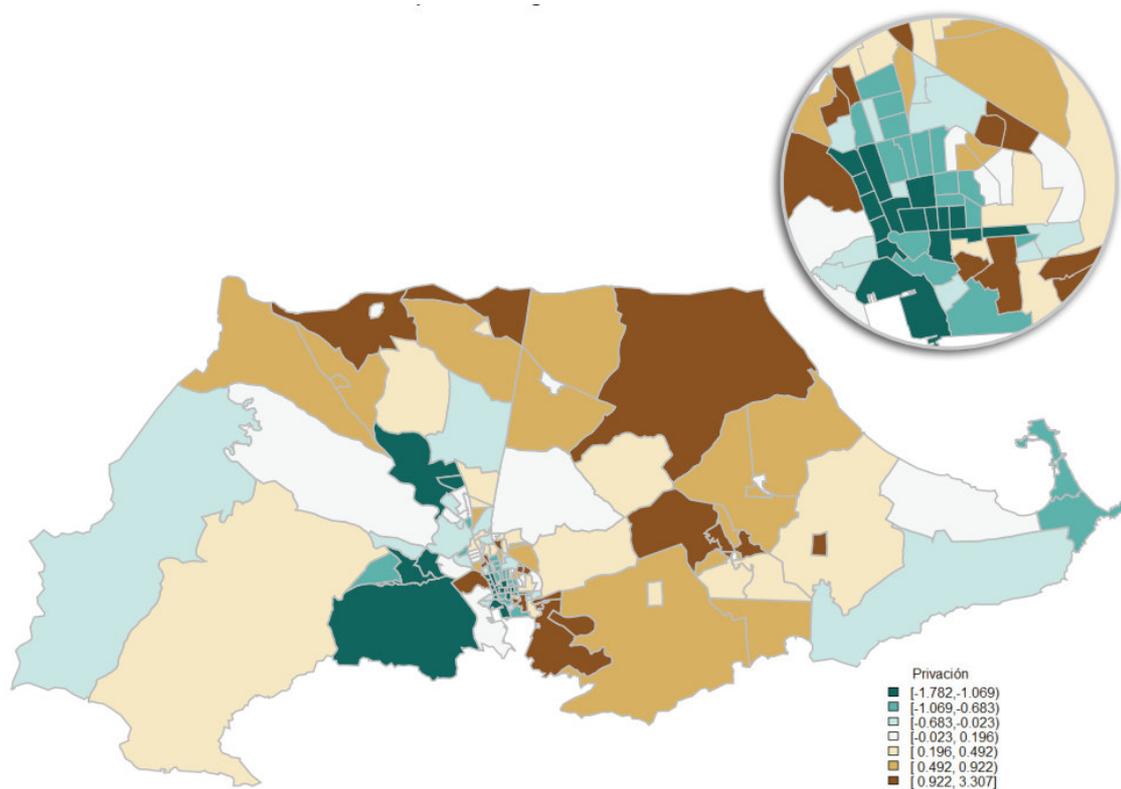


Figura 8. Mapa del Índice de privación socio-económica. Municipio de Cartagena- La Unión año 2001. De Cirera et al, 2012 (81).

Selección de la muestra

La **tabla 1** presenta los tamaños muestrales necesarios para detectar una diferencia entre medias geométricas del 20, 30, 40 y 50% para los tres metales seleccionados con potencias de 80 y 90%, con un nivel de significación de 0.05.

Por otro lado, el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) establece como una práctica estándar obtener un mínimo de 120 observaciones para la obtención de valores de referencia(85). Por lo tanto, se estableció un tamaño muestral de 184 unidades familiares con el objetivo de detectar una diferencia entre medias del 40% para el arsénico, el metal que presenta mayor variabilidad (nivel alfa 0.05, potencia 90%).

Tabla 1. Tamaños muestrales por grupo para detectar una tamaño del efecto de una diferencia entre medias del 20, 30, 40 y 50%.

| Metal | Estudio | SD | Diferencia | Diferencia | Diferencia | Diferencia |
|----------|----------------|------|------------|------------|------------|------------|
| | | | 20% | 30% | 40% | 50% |
| | | | n | n | n | n |
| Cadmio | | | | | | |
| | DEMOCOPHES(31) | 0.77 | | | | |
| | 80% | | 191 | 76 | 38 | 21 |
| | 90% | | 255 | 101 | 50 | 28 |
| | Roca(86) | 0.90 | | | | |
| | 80% | | 261 | 103 | 51 | 28 |
| | 90% | | 348 | 137 | 68 | 37 |
| Arsénico | | | | | | |
| | Gil*(87) | 1.50 | | | | |
| | 80% | | 716 | 281 | 138 | 76 |
| | 90% | | 958 | 376 | 184 | 101 |
| | Roca(86) | 0.92 | | | | |
| | 80% | | 272 | 107 | 53 | 29 |
| | 90% | | 363 | 143 | 71 | 39 |
| Plomo | | | | | | |
| | Cañast†(53) | 0.98 | | | | |
| | 80% | | 305 | 120 | 59 | 33 |
| | 90% | | 408 | 161 | 79 | 44 |

* Población general mayor de 12 años.

† Población general mayor de 16 años.

El marco muestral procede de todos los colegios de educación infantil y primaria de las citadas poblaciones independientemente de su titularidad (**Tabla 2**), de los que se obtuvo el listado de niños y niñas matriculados, gracias a la autorización y colaboración de la Consejería de Educación de la Región de Murcia. Se incluyeron como potenciales participantes los menores que a fecha 1 de abril de 2018, fecha inicialmente prevista para el inicio del trabajo de campo, tenían entre 6,00 y 11,99 años.

En la zona expuesta se invitó a participar a todos los alumnos y alumnas de las edades diana residentes en las localidades más pequeñas, que eran las más cercanas a los residuos mineros (Portmán, Llano del Beal y El Estrecho de San Ginés) que acudían a los colegios de Portmán y El Llano del Beal; mientras que, en la localidad más grande (La Unión), de cada uno de los 6 colegios con educación primaria se extrajo una muestra aleatoria de niñas y niños de entre 6 a 11 años, estratificada según edad y sexo y con asignación proporcional al tamaño de los colegios.

Tabla 2. Centros escolares de educación primaria activos en el año 2018 en las localidades seleccionadas para el estudio EMBLEMA. Elaborada a partir de los datos de Mapa escolar. Murciaeduca(88)

| | LOCALIDAD | NOMBRE CENTRO ESCOLAR | TITULARIDAD |
|-------------------------|-------------------|--|-----------------------|
| ZONA EXPUESTA | LA UNIÓN | CE INF-PRI ALFONSO X EL SABIO | Público |
| | | CE INF-PRI EL GARBANZAL | Público |
| | | CE INF-PRI HERRERIAS | Público |
| | | CEP SABINA MORA | Privado Concertado |
| | | CE INF-PRI REY JUAN CARLOS | Público |
| | | CEP N ^a S ^a DEL CARMEN | Privado Concertado |
| | | CE INF-PRI SANTIAGO APOSTOL | Público |
| ZONA NO EXPUESTA | EL LLANO DEL BEAL | CE INF-PRI SAN GINÉS DE LA JARA | Público |
| | LA PALMA | CE INF-PRI SANTA FLORENTINA | Público |
| | POZO ESTRECHO | CE INF-PRI SAN FULGENCIO | Público |
| | EL ALBUJON | CE INF-PRI LUIS VIVES | Público |
| | LA PUEBLA | CE INF-PRI SANTA MARÍA DEL BUEN AIRE | Público |

En la zona no expuesta el estudio del marco muestral mostró un desequilibrio importante en la proporción de niños y niñas escolarizados cuyas madres tenían un origen distinto a España con respecto a la zona expuesta. Teniendo en cuenta que la dieta es un hecho cultural que se relaciona principalmente con el origen de las madres(89) y la vía digestiva es la principal vía de exposición a estos contaminantes, se decidió emparejar las muestras de ambas zonas no solo por la edad y el sexo del niño/a sino también por el país de origen de la madre. Los participantes se eligieron al azar, dados estos estratos y cuotas.

Criterios de inclusión y exclusión

Con el objetivo de que el reclutamiento sea comparable, los criterios de inclusión y exclusión para formar parte final de la muestra se establecieron para la unidad familiar.

Criterios de inclusión

- 1 Los menores han de estar escolarizados en alguno de los centros escolares de las zonas de estudio.
- 2 Los niños y niñas han de tener entre 6 y 11 en el momento del inicio del estudio.
- 3 La madre y el niño o niña han de vivir juntos en la misma población de residencia en el momento del reclutamiento y durante al menos los 6 años previos al estudio.
- 4 Se incluye un solo hijo o hija por madre, que será seleccionado de forma aleatoria.
- 5 La madre ha de tener un conocimiento suficiente del castellano para responder a la encuesta.
- 6 Tener firmado los consentimientos informados, tanto de la madre como de los menores.

Criterios de exclusión

- 1 Las madres embarazadas se excluirán del estudio; por el contrario, sus hijos o hijas sí podrán ser incluidos en el mismo.
- 2 Tener un hermano o hermana perteneciente a la misma unidad familiar conviviente como participante en el estudio.
- 3 Una potencial exposición laboral por parte de los padres no se considerará un criterio de exclusión. En su lugar el protocolo contempla la recogida de la profesión así como una descripción del mismo y la posibilidad de exposición a algunos de los metales estudiados.

VARIABLES RECOGIDAS

Para alcanzar el objetivo del estudio, se recogieron como variables principales los resultados de las concentraciones de los metales en las distintas matrices. Además, se recogieron variables antropométricas, clínicas y sociodemográficas (individuales y propias de la unidad familiar). Para su obtención, se tomaron muestras biológicas de los participantes, se realizaron las correspondientes mediciones antropométricas y se programaron entrevistas presenciales auxiliadas por una entrevistadora.

Las muestras biológicas fueron sangre venosa y orina de primera orina de la mañana. Se seleccionaron como biomarcadores de exposición a plomo y cadmio:

- Concentración de Cd en sangre venosa.
- Concentración de Cd en orina de primera hora de la mañana.
- Concentración de Pb en sangre.

Además, como co-variables que pueden interferir en estos biomarcadores de exposición se midieron también (entre otras):

- Concentración de creatinina en la muestra de orina y sanguínea.
- Concentración de hemoglobina, hierro y de ferritina en la muestra de sangre.
- Concentración de cotinina en las muestras de orina.

Las medidas antropométricas incluyeron talla, peso y circunferencia de cintura y cadera de todos los participantes.

Las variables de las entrevistas se recogieron de forma presencial, cara a cara, e incluyeron información relativa a posibles variables confusoras y otras específicas del estudio de exposiciones a metales pesados. Las entrevistas estaban encaminadas a recoger la información relativa a la unidad familiar, entendida como madre e hijo o hija.

- Variables Socio-demográficas de la unidad familiar (UF).
 - Fecha de nacimiento de niños/as y madres.
 - País de nacimiento de niños/as y madres.
 - Curso y aula del niño/a.
 - Colegio del niño/a.
 - Dirección completa del domicilio habitual de la UF.
 - Tiempo de residencia de la madre en la localidad.
 - Estado civil de la madre.
 - Número y parentesco de los convivientes en el hogar.
 - Profesiones de la madre y el resto de los convivientes.
 - Situación laboral de la madre.
 - Nivel de estudios de la madre.
 - Ingresos totales del hogar.
- Variables relativas a la vivienda de uso habitual de la Unidad familiar.

- Tiempo en la que residían en la residencia actual.
- Tipo de vivienda.
- Año de construcción de la vivienda.
- Realización de reformas de tuberías en la vivienda y año de realización.
- Tipo de ventanas.
- Tenencia de aire acondicionado y su uso en la última semana.
- Apertura de ventanas de la habitación del niño/a durante el sueño.
- Variables relacionadas con la limpieza del polvo en el hogar.
 - Uso y frecuencia de barrido del suelo.
 - Uso y frecuencia de aspirado del suelo.
 - Uso y frecuencia del fregado del suelo.
 - Uso y frecuencia de limpieza del polvo con bayeta seca.
 - Uso y frecuencia de limpieza del polvo con bayeta húmeda.
- Variables relativas a la exposición al tabaco (activo o pasivo).
 - Datos de consumo de tabaco de la madre.
 - Exposición al humo de tabaco de los niños/as (medido inicialmente en forma de dos preguntas en el cuestionario: exposición directa de los niños/as al humo de tabaco, es decir, si se fuma en su presencia, y convivir con algún fumador).
- Hábitos recreativos y de actividades extraescolares de los componentes de la unidad familiar en el último mes.
 - Frecuencia y duración de actividades realizadas por los niños/as en el hogar (estudiar, leer, hacer pantallas, ver la televisión, jugar).
 - Frecuencia y duración de actividades realizadas en un recinto cerrado por los niños/as (deportes en equipo, gimnasia, atletismo, artes marciales, danza).
 - Frecuencia y duración de actividades realizadas al aire libre por los niños/as (jugar en el parque o calle, pasear la mascota, deportes en equipo, hacer carreras u atletismo, pasear con los amigos, montar en bicicleta o patinete y hacer actividades de jardinería o en el huerto).
 - Tiempo semanal empleado en actividades por las madres: Tiempo dedicado al trabajo dentro y fuera de casa, a actividades en recintos

cerrados y en recintos abiertos y al sueño, diferenciando entre semana y los fines de semana.

- Lugar de compra y consumo de productos alimenticios de la UF.
 - Lugar de obtención de determinados productos: carne, pescado, frutas y verduras y huevos. Se distinguió entre el mercadillo local, el supermercado, la tienda tradicional o la producción propia.
 - Tipo o categoría de huevos consumidos: gallinas criadas en jaula, gallinas criadas en el suelo, gallinas camperas, y gallinas camperas de alimentación ecológica.
 - Lugar de desayuno y comida. Domicilio o trabajo/colegio, distinguiendo entre consumo de alimentos elaborados en el domicilio o disponibles en el centro de consumo.
- Consumo de alimentos y bebidas de los componentes de la UF en la última semana.
 - Frecuencia de consumo de alimentos: Productos lácteos, carne, pescado, verduras y hortalizas, frutas, huevos, cereales, legumbres, bollería, aceite de oliva, aceite de semillas, consumo de zumos, lácteos, bebidas de soja, refrescos, vino y otras bebidas alcohólicas, café y té. Para su recogida se empleó el cuestionario validado empleado en el proyecto INMA(90).
- Datos de salud de la UF (madre y/o niño).
 - Fármacos de uso crónico.
 - Presencia de determinadas enfermedades crónicas: anemia, cáncer, enfermedad tiroidea, enfermedad renal, HTA, trastorno del espectro autista, trastorno por déficit de atención, enfermedad mental.
 - Menopausia en las madres.
 - Menarquia en las niñas.
- Otras variables recogidas.
 - Fuentes de consumo de agua (grifo, embotellada, aljibe, otra).
 - Uso de recipientes de barro para cocinar o almacenar comida.
 - Hábito de morderse las uñas y chupar o morder objetos de los niños/as.

Para optimizar la participación en el estudio, así como para conocer potenciales variables de efecto, y entre otras estrategias, se decidió incluir en las muestras de sangre la realización de un hemograma completo y una bioquímica básica con perfil hepático y lipídico.

Para clasificar el nivel de estudios de la madre se ha utilizado la Clasificación de programas, titulaciones y certificaciones en niveles de formación alcanzados, CNED-A elaborado por el INE(91), recodificada en 4 niveles basados en los años de estudio: sin estudios o estudios primarios no completados (<5 años), estudios primarios (5-14 años), estudios secundarios (15-17 años) y estudios universitarios (> 18 años).

Se ha utilizado para clasificar la clase social basada en la ocupación (CSO), la propuesta de la SEE a partir de la Clasificación Nacional de Ocupaciones 2011(92) en base a la profesión de los convivientes recogida en la entrevista. Se adjudica a la unidad familiar la mayor clase social de los convivientes. Se crearon dos variables para la clase social, la primera tomando las 7 categorías de la propuesta original y la segunda tomando 5 categorías, tal y como se recoge en la tabla anexa del citado trabajo.

Se ha clasificado el estado ponderal de los participantes en 3 categorías: normopeso, sobrepeso y obesidad basándose para las madres en el IMC y para los niños/as en las curvas y tablas de crecimiento de la fundación Orbegozo(93), que son las que se utilizan usualmente para el seguimiento de la población pediátrica en España.

Estudio de la no participación

En los potenciales participantes que rehusaron su inclusión en el estudio se recogió el motivo de no inclusión así como la razón expresada para no querer/no poder participar en el estudio.

Asimismo, las personas que se negaron a participar tras el primer contacto fueron invitadas a responder un breve cuestionario, a través del cual se recogieron un conjunto mínimo de datos que incluían datos sociodemográficos, como fueron la localidad de

residencia, edad y sexo de los menores, el país de nacimiento de la madre, su situación laboral y el número de convivientes en el hogar, así como datos relativos al consumo de tabaco en los convivientes.

Preparación trabajo de campo

Campaña de información

Entre los meses de abril y junio de 2018 se establecieron contactos y reuniones con los diferentes agentes considerados clave para el desarrollo del estudio, tanto para los aspectos técnicos como para fomentar la participación. Se contactó con los agentes institucionales tanto del ámbito regional como local, de la comunidad educativa, de la comunidad sanitaria y del ámbito social de la zona. Se realizaron reuniones informativas sobre el estudio para los profesionales en todos los centros escolares y sanitarios con antelación suficiente respecto del comienzo del estudio, y reuniones abiertas a la población en las localidades seleccionadas dentro de las dos semanas anteriores al comienzo del reclutamiento. Se publicaron en la web institucional de salud de la Región de Murcia (Murciasalud) el protocolo y los materiales de apoyo al estudio(32).

Selección empresa colaboradora

Con el objeto de la contratación de servicios externos de apoyo para el desarrollo del estudio EMBLEMA se inició un procedimiento de contratación sin publicidad con fecha de 9 de febrero de 2018. A dicho procedimiento se invitaron 3 empresas, dos de las cuales presentaron ofertas, siendo seleccionada tras alcanzar mayor puntuación en la evaluación técnico-económica la empresa DEMOMETRICA. Esta empresa fue la encargada de realizar el contacto telefónico de los potenciales participantes, de la toma de medidas antropométricas, de la extracción, recogida y transporte de muestras biológicas y la realización de los cuestionarios mediante entrevistas cara a cara.

Selección del laboratorio

En el momento de la realización del estudio la Región de Murcia no tenía ningún laboratorio que pudiera realizar la totalidad de los análisis propuestos. Por tanto, se decidió realizar las determinaciones biológicas entre dos laboratorios, por una parte, el Servicio de Análisis Clínicos del Hospital Santa Lucía de Cartagena para el hemograma, la bioquímica sanguínea, la creatinina y la cotinina en orina; y por otra, un laboratorio externo que pudiera realizar la totalidad de los análisis de metales pesados propuestos.

Para seleccionar el laboratorio que analizaría los metales pesados se identificaron aquellos laboratorios nacionales con capacidad técnica acreditada para ello. Finalmente se decidió que fuera el instituto de Toxicología de la Defensa en Madrid (ITOXDEF), que posee la acreditación por la ENAC según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2005 para determinar plomo y cadmio en sangre mediante espectrometría de absorbanza atómica con atomización electrotérmica (ETAAS) y la acreditación por Certificado Bureau Veritas según la norma ISO 90001/2015 para el análisis de elementos traza en muestras biológicas(94).

La colaboración con el Laboratorio de Toxicología de la Defensa quedó enmarcada en un convenio que se formalizó en una encomienda de gestión con la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia para la realización de los análisis de las muestras biológicas para la valoración de la concentración de los metales pesados. El convenio se suscribió el 9 de noviembre de 2018, siendo publicado en el BOE y en el BORM los días 12 y 18 de diciembre de 2018 respectivamente(95,96).

Recogida muestras biológicas y datos antropométricos

La recogida de las muestras biológicas y la toma de las medidas antropométricas se realizaron en una primera visita de los participantes a uno de los 7 centros de salud o consultorios de las localidades seleccionadas (**Tabla 3**). Esta primera visita se organizó en 43 días hábiles de forma secuencial con varias oleadas por centro, teniendo en cuenta la existencia de eventos como fiestas locales y viajes de estudios.

El equipo en el centro de salud estaba formado por dos enfermeras y por al menos un/a investigador/a. El primer contacto con las familias en el centro, lo realizaba el personal investigador, confirmando la idoneidad de la selección, que la información recibida del estudio por el participante fuera suficiente y cumplimentando los documentos de consentimiento informado de madres y menores. Tras ello, las enfermeras eran las encargadas de realizar las mediciones y la recogida y extracción de las muestras biológicas con el etiquetado correspondiente, así como de rellenar la hoja de trazabilidad del estudio, siguiendo los protocolos elaborados. Una vez finalizada la agenda, las enfermeras eran las encargadas de realizar el traslado de las muestras al laboratorio de análisis clínicos del Hospital Santa Lucía de Cartagena.

Tabla 3. Zona básica de salud y centros de salud colaboradores en el estudio EMBLEMA 2018 por localidades.

| | LOCALIDAD | CENTRO SANITARIO | ZBS |
|-------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------|
| ZONA EXPUESTA | LA UNIÓN | CENTRO DE SALUD DE LA UNIÓN | 42-La Unión |
| | PORTMÁN | CONSULTORIO PORTMÁN | |
| | EL LLANO DEL BEAL | CONSULTORIO EL LLANO DEL BEAL | 36-Cartagena/Mar Menor |
| ZONA NO EXPUESTA | LA PALMA | CONSULTORIO DE LA PALMA | 32-Cartagena/Pozo Estrecho |
| | POZO ESTRECHO | CENTRO DE SALUD DE POZO ESTRECHO | |
| | EL ALBUJON | CONSULTORIO DEL ALBUJÓN | |
| | LA PUEBLA | CONSULTORIO DE LA PUEBLA | |

Las mediciones antropométricas recogidas fueron la talla, el peso y los perímetros de cintura y de cadera de cada participante, siguiendo un protocolo previamente elaborado donde se detallaba cómo y en qué orden realizar las medidas. Todo el personal recibió formación teórica y práctica en el uso de los aparatos de medida y el seguimiento del protocolo. El material utilizado era propio del estudio y era transportado e instalado por el equipo en el centro de salud antes de cada jornada. Se hicieron dos mediciones para cada medida, y cuando estas difirieron 0.5 cm o 0.5 Kg se hizo una tercera. Las variables finales de las medidas fueron las medias aritméticas de las mediciones realizadas para cada participante.

Los aparatos utilizados para las mediciones antropométricas fueron:

- Tallímetros ADE MZ10042 portátiles, con rango de medida entre 15-210 cm y graduación de 1 mm.
- Básculas electrónicas de suelo con pantalla indicadora LCD, marca SECA 813, con capacidad hasta 200 kg y rango de 100 gr.
- Cintas ergonómicas para medir perímetros Seca 201, inextensibles, con alcance de medición entre 15 y 205 cm y división de 1 mm.

Las muestras de orina de primera hora de la mañana fueron recogidas por los y las participantes en el domicilio el día de la visita al centro de salud. Para ello se les proporcionaba en el mismo centro de salud, en los servicios de urgencias de dichos centros o en una farmacia de la localidad un kit compuesto por dos pares de guantes desechables sin polvo, dos frascos estériles al vacío de polipropileno incoloros con tapa de rosca de 120 ml de diferentes colores con sistema vacutainer®, dos pegatinas rotuladas como madre y niño/a y una hoja de instrucciones para la recolección e identificación de las muestras. Eran entregadas por la madre y codificadas por el equipo de enfermería con un código de laboratorio único que se adjudicaba a cada participante y se anotaba en la hoja de trazabilidad.

Las muestras de sangre se obtuvieron mediante venopunción por el personal de enfermería de la empresa contratada siguiendo el procedimiento de toma de muestras (Anexo 11). Para ello se utilizaron agujas y palomillas y tubos con sistema de vacío vacutainer® (de hemograma Becton Dickinson® con anticoagulante EDTA, de bioquímica con gel separador de suero y de elementos traza Becton Dickinson® con heparina sódica). El tubo de elementos traza se extrajo en el último lugar y se homogeneizó suavemente y durante el tiempo indicado por el laboratorio del ITOXDEF. Cada tubo era etiquetado con el código de laboratorio único adjudicado para cada participante.

Las muestras de sangre y orina se mantuvieron por debajo de 25º evitando la exposición a la luz solar durante la jornada y una vez finalizada se trasladaron en una nevera portátil con acumuladores de frío hasta el Hospital Santa Lucía transcurriendo como máximo 3 horas desde su extracción.

Recogida de variables sociodemográficas y dietéticas

En una segunda visita se citó a las madres en su casa o en el centro de salud para una entrevista personal, que se hizo mediante el apoyo de un cuestionario estructurado en soporte informático (CAPI). El equipo de entrevistadoras, en este caso todo mujeres, estuvo compuesto por tres personas, que recibieron formación teórico-práctica sobre los cuestionarios por parte del personal investigador y la empresa colaboradora.

Laboratorio

En el laboratorio de análisis clínicos del hospital de Santa Lucía se dividieron las muestras de orina en dos tubos de polipropileno incoloro de punta cónica de 15 ml que fueron congelados y uno de polipropileno incoloro de 9 ml etiquetados con el código de laboratorio único de cada participante. El tubo de elementos traza con heparina sódica se congeló en cuanto se realizaba su recepción en el laboratorio. Los tubos congelados se transportaron con las medidas necesarias para el transporte de muestras biológicas en hielo seco al Instituto de toxicología de la defensa, sito en Madrid, junto a las peticiones correspondientes identificadas únicamente con el código de laboratorio, por lo que este laboratorio fue ciego para el origen de la muestras.

Se utilizaron los siguientes equipamientos para los análisis bioquímicos y de hemograma de las muestras, realizados según las especificaciones técnicas del fabricante:

- Hemograma: Sysmex XN 1000, Roche diagnostics
- Bioquímica en sangre y orina: Cobas 8000, Roche diagnostics
- Cotinina: Immulite 2000 XPi, Siemens Healthcare

Para la determinación de cadmio en muestras de orina se utilizó la espectroscopía atómica de masas de plasma (ICP-MS). Las muestras de orina se diluyeron con un diluyente estándar interno que contiene triton X-100, ácido nítrico e ytrio. El contenido total de metales se mide con espectrómetros ICP-MS de Perkin Elmer modelos ELAN DRC 6100 Perkin Elmer o NEXLON 300D provistos de cámara de nebulización ciclónica. Como patrón interno se utiliza ^{89}Y . Los resultados cuantitativos se obtienen por

interpolación en curva ajustada a regresión lineal realizada con patrones. El límite de detección fue 0.1 µg/L.

La determinación de cadmio y plomo en muestras de sangre se realizó por medio de espectroscopía de absorción atómica electrotrémica. La sangre se diluye con un tensoactivo/modificador de matriz que contiene triton X-100, dihidrógeno fosfato de amonio, nitrato magnésico hexahidratado y ácido nítrico. La cuantificación de cadmio y plomo presente se efectúa por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando cámara de grafito, frente a una curva de patrones. El límite de detección para el Pb fue 0.4 µg/dL y para el Cd 0.1 µg/L.

Análisis estadístico

Las variables continuas, dependiendo de su distribución, se presentan como medias y desviación estándar, entre paréntesis, o como la mediana y el rango intercuantil, RIC, entre paréntesis. Las variables categóricas, ordinales o cualitativas, se presenta como su recuento, con el porcentaje sobre el total de observaciones válidas, entre paréntesis.

Para el estudio del efecto de la exposición al humo del tabaco en la población infantil, se creó una nueva variable que combina la información aportada por la variable exposición al humo del tabaco directa (se fuma en presencia de los niños/as) y convivir con un fumador. Cuando ambas variables fueron «No» se le asignó el valor «Bajo», si se convivía pero no se fumaba en presencia del menor, «Medio» y si se fumaba en su presencia, «Alto». La **figura 9** muestra la distribución de la variable cotinina según los valores de esta nueva variable.

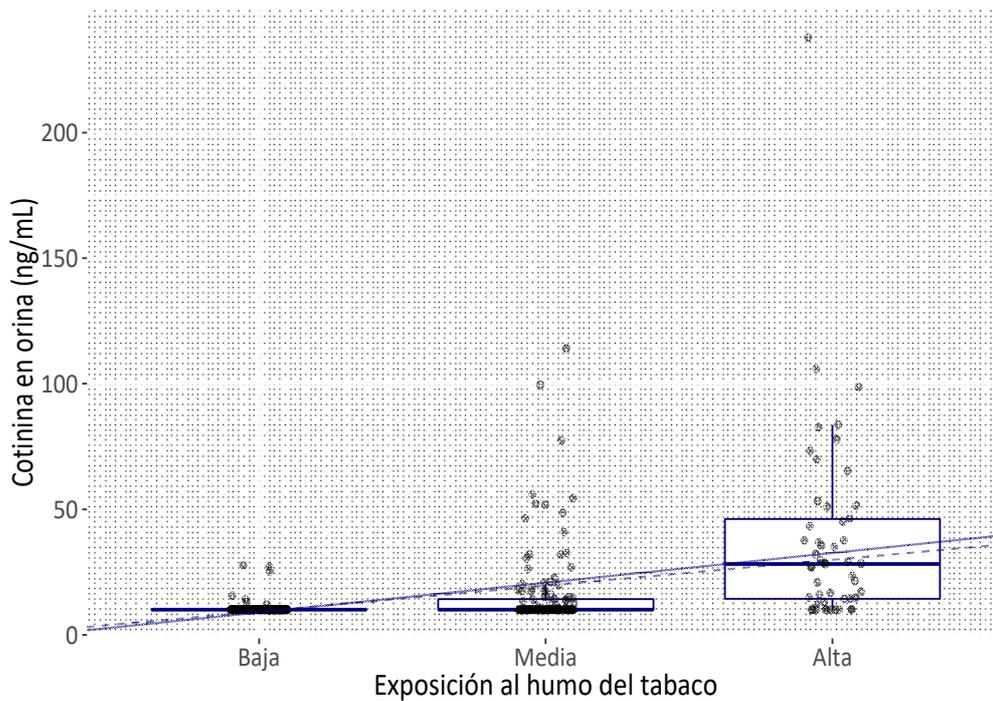


Figura 9. Concentración media de cotinina (ng/mL) según categorías de la variable exposición al humo del tabaco. La línea de regresión continua muestra la tendencia lineal. La discontinua tras excluir el valor con cotinina > 200 ng/mL.

Para la comparación de las variables entre zonas, se ha empleado la prueba de Wilcoxon en el caso de variables continuas. Para las variables categóricas ordinales se ha empleado una prueba de tendencia lineal. Finalmente, para las variables categóricas cualitativas se ha utilizado una prueba Ji-cuadrado. Cuando no se cumplió la regla Cochran, en el caso de tablas 2x2 se empleó una prueba incondicional exacta(97); para tablas 2xJ, se empleó la prueba exacta de Pearson(97).

Para la obtención de los estadísticos resumen para la concentración de plomo en sangre, concentración de cadmio en orina, ratio concentración de cadmio en orina/concentración de creatinina en orina y cadmio en sangre, se han empleado técnicas estadísticas para datos censurados por la izquierda (presencia de un límite de detección). En concreto, para la obtención de la media aritmética, mediana y percentiles de cada una de las distribuciones muestrales, se ha utilizado el método de Kaplan-Meier(98). Los intervalos de confianza para la media y para la diferencia de medias en las concentraciones de metales se han realizado mediante bootstrap(99). Los intervalos de confianza para los percentiles se han calculado a partir de la distribución de los

estadísticos de orden(100). La comparación entre zonas de exposición se ha realizado mediante la prueba log rank.

Para el estudio del plomo en sangre, el proceso para la selección de las variables para los modelos multivariantes siguió la siguiente estrategia general. En primer lugar se agruparon las variables en tres grupos:

- Grupo 1: Incluyó a las variables, zona minera/no minera, variables sociodemográficas, como la edad, el sexo (en la población infantil), el nivel educativo, la clase social basada en la ocupación, el estado tabáquico de la madre (categorizada como fumador, exfumador, no fumador), la exposición al humo del tabaco (baja, media, alta), variables antropométricas (peso, talla, IMC), estado menopáusico (para las madres), la antigüedad de la vivienda y el uso de utensilios de barro para cocinar o almacenar los alimentos.
- Grupo 2: Incluyó las variables que recogían la frecuencia de consumo de grandes grupos de alimentos: carne, vísceras, pescado, marisco, huevos, vegetales, tubérculos, frutas, cereales, leguminosas, aceite de oliva, aceite de semillas, consumo de café o té, bollería y alcohol, en el caso de las madres.
- Grupo 3: Incluyó variables que se consideraron que podrían mediar entre la exposición medioambiental y las concentraciones de los metales, como morderse las uñas, chupar o morder objetos, la posesión de aire acondicionado, los años de residencia (madres). Además, en los niños/as, incluyó el tiempo recreacional semanal al aire libre, en un recinto cerrado y el tiempo semanal dentro del hogar. En las madres, se incluyeron el tiempo diario al aire libre y el tiempo diario en el hogar.

Luego, se procedió a la selección de las variables en base a los siguientes criterios:

- Del grupo 1, primero se seleccionaron varios modelos con un valor en el criterio de información de Akaike (AIC) minimizado, es decir, el modelo con el menor valor y aquellos con una diferencia en el AIC menor de 2. Se escogió el modelo que a criterio de los investigadores obtenía un mayor porcentaje de ajuste (medido como porcentaje de cambio en la variable de

zona minera/no minera con respecto a su valor ajustado) y que mantenía una adecuada capacidad predictiva, tal y como es medida por el AIC, y sentido científico.

- Una vez seleccionado el modelo a partir de las variables del grupo 1, que quedaban fijadas, se seleccionó el modelo que ajustaba por las variables de dieta, siguiendo un procedimiento similar al descrito en el punto de arriba. Esto generaba un modelo que ajustaba por las variables del grupo 1 y del grupo 2. Este modelo es el que se consideró como «efecto ajustado» de la variable zona minera/no minera.
- Finalmente, se seleccionó el modelo para las variables del grupo 3, siguiendo, de nuevo, el procedimiento descrito y su objetivo era comprobar la hipótesis inicial de variables mediadoras del efecto. Esto se hizo observando el porcentaje de cambio sobre el coeficiente de la variable zona.

Para el cadmio en sangre y orina se siguió un procedimiento similar, pero no se estudiaron variables mediadoras (grupo 3).

Las estimaciones a partir de los modelos se han realizado tanto por inferencia clásica como bayesiana. Se ha optado por ésta para dar estimaciones a nivel de poblaciones, una petición expresa por parte de los colectivos sociales que participaron en el estudio. Dar estimaciones para la variable objetivo (zona) y estimar los efectos sobre las poblaciones implica introducir en un modelo dos variables que aportan la misma información, lo que conduce a un modelo multinivel con datos censurados por la izquierda. Además, la inferencia bayesiana permitía hacer frente, en cierta forma, al problema de las comparaciones múltiples(101).

Modelo jerárquico

En el modelo propuesto, se ha considerado estimar la variable zona minera/no minera como un efecto fijo o poblacional, mientras que la población se ha considerado un efecto aleatorio o variante. Es decir, el modelo planteado, que permite que la concentración media «basal» sea distinta en cada población, es el modelo con

interceptos variantes. Se han ajustado dos familias de distribuciones a los datos, la ley normal y la gamma. Para el caso de la distribución log-normal, el modelo es

$$\log y_i \sim Normal(\alpha_{[pob_i]} + X\beta, \sigma^2)$$

y para el caso de la gamma

$$y_i \sim Gamma(\gamma, \frac{\exp(\alpha_{[pob_i]} + X\beta)}{\gamma})$$

donde γ es el parámetro forma y $\exp(\alpha_{[pob_i]} + X\beta)$ es el la media de la distribución.

En cada caso, $\alpha_{[pob_i]}$ es el intercepto específico de la población, X es la matriz de predictores, β es el vector de coeficientes de regresión e y_i es la concentración del metal.

Se supone que

$$\alpha_{[pob_i]} \sim N(\mu_{[pob_i]}, \tau).$$

Alternativamente, $\alpha_{[pob_i]}$ se puede expresar como

$$\alpha_{[pob_i]} = \mu + u_{[pob_i]}$$

$$u_{[pob_i]} \sim Normal(0, \tau^2),$$

siendo $u_{[pob_i]}$ el efecto aleatorio, de media 0 y desviación estándar τ .

El modelo lognormal mostró un ajuste razonable a los datos para el plomo en sangre y para el cadmio en orina tanto en niños/as como en las madres. Sin embargo, el modelo basado en la distribución gamma mostró un mejor ajuste para el cadmio en sangre en ambas poblaciones. En base a estos modelos, se muestran los resultados.

Cada modelo se ajustó corriendo 6 cadenas de Markov con 5000 iteraciones cada una, de las que se desecharon la primera mitad de las mismas. El estudio de la convergencia se llevó a cabo visualmente y mediante el empleo del estadístico \hat{R} (102); en todos los modelos y para todos los parámetros los valores obtenidos para este estadístico fueron menor de 1.01 y el tamaño muestral efectivo, tanto en el centro de la distribución posterior, como en las colas, fue siempre superior a 500.

La comparación entre los modelos bayesianos se llevó a cabo mediante el uso del criterio de información de Akaike-Watanabe (WAIC) y mediante el procedimiento de validación cruzada leave one out (loo)(103).

En la especificación de las distribuciones previas se ha seguido las recomendaciones de Gelman(104) para una distribuciones por defecto. En concreto, el intercepto tuvo como previa una distribución de cauchy centrada en el cero y con escala de 10. Cada variable que entró en el modelo como binaria (per sé, o como una variable dummy) tuvo una distribución previa cauchy centrada en el cero y con escala de 2.5. Las variables numéricas tuvieron una distribución previa cauchy centrada en el cero y con escala $2.5/(2 \times \text{desviación estándar de la variable})$. La variancia residual se especificó como una cauchy centrada en el cero, escala 2.5 y restringida a valores positivos. La variancia para los efectos aleatorios, se especificó como una cauchy centrada en el cero, escala 2.5 y restringida a valores positivos. Para el caso de los modelos basados en la distribución gamma, se hizo que parámetro forma (α) siguiera una distribución de cauchy centrada en el cero, con escala de 2.5 y valores restringidos a la recta real positiva.

Como análisis de sensibilidad, se reajustaron los modelos empleando distribuciones previas planas, obteniendo resultados equivalentes.

El porcentaje de cambio estimado sobre el coeficiente de la variable zona se calculó mediante la siguiente fórmula

$$1 - \frac{\beta_{Zona}^{Crudo}}{\beta_{Zona}^{Ajustado}}$$

En resumen, los modelos que se presentan son modelos jerárquicos estimados mediante inferencia bayesiana. Se presentan el modelo 2, que ajusta por variables sociodemográficas y de dieta, y, para el plomo, el modelo 3, que expone el efecto de las variables mediadoras y el porcentaje de cambio que ocasiona sobre la estimación cruda.

Las variables continuas fueron centradas en su media global para su inclusión en los modelos.

Se ha empleado el software estadístico R 3.6.0(105) para la manipulación y análisis de los datos. Para la inferencia bayesiana se ha utilizado el paquete RStan(106).

Estudio de la no participación

Para el estudio de la no participación se construyó un modelo de regresión logística considerando como variable dependiente la participación. Se estudiaron como posibles variables candidatas la edad y sexo del niño/a; la edad, nivel educativo, situación laboral, estado civil (dicotomizada en casada/ en pareja y monoparental) y el país de nacimiento de la madre; la existencia de un conviviente fumador y el número de convivientes en el hogar; y la zona de exposición. El modelo elegido fue el que minimizó el criterio de información de Akaike (AIC).

Aspectos éticos y legales

El proyecto fue evaluado por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) del Complejo Hospitalario de Cartagena, siendo aprobado el 30 de Enero de 2018.

Los participantes recibieron información sobre el estudio, incluyendo información básica sobre los metales como contaminantes, fuentes naturales de los mismos, objetivos del estudio y procedimientos del mismo. Se habilitó y facilitó a los participantes un teléfono gratuito y un correo electrónico propios del estudio para facilitar la comunicación con ellos durante toda la duración del trabajo de campo y hasta que se comunicaron todos los resultados individuales a los participantes.

Para su inclusión en el estudio, el día de la primera visita las madres firmaron la hoja de consentimiento informado para su participación y uno de los tutores de los niños o niñas, que habitualmente fue la madre, al ser participante también en el estudio, firmó el consentimiento para la participación del niño o niña. En todos los días de primeras citas estuvo presente una persona del equipo investigador que respondió a todas las dudas del estudio y se encargó de la firma del consentimiento. Antes de la extracción a los menores se les solicitaba su asentimiento verbal.

El estudio cumplió con todas las garantías éticas y legales, de conformidad con la normativa vigente en materia de protección de datos de carácter personal y con la declaración de Helsinki de principios éticos en investigaciones médicas que involucran a seres humanos(107). Todo el personal de investigación que ha participado en el estudio

firmó un compromiso de confidencialidad. Los datos fueron anonimizados asignando un código inequívoco a cada participante. Las muestras remitidas al ITOXDEF llevaban como única identificación dicho código, por lo que el laboratorio ha sido ciego a todos los datos de los participantes, incluyendo zona de exposición y el día de la extracción.

Los resultados de la analítica general fueron valorados por el personal médico del estudio y se comunicaron por teléfono por parte de personal sanitario (medicina o enfermería), y por vía postal (electrónica y/o por correo ordinario, siguiendo las preferencias que los participantes habían indicado previamente) a todas las unidades familiares del estudio. En algunos casos, en los que se consideró indicado, se incluyeron en la comunicación recomendaciones nutricionales y/o clínicas, adaptadas al país de origen de la madre en el caso de las nutricionales. Estos casos fueron siempre remitidos a su médico/a de familia o pediatra para valoración. Todos los resultados de la analítica general de los participantes pertenecientes al SMS se encuentran integrados en su historia clínica electrónica.

Los resultados de metales pesados (cadmio y plomo) se comunicaron de la misma forma a todos los participantes por personal de enfermería al que se les formó específicamente para ello, tras ser valorados por el equipo médico investigador.

Se coordinaron actuaciones en el área de salud de los participantes (Área 2- Cartagena) para aquellos cuyos resultados se consideraron elevados en base a la literatura existente en el momento de la comunicación, utilizando un principio de precaución que amplió las recomendaciones internacionales (Anexo 12). Estos resultados considerados elevados, así como el ofrecimiento de realizar un seguimiento clínico-epidemiológico de éstos fueron comunicados directamente por los especialistas médicos del estudio a los participantes.

Las muestras, una vez finalizados el estudio, siguieron los procedimientos protocolizados para destrucción de muestras en cada laboratorio.

IV. RESULTADOS

Trabajo de campo

Entre los meses de febrero y abril de 2018 se prepararon los materiales necesarios para el trabajo de campo del estudio: trípticos, carteles informativos, cartas de invitación, hojas de información, consentimientos informados, hojas de trazabilidad, material de recogida de muestras, kits de orina y su hoja de información, material para la recogida de muestras y etiquetas identificativas entre otros (**Anexos 2-4**)(108).

El 18 de abril se comenzó con el envío, desde la Consejería de Salud de Murcia, de las cartas de invitación a los potenciales participantes de la zona expuesta. Entre abril y junio fueron enviadas secuencialmente, según fue yendo la respuesta de las unidades familiares a la invitación al estudio, un total de 1146 cartas, personalizadas para cada unidad familiar y con firma manuscrita del director general de salud pública, acompañadas con el tríptico del estudio (**Anexo 2**) y una hoja informativa (**Anexo 4**).

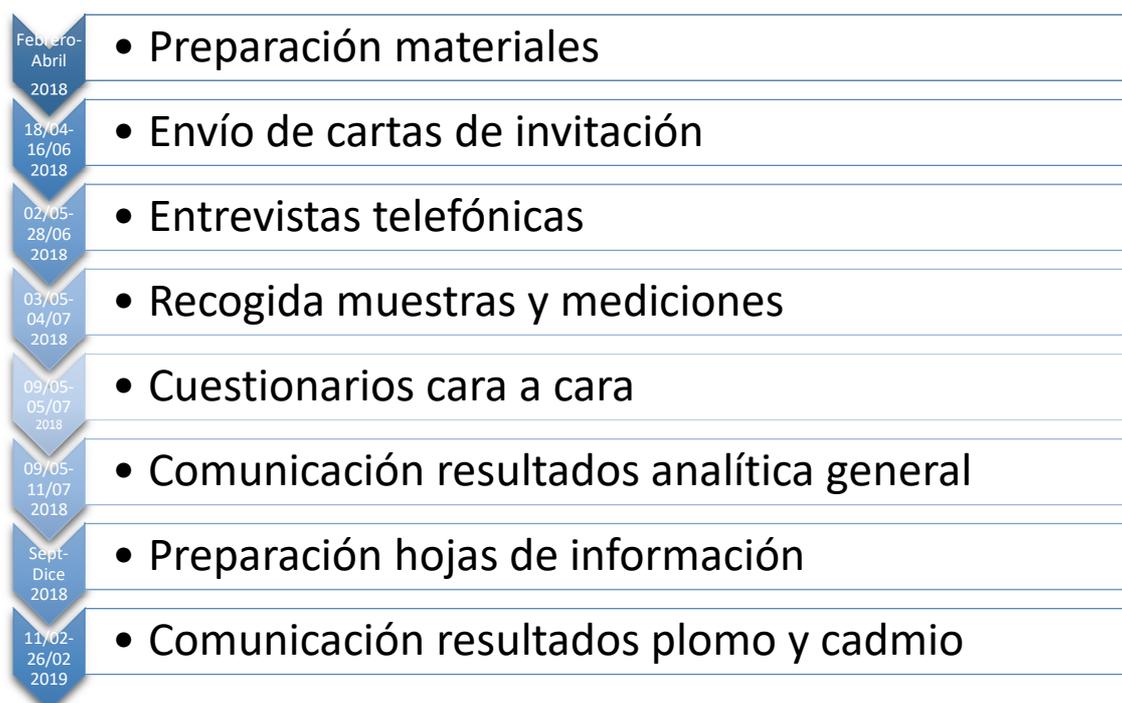


Figura 10. Cronograma trabajo de campo del estudio EMBLEMA 2018.

Tras la carta se realizó un contacto telefónico por parte de entrevistadoras asistidas por ordenador (sistema CATI), donde se evaluaban los criterios de inclusión y exclusión de los miembros de la unidad familiar para participar en el estudio, su aceptación a

participar y se concertaba una cita para la visita en los centros de salud. En el caso de que rehusaran participar se les invitaba a contestar el cuestionario de no participación.

Las visitas de los participantes en los centros de salud se realizaron durante un total de 43 días hábiles (de lunes a viernes) desde el 3 de mayo hasta el 29 de junio de 2018, ambos incluidos.

Las entrevistas cara a cara (segunda visita del estudio, sistema CAPI) tuvieron lugar desde el día 9 de mayo hasta el 5 de Julio 2018, ambos inclusive.

En la **figura 10** se muestra el cronograma del trabajo de campo, que se da como finalizado el 26 de febrero con la publicación de los folletos informativos sobre plomo y cadmio(108) (**Anexos 5-8**) y el envío de los resultados de plomo y cadmio y las comunicaciones informativas sobre estos resultados (**Anexos 9 y 10**).

Participación en el estudio

Se pudo contactar telefónicamente con 986 unidades familiares (86.04%) de las 1146 a las que se les envió la carta de invitación. De ellas se negaron a participar expresamente 347 de ellas (38.0% de las contactadas) y 95 no completaron el reclutamiento telefónico (10.4% de las contactadas) sin una negativa expresa. Hubo 94 familias (24.9% de las que aceptaron) que, aunque expresaron su deseo de participar, finalmente no lo hicieron (el 20.81% de las que aceptaron), son las llamadas citas inconclusas (**Tabla 4**).

Tabla 4. Resultados de la captación de los participantes por zona de exposición y su distribución del estudio EMBLEMA 2018.

| | Total | Zona Minera | Zona no minera |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Invitaciones | 1146 | 570 | 576 |
| No localizables/Tlf incorrecto (%) | 160 (14.0) | 66 (11.6) | 94 (16.3) |
| No elegibles (%) | 73 (6.4) | 36 (6.3) | 37 (6.4) |
| Elegibles y localizables | 913 (79.67) | 468 (82.11) | 445 (77.26) |
| Rechazo (%) | 442 (48.3) | 227 (48.4) | 215 (48.5) |
| Explicito (%) | 347 (38.0) | 183 (39.1) | 164 (36.9) |
| Implícito (%) | 95 (10.4) | 44 (9.4) | 51 (11.5) |
| Aceptación (%) | 471 (51.6) | 241 (51.6) | 230 (51.7) |
| Participación (%) | 377 (41.3) | 194 (40,8) | 183 (41,1) |
| Citas inconclusas (%sobre aceptación) | 94 (24.9) | 47 (19.5) | 47 (20.4) |
| Con cuestionario (%) | 364 (39.9) | 189 (39.8) | 175 (39.3) |

Acudieron al centro de salud 377 unidades familiares, 194 de la zona expuesta y 183 de la zona no expuesta. Dentro de ellas se encuentran siete embarazadas, que no se consideran participantes, por lo que no se les realizaron las mediciones antropométricas ni la obtención de muestras, pero sí a sus hijos. Tres familias no entregaron las muestras de orina (6 participantes), y no se pudo realizar la extracción sanguínea en 5 menores.

Se realizaron un total de 364 entrevistas, alcanzando una cobertura del 96.5% respecto a la muestra válida con visita de enfermería.

La tasa de aceptación para participar en el estudio fue del 51.6%, con una participación final del 41.3% de las unidades familiares que fueron localizadas y eran elegibles, siendo similar entre ambas zonas, 40.8 % en la zona minera y 41.1% en la zona no minera. La participación en la zona expuesta por localidades tal y como refleja la **tabla 5** varió entre el 68.4% de las unidades familiares pertenecientes al colegio de la población de Portmán y el 32.7% de las del colegio de las poblaciones del Llano del Beal, el Beal y El Estrecho de San Ginés. En las poblaciones de la zona no expuesta el porcentaje de participación fue más homogéneo, entre 33.3% en La Puebla y 47.7% en La Palma (**Figuras 4,5 y 6**).

Tabla 5. Resultados de la captación de los participantes del estudio EMBLEMA 2018 por localidad de estudio y su distribución.

| | Portmán | Llano del Beal, Beal, El Estrecho | La Unión | Pozo Estrecho | El Albuñón | La Puebla | La Palma |
|---------------------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|---------------|------------|-----------|------------|
| Invitaciones | 58 | 126 | 386 | 159 | 147 | 48 | 222 |
| No localizables/Tif incorrecto (%) | 0 | 16 (12.7) | 50 (13) | 13 (8.2) | 18 (12.2) | 5 (10.4) | 58 (26.1) |
| No elegibles (%) | 1 (1.7) | 12 (9.5) | 23 (6.0) | 7 (4.4) | 8 (5.4) | 7 (14.6) | 15 (6.8) |
| Elegibles y localizables | 57 (98.3) | 98 (77.78) | 313(81.09) | 139(87.42) | 121(82.31) | 36(75) | 149(67.12) |
| Rechazo (%) | 13 (22.4) | 59(46.8) | 155 (40.2) | 61 (38.4) | 65 (44.2) | 19 (36.9) | 70 (31.5) |
| Explicito (%) | 12 (20.7) | 52 (41.3) | 119 (30.8) | 53 (33.3) | 44 (29.9) | 17 (35.4) | 50 (22.5) |
| Implícito (%) | 1 (1.7) | 7 (5.6) | 36 (9.3) | 8 (5.0) | 21 (14.3) | 2 (4.2) | 20 (9.0) |
| Aceptación (%) | 44 (77.2) | 39 (39.8) | 158 (50.5) | 78 (56.1) | 56 (46.3) | 17 (47.2) | 79 (53) |
| Participación (%) | 39 (68.4) | 32 (32.7) | 123 (39.3) | 57 (41.0) | 43 (35.5) | 12 (33.3) | 71 (47.7) |
| Citas inconclusas (%sobre aceptación) | 5 (11.4) | 7 (18.0) | 35 (22.2) | 21 (27.0) | 13 (23.2) | 5 (29.4) | 8 (10.1) |

Los motivos referidos con más frecuencia para no participar en el estudio de las 347 familias que se negaron expresamente, fueron similares en ambas zonas, por un lado el no poder (36.3%), en general por falta de tiempo, y por otro, por tener reticencias al pinchazo del menor (29.7%), siendo este último más acusado en la zona no minera

(35.4%). Destacan también como motivo no querer participar (16.4%), sobretodo en la zona minera el haberse realizado con anterioridad un estudio de metales.

Tabla 6. Factores sociodemográficos y del hogar de los participantes del estudio EMBLEMA 2018 asociados con la participación.

| Variable | β | OR | IC 95% | Error Estándar | p-valor |
|------------------------|---------|------|----------------|----------------|----------|
| Edad niño/a (años) | 0.11 | 1.12 | (1.00 a 1.24) | 0.0546 | 0.0459 |
| Número de convivientes | 0.18 | 1.20 | (1.02 a 1.42) | 0.0849 | 0.0338 |
| Casada/En pareja | 0.42 | 1.53 | (0.87 a 2.69) | 0.2863 | 0.1388 |
| Nivel educativo madre* | 0.46 | 1.59 | (1.20 a 2.11) | 0.1427 | 0.0012 |
| País de nacimiento | | | | | |
| España | Ref | | | | |
| Marruecos | 1.84 | 6.33 | (2.22 a 21.34) | 0.5684 | 0.0012 |
| Otro | 0.26 | 1.30 | (0.56 a 3.13) | 0.4336 | 0.5489 |
| Situación laboral | | | | | |
| Trabaja | | | | | |
| En paro | 0.67 | 1.96 | (1.21 a 3.23) | 0.2491 | 0.0071 |
| Hogar | -0.96 | 0.38 | (0.24 a 0.61) | 0.2363 | < 0.0001 |

*Prueba de tendencia lineal

Se han comparado características de las unidades familiares participantes (377) y de aquellas que rechazaron expresamente participar (347).

La **tabla 6** muestra el resultado del modelo de regresión logística para la participación. Los principales factores que se asociaron con la participación fueron la edad del niño/a, el número de convivientes en el hogar, el nivel educativo, la situación laboral y el país de nacimiento de la madre.

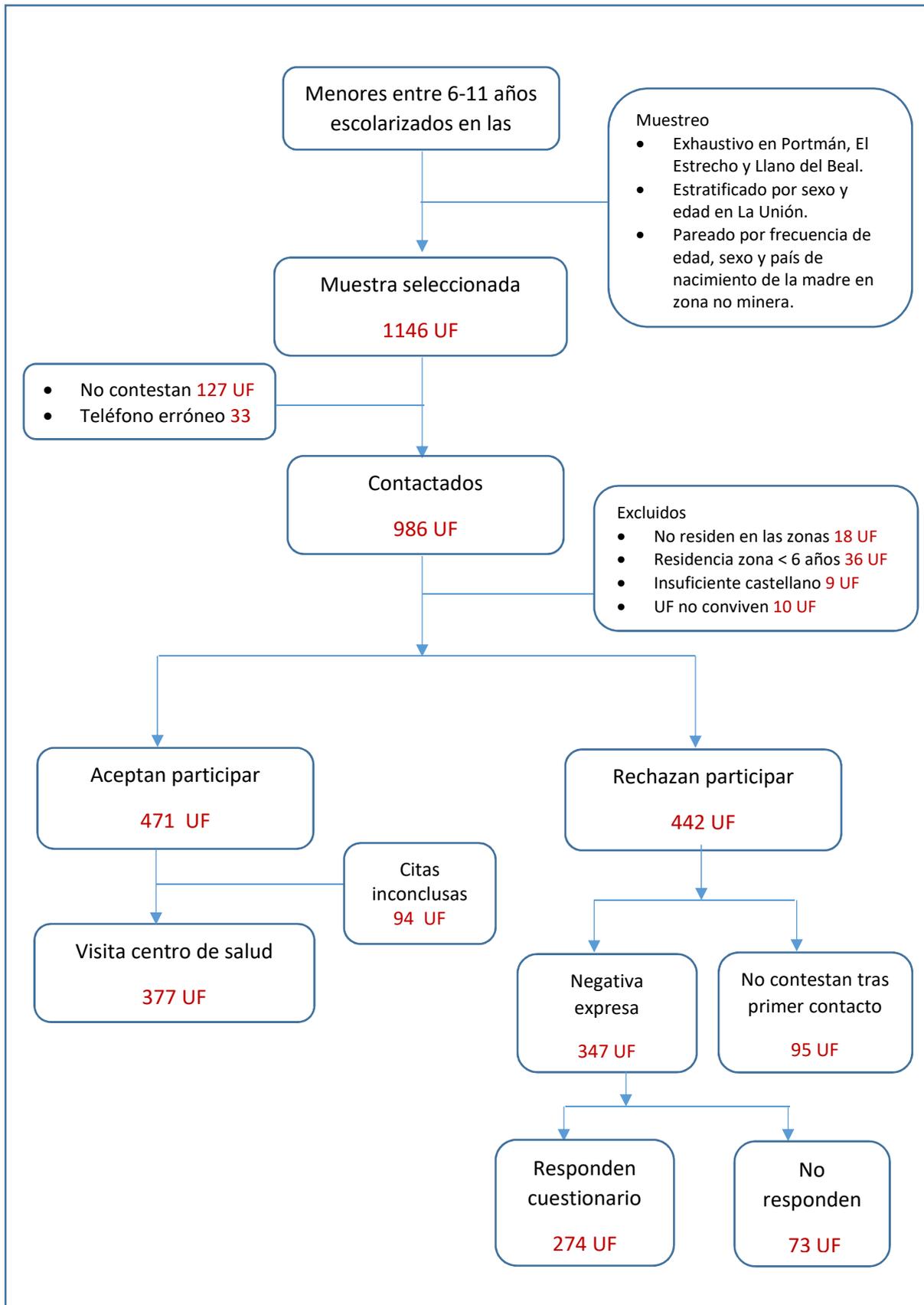


Figura 11. Flujograma de participación en el estudio EMBLEMA 2018.

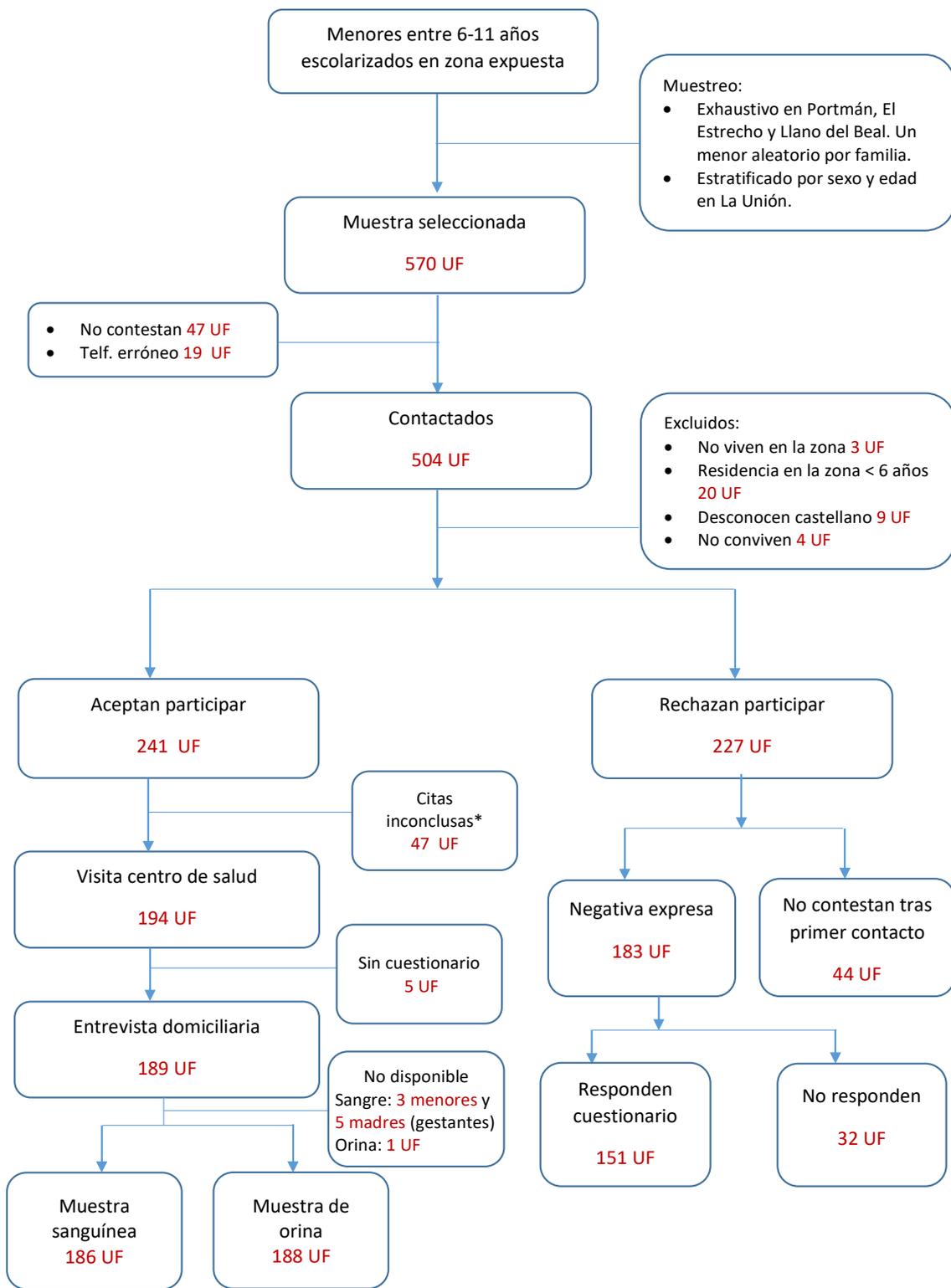


Figura 12. Flujo de participación de la zona expuesta en el estudio EMBLEMA 2018.

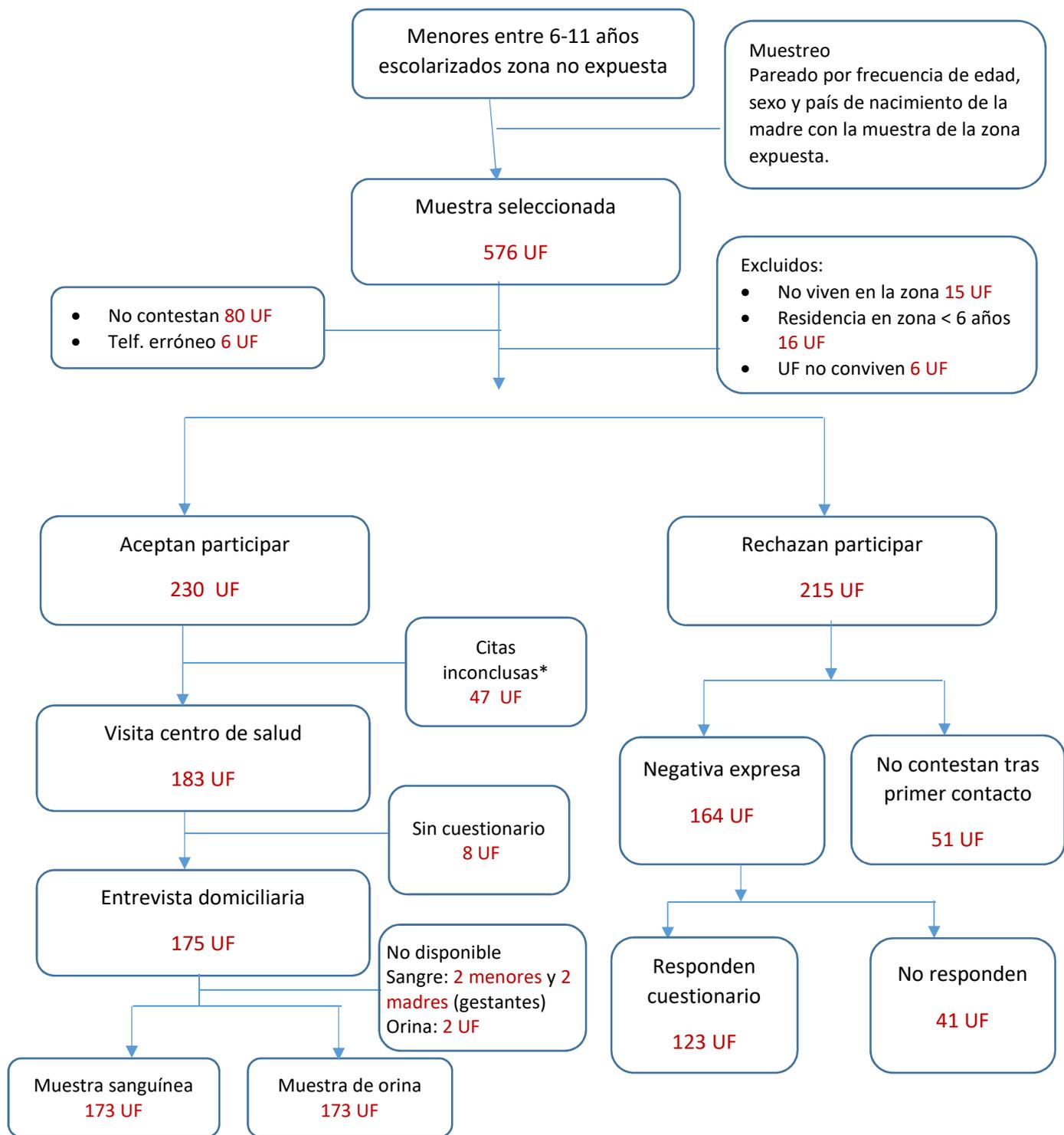


Figura 13. Flujograma de participación de la zona no expuesta en el estudio EMBLEMA 2018.

Características sociodemográficas, dietéticas y del hogar

El reclutamiento en la zona no minera se realizó mediante selección aleatoria entre posibles candidatos previamente emparejados por grupo de edad (< 9 años, ≥ 9 años), sexo y país de nacimiento de la madre (España, otro). Un modelo loglineal de independencia mutua entre las variables zona, grupo de edad, sexo y país nacimiento de la madre no mostró diferencias con respecto al modelo que incluía dichas variables y todas las interacciones entre ellas, indicativo de que proceso de emparejamiento concluyó de forma exitosa.

Niños y niñas

De los 377 participantes, 178 (47.22%) fueron niñas. La edad media de la muestra infantil fue de 8.99 (1.58) años, similar en ambas zonas, 9.08 (1.64) y 8.89 (1.51) en zona minera y no minera respectivamente. La gran mayoría de los menores habían nacido en España (99.47%), con solo 2 personas que habían nacido en Marruecos, una por cada zona.

La **tabla 7** muestra las características sociodemográficas, antropométricas y de conductas potencialmente asociadas a la exposición a plomo y cadmio de la población infantil estudiada estratificadas según la zona. No se observaron diferencias valorables en la distribución de las variables entre las dos zonas. En ambas muestras, un 14.8% de los niños y niñas tenían exposición pasiva declarada al humo del tabaco y, prácticamente, la mitad de los niños y niñas convivían con algún fumador. La cotinina en orina fue detectable en 56 menores en la zona minera (29.17%) y en 39 en la no minera (21.67%) sin diferencias significativas entre las zonas ($p = 0.0974$). La media estimada de cotinina por Kaplan-Meier en la zona minera fue de 17.24 ng/mL y de 15.02 ng/mL en la zona no minera ($p = 0.0882$). El número de años residiendo en sus localidades fue también similar entre las dos zonas, con un mínimo de 6 años y un máximo de 11.9 años y una media en ambas zonas similar a la edad media de los niños y niñas. El porcentaje de menores con obesidad fue de casi el doble en la zona no minera, un 13.64% frente a un 7.87%, siendo el porcentaje de normopeso similar, un 61.80% frente a un 61.36%.

Tabla 7. Características sociodemográficas, antropométricas y de conductas potencialmente asociadas a la exposición a plomo y cadmio de niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona de estudio.

| | Zona minera | Zona no minera | p-valor |
|--|--------------|----------------|---------|
| Edad en años, media (de) | 9.08 (1.64) | 8.89 (1.51) | 0.2400 |
| Sexo, mujer, n (%) | 89 (45.88) | 89 (48.63) | 0.5919 |
| País de nacimiento | | | |
| España, n (%) | 193 (99.47) | 182 (99.45) | |
| Marruecos, n (%) | 1 (0.52) | 1 (0.55) | 0.9978* |
| Obesidad (Orbegozo(93)) | | | 0.5448† |
| Normopeso, n (%) | 55 (61.80) | 54 (61.36) | |
| Sobrepeso, n (%) | 27 (30.34) | 22 (25.00) | |
| Obesidad, n (%) | 7 (7.87) | 12 (13.64) | |
| Talla (cm), media (de) | 136.4 (10.8) | 135.5 (10.9) | 0.4667 |
| Menarquia | 5 (5.75) | 2 (2.33) | 0.2686* |
| Exposición al tabaco, n (%) | 28 (14.81) | 26 (14.86) | 0.9909 |
| Convivir con fumadores, n (%) | 94 (49.74) | 78 (44.57) | 0.3241 |
| Cotinina en orina detectable, n (%) | 56 (29.17) | 39 (21.67) | 0.0974 |
| Cotinina en orina ng/mL, media (de) | 17.24 (1.37) | 15.01 (1.16) | 0.0882‡ |
| Años de residencia en la zona. Md (RIC) | 8.92 (2.83) | 8.87 (2.64) | 0.2900 |
| Tiempo actividades extraescolares (horas/semana) | | | |
| Actividades en el hogar, media (de) | 18 (9) | 18 (10.2) | 0.8846 |
| Actividades recinto cerrado, media (de) | 0 (2.5) | 2 (3) | 0.0044 |
| Actividades al aire libre, media (de) | 8 (9) | 8 (8.7) | 0.5201 |
| Hábitos | | | |
| Morderse las uñas, n (%) | 88 (46.56) | 75 (42.86) | 0.4777 |
| Morder o chupar objetos, n (%) | 97 (51.32) | 81 (46.29) | 0.3368 |
| Dormir con las ventanas abiertas, n (%) | 131 (69.31) | 128 (73.14) | 0.5496 |
| Laboratorio | | | |
| Hemoglobina (g/dL), media (de) | 13.54 (0.87) | 13.50 (0.80) | 0.6907 |
| Ferritina (ng/mL), Md (RIC) | 34 (24) | 34 (20) | 0.7284 |
| Hierro sérico (μ/dL), media (de) | 81 (36) | 79.5 (41) | 0.9821 |

Md mediana.

RIC Rango intercuartil.

*Prueba exacta incondicional.

†Tendencia lineal. ‡Log rank test.

En cuanto a los hábitos de los niños/as y el tiempo semanal dedicado a actividades extraescolares, se observó que los niños/as de la zona minera realizaban menos actividades en un recinto cerrado (mediana de 0 horas semanales, RIC = 2.5 horas) que los niños/as de la zona no minera (mediana de 2 horas semanales, RIC = 3 horas), lo que se muestra en la **figura 14**. No se observaron diferencias en el tiempo de actividades en el hogar o al aire libre, así como tampoco en las prevalencias de morderse las uñas o en el hábito de chupar objetos, cercanas al 50% en ambas zonas. Un elevado porcentaje de menores dormían con las ventanas abiertas, similar en las dos zonas, 69.31% frente a

73.14% en zona minera y no minera. En los parámetros de laboratorio seleccionados, las concentraciones medias de hemoglobina, hierro sérico y ferritina fueron similares entre ambas zona.

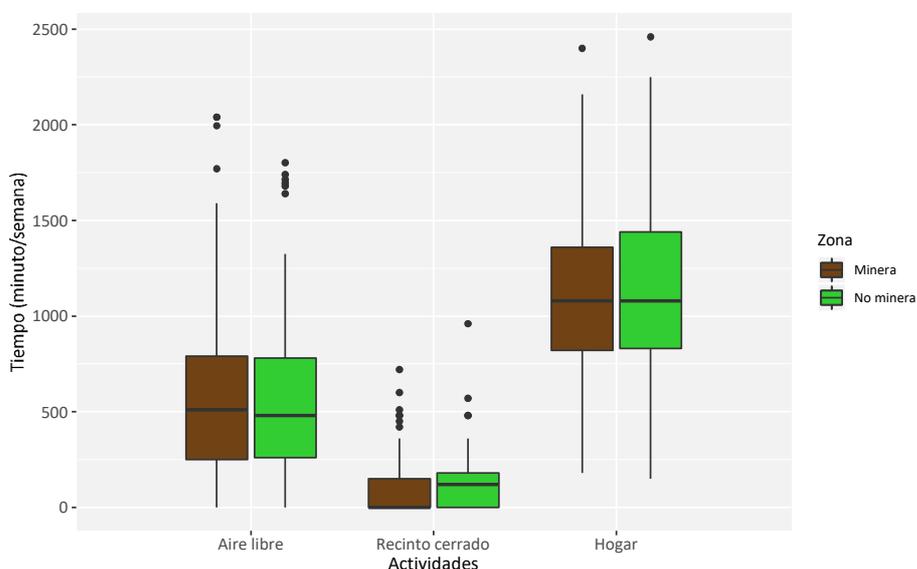


Figura 14. Frecuencia de realización de actividades (minutos/semana) al aire libre, en recinto cerrado y en el hogar fuera del periodo escolar de los niños y niñas participantes del estudio EMBLEMA 2018 por zona de procedencia.

En la **tabla 8** y las **figuras del 15 al 28** se muestran la distribución de las variables que miden la frecuencia de consumo de grandes grupos alimentarios en niños y niñas.

Tabla 8. Frecuencia de consumo de grandes grupos alimentarios de los niños y niñas participantes del estudio EMBLEMA 2018 por zona de procedencia.

| | Zona Minera | Zona no minera | p-valor |
|--|-------------|----------------|---------|
| Frecuencia consumo de alimentos (ocasiones/semana) | | | |
| Frutas, Md (RIC) | 4 (5) | 5 (4) | 0.1478 |
| Vegetales, Md (RIC) | 2 (3) | 3 (3) | 0.0082 |
| Legumbres, Md (RIC) | 2 (2) | 2 (2) | 0.2929 |
| Tubérculos, Md (RIC) | 2 (0) | 2 (0.5) | 0.7968 |
| Cereales, Md (RIC) | 9 (3) | 8 (4) | 0.0162 |
| Lácteos, Md (RIC) | 10 (5) | 11 (4.5) | 0.5731 |
| Carne, Md (RIC) | 7 (3) | 6 (3) | 0.0311 |
| Pescado, Md (RIC) | 1 (2) | 1 (2) | 0.8063 |
| Marisco, Md (RIC) | 0 (1) | 0 (1) | 0.2154 |
| Huevos, Md (RIC) | 2 (0) | 2 (1) | 0.0673 |
| Aceite de oliva, Md (RIC) | 6 (2) | 6 (0) | 0.2636 |
| Aceite de girasol y otros, Md (RIC) | 0 (2) | 0 (1) | 0.0063 |
| Frutos secos, Md (RIC) | 1 (2) | 0 (2) | 0.2439 |
| Bollería industrial, Md (RIC) | 2 (1) | 2 (1) | 0.4336 |
| Bebidas azucaradas, Md (RIC) | 0 (2) | 0 (2) | 0.7888 |
| Café o té, Md (RIC) | | | |

"Md: mediana.

RIC: Rango intercuartil.

No se observaron diferencias en el número de ocasiones de consumo de frutas, lácteos, tubérculos, leguminosas, aceite de oliva, bollería ni té o café entre ambas zonas. Sin embargo, el consumo de vegetales fue más frecuente en la zona no minera, mientras que el consumo de huevos, cereales, carne y aceite de semillas fue mayor en la zona minera.

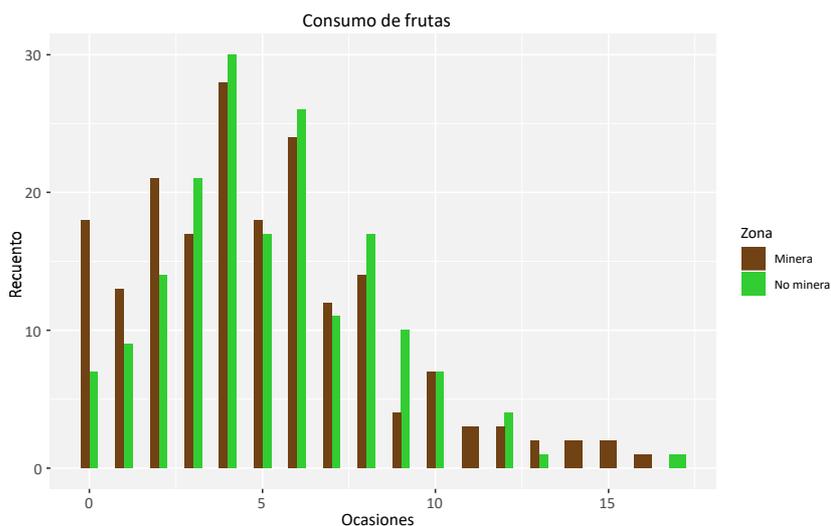


Figura 15. Distribución de ocasiones por semana de consumo de frutas (niños/as).

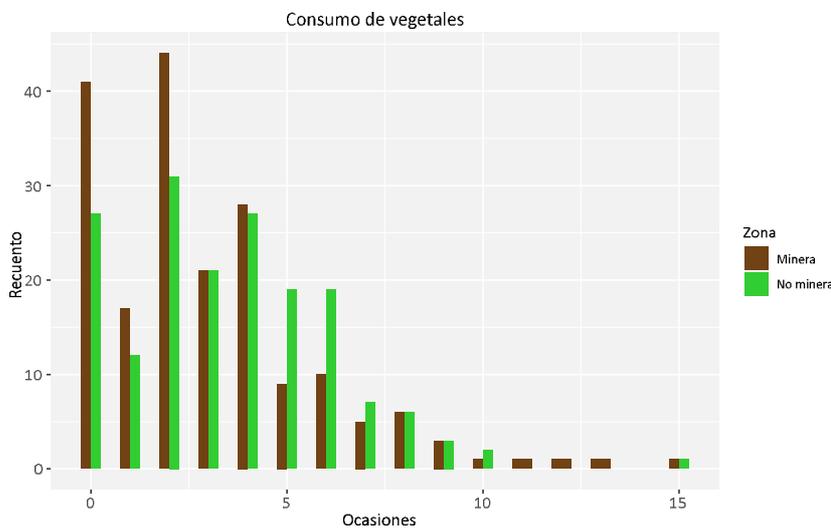


Figura 16. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vegetales (niños/as).

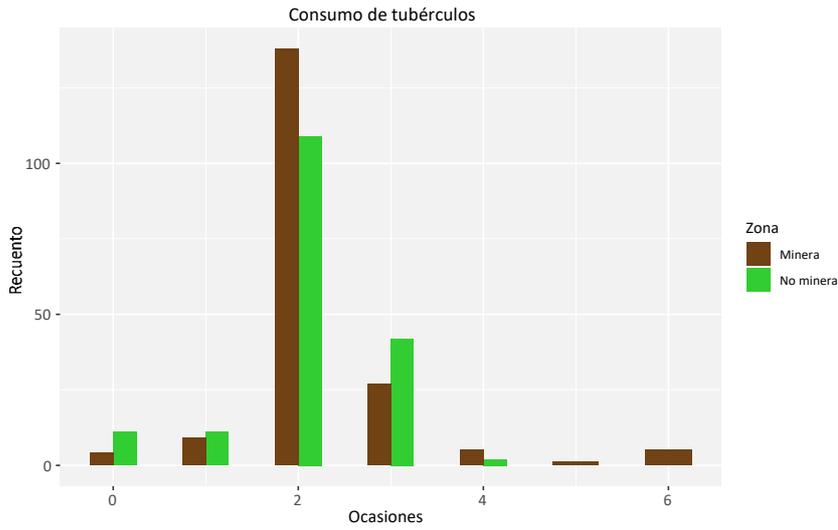


Figura 17. Distribución de ocasiones por semana de consumo de tubérculos (niños/as).

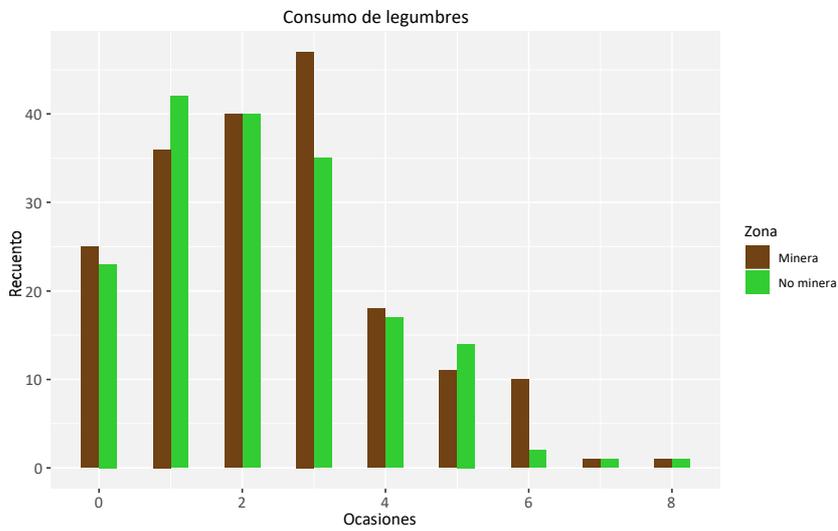


Figura 18. Distribución de ocasiones por semana de consumo de legumbres (niños/as).

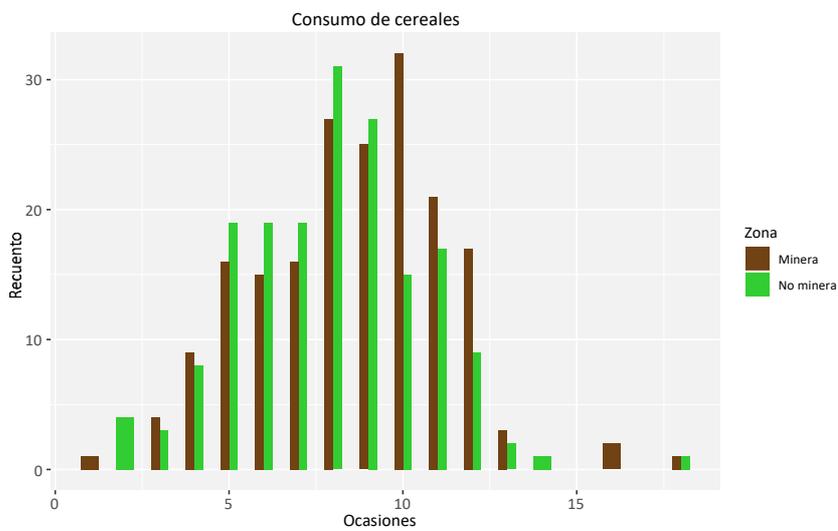


Figura 19. Distribución de ocasiones por semana de consumo de cereales (niños/as).

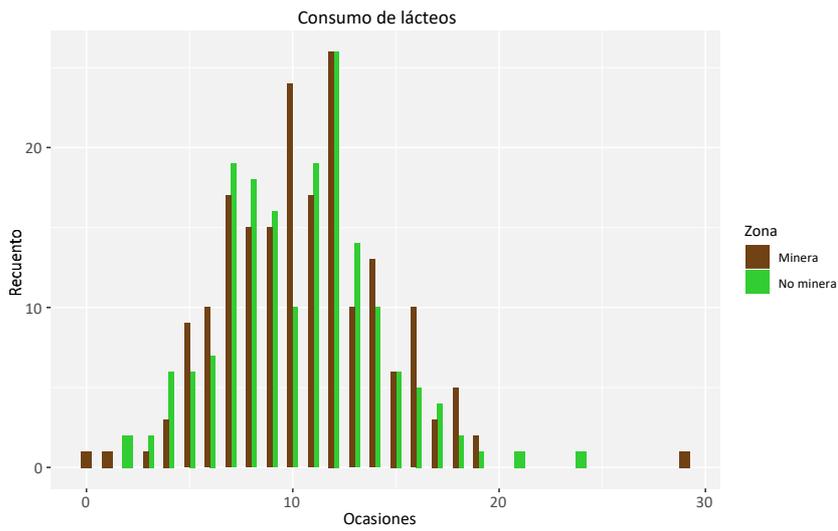


Figura 20. Distribución de ocasiones por semana de consumo de lácteos (niños/as).

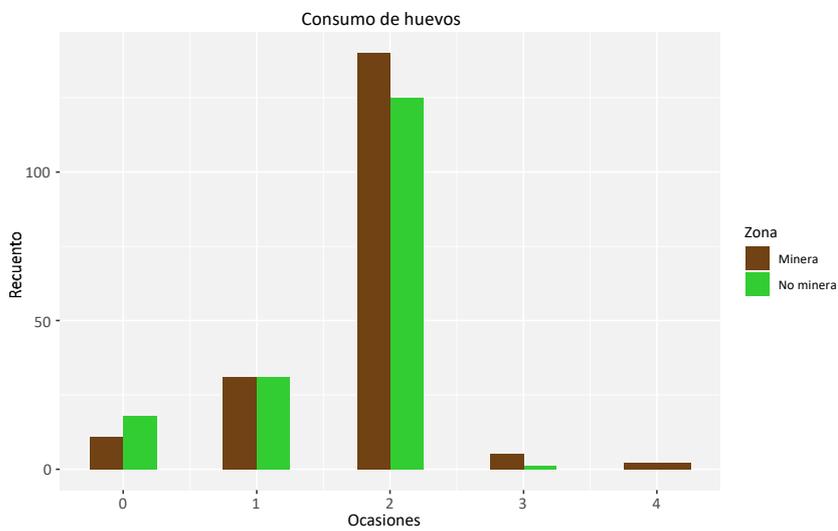


Figura 21. Distribución de ocasiones por semana de consumo de huevos (niños/as).

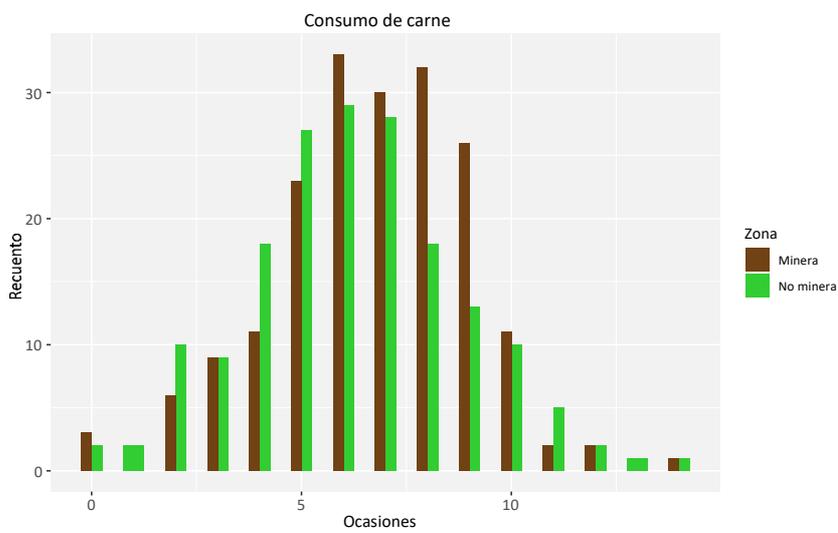


Figura 22. Distribución de ocasiones por semana de consumo de carne (niños/as).

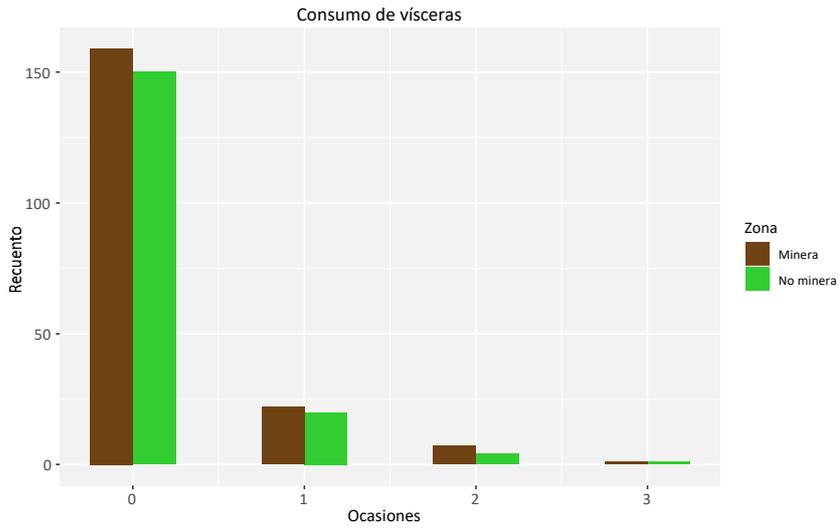


Figura 23. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vísceras (niños/as).

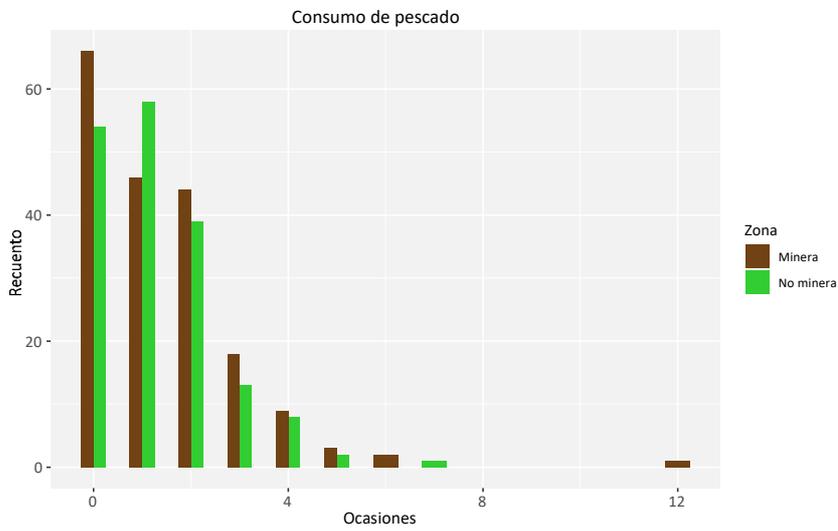


Figura 24. Distribución de ocasiones por semana de consumo de pescado (niños/as).

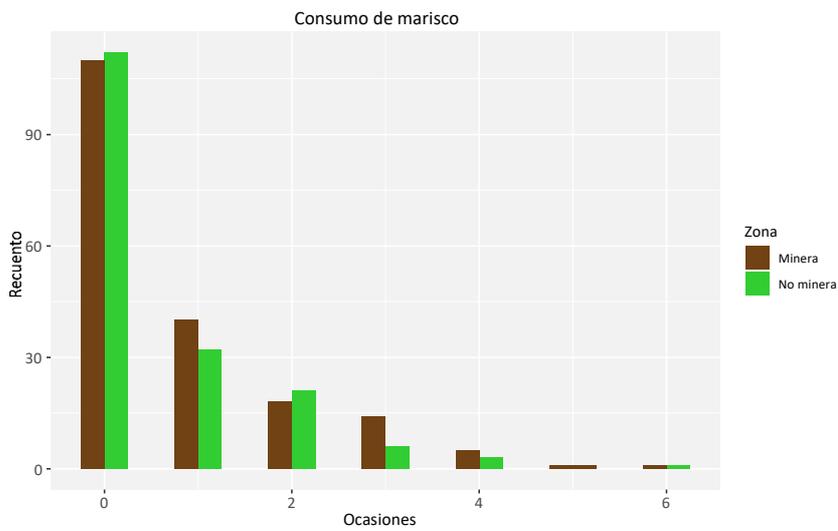


Figura 25. Distribución de ocasiones por semana de consumo de marisco (niños/as).

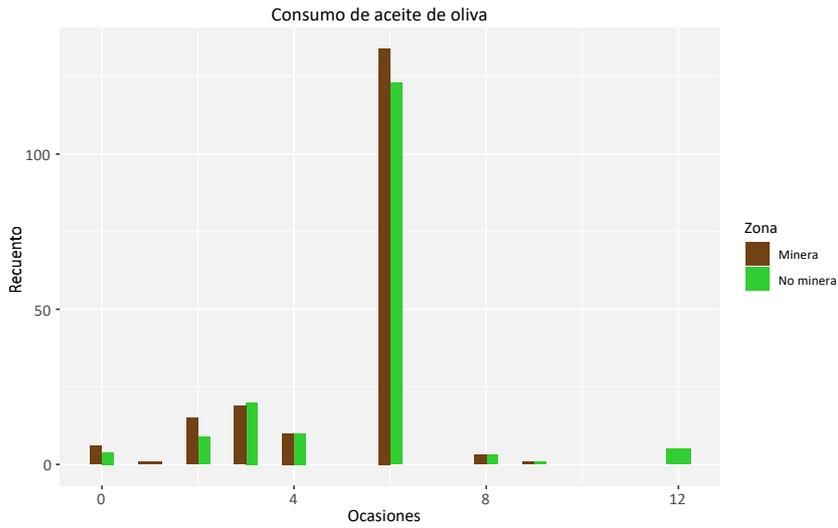


Figura 26. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite de oliva (niños/as).

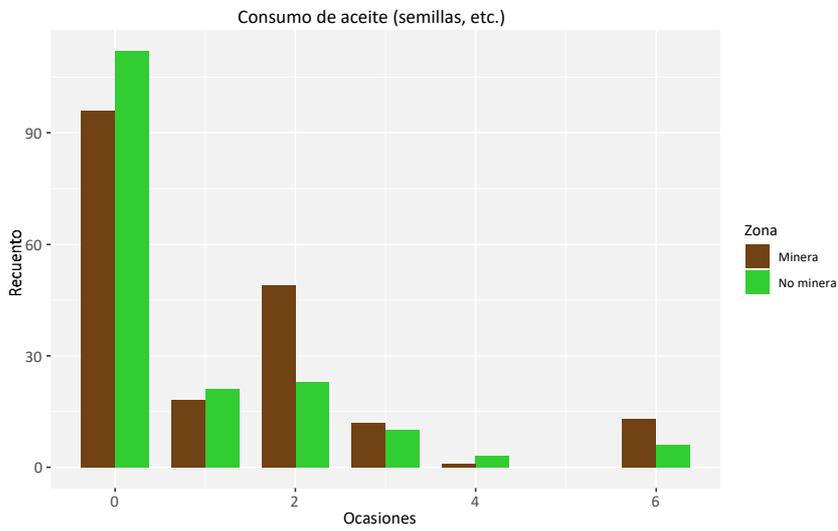


Figura 27. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite semillas (niños/as).

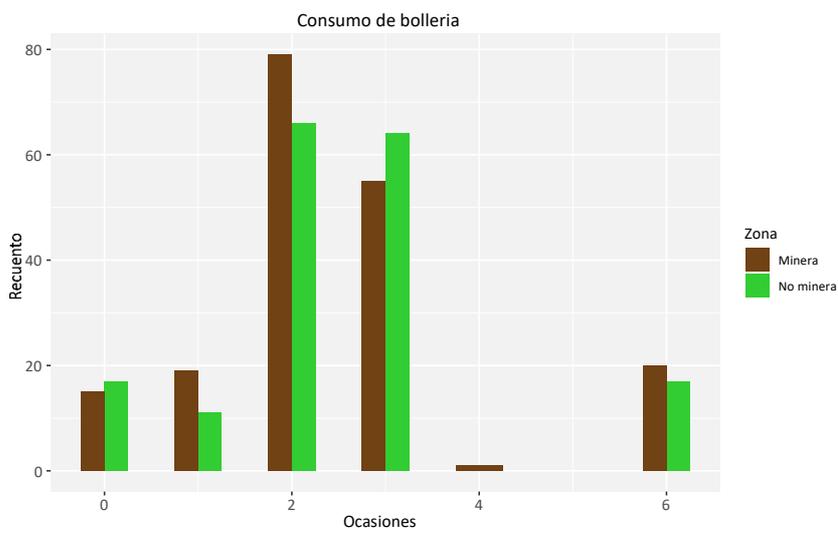


Figura 28. Distribución de ocasiones por semana de consumo de bollería (niños/as).

Madres

La **tabla 9** muestra las características basales de las madres. La edad media fue de 39.5 años (DE = 5.52) en la zona minera y de 39.9 años en la zona no minera (DE = 5.02). En ambas zonas, casi el 90% de las mujeres habían nacido en España. El siguiente país de origen más frecuente fue Marruecos, en el que nacieron 6 (3.1%) de la zona minera y 9 (5.1%) de la zona no minera, el resto de madres procedían de países de Latinoamérica (Ecuador, Bolivia, Brasil y México) y Europa (Croacia y Rumanía). El nivel educativo alcanzado por las madres fue similar en las dos zonas, destacando que cerca del 20% de las participantes tenían estudios universitarios y menos del 5% no tenían estudios o estos eran primarios no completos. En ambas zonas, la situación laboral de las madres fue similar, alrededor del 65% se encontraba trabajando fuera del hogar y el 12% en el hogar.

El porcentaje de madres fumadoras fue del 37.57% (71) en la zona minera y del 33.71% (59) en la zona no minera. En la zona minera, el número total de madres con cotinina detectable en orina fue de 101 (54.30%); este número fue de 73 (41.01%) en la zona no minera ($p = 0.0112$). La media aritmética calculada por el método de Kaplan-Meier de cotinina en orina en las madres de la zona minera fue de 2314.5 ng/mL y de 1820.6 ng/mL en la zona no minera ($p = 0.0395$).

El número de madres con un IMC en el rango de obesidad fue de 39 (20.63%) en la zona minera y de 51 (28.18%) en la zona no minera ($p = 0.1166$). No se encontraron diferencias entre ambas zonas en lo referente al estatus menopáusico.

El número de años residiendo en cada una de las localidades fue mayor en la zona minera, que duplicaba este valor al de la zona no minera (mediana de 34 años frente a los 16 años de la zona no minera, $p = 0.0005$).

Tabla 9. Características sociodemográficas, antropométricas y de conductas potencialmente asociadas a la exposición a plomo y cadmio de las madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona de estudio.

| | Zona Minera | Zona no minera | p-valor |
|--|----------------|----------------|---------|
| Edad en años, media (de) | 39.5 (5.52) | 39.9 (5.02) | 0.4637 |
| País de nacimiento | | | |
| España, n (%) | 176 (90.72) | 164 (89.62) | 0.6424 |
| Marruecos, n (%) | 6 (3.09) | 9 (4.92) | |
| Otro, n (%) | 12 (6.19) | 10 (4.46) | |
| Nivel educativo | | | |
| Sin estudios/E. Primarios no completados (< 5 años), n (%) | 9 (4.76) | 9 (5.14) | 0.8606* |
| Estudios Primarios (5-14 años), n (%) | 64 (33.86) | 57 (32.57) | |
| Estudios Secundarios (15 - 17 años), n (%) | 75 (39.68) | 77 (44.00) | |
| Universitarios (> 18 años), n (%) | 41 (21.69) | 32 (18.29) | |
| Situación laboral | | | |
| Ocupada, n (%) | 125 (66.14) | 112 (64.00) | 0.7882† |
| En paro, n (%) | 37 (19.58) | 43 (24.57) | |
| Hogar, n (%) | 24 (12.70) | 19 (10.86) | |
| Otro, n (%) | 3 (1.59) | 1 (0.57) | |
| Estado tabáquico | | | |
| No fumadora, n (%) | 70 (37.04) | 70 (40.00) | 0.7361 |
| Exfumadora, n (%) | 48 (25.40) | 46 (26.29) | |
| Fumadora, n (%) | 71 (37.57) | 59 (33.71) | |
| Cotina en orina detectable, n (%) | 101 (54.30) | 73 (41.01) | 0.0112 |
| Cotina en orina, media (de) | 2314.5 (299.6) | 1820.6 (155) | 0.0395‡ |
| Cotina en orina ≥ 500 ng/mL, n (%) | 62 (33.33%) | 53 (29.78) | 0.5371 |
| IMC Kg/m ² , media (de) | 26.59 (5.52) | 27.52 (5.87) | 0.1162 |
| Obesidad | | | |
| Normopeso, n (%) | 78 (41.27) | 72 (39.78) | 0.2709* |
| Sobrepeso, n (%) | 72 (38.10) | 58 (32.04) | |
| Obesidad, n (%) | 39 (20.63) | 51 (28.18) | |
| Estado menopáusico | | | |
| Premenopausia, n (%) | 161 (82.99) | 150 (81.97) | 0.9333 |
| Perimenopausia, n (%) | 10 (5.15) | 11 (6.01) | |
| Postmenopausia, n (%) | 23 (11.86) | 22 (12.02) | |
| Años de residencia (años), Md (RIC) | 34 (27.0) | 16 (25.5) | 0.0005 |
| Tiempo diario consumido | | | |
| Sueño (h/día), Md (RIC) | 7.57 (1.29) | 7.29 (1.71) | 0.0133 |
| Trabajo (h/día), Md (RIC) | 5.29 (4.29) | 5.43 (4.43) | 0.7310 |
| Actividades en el hogar (h/día), Md (RIC) | 8.00 (5.14) | 8.86 (4.71) | 0.0920 |
| Actividades en un lugar cerrado (h/día), Md (RIC) | 7.00 (9.00) | 7.00 (9.00) | 0.8520 |
| Actividades al aire libre (h/día), Md (RIC) | 3.43 (2.14) | 3.00 (2.07) | 0.0294 |

Md: mediana.

RIC: Rango intercuartil.

*Prueba de tendencia lineal

†Prueba condicional exacta de Pearson

‡Log rank test.

En cuanto a los hábitos de las madres, no hubo diferencias en las horas de trabajo o el tiempo que dedican a realizar actividades en un recinto cerrado. Las madres de la zona no minera declararon menos horas diarias de sueño, y menos horas al día expuestas al medio ambiente, dedicando algo más de tiempo a las actividades del hogar (**Figura 29**)

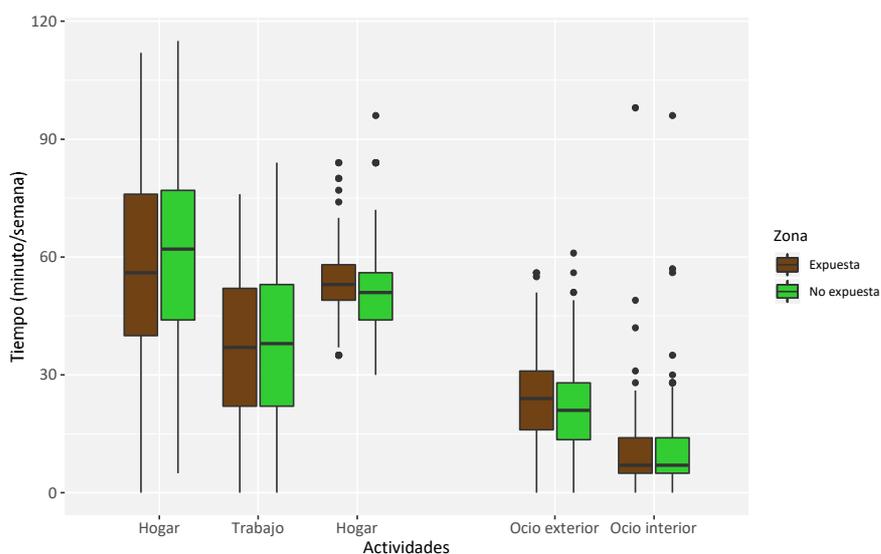


Figura 29. Frecuencia de realización de actividades (minutos/semana) al exterior o en el interior de las madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de procedencia.

En la **tabla 10** y las **figuras del 30 a la 44** se muestran la distribución de las variables que miden la frecuencia de consumo de grandes grupos alimentarios en las madres.

Tabla 10. Frecuencia de consumo de grandes grupos alimentarios de las madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de procedencia.

| | Zona Minera | Zona no minera | p-valor |
|--|-------------|----------------|---------|
| Frecuencia consumo de alimentos (ocasiones/semana) | | | |
| Frutas, Md (RIC) | 5 (5) | 6 (4) | 0.4639 |
| Vegetales, Md (RIC) | 6 (5) | 6 (4) | 0.1926 |
| Legumbres, Md (RIC) | 3 (2) | 2 (3) | 0.0030 |
| Tubérculos, Md (RIC) | 2 (0) | 2 (0) | 0.7172 |
| Cereales, Md (RIC) | 8 (4) | 7 (4) | 0.0953 |
| Lácteos, Md (RIC) | 9 (5) | 8 (4.5) | 0.0014 |
| Carne, Md (RIC) | 6 (4) | 6 (3) | 0.1980 |
| Pescado, Md (RIC) | 2 (3) | 1 (2.5) | 0.8305 |
| Marisco, Md (RIC) | 1 (2) | 0 (2) | 0.0418 |
| Huevos, Md (RIC) | 2 (1) | 2 (1) | 0.9672 |
| Aceite de oliva, Md (RIC) | 6 (2) | 6 (0) | 0.0974 |
| Aceite de girasol y otros, Md (RIC) | 0 (2) | 0 (2) | 0.0469 |
| Frutos secos, Md (RIC) | 1 (2) | 1 (2) | 0.4800 |
| Bollería industrial, Md (RIC) | 2 (2) | 2 (2) | 0.2186 |
| Bebidas azucaradas, Md (RIC) | 2 (2) | 1 (2) | 0.1184 |
| Café o té, Md (RIC) | 3 (4) | 3 (4) | 0.4156 |
| Alcohol, Md(RIC) | 1 (3) | 1 (2) | 0.6055 |

"Md: mediana.

RIC: Rango intercuartil.

El consumo de legumbres, lácteos, marisco y aceite de semillas fue mayor en la zona minera que en la zona no minera. El resto de alimentos mostraron una distribución similar entre zonas. Destacar que solo el consumo de aceite de semillas fue diferente en madres y sus hijos e hijas entre ambas zonas.

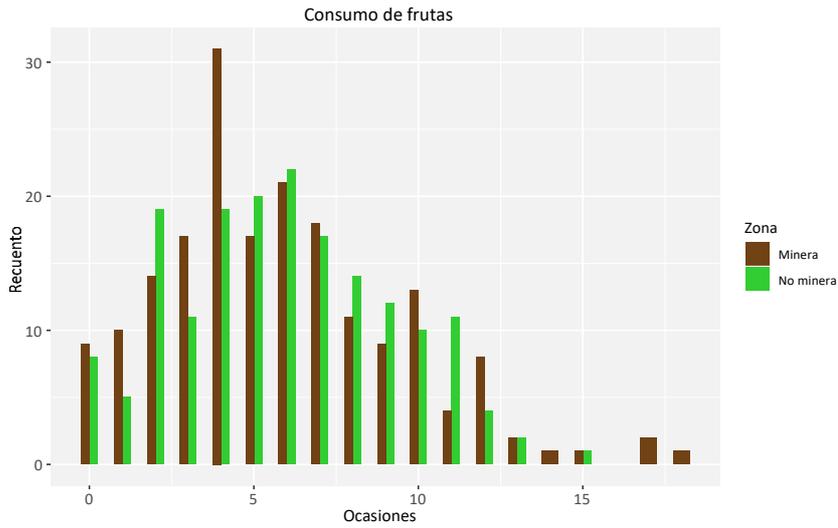


Figura 30. Distribución de ocasiones por semana de consumo de frutas (madres).

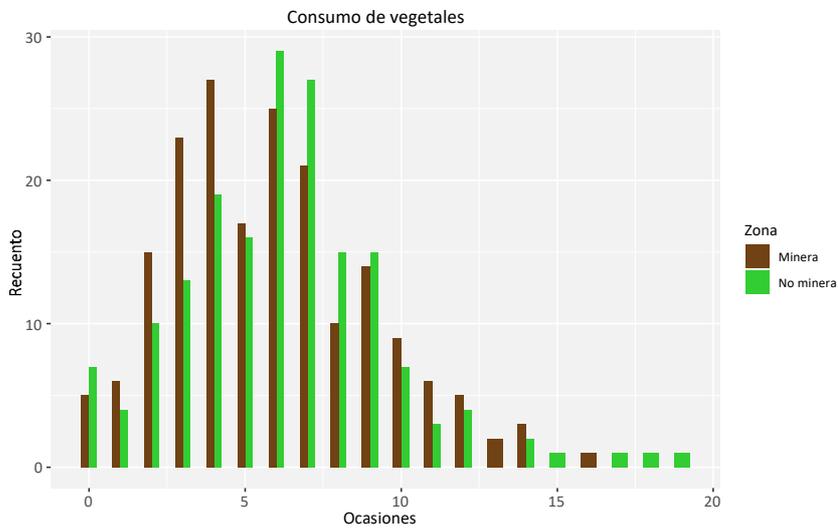


Figura 31. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vegetales (madres).

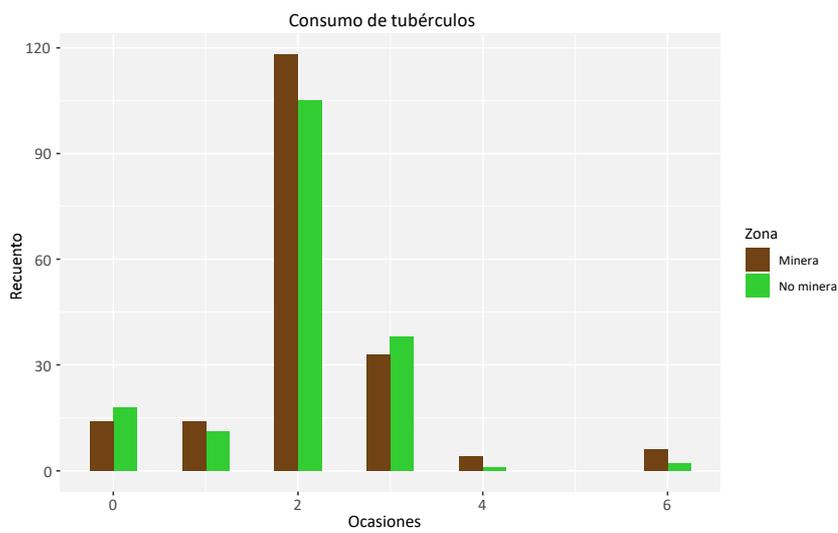


Figura 32. Distribución de ocasiones por semana de consumo de tubérculos (madres).

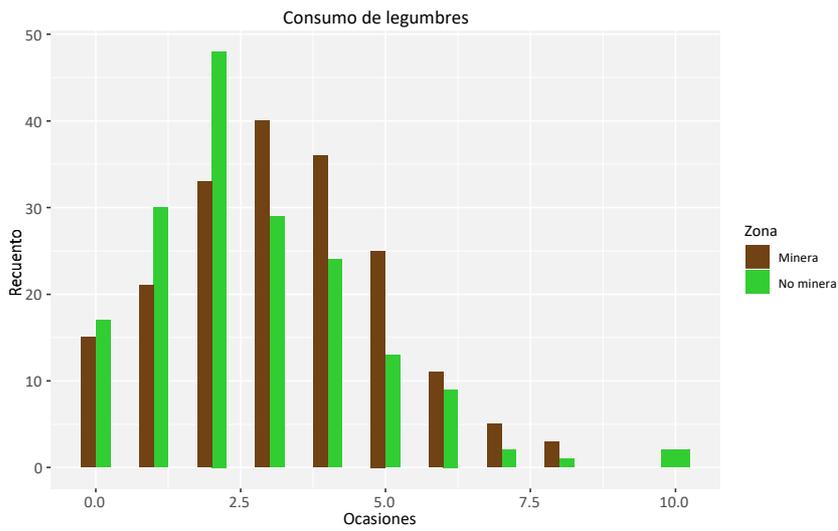


Figura 33. Distribución de ocasiones por semana de consumo de legumbres (madres).

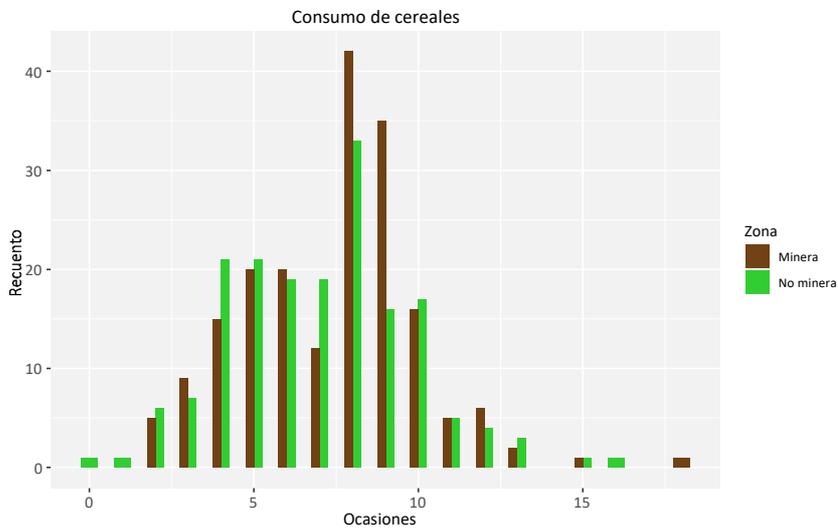


Figura 34. Distribución de ocasiones por semana de consumo de cereales (madres).

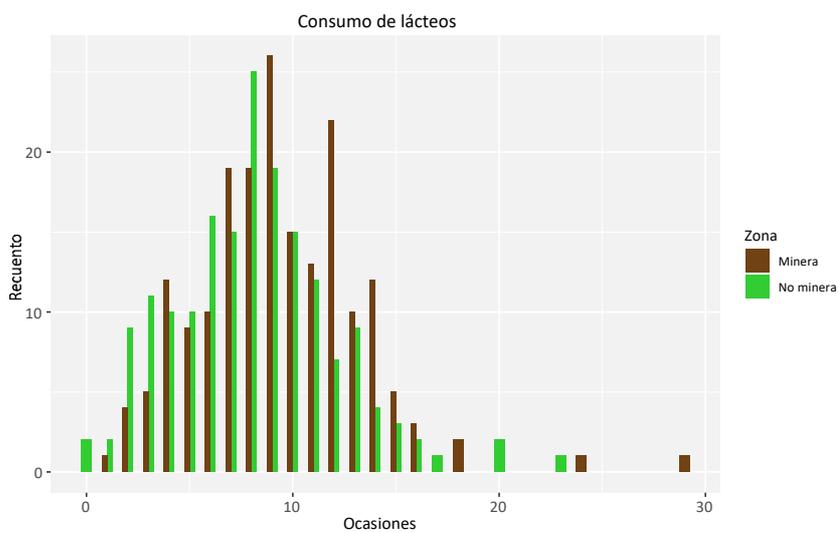


Figura 35. Distribución de ocasiones por semana de consumo de lácteos (madres).

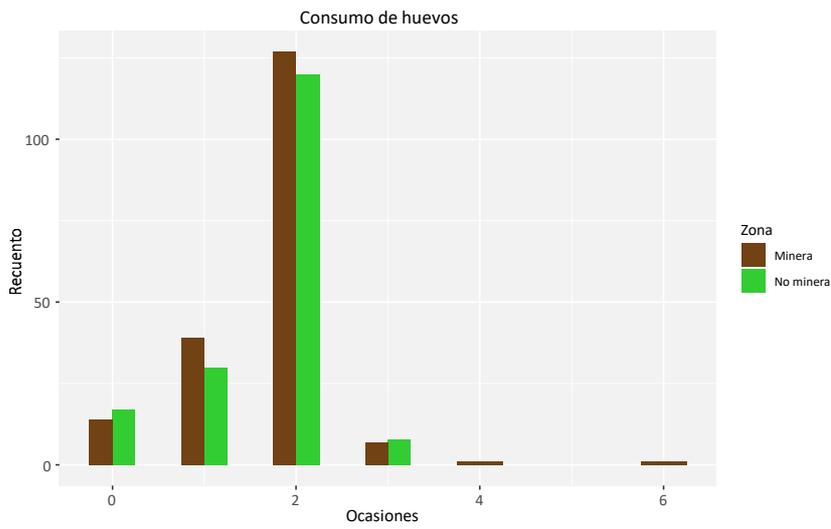


Figura 36. Distribución de ocasiones por semana de consumo de huevos (madres).

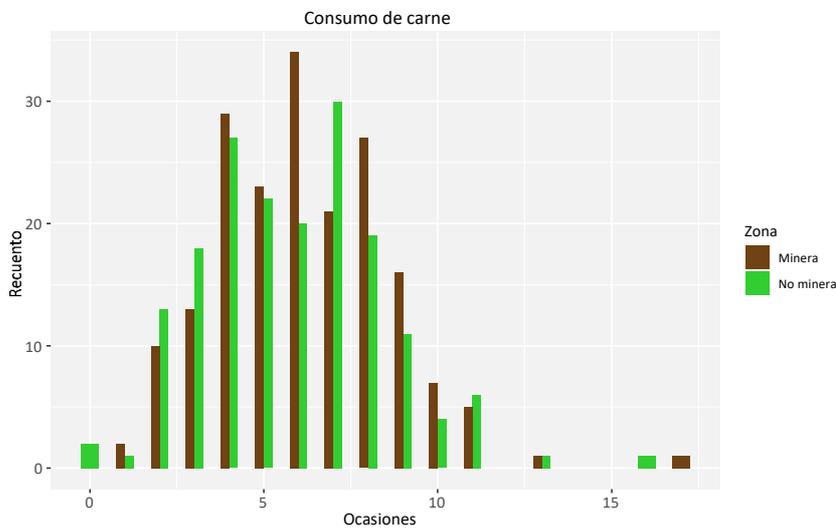


Figura 37. Distribución de ocasiones por semana de consumo de carne (madres).

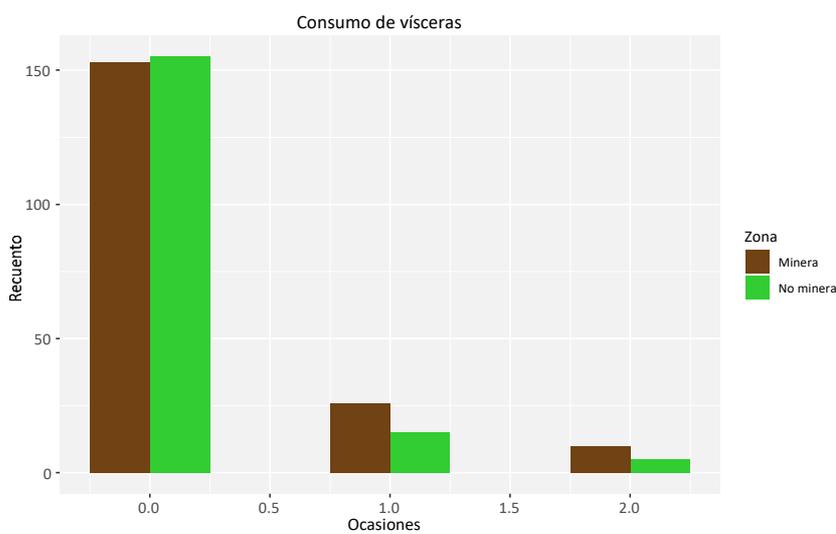


Figura 38. Distribución de ocasiones por semana de consumo de vísceras (madres).

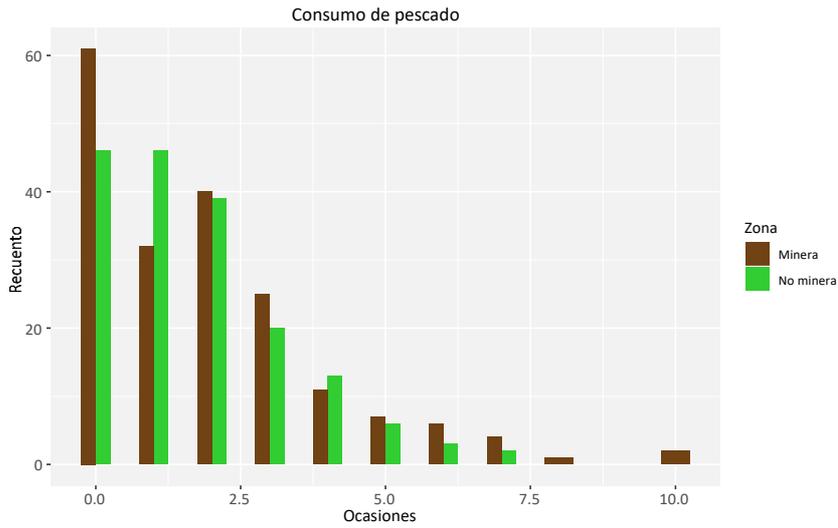


Figura 39. Distribución de ocasiones por semana de consumo de pescado (madres).

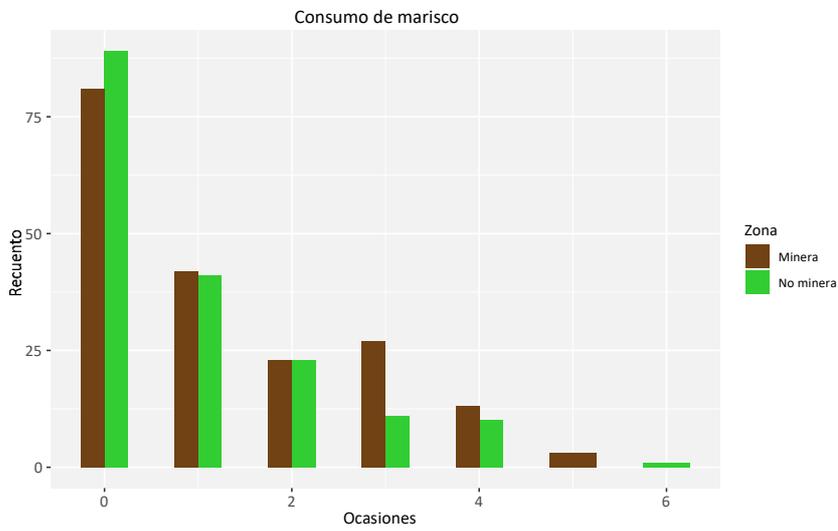


Figura 40. Distribución de ocasiones por semana de consumo de marisco (madres).

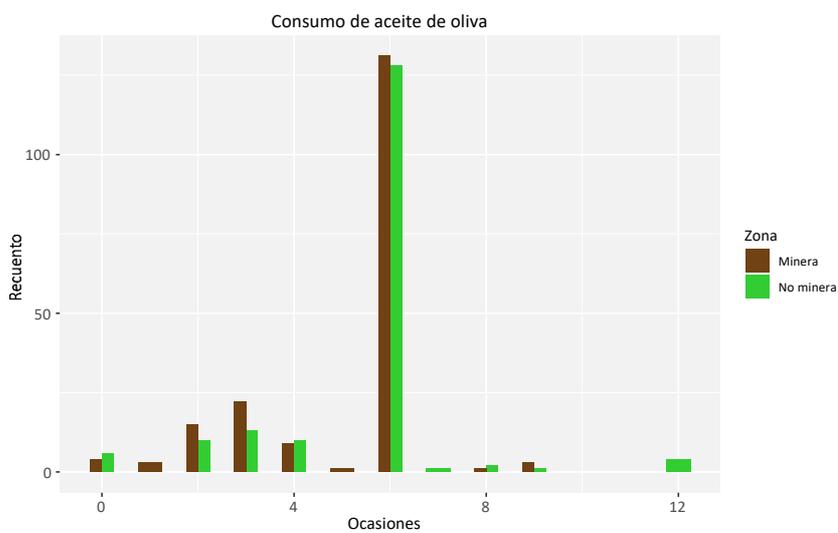


Figura 41. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite de oliva (madres).

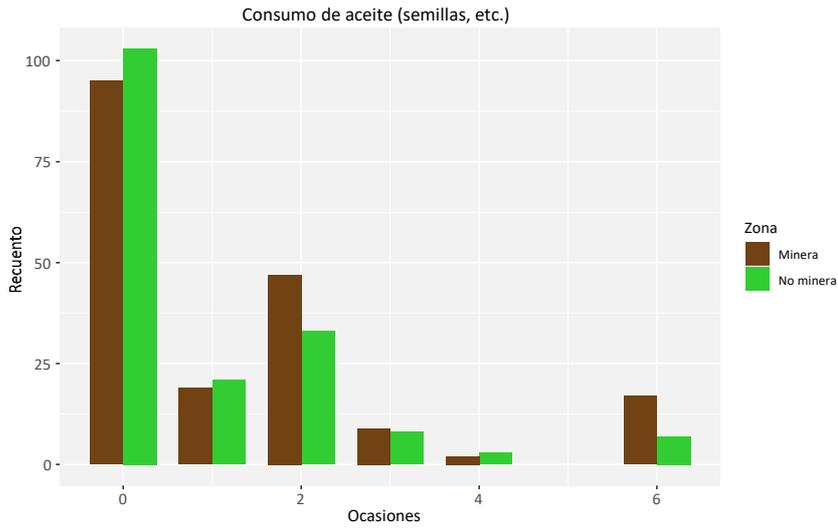


Figura 42. Distribución de ocasiones por semana de consumo de aceite de semillas (madres).

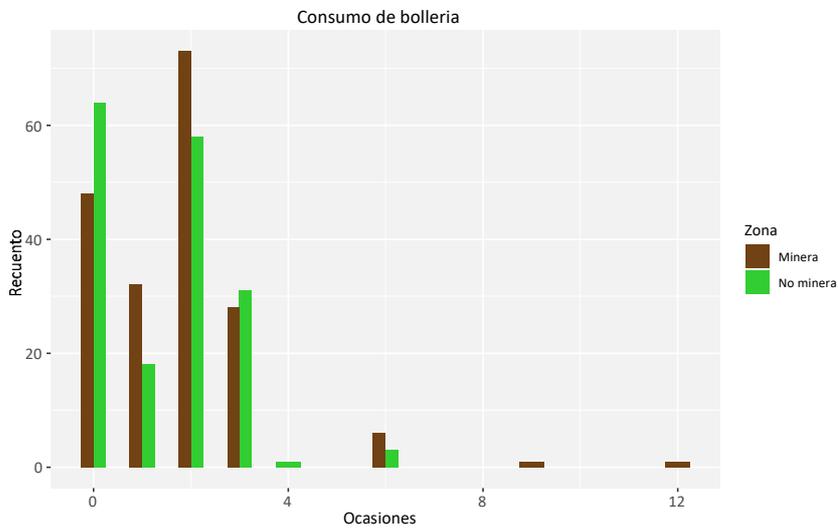


Figura 43. Distribución de ocasiones por semana de consumo de bollería (madres).

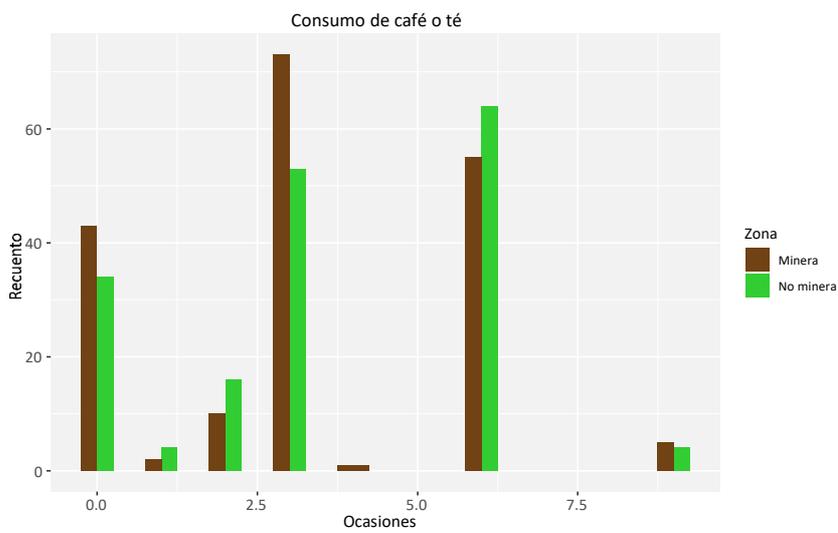


Figura 44. Distribución de ocasiones por semana de consumo de café o té (madres).

Hogares

La **tabla 11** muestra las características del hogar. La clase social ocupacional del hogar se estableció asignándole el mayor valor de entre los miembros trabajadores de éste, no observándose diferencias en su distribución entre las zonas de comparación ($p = 0.4220$). Tampoco hubo diferencias entre zonas en el número de convivientes en cada hogar, con una mediana de 4.

La mediana de la antigüedad de la vivienda fue similar, siendo en ambas zonas de 17.8 años. El tipo de vivienda difirió de forma evidente, con más predominio de edificios de <10 viviendas o ≥ 10 viviendas en la zona minera. En ambas zonas las viviendas unifamiliares adosadas fueron las más frecuentes, aunque con un porcentaje mucho mayor en la zona no minera (79.23% frente al 51.03%).

Tabla 11. Características básicas del hogar y la vivienda de los participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio.

| | Zona Minera | Zona no minera | p-valor |
|---|-------------|----------------|----------|
| Clase social ocupacional SEE(92) (5 categorías) | | | |
| Clase I | 21 (11.11) | 12 (6.86) | 0.4220 |
| Clase II | 18 (9.52) | 17 (9.71) | |
| Clase III | 37 (19.58) | 35 (20.00) | |
| Clase IV | 90 (47.62) | 96 (54.86) | |
| Clase V | 23 (12.17) | 15 (8.57) | |
| Procedencia agua de consumo | | | |
| Grifo, n (%) | 64 (33.86) | 87 (49.71) | 0.0024* |
| Embotellada, n (%) | 123 (65.08) | 88 (50.29) | |
| Otra, n (%) | 2 (0.27) | 0 (0) | |
| Nº de convivientes en el hogar, Md (RIC) | 4 (0) | 4 (1) | 0.1510 |
| Nº de personas que trabajan, Md (RIC) | 2 (1) | 2 (1) | 0.7006 |
| Antigüedad de la vivienda, Md (RIC) | 17.79 (30) | 17.79 (20) | 0.5807 |
| Tipo de vivienda | | | |
| Piso de < 10 viviendas, n (%) | 52 (26.80) | 7 (3.83) | < 0.0001 |
| Piso de ≥ 10 viviendas, n (%) | 29 (14.95) | 0 (0.00) | |
| Vivienda unifamiliar adosada, n (%) | 99 (51.03) | 145 (79.23) | |
| Vivienda unifamiliar independiente, n (%) | 14 (7.22) | 31 (16.94) | |
| Reforma de cañerías | | | |
| Sí, n (%) | 43 (22.75) | 26 (14.86) | 0.1343 |
| No, n (%) | 135 (71.43) | 135 (77.14) | |
| No sabe, n (%) | 11 (5.82) | 14 (8.00) | |
| Tipo de ventanas | | | |
| Abatible, n (%) | 30 (15.87) | 32 (18.29) | 0.1611* |
| Corredera, n (%) | 159 (84.13) | 140 (80.00) | |
| Fija, n (%) | 0 (0.00) | 3 (1.71) | |

* Prueba condicional exacta de Pearson

Md: mediana, RIC: rango intercuartil

No hubo diferencias en el número de hogares que confirmaron haber tenido reformas de cañerías en la vivienda ni respecto al tipo de ventana que tenían.

En la zona minera predominó el consumo de agua embotellada, un 65.1% frente al 50.3% en la zona no minera.

La **tabla 12** muestra el origen de los grandes grupos de alimentos consumidos en cada una de las zonas. En la zona no minera hubo un mayor consumo de frutas de producción propia (12% frente a 1.1%).

La carne y el pescado fueron principalmente adquiridos en el supermercado y en el comercio tradicional en ambas zonas, diferenciándose en el porcentaje algo superior de consumo de carne propia en la zona no minera, y de pescado procedente de pesca particular en la minera. La mayoría de los huevos fueron adquiridos en el supermercado; no obstante, en la zona no minera hubo un mayor consumo de huevos de producción propia. Los tipos de huevo consumidos con más frecuencia fueron los de clase 0 y 1.

Tabla 12. Distribución del origen de los alimentos y uso de utensilios de barro en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio.

| | Zona Minera | Zona no minera | p-valor |
|---|-------------|----------------|----------|
| Origen fruta consumida | | | |
| Producción propia, n (%) | 2 (1.06) | 21 (12.00) | < 0.0001 |
| Mercado tradicional, n (%) | 85 (44.97) | 56 (32.00) | |
| Supermercado, n (%) | 102 (53.97) | 98 (56.00) | |
| Origen de la carne consumida (no mutuamente exclusivas) | | | |
| Congelada, n (%) | 5 (2.65) | 12 (6.90) | 0.0555 |
| Supermercado, n (%) | 97 (51.32) | 67 (38.51) | 0.0145 |
| Comercio tradicional, n (%) | 122 (64.55) | 123 (70.69) | 0.2122 |
| Producción propia, n (%) | 5 (2.65) | 19 (10.86) | 0.0016 |
| Origen del pescado consumido (no mutuamente exclusivas) | | | |
| Congelado, n (%) | 55 (29.73) | 55 (31.79) | 0.6726 |
| Supermercado, n (%) | 103 (55.68) | 88 (50.87) | 0.3621 |
| Comercio tradicional, n (%) | 90 (48.65) | 84 (48.55) | 0.9859 |
| Producción propia, n (%) | 14 (7.57) | 5 (2.89) | 0.0485 |
| Origen de los huevos (no mutuamente exclusivos) | | | |
| Supermercado, n (%) | 153 (80.95) | 115 (65.71) | 0.0010 |
| Comercio tradicional, n (%) | 23 (12.17) | 7 (4.00) | 0.0046 |
| Producción propia, n (%) | 46 (24.34) | 79 (45.14) | < 0.0001 |
| Tipo de huevo consumido | | | |
| Huevo clase 0, n (%) | 163 (86.24) | 144 (82.29) | 0.2992 |
| Huevo clase 1, n (%) | 37 (22.16) | 42 (30.22) | 0.1087 |
| Huevo clase 2, n (%) | 36 (21.56) | 45 (32.37) | 0.0327 |
| Huevo clase 3, n (%) | 17 (10.37) | 27 (20.30) | 0.0166 |
| Empleo de utensilios de barro | | | |
| Para cocinar, n (%) | 19 (10.05) | 25 (14.29) | 0.2158 |
| Para almacenar, n (%) | 10 (5.29) | 11 (6.29) | 0.6843 |

No hubo diferencias en la frecuencia de utilización de utensilios de barro para cocinar o almacenar alimentos entre ambas zonas, siendo su utilización en ambas zonas relativamente baja (< 14.3%).

En las **figuras de 45 a 49** se detalla la distribución de la frecuencia de limpieza por los distintos métodos: bayeta seca, bayeta húmeda, aspiradora, barrido y fregado en cada una de las zonas de estudio.

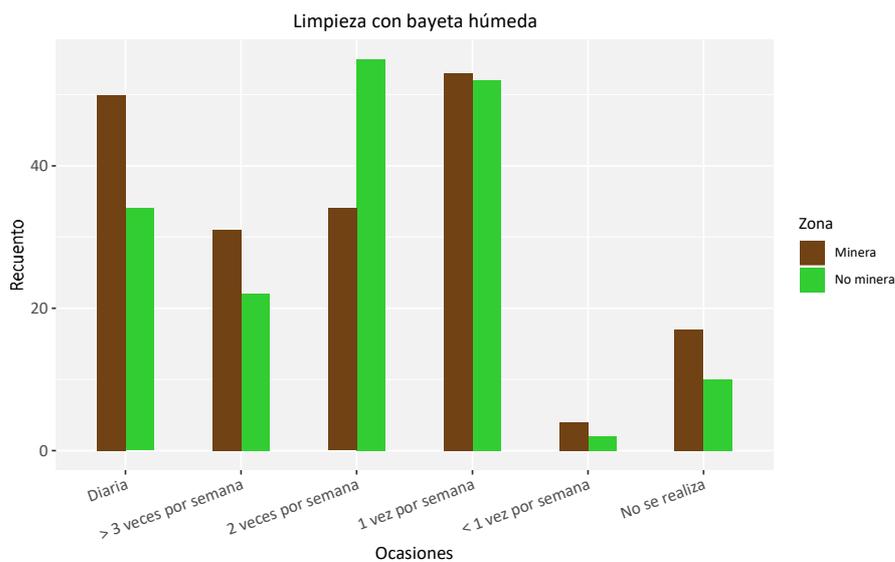


Figura 45. Distribución de la frecuencia de limpieza con bayeta húmeda en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona.

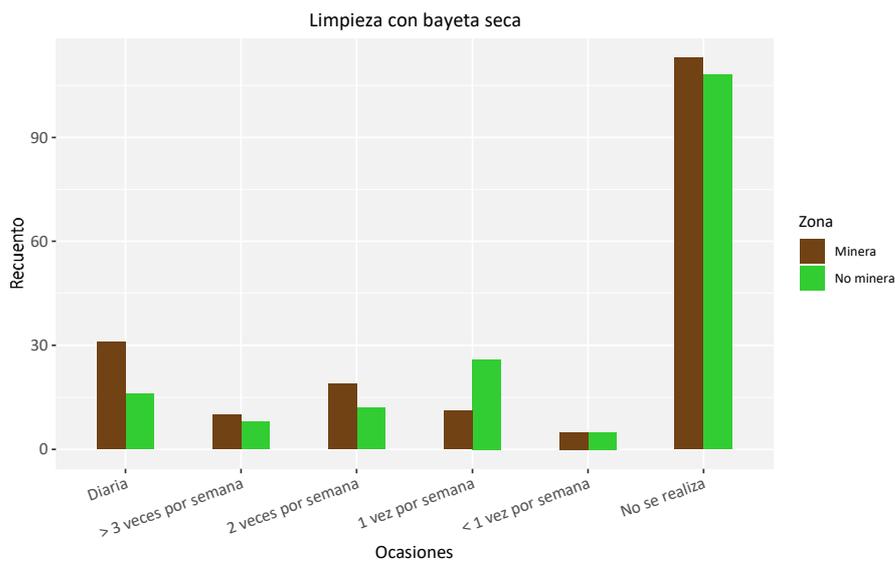


Figura 46. Distribución de la frecuencia de limpieza con bayeta seca en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona.

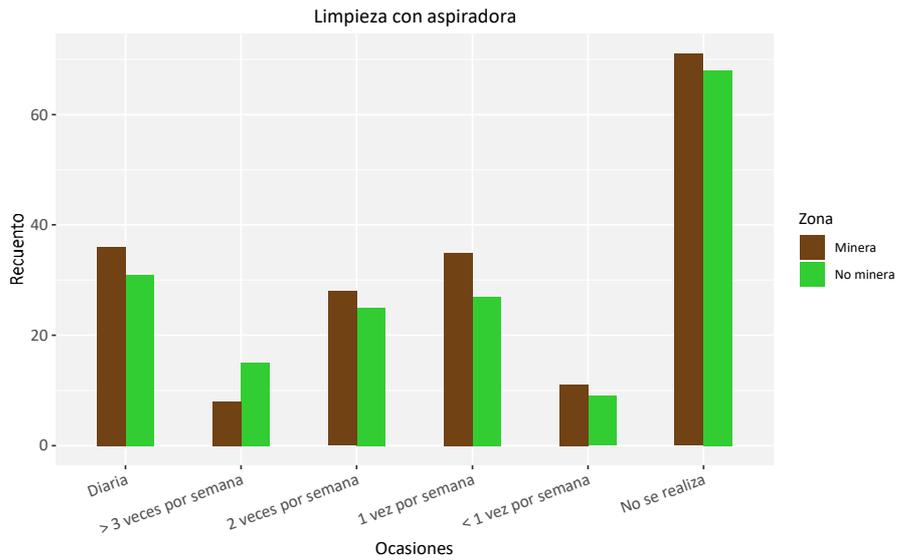


Figura 47. Distribución de la frecuencia de limpieza con aspiradora en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona.

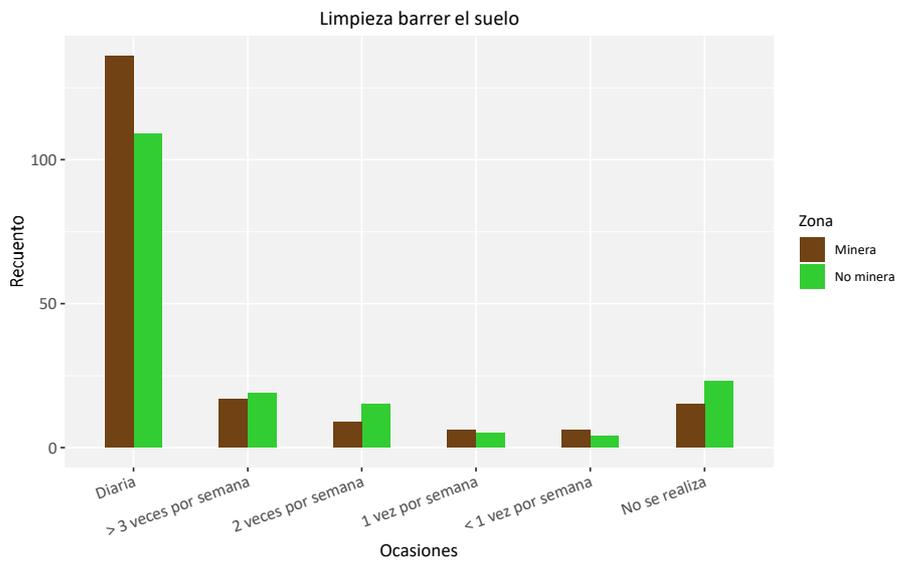


Figura 48. Distribución de la frecuencia de limpieza con barrido del suelo en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona.

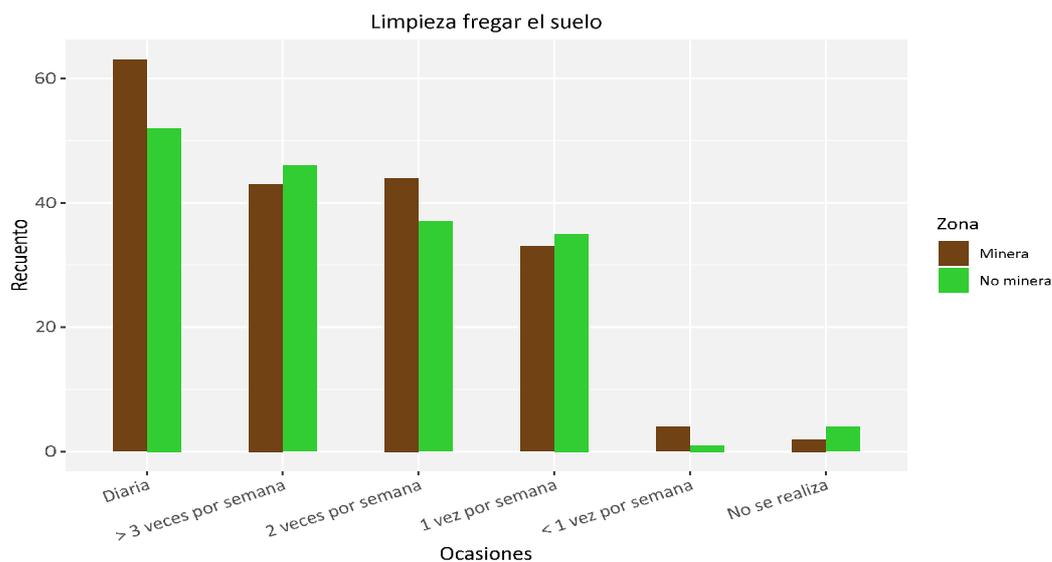


Figura 49. Distribución de la frecuencia de limpieza con fregado del suelo en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018 por zona.

En cuanto a la frecuencia de limpieza del hogar, tampoco se detectaron diferencias importantes entre ambas zonas. Destaca que en alrededor del 60% de los hogares no se utilizan bayetas secas para la limpieza y el alto uso de la aspiradora, siendo menos del 5% los hogares donde nunca se utiliza. (**Tabla 13**)

Tabla 13. Frecuencia de limpieza por diferentes métodos en los hogares participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio.

| | Zona Minera | Zona no minera | p-valor |
|-----------------------------------|-------------|----------------|---------|
| Limpieza en el hogar | | | |
| Aspiradora | | | |
| Diaria, n (%) | 36 (19.05) | 31 (17.71) | 0.9107† |
| > 3 veces por semana, n (%) | 8 (4.23) | 15 (8.57) | |
| 2 veces por semana, n (%) | 28 (14.81) | 25 (14.29) | |
| 1 vez por semana, n (%) | 46 (24.34) | 36 (20.57) | |
| < 1 vez por semana, n (%) | 71 (37.57) | 68 (38.86) | |
| No se realiza, n (%) | 5 (2.28) | 8 (4.37) | |
| Barrer | | | |
| Diaria, n (%) | 136 (71.96) | 109 (62.29) | 0.0760† |
| > 3 veces por semana, n (%) | 17 (8.99) | 19 (10.86) | |
| 2 veces por semana, n (%) | 9 (4.76) | 15 (8.57) | |
| 1 vez por semana, n (%) | 6 (3.17) | 5 (2.86) | |
| < 1 vez por semana, n (%) | 6 (3.17) | 4 (2.29) | |
| No se realiza, n (%) | 17 (7.94) | 23 (13.14) | |
| Fregar | | | |
| Diaria, n (%) | 63 (33.33) | 52 (29.71) | 0.5975† |
| > 3 veces por semana, n (%) | 43 (22.75) | 46 (26.29) | |
| 2 veces por semana, n (%) | 44 (23.28) | 37 (21.14) | |
| 1 vez por semana, n (%) | 33 (17.46) | 35 (20.00) | |
| < 1 vez por semana, n (%) | 4 (2.12) | 1 (0.57) | |
| No se realiza, n (%) | 2 (1.06) | 4 (2.29) | |
| Limpieza con bayeta seca | | | |
| Diaria, n (%) | 31 (16.40) | 16 (9.14) | 0.1179† |
| > 3 veces por semana, n (%) | 10 (5.29) | 8 (4.57) | |
| 2 veces por semana, n (%) | 19 (10.05) | 12 (6.86) | |
| 1 vez por semana, n (%) | 11 (5.82) | 26 (14.86) | |
| < 1 vez por semana, n (%) | 5 (2.65) | 5 (2.86) | |
| No se realiza, n (%) | 113 (59.79) | 108 (61.71) | |
| Limpieza con bayeta húmeda | | | |
| Diaria, n (%) | 50 (26.46) | 34 (19.43) | 0.6083† |
| > 3 veces por semana, n (%) | 31 (16.40) | 22 (12.57) | |
| 2 veces por semana, n (%) | 34 (17.99) | 55 (31.43) | |
| 1 vez por semana, n (%) | 53 (28.04) | 52 (29.71) | |
| < 1 vez por semana, n (%) | 4 (2.12) | 2 (1.14) | |
| No se realiza, n (%) | 17 (8.99) | 10 (5.71) | |

†: Prueba de tendencia lineal

Plomo en sangre

Los resultados de la concentración del plomo en sangre se presentan en $\mu\text{g}/\text{dL}$ a través de la media, la media geométrica, y los percentiles 50, 75, 90, 95 y 97,5 como los resultados más destacados del estudio.

Niñas y niños

Cinco niños/as (1.33%), a los que no se les extrajo la muestra de sangre (3 en zona minera y 2 en zona no minera), no tenían concentración de Pb en sangre disponible. De los 372 restantes, 14 (7.33%) en la zona minera y 37 (20.44%) en la zona no minera tenían una concentración de Pb en sangre por debajo del límite de detección ($p = 0.0002$).

En la **tabla 14** se presentan los resultados de las concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en niñas y niños y los percentiles destacados.

Tabla 14. Concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Minera | 1.65 (1.49-1.81) | 1.32 (0.90-1.46) | 1.45 (1.25-1.65) | 2.10 (1.95-2.35) | 2.95 (2.70-3.41) | 3.75 (3.13-4.67) | 4.60 (3.76-6.81) |
| No minera | 1.08 (0.97-1.20) | 0.81 (0.72-1.19) | 0.85 (0.75-1.00) | 1.40 (1.15-1.52) | 2.0 (1.70-2.69) | 2.70 (2.28-3.52) | 3.40 (2.77-4.82) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden.

MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

En niños/as, la concentración media de plomo en sangre fue de $1.65 \mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona minera y de $1.08 \mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona no minera, lo que supone un exceso de $0.57 \mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona minera, IC 95%: 0.37 a $0.75 \mu\text{g}/\text{dL}$ (log rank test, $p < 0.0001$).

Del total de la muestra, 4 menores presentaron valores de $\text{Pb} \geq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$ (3 de la zona minera y 1 de la zona no minera, $p = 0.5593$), lo que se aprecia en la **figura 50** junto a la distribución de los valores.

El percentil 95 de la distribución muestral de la concentración de Pb en sangre fue de 3.75 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona minera y de 2.70 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona no minera.

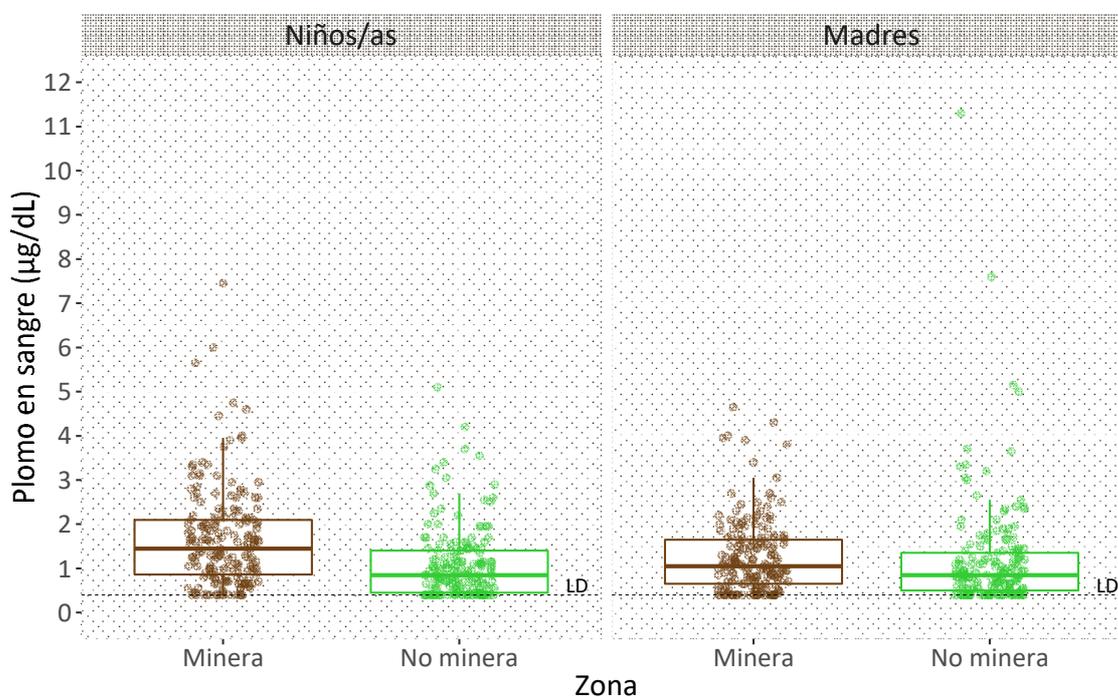


Figura 50. Concentración de plomo en sangre en niños/as y madres por zona de estudio. Estudio EMBLEMA 2018.

Madres

De las 370 madres que reunían los criterios de inclusión para su participación en el estudio, se disponía del Pb en sangre en 368. Veintitrés (12.23%) madres de la zona minera y 30 (16.67%) de la zona no minera, tenían concentraciones de Pb por debajo del límite de detección ($p = 0.2260$).

En la **tabla 15** se presentan los resultados de las concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en madres y los percentiles destacados.

En las madres, la concentración media de Pb en sangre en la zona minera fue de 1.28 $\mu\text{g}/\text{dL}$ y de 1.16 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona no minera. El tamaño del efecto es de 0.12 $\mu\text{g}/\text{dL}$, con un IC al 95% de -0.08 a 0.31 $\mu\text{g}/\text{dL}$.

Tabla 15. Concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Minera | 1.28 (1.16-1.40) | 1.01 (0.91-1.12) | 1.10 (0.95-1.20) | 1.70 (1.53-1.89) | 2.20 (2.05-2.64) | 2.70 (2.38-3.93) | 3.90 (2.76-4.51) |
| No minera | 1.16 (1.01-1.32) | 0.85 (0.76-0.94) | 0.85 (0.75-0.95) | 1.38 (1.19-1.62) | 2.20 (1.80-2.99) | 3.12 (2.37-4.75) | 3.70 (3.11-10.20) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden.

MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

El percentil 95 de la distribución muestral de la concentración de Pb en sangre fue de 2.70 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona minera y de 3.12 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en la zona no minera.

En la **figura 50** se muestra la distribución de los valores de concentración en plomo de las madres, 4 de ellas con valores superiores a 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$, todas en la zona no minera.

Cadmio en sangre

Niñas y niños

De los 377 niños y niñas participantes, 369 tenían disponible el cadmio en sangre para su estudio. De ellos, 68 (35.98%) de la zona minera mostraron concentraciones por debajo del límite de detección y 69 (38.33%) en la zona no minera ($p = 0.6398$).

En la **tabla 16** se muestran las concentraciones medias de cadmio en sangre en ambas zonas, junto a los percentiles más destacados.

Tabla 16. Concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g/L}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Minera | 0.25 (0.23-0.27) | 0.17 (0.14-0.19) | 0.30 (0.20-0.30) | 0.35 (0.30-0.40) | 0.40 (0.40-0.40) | 0.40 (0.40-0.48) | 0.45 (0.40-0.74) |
| No minera | 0.24 (0.22-0.27) | 0.16 (0.14-0.19) | 0.28 (0.20-0.30) | 0.35 (0.30-0.35) | 0.40 (0.40-0.40) | 0.40 (0.40-0.54) | 0.50 (0.40-1.09) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden. MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

En la población infantil, la concentración media de Cd en sangre en la zona minera fue de 0.25 $\mu\text{g/L}$ y de 0.24 $\mu\text{g/L}$ en la zona no minera. La diferencia entre ambas zonas es de 0.003 $\mu\text{g/L}$ con un IC al 95% de -0.025 a 0.030 $\mu\text{g/L}$. Los percentiles 95% de la distribución muestral del cadmio en sangre en la zona minera y no minera fueron de 0.40 $\mu\text{g/L}$ en las dos zonas.

Madres

En las madres, 17 de 370 presentaban valores perdidos en la concentración de cadmio en sangre. En la zona minera 35 madres (19.44%) tenían valores de cadmio en sangre por debajo del límite de detección, mientras que este número fue de 39 (22.54%) en la

zona no minera. En la **tabla 17** se muestran las concentraciones medias de cadmio en sangre en ambas zonas, junto a los percentiles más destacados.

Tabla 17. Concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g/L}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Minera | 0.69 (0.59-0.80) | 0.39 (0.32-0.47) | 0.50 (0.45-0.55) | 0.80 (0.70-0.98) | 1.51 (1.30-1.82) | 1.96 (1.60-2.74) | 2.70 (1.96-5.75) |
| No minera | 0.65 (0.55-0.75) | 0.35 (0.29-0.43) | 0.50 (0.40-0.59) | 0.85 (0.70-0.97) | 1.40 (1.14-1.93) | 2.00 (1.40-2.70) | 2.70 (1.98-3.71) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden.

MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

En las madres, la concentración media de Cd en sangre fue de 0.69 $\mu\text{g/L}$ en la zona minera y de 0.65 $\mu\text{g/L}$ en la zona no minera, con una diferencia de medias de 0.040 $\mu\text{g/L}$ con un IC al 95% de – 0.10 a 0.18 $\mu\text{g/L}$. Los percentiles 95 de la distribución muestral para el cadmio en sangre en las zonas minera y no minera fueron de 1.96 y 2.00 $\mu\text{g/L}$, respectivamente.

En la **figura 51** se muestran las concentraciones de cadmio en sangre en ambas zonas y en las madres y niños/as.

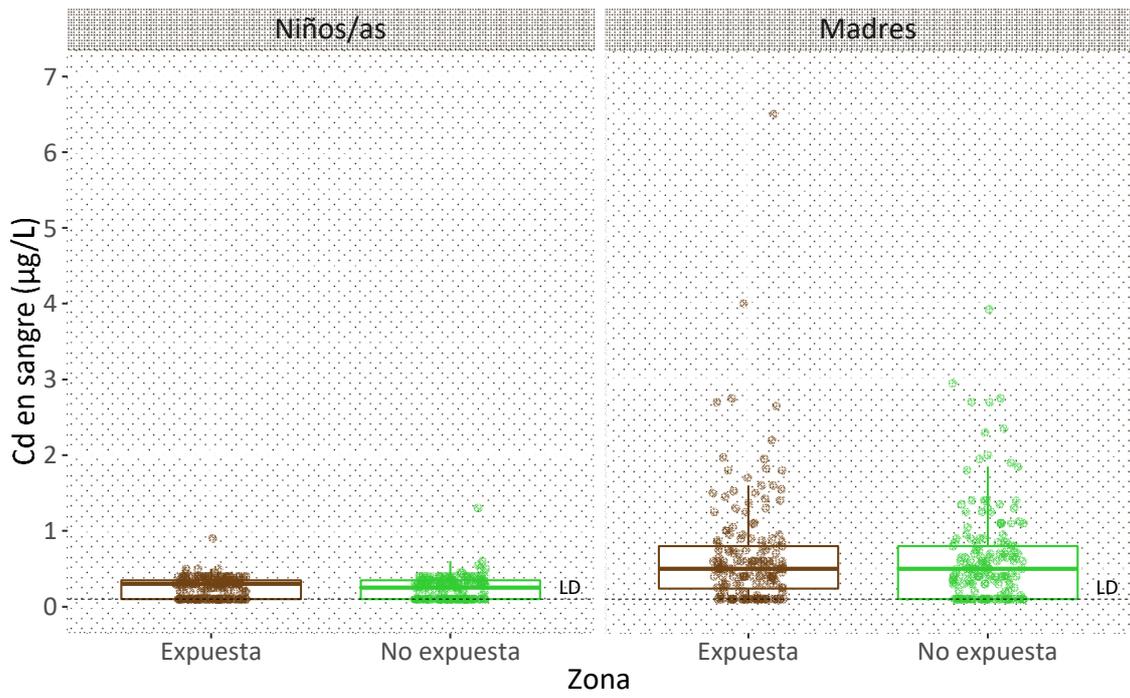


Figura 51. Concentración de cadmio en sangre en niños/as y madres por zona de estudio.

Ratio cadmio en orina – creatinina en orina

La **figura 52** y las **tablas 18 y 19** muestran los ratios concentración de cadmio en orina – concentración de creatinina en orina, en $\mu\text{g/g}$.

Niñas y niños

Cinco niños/niñas presentaban valores perdidos en el ratio cadmio/creatinina en orina. Además, se excluyeron del análisis aquellas muestras que presentaban una concentración de creatinina en orina < 30 mg/dL o mayor de 300 mg/dL(14,109), quedando un total de 361 para el análisis.

Tabla 18. Ratio de la concentración de cadmio/creatinina en orina ($\mu\text{g/g}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Minera | 0.14 (0.13-0.16) | 0.11 (0.10-0.13) | 0.13 (0.12-0.15) | 0.18 (0.17-0.21) | 0.25 (0.22-0.28) | 0.29 (0.26-0.41) | 0.39 (0.29-1.49) |
| No minera | 0.16 (0.14-0.17) | 0.12 (0.11-0.14) | 0.13 (0.12-0.15) | 0.21 (0.18-0.25) | 0.30 (0.27-0.34) | 0.36 (0.31-0.43) | 0.41 (0.36-0.96) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden.

MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

La media de este ratio fue de $0.14 \mu\text{g/g}$ en la zona minera y de $0.16 \mu\text{g/g}$ en la zona no minera en la población infantil. Esto supone una diferencia de medias de $-0.014 \mu\text{g/g}$ con una IC al 95% de -0.04 a $0.01 \mu\text{g/g}$ de creatinina.

El percentil 95 de la distribución muestral del ratio cadmio/creatinina fue de $0.29 \mu\text{g/g}$ en la zona minera y de $0.36 \mu\text{g/g}$ en la zona no minera.

Madres

Seis madres tenían valores perdidos en el ratio cadmio/creatinina y 7 más fueron excluidas por una concentración de creatinina en orina < 30 mg/dL o > 300 mg/dL.

En las madres, la media del ratio cadmio – creatinina en orina fue de $0.22 \mu\text{g/g}$ en la zona minera y de $0.21 \mu\text{g/g}$ en la zona no minera. Esto supone una diferencia de medias de $0.01 \mu\text{g/g}$ con un IC al 95% de -0.02 a $0.04 \mu\text{g/g}$.

Tabla 19. Ratio de la concentración de cadmio/creatinina en orina ($\mu\text{g/g}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Minera | 0.22 (0.20-0.24) | 0.19 (0.18-0.21) | 0.20 (0.18-0.22) | 0.27 (0.25-0.30) | 0.37 (0.34-0.41) | 0.42 (0.38-0.65) | 0.63 (0.42-1.37) |
| No minera | 0.21 (0.20-0.24) | 0.18 (0.17-0.20) | 0.19 (0.17-0.21) | 0.26 (0.23-0.29) | 0.37 (0.32-0.46) | 0.46 (0.41-0.64) | 0.62 (0.46-0.78) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden.

MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

El percentil 95 de la distribución muestral del ratio cadmio/creatinina fue de 0.42 $\mu\text{g/g}$ en la zona minera y de 0.46 $\mu\text{g/g}$ en la zona no minera.

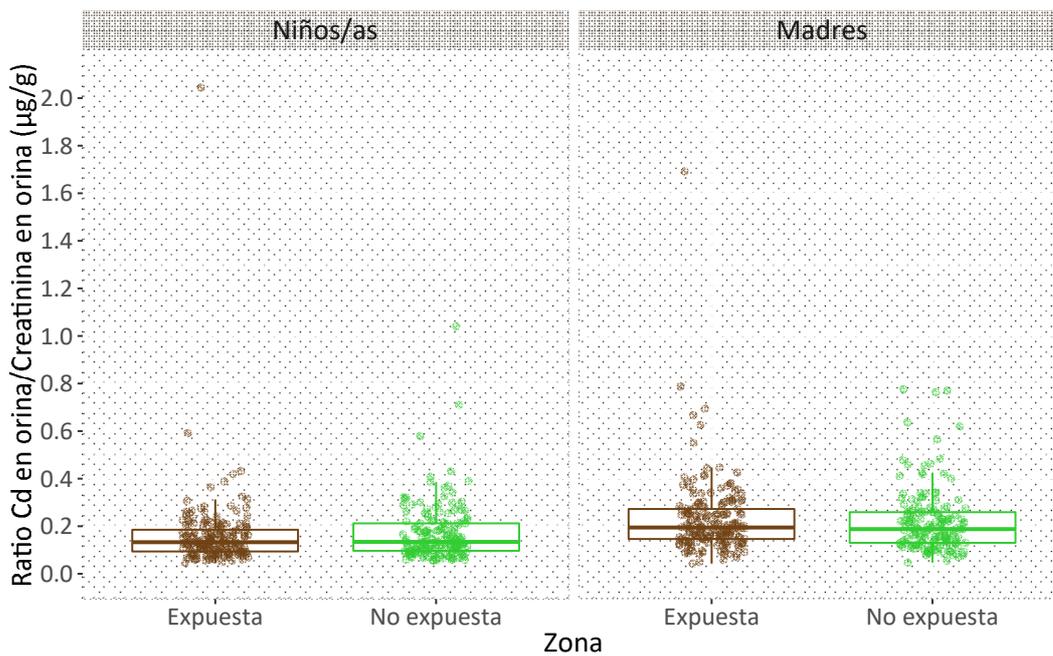


Figura 52. Ratio de la concentración de cadmio/creatinina en orina ($\mu\text{g/g}$) en niños/as y madres por zona. Estudio EMBLEMA 2018.

Concentración de cadmio en orina

Las **tablas 20 y 21** y la **figura 53** muestran la distribución de las concentraciones de cadmio en orina, en $\mu\text{g/L}$, en niños/as y madres, según zona de exposición.

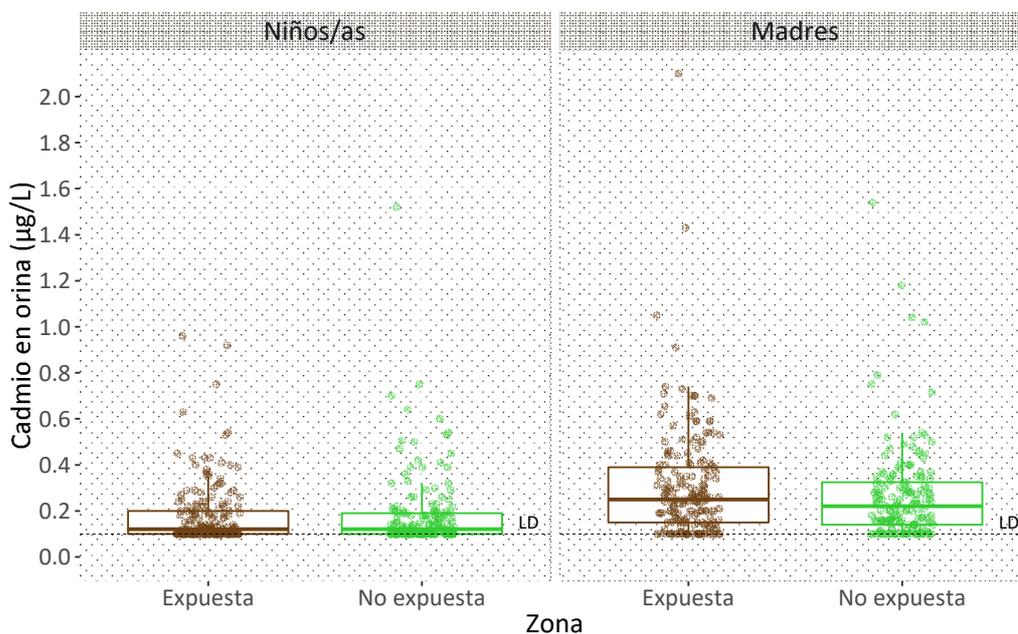


Figura 53. Concentración de cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$) en niñas y niños y madres por zona. Estudio EMBLEMA 2018.

Niñas y niños

Al igual que con el parámetro anterior, 5 niños/as carecían de valores para el Cd en orina y 11 más fueron excluidos por presentar una creatinina en orina fuera de los límites señalados. De la zona minera, 64 (34.22%) niños/as tenían una concentración de Cd por debajo del límite de detección y de la zona no minera, 52 (29.86%) se encontraban en esta situación ($p = 0.3777$).

Tabla 20. Concentración de cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$) en niñas y niños participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Minera | 0.18 (0.16-0.20) | 0.13 (0.11-0.14) | 0.12 (0.11-0.13) | 0.20 (0.18-0.24) | 0.35 (0.28-0.40) | 0.43 (0.37-0.59) | 0.54 (0.43-0.94) |
| No minera | 0.18 (0.16-0.21) | 0.13 (0.12-0.15) | 0.12 (0.11-0.14) | 0.19 (0.18-0.22) | 0.36 (0.26-0.49) | 0.50 (0.39-0.64) | 0.60 (0.50-1.34) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden.

MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

En los niños y niñas, la concentración media de cadmio en orina fue de 0.18 µg/L en la zona minera y de 0.18 µg/L en la zona no minera. La diferencia de medias fue, por tanto, de – 0.003 µg/L, con un IC al 95% de – 0.033 a 0.025 µg/L.

El percentil 95 de la distribución muestral de la concentración de cadmio fue de 0.43 µg/L en la zona minera y de 0.50 µg/L en la zona no minera.

Madres

Seis madres tenían valores perdidos para el Cd en orina. Adicionalmente, se excluyeron 7 madres más por encontrarse los valores de la concentración de Cr en orina fuera del rango especificado.

En la zona minera, 16 (9.30%) madres tenían una concentración de Cd en orina por debajo del límite de detección, mientras que en la zona no minera es número fue de 23 (12.43%).

Tabla 21. Concentración de cadmio en orina (µg/L) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018, por zona de estudio. Medias y percentiles con intervalos de confianza al 95% entre paréntesis.

| Zona | Media | MG | P50 | P75 | P90 | P95 | P97.5 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Minera | 0.27 (0.24-0.30) | 0.21 (0.19-0.24) | 0.25 (0.23-0.27) | 0.39 (0.34-0.45) | 0.59 (0.51-0.70) | 0.70 (0.61-0.87) | 0.80 (0.70-1.86) |
| No minera | 0.31 (0.28-0.34) | 0.24 (0.24-0.27) | 0.22 (0.19-0.25) | 0.33 (0.29-0.36) | 0.47 (0.40-0.58) | 0.62 (0.50-1.02) | 0.88 (0.61-1.46) |

Media y percentiles estimados mediante el método de Kaplan-Meier. Intervalos de confianza para los percentiles basados en los estadísticos de orden.

MG: media geométrica. Intervalos de confianza basados en la verosimilitud.

En las madres, la concentración media de cadmio en orina fue de 0.27 µg/L en la zona minera, mientras que en la zona no minera fue de 0.31 µg/L. Se observa un tamaño del efecto de – 0.04 µg/L con un IC al 95% de – 0.08 a 0.005 µg/L.

El percentil 95 de la distribución muestral de la concentración de cadmio fue de 0.70 µg/L en la zona minera y de 0.62 µg/L en la zona no minera.

Análisis multivariante

Plomo en sangre

Niñas y niños

El modelo crudo, es decir sin variables de ajuste, mostró que el residir en la zona minera incrementa la concentración de Pb en sangre en un 60% ($\beta = 0.603$, IC al 95% 0.198 a 1.042). La probabilidad de que el efecto sea mayor de cero es del 99.8% (**Tabla 22**).

Tabla 22. Modelo crudo para el Pb ($\mu\text{g/dL}$) en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | P(Efecto) | |
|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|-----------|-------|
| Intercepto | -0.2353 | -0.2389 | 0.1517 | 0.0023 | -0.5497 | 0.0519 | 0.942 |
| Zona minera | 0.5951 | 0.6034 | 0.2113 | 0.0031 | 0.1984 | 1.0421 | 0.998 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

El modelo de la **tabla 23**, que ajusta por la edad del niño/a, el nivel educativo y país de nacimiento de la madre, la antigüedad de la vivienda, la exposición al humo del tabaco y por las variables dieta, dio lugar a un porcentaje de cambio en el coeficiente para la variable zona de -8.91% , pasando el coeficiente de regresión β a 0.554. Es decir, la zona minera presentaba una concentración de plomo, aproximadamente, un 55% superior tras el ajuste.

La edad del niño/a mostró una asociación negativa con la concentración de Pb en sangre, con intervalo de credibilidad al 95% que no abarcó el cero, es decir a mayor edad menor concentración de Pb en sangre, cada año disminuye un 5%. El país de la madre mostró una fuerte asociación con el Pb en sangre en el caso de Marruecos pero no para el resto de países. De esta forma, los niños/as de madres nacidas en Marruecos tuvieron una concentración de Pb en sangre un 61% mayor que la de los hijos/as de madres españolas ($\beta = 0.608$, IC al 95% de 0.273 a 0.940).

En el análisis suplementario, disminuyendo el Intervalo de credibilidad del 95% al 90%, se encontraron otras variables con una probabilidad de asociación con el Pb en sangre mayor del 90%. Fueron, por una parte, el nivel educativo de la madre, que mostró una asociación inversa, a mayor nivel educativo menor concentración de plomo en sangre, y por otra, la antigüedad de la vivienda, cada 20 años, y la exposición al humo del tabaco, que mostraron una asociación positiva.

La inclusión del sexo en este modelo, no mejoró el ajuste (diferencia WAIC de 1.5, error estándar = 35.01), con una probabilidad de que el sexo masculino tuviera un efecto positivo del 0.75. No se observó interacción entre la zona y el sexo o entre la zona y la edad.

Tabla 23. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, exposición al humo del tabaco, antigüedad de la vivienda y dieta.

| Variables | B (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail ESS | P (Efecto) |
|-------------------------------|---------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|------------|
| Intercepto | -0.2442 | -0.2458 | 0.1400 | 0.0020 | -0.5349 | 0.0257 | 1.0006 | 4903 | 6474 | |
| Zona Minera | 0.5501 | 0.5540 | 0.1979 | 0.0027 | 0.1595 | 0.9634 | 1.0006 | 5474 | 6097 | 0.997 |
| Edad (años) | -0.0459 | -0.0459 | 0.0224 | 0.0002 | -0.0902 | -0.0023 | 1.0002 | 16611 | 11236 | 0.980 |
| Nivel educativo de la madre* | -0.0888 | -0.0887 | 0.0466 | 0.0004 | -0.1801 | 0.0044 | 1.0004 | 15073 | 11309 | 0.971 |
| País madre | | | | | | | | | | |
| España | Ref | | | | | | | | | |
| Otro | 0.0015 | 0.0020 | 0.1762 | 0.0014 | -0.3406 | 0.3463 | 1.0007 | 16663 | 10851 | 0.504 |
| Marruecos | 0.6079 | 0.6090 | 0.1709 | 0.0015 | 0.2736 | 0.9395 | 1.0003 | 12506 | 11307 | 1.000 |
| Antigüedad vivienda (20 años) | 0.0470 | 0.0470 | 0.0260 | 0.0002 | -0.0035 | 0.0982 | 1.0000 | 16401 | 10915 | 0.965 |
| Exposición al tabaco | 0.0747 | 0.0745 | 0.0509 | 0.0004 | -0.0268 | 0.1739 | 1.0006 | 15373 | 10849 | 0.928 |
| Aceite de semillas | 0.0571 | 0.0570 | 0.0266 | 0.0002 | 0.0052 | 0.1098 | 1.0006 | 14045 | 11915 | 0.984 |
| Aceite de oliva | -0.0340 | -0.0338 | 0.0217 | 0.0002 | -0.0761 | 0.0087 | 1.0010 | 14530 | 11368 | 0.941 |
| Marisco | 0.0577 | 0.0578 | 0.0326 | 0.0002 | -0.0053 | 0.1227 | 1.0002 | 17179 | 11623 | 0.962 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P (Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

* Prueba de tendencia lineal

Por último, se muestra el modelo que incluía variables consideradas a priori como mediadoras del efecto zona (*tabla 24*). Se incluyeron, además de las que se encontraban en el modelo anterior, las variables tiempo semanal (por cada 5 horas) que el niño/a dedica a actividades recreativas en un recinto cerrado (judo, danza, deporte en un pabellón cubierto, por ejemplo), la presencia de aire acondicionado en el hogar y el hábito de morderse las uñas. El porcentaje de cambio con respecto a la asociación cruda fue -14.32%, quedando el coeficiente de regresión para la variable zona en 0.528. De este grupo de nuevas variables, el intervalo de credibilidad al 95% no incluyó el cero para la variable morderse las uñas, que presentó una asociación positiva con la concentración de Pb en sangre.

Tabla 24. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en niños/as participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, exposición al humo del tabaco, antigüedad de la vivienda, dieta y variables mediadoras.

| Variabes | B (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail ESS | P(Efecto) |
|-------------------------------|---------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| Intercepto | -0.1492 | -0.1498 | 0.1715 | 0.0023 | -0.4882 | 0.1824 | 1.0011 | 5934 | 7510 | |
| Zona Minera | 0.5250 | 0.5278 | 0.2014 | 0.0027 | 0.1290 | 0.9364 | 1.0009 | 5690 | 7160 | 0.996 |
| Edad (años) | -0.0576 | -0.0577 | 0.0228 | 0.0002 | -0.1026 | -0.0136 | 1.0005 | 16838 | 11383 | 0.994 |
| Nivel educativo de la madre* | -0.0793 | -0.0794 | 0.0461 | 0.0004 | -0.1695 | 0.0114 | 1.0000 | 16876 | 11179 | 0.957 |
| País madre | | | | | | | | | | |
| España | Ref. | | | | | | | | | |
| Otro | -0.0540 | -0.0542 | 0.1760 | 0.0013 | -0.3977 | 0.2926 | 1.0010 | 18232 | 11122 | 0.621 |
| Marruecos | 0.5524 | 0.5517 | 0.1727 | 0.0014 | 0.2131 | 0.8892 | 1.0003 | 14747 | 11543 | 0.999 |
| Antigüedad vivienda (20 años) | 0.0332 | 0.0330 | 0.0267 | 0.0002 | -0.0192 | 0.0864 | 1.0004 | 14963 | 11019 | 0.892 |
| Exposición al tabaco | 0.0744 | 0.0742 | 0.0508 | 0.0004 | -0.0246 | 0.1735 | 1.0003 | 17597 | 12426 | 0.928 |
| Aceite de semillas | 0.0509 | 0.0509 | 0.0268 | 0.0002 | -0.0019 | 0.1032 | 1.0002 | 14517 | 11653 | 0.971 |
| Aceite de oliva | -0.0318 | -0.0316 | 0.0220 | 0.0002 | -0.0745 | 0.0116 | 1.0002 | 14872 | 11751 | 0.925 |
| Marisco | 0.0548 | 0.0549 | 0.0318 | 0.0002 | -0.0072 | 0.1167 | 1.0003 | 19039 | 11804 | 0.958 |
| Activ. Recinto cerrado | -0.1166 | -0.1172 | 0.0818 | 0.0006 | -0.2772 | 0.0415 | 1.0005 | 18323 | 11470 | 0.924 |
| Morderse las uñas | 0.1588 | 0.1592 | 0.0726 | 0.0005 | 0.0153 | 0.3015 | 1.0002 | 17881 | 11323 | 0.986 |
| Aire acondicionado | -0.1803 | -0.1805 | 0.1004 | 0.0008 | -0.3780 | 0.0143 | 1.0000 | 14112 | 11080 | 0.964 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P(Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

* Prueba de tendencia lineal.

En ambos modelos se aprecia que el efecto sobre la concentración del plomo en sangre del país de nacimiento de la madre es mayor que el efecto que tiene la zona minera.

La **figura 54** muestra la media y los percentiles 5 y 95 predichos para la concentración de Pb en sangre según localidad, para niños/as de madres nacidas en España con exposición baja al humo del tabaco, niños/as de madres nacidas en España con exposición alta al humo del tabaco y niños/as de madres nacidas en Marruecos con exposición baja al humo del tabaco, tomando el resto de variables el valor medio en la muestra. Estos son los valores que esperamos encontrar cuando damos por válido el modelo.

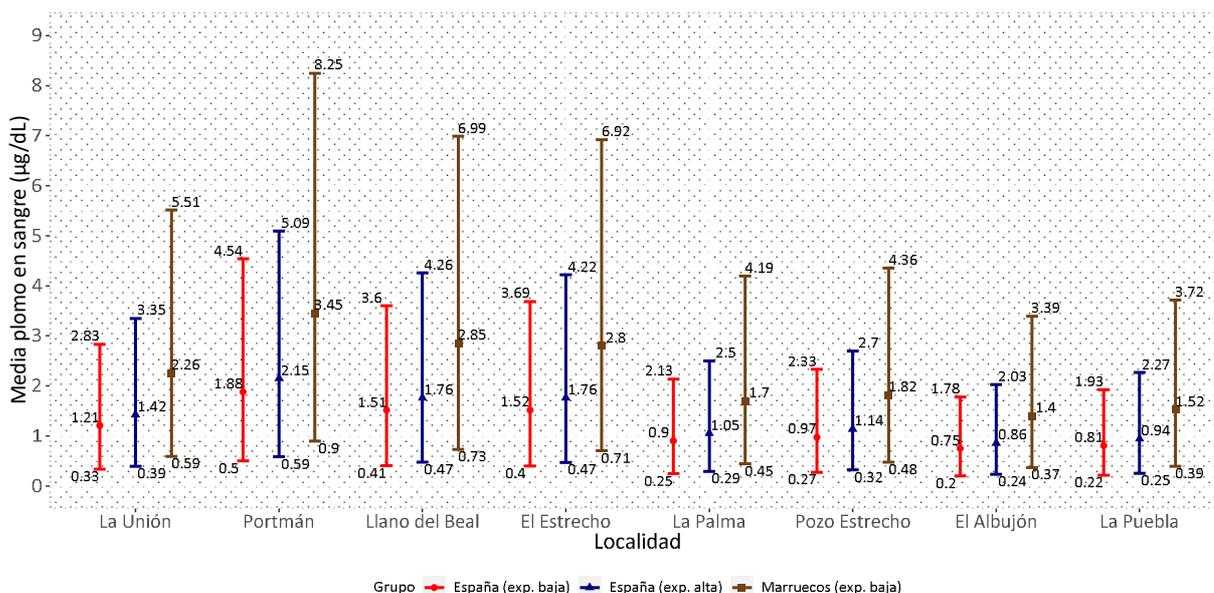


Figura 54. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Pbs en los niños/as según localidad, país nacimiento de la madre y exposición al humo del tabaco, para una población infantil con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 23. Estudio EMBLEMA 2018.

Madres

El modelo crudo, sin variables de ajuste, mostró una asociación positiva entre residir en la zona minera y las concentraciones de Pb en sangre, de forma que las madres residentes en el área minera presentaban una concentración de Pb en sangre un 19% superior, con un intervalo de credibilidad al 95% que abarcaba el no efecto ($\beta = 0.195$, IC 95% de -0.036 a 0.459). La probabilidad de que la asociación fuese positiva fue del 0.94 (**Tabla 25**).

Tabla 25. Modelo crudo para el Pb ($\mu\text{g/dL}$) en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | P(Efecto) | |
|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|-----------|-------|
| Intercepto | -0.1838 | -0.1857 | 0.0877 | 0.0012 | -0.3629 | -0.0186 | |
| Zona minera | 0.1904 | 0.1951 | 0.1247 | 0.0017 | -0.0362 | 0.4585 | 0.941 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

El modelo que ajustó por las variables sociodemográficas y de dieta (**tabla 26**) redujo el efecto medido en el modelo crudo en -9.28%. El nivel educativo no mostró asociación con el Pb en sangre. Sin embargo, el país de nacimiento, el tabaquismo activo, el consumo de alcohol y el estado peri/postmenopáusico mostraron una asociación positiva con la concentración de Pb en sangre. En el este modelo, el efecto asociado a la zona minera fue de 0.179 con IC al 95% de -0.062 a 0.473. La probabilidad de un efecto positivo de dicha zona sobre la concentración de plomo se redujo a 0.91.

En el caso de las madres en el ajuste por variables intermedias se incluyó solamente la posesión de aire acondicionado en el domicilio, la cual mostró una asociación negativa con la concentración de Pb en sangre (**Tabla 27**). El porcentaje de cambio ocasionado en el efecto zona fue del -20.59%, quedando el efecto de la zona en un incremento en la concentración de Pb del 16% ($\beta = 0.162$, IC al 95% de -0.076 a 0.457). La probabilidad de un efecto positivo de la zona se redujo a un 89%.

Tabla 26. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, uso de tabaco, estado menopáusico, consumo de alcohol y dieta.

| Variable | B (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail_ESS | P(Efecto) |
|---------------------|---------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| Intercepto | -0.3949 | -0.3964 | 0.1065 | 0.0012 | -0.6116 | -0.1919 | 1.0004 | 7986 | 7837 | 1.000 |
| Zona Minera | 0.1687 | 0.1786 | 0.1339 | 0.0016 | -0.0615 | 0.4732 | 1.0006 | 7336 | 7170 | 0.909 |
| Edad (años) | 0.0185 | 0.0185 | 0.0075 | 0.0001 | 0.0038 | 0.0331 | 1.0001 | 19015 | 11032 | 0.993 |
| Nivel educativo* | 0.0021 | 0.0019 | 0.0475 | 0.0004 | -0.0920 | 0.0953 | 1.0003 | 17577 | 11355 | 0.516 |
| País de nacimiento | | | | | | | | | | |
| España | Ref. | | | | | | | | | |
| Otro | -0.0716 | -0.0711 | 0.1935 | 0.0014 | -0.4468 | 0.3060 | 1.0003 | 19683 | 10920 | |
| Marruecos | 1.3158 | 1.3159 | 0.1856 | 0.0015 | 0.9530 | 1.6777 | 1.0000 | 15491 | 11233 | 1.000 |
| Estado tabaco | | | | | | | | | | |
| No fumador | Ref. | | | | | | | | | |
| Exfumador | 0.1180 | 0.1187 | 0.0954 | 0.0008 | -0.0698 | 0.3028 | 1.0002 | 14802 | 11813 | 0.893 |
| Fumador | 0.2500 | 0.2502 | 0.0894 | 0.0008 | 0.0759 | 0.4246 | 1.0000 | 13634 | 12213 | 0.997 |
| Estado menopáusico | | | | | | | | | | |
| Pre-menopausia | Ref. | | | | | | | | | |
| Peri-menopausia | 0.4853 | 0.4853 | 0.1668 | 0.0012 | 0.1611 | 0.8111 | 1.0007 | 20857 | 10908 | 0.998 |
| Posmenopausia | 0.1191 | 0.1191 | 0.1096 | 0.0008 | -0.0948 | 0.3361 | 1.0006 | 21119 | 11269 | 0.861 |
| Alcohol (veces día) | 0.0494 | 0.0494 | 0.0204 | 0.0001 | 0.0099 | 0.0892 | 1.0004 | 18970 | 10977 | 0.992 |
| Aceite semillas | 0.0427 | 0.0427 | 0.0243 | 0.0002 | -0.0052 | 0.0909 | 0.9999 | 18553 | 11943 | 0.961 |
| Frutas | -0.0230 | -0.0230 | 0.0111 | 0.0001 | -0.0448 | -0.0013 | 1.0001 | 19142 | 12037 | 0.980 |
| Lácteos | 0.0198 | 0.0198 | 0.0092 | 0.0001 | 0.0016 | 0.0378 | 1.0001 | 18315 | 10931 | 0.984 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P (Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

* Prueba de tendencia lineal

Tabla 27. Modelo de regresión para la concentración de Pb en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, uso de tabaco, estado menopáusico, consumo de alcohol, dieta y tenencia de aire acondicionado.

| Variable | B (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail_ ESS | P(Efecto) |
|---------------------|---------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Intercepto | -0.2241 | -0.2240 | 0.1382 | 0.0017 | -0.4933 | 0.0450 | 1.0005 | 6395 | 8035 | 0.948 |
| Zona Minera | 0.1541 | 0.1618 | 0.1327 | 0.0017 | -0.0761 | 0.4568 | 1.0004 | 6679 | 6555 | 0.889 |
| Edad (años) | 0.0177 | 0.0177 | 0.0072 | 0.0001 | 0.0037 | 0.0320 | 1.0004 | 14550 | 11735 | 0.993 |
| Nivel educativo* | 0.0082 | 0.0079 | 0.0477 | 0.0004 | -0.0853 | 0.1013 | 1.0000 | 15303 | 11626 | 0.566 |
| País de nacimiento | | | | | | | | | | |
| España | | | | | | | | | | |
| Otro | -0.1026 | -0.1041 | 0.1928 | 0.0016 | -0.4836 | 0.2767 | 0.9999 | 15079 | 11050 | 0.705 |
| Marruecos | 1.2326 | 1.2343 | 0.1872 | 0.0017 | 0.8697 | 1.6078 | 1.0002 | 11992 | 11134 | 1.000 |
| Estado tabaco | | | | | | | | | | |
| No fumador | | | | | | | | | | |
| Exfumador | 0.1167 | 0.1167 | 0.0936 | 0.0008 | -0.0649 | 0.2996 | 1.0002 | 12509 | 11939 | 0.894 |
| Fumador | 0.2474 | 0.2467 | 0.0874 | 0.0008 | 0.0735 | 0.4195 | 1.0001 | 11546 | 11558 | 0.998 |
| Estado menopáusico | | | | | | | | | | |
| Pre-menopausia | | | | | | | | | | |
| Peri-menopausia | 0.4968 | 0.4970 | 0.1626 | 0.0013 | 0.1817 | 0.8143 | 1.0004 | 16337 | 12136 | 0.999 |
| Posmenopausia | 0.0960 | 0.0961 | 0.1103 | 0.0009 | -0.1179 | 0.3120 | 1.0004 | 15236 | 10942 | 0.808 |
| Alcohol (veces día) | 0.0499 | 0.0499 | 0.0202 | 0.0002 | 0.0104 | 0.0898 | 1.0004 | 15179 | 12094 | 0.993 |
| Aceite semillas | 0.0374 | 0.0377 | 0.0240 | 0.0002 | -0.0094 | 0.0850 | 1.0003 | 15120 | 11587 | 0.942 |
| Frutas | -0.0220 | -0.0221 | 0.0109 | 0.0001 | -0.0438 | -0.0011 | 1.0002 | 14986 | 11837 | 0.978 |
| Lácteos | 0.0192 | 0.0192 | 0.0093 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0375 | 1.0003 | 15926 | 11175 | 0.980 |
| Aire acondicionado | -0.1873 | -0.1869 | 0.0982 | 0.0009 | -0.3777 | 0.0055 | 1.0002 | 10937 | 10569 | 0.972 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P(Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

* Prueba de tendencia lineal

La **figura 55** muestra las medias y percentiles 5 y 95 predichos según localidades, basados en la aceptación del modelo, para las madres de España fumadoras y no fumadoras y madres nacidas en Marruecos no fumadoras.

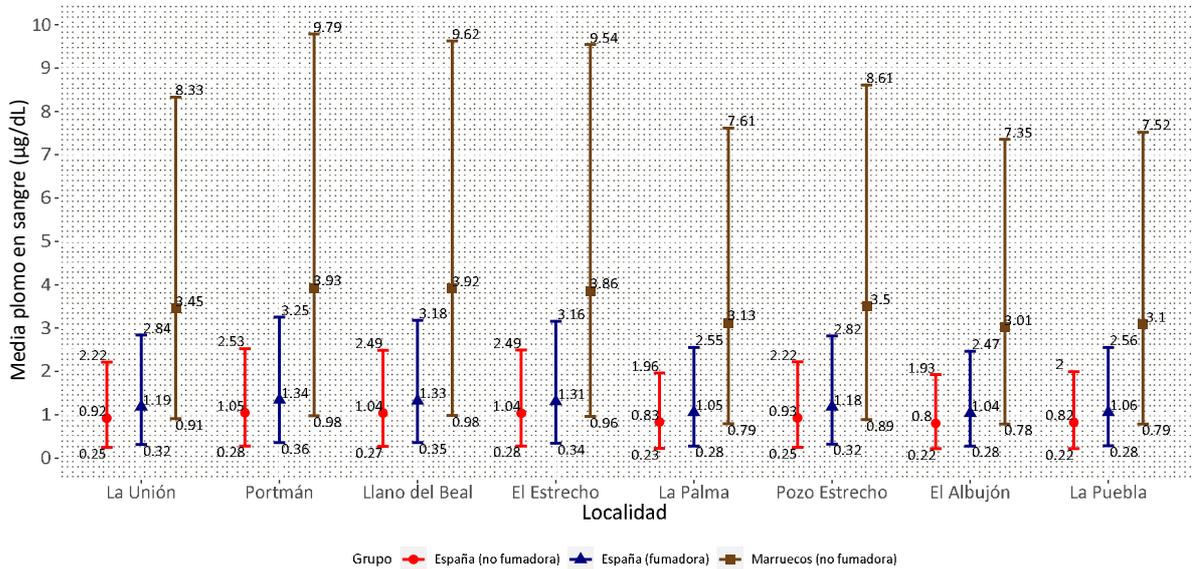


Figura 55. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Pbs en las madres según localidad, país nacimiento de la madre y uso de tabaco, para una población de madres con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 26. Estudio EMBLEMA 2018.

Cadmio en sangre

Niñas y niños

En el modelo crudo, sin variables de ajuste, el cadmio en sangre no mostró asociación con la zona ($\beta = 0.062$, IC al 95 de -0.246 a 0.429). La probabilidad de que la zona tuviera un efecto positivo fue de 0.64 (**Tabla 28**).

Tabla 28. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/L}$) en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | | P(Efecto) |
|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|-----------|
| Intercepto | -1.5127 | -1.5169 | 0.1190 | 0.0018 | -1.7741 | -1.2978 | 1.00 |
| Zona minera | 0.0532 | 0.0618 | 0.1678 | 0.0025 | -0.2462 | 0.4290 | 0.64 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

En el modelo que ajustaba por las variables de dieta y sociodemográficas, el peso del niño/a y el nivel educativo de las madres se asociaron de forma positiva con la concentración de Cd en sangre. La exposición al humo de tabaco mostró un efecto positivo con una probabilidad del 0.95 (**tabla 29**). El porcentaje de cambio en el coeficiente asociado a la variable zona minera fue de un -7.68% ($\beta = 0.057$, IC al 95% - 0.259 a 0.423).

La **figura 56** muestra las medias y percentiles 5 y 95 predichos por localidades, país de nacimiento de la madre y exposición al humo del tabaco, tomando el resto de variables el valor medio en la muestra. Son los valores que esperamos encontrar cuando damos por válido el modelo.

Tabla 29. Modelo de regresión para la concentración de Cd en sangre en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, peso, exposición al humo del tabaco y dieta.

| | β (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail_ ESS | P(Efecto) |
|-----------------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Intercepto | -1.5213 | -1.5238 | 0.1212 | 0.0017 | -1.7711 | -1.2878 | 1.0009 | 5550 | 5353 | 1.00 |
| Zona minera | 0.0479 | 0.0574 | 0.1706 | 0.0024 | -0.2585 | 0.4234 | 1.0001 | 5391 | 5276 | 0.63 |
| Peso (Kg) | 0.0081 | 0.0082 | 0.0039 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0160 | 1.0001 | 17054 | 11011 | 0.98 |
| Nivel educativo* | 0.1621 | 0.1617 | 0.0607 | 0.0005 | 0.0408 | 0.2785 | 1.0004 | 13707 | 11287 | 1.00 |
| País nacimiento madre | | | | | | | | | | |
| España | Ref. | | | | | | | | | |
| Otro | -0.4209 | -0.4147 | 0.2372 | 0.0019 | -0.8569 | 0.0705 | 1.0008 | 15119 | 10276 | 0.96 |
| Marruecos | 0.3104 | 0.3138 | 0.2128 | 0.0018 | -0.0926 | 0.7474 | 1.0004 | 14649 | 11782 | 0.93 |
| Exposición al tabaco | 0.1141 | 0.1145 | 0.0665 | 0.0006 | -0.0150 | 0.2460 | 1.0008 | 13822 | 10874 | 0.96 |
| Legumbres | 0.0337 | 0.0340 | 0.0289 | 0.0002 | -0.0216 | 0.0924 | 1.0000 | 15046 | 10668 | 0.88 |
| Tubérculos | -0.1755 | -0.1760 | 0.0641 | 0.0005 | -0.3016 | -0.0496 | 1.0010 | 15523 | 10794 | 1.00 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P(Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

Parámetros de la distribución gamma: $\alpha = 1.39$ (IC 95% 1.13 a 1.68); $\beta = 0.21$ (IC 95% 0.19 a 0.23).

* Prueba de tendencia lineal

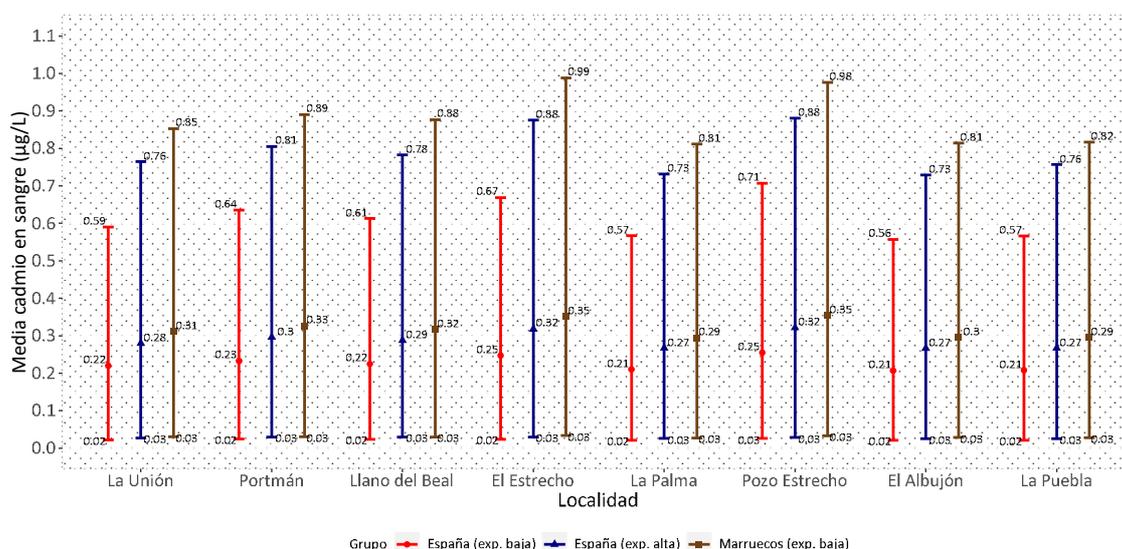


Figura 56. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Cds según localidad, país nacimiento de la madre y exposición al humo del tabaco, para una población infantil con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 29. Estudio EMBLEMA 2018.

Madres

En madres, al igual que lo que sucedía con los niños y niñas, no se observó asociación entre la variable zona minera y la concentración de cadmio en sangre. En el modelo crudo, la media del efecto fue de 0.047 (IC al 95% e -0.271 a 0.360), siendo la probabilidad de un efecto positivo del 0.61 (**Tabla 30**).

Tabla 30. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/L}$) en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | P(Efecto) |
|-------------|---------|---------|--------|--------|-----------------|-----------|
| Intercepto | -0.4522 | -0.4487 | 0.1137 | 0.0013 | -0.6576 -0.2170 | 1.00 |
| Zona minera | 0.0482 | 0.0466 | 0.1602 | 0.0018 | -0.2711 0.3599 | 0.61 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

El modelo que ajustaba por las variables sociodemográficas y de dieta (**tabla 31**) incluyó la edad de la madre (en años), el nivel educativo, el estado tabáquico (no fumadoras, ex fumadoras y fumadoras) y las variables de ajuste de dieta y ocasionó un incremento en el coeficiente para la zona minera del 20.19% ($\beta = 0.060$, IC al 95% -0.201 a 0.317).

De las variables anteriores, fumar se asocia con una concentración media de cadmio en sangre en un 123% mayor ($\beta = 1.231$, IC al 95% 1.009 a 1.461) que las no fumadoras, no encontrándose asociación con las ex fumadoras. La edad mostró una asociación positiva, siendo la probabilidad de que presente un efecto positivo del 94%.

La **figura 57** muestra las medias y los percentiles 5 y 95 predichos por localidades y según uso de tabaco, madres no fumadoras y fumadoras. Se aprecia la diferencia por uso de tabaco.

Tabla 31. Modelo de regresión para la concentración de Cd en sangre en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta.

| | β (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail ESS | P(Efecto) |
|------------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| Intercepto | 1.0670 | -1.0653 | 0.1099 | 0.0012 | -1.2717 | -0.8397 | 1.0002 | 8363 | 7839 | 1.00 |
| Zona minera | 0.0604 | 0.0603 | 0.1326 | 0.0016 | -0.2009 | 0.3173 | 1.0010 | 8585 | 6881 | 0.68 |
| Edad (años) | 0.0147 | 0.0148 | 0.0097 | 0.0001 | -0.0042 | 0.0341 | 1.0005 | 20830 | 11362 | 0.94 |
| Nivel educativo* | 0.0846 | 0.0845 | 0.0609 | 0.0004 | -0.0332 | 0.2048 | 0.9999 | 19571 | 11027 | 0.92 |
| Tabaco | | | | | | | | | | |
| No fumadora | Ref | | | | | | | | | |
| Exfumadora | 0.0347 | 0.0343 | 0.1254 | 0.0011 | -0.2112 | 0.2858 | 1.0004 | 13950 | 11732 | 0.61 |
| Fumadora | 1.2305 | 1.2320 | 0.1165 | 0.0010 | 1.0085 | 1.4606 | 1.0003 | 13638 | 11702 | 1.00 |
| Vísceras | 0.1089 | 0.1105 | 0.1093 | 0.0008 | -0.0982 | 0.3279 | 1.0012 | 18039 | 11809 | 0.84 |
| Carne | 0.0233 | -0.0230 | 0.0213 | 0.0002 | -0.0642 | 0.0190 | 1.0004 | 16777 | 12053 | 0.86 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior. \hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P(Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

Parámetros de la distribución gamma: $\alpha = 1.26$ (IC 95% 1.06 a 1.48); $\beta = 0.47$ (IC 95% 0.42 a 0.52).

* Prueba de tendencia lineal

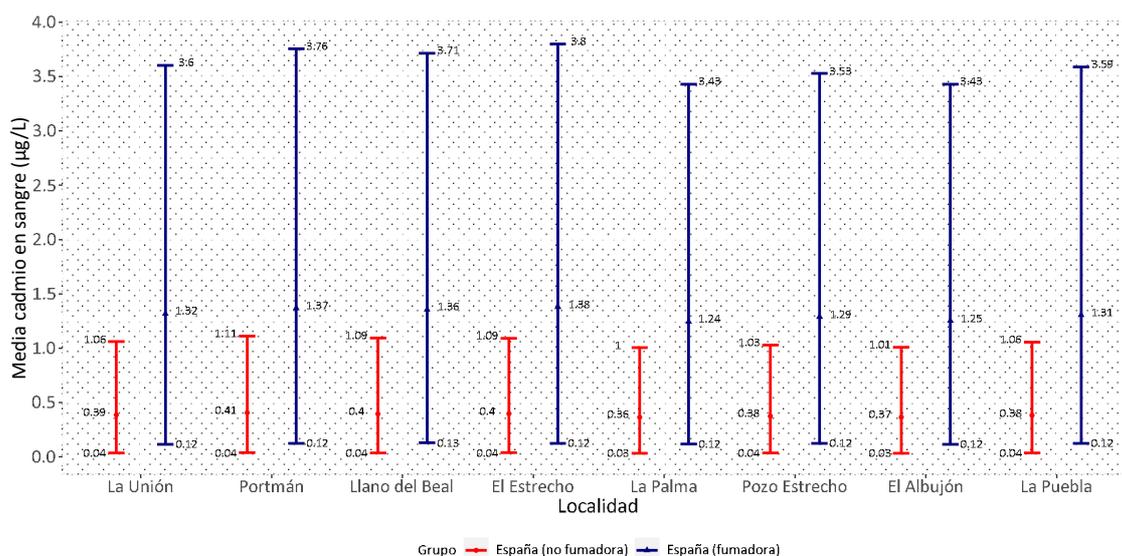


Figura 57. Media, P5 y P95 predichos para la concentración de Cds en las madres según localidad y uso de tabaco, para una población con valores medios para el resto de variables del modelo de la tabla 31. Estudio EMBLEMA 2018.

Cadmio en orina

El cadmio en orina se ha evaluado de dos formas. En la primera se han modelado las concentraciones de Cd en orina, $\mu\text{g/L}$, ajustando cada uno de los modelos por la concentración de creatinina en orina, en g/L . La segunda forma, ha sido creando la variable ratio concentración de cadmio en orina – concentración de creatinina en orina, en $\mu\text{g/g}$, que pasó a ser la variable dependiente en cada uno de los modelos. En ambos casos, la distribución de probabilidad que se ajustó a los datos fue la lognormal.

Los resultados con ambos tipos de variables han dado lugar a resultados equivalentes, tanto en el efecto observado en la variable zona como en el resto de variables que resultaron seleccionadas para los modelos finales.

Niñas y niños

La variable zona minera no mostró asociación con la concentración de cadmio en orina en los modelos crudos, ajustado únicamente por la concentración de creatinina.

Para el ratio de concentración de cadmio en orina por gramo de creatinina el coeficiente β fue -0.150, IC al 95% de - 0.610 a 0.264 y la probabilidad de un efecto positivo fue de 0.25 (**Tabla 32**).

Tabla 32. Modelo crudo para el ratio de la concentración del Cd ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en orina en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | | P(Efecto) |
|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|-----------|
| Intercepto | -1.9292 | -1.9186 | 0.1533 | 0.0023 | -2.2030 | -1.5838 | |
| Zona minera | -0.1384 | -0.1501 | 0.2177 | 0.0034 | -0.6162 | 0.2603 | 0.75 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

Para la concentración de cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$) el coeficiente β fue - 0.105, IC al 95% de -0.674 a 0.414 y la probabilidad de un efecto positivo fue de 0.35 (**Tabla 33**).

Tabla 33. Modelo crudo para el Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | P(Efecto) | |
|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|-----------|------|
| Intercepto | -1.9181 | -1.9023 | 0.1933 | 0.0030 | -2.2474 | -1.4834 | |
| Zona minera | -0.0894 | -0.1052 | 0.2677 | 0.0041 | -0.6749 | 0.4147 | 0.65 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

El modelo que ajustaba por las variables sociodemográficas y de dieta la única variable sociodemográfica que mostró asociación con el ratio de la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/g}$ creatinina) fue la edad del niño, de forma que por cada año que esta aumentaba, la concentración de cadmio en orina disminuía en un 5%, ($\beta = -0.053$, IC al 95% -0.097 a -0.008). Ni el sexo del niño/a, el nivel educativo de la madre o la exposición al humo del tabaco mostraron asociación con la concentración de cadmio en orina. El ajuste por la edad y por las variables de dieta ocasionó un cambio el coeficiente de regresión para la variable zona, con un incremento del 20.60% ($\beta = -0.189$, IC al 95% -0.659 a 0.212). La **tabla 34**, resume los resultados obtenidos.

Tabla 34. Modelo de regresión para el ratio de la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta.

| | β (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | \hat{R} | Bulk ESS | Tail ESS | P(Efecto) | |
|--------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|------|
| Intercepto | -1.9235 | -1.9131 | 0.1516 | 0.0021 | -2.1946 | -1.5866 | 1.0007 | 5236 | 6323 | |
| Zona minera | -0.1768 | -0.1891 | 0.2177 | 0.0031 | -0.6589 | 0.2119 | 1.0011 | 5405 | 6002 | 0.81 |
| Edad (años) | -0.0532 | -0.0534 | 0.0227 | 0.0002 | -0.0985 | -0.0090 | 1.0006 | 15109 | 11267 | 0.99 |
| Tubérculos | 0.0916 | 0.0916 | 0.0420 | 0.0004 | 0.0097 | 0.1741 | 1.0004 | 14276 | 10270 | 0.99 |
| Cereales | 0.0201 | 0.0203 | 0.0136 | 0.0001 | -0.0065 | 0.0472 | 1.0007 | 15182 | 11057 | 0.93 |
| log Cr Orina | 0.8235 | 0.8241 | 0.0789 | 0.0006 | 0.6723 | 0.9821 | 1.0003 | 14829 | 11431 | 1.00 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P(Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

En el modelo de la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) que ajustaba por las variables sociodemográficas las asociaciones tuvo un comportamiento similar al anterior. En este modelo el ajuste por la edad y por las variables de dieta ocasionó un cambio el coeficiente de regresión para la variable zona, con un incremento del 45.35% ($\beta = -0.176$, IC al 95% -0.671 a 0.265). **Tabla 35.**

Tabla 35. Modelo de regresión para la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) en niños y niñas participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta.

| | β (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail ESS | P(Efecto) |
|-------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| Intercepto | -1.9830 | -1.9703 | 0.1655 | 0.0025 | -2.2751 | -1.6113 | 1.0013 | 4535 | 4888 | 1.00 |
| Zona minera | -0.1636 | -0.1763 | 0.2276 | 0.0034 | -0.6710 | 0.2657 | 1.0019 | 4725 | 5250 | 0.78 |
| Edad (años) | -0.0590 | -0.0592 | 0.0230 | 0.0002 | -0.1044 | -0.0142 | 1.0002 | 16118 | 10252 | 0.99 |
| Tubérculos | 0.0220 | 0.0219 | 0.0142 | 0.0001 | -0.0061 | 0.0497 | 1.0001 | 15566 | 10898 | 0.94 |
| Cereales | 0.1044 | 0.1046 | 0.0431 | 0.0004 | 0.0195 | 0.1884 | 1.0005 | 14996 | 10818 | 0.99 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P(Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

La **figura 58** muestra las medias y percentiles 5 y 95 predichas por localidades según el modelo de la **tabla 34**.

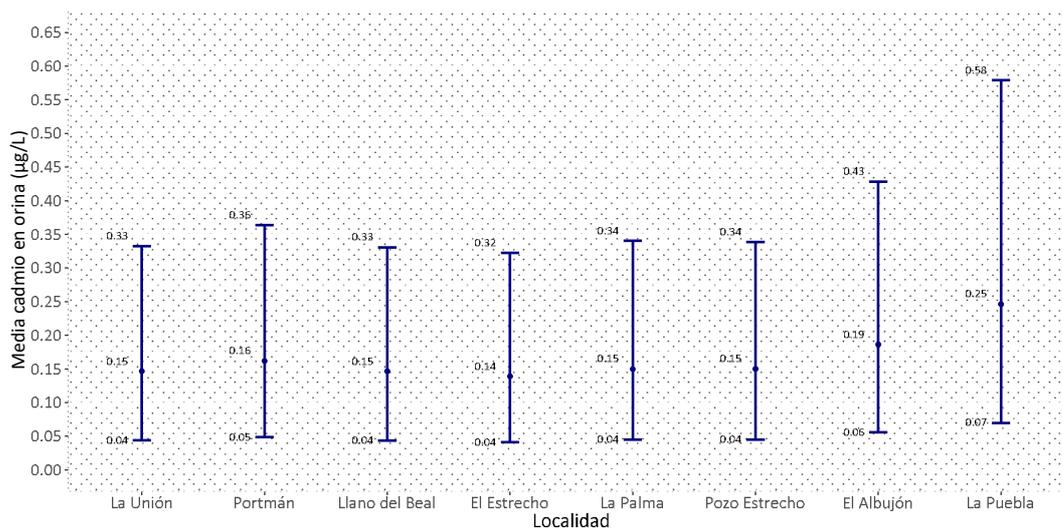


Figura 58. Media, P5 y P95 predichos para el ratio de la concentración de Cd ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en la población infantil según localidad, para una población con valores medios en el resto de las variables del modelo de la tabla 34

Madres

En las madres tampoco se observó asociación entre la variable zona minera y la concentración de cadmio en orina, ajustada por la concentración de creatinina.

El modelo crudo para el ratio de la concentración del Cd ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en orina en madres, mostró un coeficiente β de -0.0002 (IC al 95% de -0.269 a 0.246), siendo la probabilidad de un efecto positivo del 0.50 (**Tabla 36**).

Tabla 36. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en orina en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | P(Efecto) | |
|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|-----------|------|
| Intercepto | -1.4760 | -1.4726 | 0.0894 | 0.0012 | -1.6423 | -1.2844 | 1.00 |
| Zona minera | 0.0050 | 0.0002 | 0.1282 | 0.0019 | -0.2693 | 0.2463 | 0.50 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

El modelo crudo para la concentración del Cd ($\mu\text{g/L}$) en orina en madres, presentó un coeficiente β de -0.0556 (IC al 95% de -0.2635 a 0.3029), siendo la probabilidad de un efecto positivo del 0.65 (**Tabla 37**).

Tabla 37. Modelo crudo para el Cd ($\mu\text{g/L}$) en orina en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018.

| | Mediana | Media | DE | ES | IC 95% | P(Efecto) | |
|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|-----------|------|
| Intercepto | -1.5212 | -1.5148 | 0.0969 | 0.0014 | -1.6902 | -1.2933 | |
| Zona minera | 0.0671 | 0.0556 | 0.1413 | 0.0021 | -0.2635 | 0.3029 | 0.65 |

DE: Desviación estándar.

ES: Error estándar de la media.

IC: Intervalo de credibilidad al 95%.

P (Efecto): Probabilidad de que el efecto sea mayor o menor de cero según signo de la estimación.

El modelo para el ratio de la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/g}$ creatinina) que ajustaba por las variables sociodemográficas (**tabla 38**) mostró que ésta presenta una asociación positiva con la edad y con el hábito tabáquico, mientras que mostró una asociación

negativa con el IMC, tras el ajuste por las variables de dieta y el logaritmo de la concentración de creatinina en orina.

Tabla 38. Modelo de regresión para el ratio de la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta.

| Variable | β (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail ESS | P(Efecto) |
|-------------------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| Intercepto | -1.5495 | -1.5474 | 0.0900 | 0.0012 | -1.7195 | -1.3613 | 1.0001 | 6092 | 6696 | 1.00 |
| Zona minera | 0.0104 | 0.0064 | 0.1191 | 0.0016 | -0.2370 | 0.2373 | 1.0004 | 5831 | 6237 | 0.52 |
| Edad (años)* | 0.0321 | 0.0322 | 0.0058 | 0.0000 | 0.0212 | 0.0436 | 1.0001 | 18283 | 10599 | 1.00 |
| Nivel educativo | -0.0511 | -0.0512 | 0.0356 | 0.0003 | -0.1191 | 0.0192 | 1.0003 | 18221 | 11549 | 0.93 |
| Tabaco | | | | | | | | | | |
| No fumadora | Ref. | | | | | | | | | |
| Exfumadora | -0.0106 | -0.0093 | 0.0725 | 0.0006 | -0.1500 | 0.1362 | 1.0005 | 13477 | 10675 | 0.55 |
| Fumadora | 0.2074 | 0.2071 | 0.0668 | 0.0006 | 0.0769 | 0.3378 | 1.0001 | 13641 | 11942 | 1.00 |
| IMC (Kg/m^2) | -0.0190 | -0.0190 | 0.0053 | 0.0000 | -0.0293 | -0.0084 | 1.0000 | 18535 | 11431 | 1.00 |
| Carne | -0.0299 | -0.0299 | 0.0120 | 0.0001 | -0.0533 | -0.0066 | 1.0004 | 18078 | 10918 | 0.99 |
| Vegetales | 0.0210 | 0.0210 | 0.0086 | 0.0001 | 0.0043 | 0.0376 | 0.9999 | 17738 | 10462 | 0.99 |
| Lácteos | 0.0096 | 0.0096 | 0.0074 | 0.0001 | -0.0048 | 0.0242 | 1.0005 | 17426 | 10092 | 0.90 |
| logCrO | 0.9480 | 0.9477 | 0.0609 | 0.0005 | 0.8298 | 1.0678 | 1.0009 | 17151 | 11589 | 1.00 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P(Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

* Prueba de tendencia lineal

En la **figura 59** se muestran los ratios de las concentraciones de Cd en orina ($\mu\text{g/g}$ creatinina) predichas para las madres según localidad y uso de tabaco.

El modelo para la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) que ajustaba por las variables sociodemográficas (**tabla 39**) se comportó de la misma forma que el anterior.

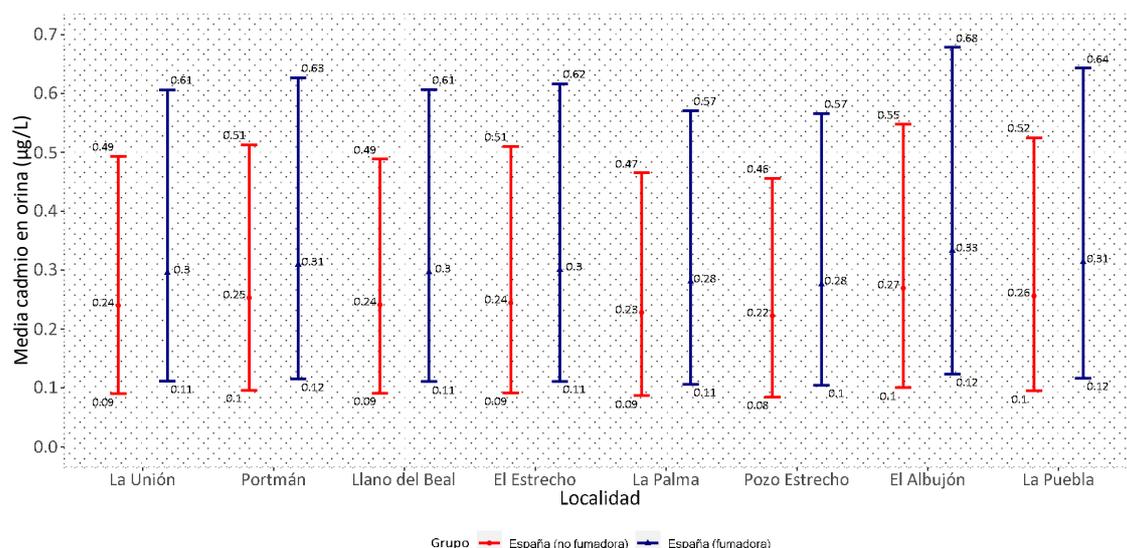


Figura 59. Media, P5 y P95 predichos para el ratio de la concentración de Cdo ($\mu\text{g/g}$ creatinina) en las madres según localidad y uso de tabaco, para una población con valores medios en el resto de las variables del modelo de la tabla 38. Estudio EMBLEMA 2018.

Tabla 39. Modelo de regresión para la concentración de Cd en orina ($\mu\text{g/L}$) en madres participantes en el estudio EMBLEMA 2018. Ajustado por la concentración de creatinina en orina, variables sociodemográficas, uso de tabaco y dieta.

| Variable | β (Md) | β | β (DE) | β (ES) | Intervalo de credibilidad al 95% | | \hat{R} | Bulk ESS | Tail ESS | P(Efecto) |
|--------------------------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| Intercepto | -1.7512 | -1.7492 | 0.0914 | 0.0012 | -1.9216 | -1.5584 | 1.0022 | 5790 | 6621 | 1.00 |
| Zona minera | 0.0297 | 0.0249 | 0.1186 | 0.0017 | -0.2330 | 0.2492 | 1.0010 | 5530 | 5520 | 0.58 |
| Edad (años) | 0.0330 | 0.0330 | 0.0058 | 0.0000 | 0.0219 | 0.0444 | 1.0003 | 21961 | 11362 | 1.00 |
| Nivel educativo* | -0.0562 | -0.0559 | 0.0377 | 0.0003 | -0.1303 | 0.0172 | 1.0002 | 18741 | 11316 | 0.93 |
| Tabaco | | | | | | | | | | |
| No fumadora | Ref | | | | | | | | | |
| Exfumadora | -0.0060 | -0.0059 | 0.0731 | 0.0006 | -0.1493 | 0.1388 | 1.0008 | 13714 | 12109 | 0.53 |
| Fumadora | 0.2002 | 0.2014 | 0.0701 | 0.0006 | 0.0657 | 0.3386 | 1.0005 | 12721 | 11073 | 1.00 |
| IMC (Kg/m^2) | -0.0189 | -0.0189 | 0.0055 | 0.0000 | -0.0300 | -0.0082 | 1.0003 | 19402 | 11511 | 0.00 |
| Carne | -0.0250 | -0.0250 | 0.0121 | 0.0001 | -0.0488 | -0.0016 | 1.0003 | 18745 | 11119 | 0.98 |
| Vegetales | 0.0199 | 0.0198 | 0.0089 | 0.0001 | 0.0022 | 0.0374 | 1.0001 | 20568 | 11376 | 0.99 |

DE: Desviación estándar de la distribución posterior.

ES: Error estándar de la media posterior.

\hat{R} : Estadístico de convergencia.

Bulk ESS: Tamaño muestral efectivo en el tramo de medio de la distribución posterior.

Tail ESS: Tamaño muestral efectivo en las colas de la distribución posterior.

P (Efecto): Probabilidad de un efecto mayor de cero o menor de cero, según signo de la media de β .

* Prueba de tendencia lineal

V. DISCUSIÓN

Selección de la población de estudio.

La selección de la población a estudio ha sido un tema muy debatido dentro del equipo de investigación, ya que era muy importante que no hubiera diferencias entre las poblaciones seleccionadas, salvo su nivel de exposición a los residuos mineros. Para poder detectar el efecto de la zona en las posibles diferencias de concentración de los metales seleccionados las poblaciones debían ser semejantes en lo referente a sus características básicas, sociodemográficas o de otro tipo y en aquellas variables que más se asocian en la literatura a la concentración de plomo y cadmio. Asimismo, era fundamental seleccionar una población que nos permitiese la comparación con otros estudios, tanto de biomonitorización como de comparación entre zonas con diferente exposición a restos mineros. Se discuten los aspectos fundamentales en la selección de las poblaciones de estudio, minera y no minera.

Rango de edad

Para la comparabilidad entre estudios la comunidad científica, incluyendo agencias como la OMS, la EPA y los CDC, han consensuado unos rangos de edad en la infancia (<18 años) con características biológicas y de conducta diferenciadas respecto a la exposición medioambiental. La denominada “Middle childhood” corresponde a “entre los 6 y 11 años” (110). En estas edades hay una disminución del contacto oral con las manos y los objetos, así como del contacto dérmico con las superficies, un aumento de actividades al aire libre, y aún no han comenzado a consumir tóxicos como el alcohol y el tabaco. En el caso de este estudio además permite estudiar una población que pasa la mayor parte, si no la totalidad, de su día en las localidades de estudio, al residir y estar escolarizada en las escuelas de primaria de éstas. Además, sus madres pueden responder una encuesta de exposición de manera fiable, ya que aún conocen donde se encuentran, que actividades realizan y que alimentos y bebidas consumen en prácticamente todo momento. Otro punto importante es que el rango de edad entre 6-11 años permite comparar los datos de concentración de los metales en las matrices seleccionadas con las principales encuestas de salud mundiales que incluyen mediciones de exposición a metales pesados, como es la que se realiza en Estados Unidos

(NHANES)(111), la propuesta y trabajo inicial del estudio de biomonitorización europeo DEMOCOPHES (31), la encuesta de salud de Canadá(28,112), la encuesta de salud medioambiental en niños y adolescentes de Corea KorEHS-C(50) o en Alemania GerSES(113) entre otros estudios. Sin embargo, los estudios de comparación de zonas con diferente exposición a residuos mineros tienen mayor heterogeneidad en los rangos de edad que utilizan, con solo algunos con un rango de edad similar(114–116) lo que no supone una limitación porque lo que se compara es la diferencia entre las poblaciones de las diferentes zonas, no los valores concretos de concentraciones, muy influenciados por el año, el país del estudio y su contexto cultural.

La selección de las madres como población adulta para comparar las poblaciones era la decisión más lógica, por una parte, por la factibilidad tanto en el reclutamiento como en la recogida de variables al ser tratados como una unidad familiar, y por otra, por su propio peso como población vulnerable al encontrarse la mayoría aun en edad fértil. También va a permitir en el futuro realizar análisis de correlación de las concentraciones de los metales entre madres e hijos/as, que presumiblemente será positiva al compartir las fuentes de exposición del hogar, sobre todo la dieta y la exposición al humo del tabaco como ya se ha constatado para el plomo(117), y para el cadmio(118).

País de origen

Durante la primera fase del trabajo de campo, una vez observados los listados de alumnado de los colegios de ambas zonas para la extracción de la muestra, se constató una asimetría importante entre la proporción de alumnado de origen extranjero, principalmente magrebí, entre los colegios de la zona expuesta y los de la zona no expuesta. De hecho, se revisaron los datos del año 2017, el previo al estudio, del padrón municipal de habitantes de las entidades poblacionales a las que pertenecían las localidades seleccionadas confirmando esta diferencia(119). En la zona expuesta la proporción de población extranjera era del 9.2% (78.8% origen africano), variando desde 3.8 % (48.8%) y 3.9% (2.7%) en el Beal y Portmán hasta 10.2% (81.8%) en La Unión; mientras que, en la zona no expuesta, la población extranjera era el 24.6% (78.8% origen africano), situándose estos porcentajes entre 19.5% en La Palma (83.4%), 21.6% en El

Albujón (86.1%), 23.8% en Pozo Estrecho (83.6%) y 52.8% en El Lentiscar, donde pertenece La Puebla (58.9%).

Debido a estas diferencias en los orígenes de las madres y con la sospecha de que influenciaría los resultados se decidió aparear la muestra en la zona no expuesta, no solo por edad y sexo como estaba previsto inicialmente, sino también por el país de origen de la madre. Este emparejamiento ha resultado esencial para evitar sesgos en el estudio, principalmente en lo referente al plomo en sangre, ya que en los resultados se constata que el país de origen de la madre, en este caso en concreto Marruecos, es un importante factor de riesgo para la concentración de este metal, tanto en las madres como en la población infantil.

La contaminación ambiental, y en este caso la exposición a metales pesados, es diferente entre países y está influenciada por su índice de desarrollo humano (IDH) entre otros factores. El descenso de las concentraciones de plomo en sangre en la población infantil de las últimas décadas comenzó antes, y con una pendiente mayor de descenso, en países con mayor IDH, debido en gran parte a medidas legislativas y de control adoptadas en diferentes momentos frente a la presencia de plomo en la gasolina, la pintura y el agua principalmente(120,121). Asimismo, la población inmigrante mantiene gran parte de los hábitos nutricionales relacionados con el país de origen de los progenitores, principalmente de la madre(89) y en este caso en concreto la población de origen marroquí utiliza frecuentemente alimentos importados de su país, debido a la cercanía y a la necesidad de que sean "halal", es decir, permitidos o aprobados por la religión musulmana. Sin embargo, aunque existen diferencias no siempre la población de origen inmigrante procedente de países con menor IDH tiene mayores concentraciones de plomo y cadmio que la del país receptor cuando ha nacido en este último. Por ejemplo, en un estudio realizado en 2016 en menores nacidos en EEUU se compararon los que tenían progenitores inmigrantes y los que no, constatando que tras el ajuste por diferentes factores sociodemográficos y del consumo de tabaco y alcohol, los hijos e hijas de inmigrantes tenían menores concentraciones de Pbs que los de los no inmigrantes, apuntando que el factor corrector es la mayor educación de los inmigrantes entre los convivientes de un mismo distrito censal(122). Otro ejemplo es el estudio de biomonitorización alemán donde en la oleada 2014-2017 encontraron menos

concentración de plomo en sangre en personas con uno o con dos progenitores inmigrantes, lo que fue al contrario en el caso del cadmio en sangre(123)

En Marruecos, en 2017 aun no existían leyes que eliminasen el uso de plomo en las pinturas(121), aunque actualmente si las hay; y la diferencia en años de la prohibición total del plomo entre España y Marruecos fue de 5 años, 2001 vs 2006. En varios estudios se ha detectado una mayor concentración de plomo y/o cadmio en sangre en poblaciones procedentes de África en comparación con poblaciones europeas(124–127). En el caso de los otros países de origen de la madres de la muestra la diferencia en años de la prohibición de gasolina con plomo con España fue incluso negativa con Brasil (-12), Ecuador (-4) y México (-3) y positiva con Rumania (4) y Croacia (5). **Tabla 48.**

Tabla 40. Año de prohibición de la gasolina con plomo y existencia o no de alguna regulación sobre el uso de pintura con plomo en 2024, por países. Elaboración propia a partir de los datos de Ritchie et al y OMS(38,39).

| País | Prohibición Gasolina con plomo | Regulación pintura con plomo (2024) |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Brasil | 1989 | SI |
| Canadá | 1990 | SI |
| Suecia | 1992 | SI |
| Corea del Sur | 1993 | SI |
| Dinamarca | 1994 | SI |
| Finlandia | 1994 | SI |
| Eslovaquia | 1995 | SI |
| Alemania | 1996 | SI |
| Estados Unidos | 1996 | SI |
| Ecuador | 1997 | SI |
| México | 1998 | SI |
| Portugal | 1999 | SI |
| Bélgica | 2000 | SI |
| China | 2000 | SI |
| Francia | 2000 | SI |
| Polonia | 2000 | SI |
| Reino Unido | 2000 | SI |
| Suiza | 2000 | SI |
| Chequia | 2001 | SI |
| Eslovenia | 2001 | SI |
| España | 2001 | SI |
| Australia | 2002 | SI |
| Grecia | 2002 | SI |
| Italia | 2002 | SI |
| Rusia | 2003 | SI |
| Uruguay | 2004 | SI |
| Rumania | 2005 | SI |
| Croacia | 2006 | SI |
| Marruecos | 2006 | SI |
| Zambia | 2006 | NO |

Estacionalidad

La recogida de muestras se realizó en los meses de mayo y junio de 2018, durante 43 días hábiles de forma paralela en las dos zonas para evitar un posible efecto de la variación estacional en los niveles de plomo descrita en otros trabajos en zonas con una climatología en los que el invierno obliga a actividades dentro de casa (128–133), lo que es una situación muy distinta al clima mediterráneo semiárido de la Sierra Minera, donde los inviernos son templados y posiblemente no haya tanta diferencia de exposición medioambiental entre invierno y verano. Lo que sí es habitual en la zona son las DANAS, fenómenos atmosféricos con lluvias torrenciales que producen un gran impacto en la movilización de los suelos, y en concreto de los metales pesados(134), lo que potencialmente podría influir en la exposición de la población. En los meses en las que se recogieron las muestras en este estudio el tiempo fue estable, sin DANAS, ni cambios bruscos de temperatura(135), por lo que asumimos que la exposición fue estable para toda la población en el periodo de estudio.

En los estudios realizados sobre el cadmio habitualmente no se describe la influencia de la variabilidad estacional sobre las concentraciones de cadmio, aunque se ha localizado un estudio realizado en 3 provincias de España donde se encontró variabilidad para el cadmio en orina, pero únicamente en una de las dos provincias del norte del país(136) que, junto a otra central, conformaban su ámbito territorial.

Distancia de las localidades de estudio a los residuos mineros

No se ha encontrado en la literatura científica una distancia estándar a residuos mineros para considerar que no se está expuesto a éstos, y depende de si las minas tenían una fundición cercana, lo que sucedía con frecuencia. Hay estudios en los que las zonas distan 300 km(137), alrededor de 100 km(138,139), otras alrededor de 40 km(129,140), 10 km(141) y 3 km(142), y en bastantes casos no indican la distancia entre la población que consideran expuesta y la que no(143–147), o en los últimos años se comparan directamente con los VRP de su país(148–150). Entre los años 2008 y 2011 en un amplio

estudio, donde se analizó el cadmio en sangre en más de 5600 adultos que residían a una distancia entre 2 y 10 km de minas de metales abandonadas en Corea, encontraron que a partir de 2 km se perdía el efecto de exposición a las minas para el cadmio en sangre(84). Para el caso del plomo son muchos los estudios que han puesto de manifiesto una relación inversa entre la concentración de plomo en sangre y la distancia de la fuente de emisión(84,151–154). De esta forma, y con respecto a residuos mineros, se ha estimado que por cada Km de distancia, la concentración de Pbs disminuye un 4% (155). Cuando la fuente de emisión es una antigua fundición este valor sube a un 23%(156). Algunos estudios han dado valores de distancia a partir de los cuales no se observa gradiente en las concentraciones de plomo encontradas. Por ejemplo, Park et al.(84), en población adulta establecieron un umbral de 2 Km, mientras que Albalak et al.(151), en población infantil hallaron un límite de 4 Km. Para el presente trabajo, la distancia entre la zona expuesta y la no expuesta se estableció en 10 Km, lo que minimizaba el riesgo de contaminación en la zona no expuesta y maximizaba el conocimiento de esa misma población sobre el problema medioambiental de los desechos mineros en el área expuesta.

Características básicas de los participantes

Las muestras de los niños y niñas, de las madres y de los hogares se distribuyeron de forma similar en ambas zonas para la mayoría de las variables como fueron la edad, sexo, país de nacimiento, en las relacionadas con el tabaco, con la mayoría del origen y los consumos de alimentos, clase social ocupacional, número de convivientes en el hogar, antigüedad de la vivienda, modo y frecuencia de limpieza, el tipo de ventanas y la reforma de cañerías. En el caso de los niños/as también lo hizo para la talla, años de residencia en la zona, hábitos como morderse las uñas, chupar objetos y dormir con ventanas abiertas, y en la media de concentración de hemoglobina en sangre. En el caso de las madres también lo hizo para el nivel educativo y la situación laboral.

Un comentario aparte, para futuros estudios sobre percepción del riesgo, merecen las diferencias, encontradas de forma similar en ambas zonas, entre la exposición del tabaco de los menores percibida por las madres (exposición al tabaco) y la real (cotinina detectable en orina) y entre las madres fumadoras y la cotinina detectable en orina. En

este estudio se ha decidido utilizar la variable combinada entre exposición referida al humo del tabaco por las madres y la convivencia con algún fumador, tras una valoración positiva de su correlación con la concentración de cotinina, descrita en la metodología, en lugar de únicamente la variable cotinina para determinar la exposición como en otros estudios(76) para acercarse a conocer la exposición en el último mes, no solo a un momento puntual como sería la cotinina.

Entre los menores las diferencias entre zonas se encontraron en el porcentaje de obesidad, que fue casi el doble en la zona no minera que en la minera, con una distribución general de obesidad, sobrepeso y normopeso de la muestra similar en ambas zonas y que se asemeja a la encontrada el año siguiente (2019) en los escolares de 6 a 9 años de la Región de Murcia en el estudio Aladino(157). También hubo diferencias en el uso de recintos cerrados para actividades extraescolares, donde la mitad de los menores no pasaba ningún momento en la zona minera, aunque no las hubo para actividades en el hogar ni al aire libre.

Las madres de la zona no minera también eran más obesas que las de la minera, pero con menor diferencia que los menores, y con una distribución similar en ambas zonas del IMC. Hubo diferencia en el número de años en las que las madres residían en cada una de las localidades, pero que con una mediana de 34 y de 16 años respectivamente y con un mínimo de 6 años de residencia en las zonas y tras la revisión de la literatura no deben afectados los resultados de las medidas de exposición que se han utilizado. En otros estudios que utilizan las mismas matrices para la comparación entre zonas el periodo de residencia que se considera mínimo necesario para poder incluir a los participantes es muy variable, desde únicamente 2 meses en estudios anteriores al año 2000(138) o 4 meses en algunos trabajos recientes(148,149), hasta 5 años(150,158), aunque en una buena parte no consta este dato(116,129).

Aunque se encontró diferencia entre el tipo de viviendas entre las zonas, la mayor parte de las viviendas en ambas zonas eran unifamiliares o de < 10 pisos, 97.0% en la zona no minera y 85.1% en la minera correspondiendo a zona rural. Únicamente en la localidad de La Unión se encontraron viviendas con > 10 pisos, que se correspondería a zona urbana. En diversos estudios se han encontrado mayores concentraciones de plomo en sangre en zonas urbanas(131), lo que ha sido relacionado con la densidad del tráfico y

por ende con la gasolina con plomo, pero en estudios más recientes, esta relación ha ido disminuyendo(159). En el caso del estudio, casi toda la población vive en un medio rural y en el momento de recogida de las muestras habían transcurrido 17 años de la prohibición del plomo en la gasolina, por lo que las poblaciones se consideran similares en este aspecto.

Otro aspecto en el que ha habido diferencia es la procedencia del agua de consumo, ya que, en la zona minera consumían más agua embotellada (65.08% vs 50.29%). Aunque este aspecto se ha preguntado y analizado, debido a los datos encontrados en otros países donde el agua del grifo contiene alguna cantidad de plomo(127,160), en España la vigilancia de agua de consumo incluye el plomo y el cadmio, y en la zona no se han detectado incidencias al respecto(161).

Los datos de las características sociodemográficas hábitos y dieta de los participantes, y de las de los hogares de las poblaciones de las dos zonas son similares por lo que el objetivo de encontrar dos poblaciones suficientemente similares en estos aspectos ha sido alcanzado, en gran parte gracias al haber seleccionado poblaciones con similar índice de privación socio-económica(81) como se ha descrito en la metodología.

Tasa de respuesta

Alcanzar un tamaño muestral suficiente en ambas zonas, representativo en la minera y correctamente emparejado en la no minera fue uno de los objetivos del equipo investigador. Las tasas de participación de adultos en encuestas europeas que implican la toma de muestras biológicas, han ido descendiendo en los últimos años, encontrándose incluso tasas del 25% en algún país(162), sobre todo, entre los participantes de menor edad y aquellos con menor nivel educativo(163). Las estrategias empleadas para maximizar el reclutamiento se tradujeron en una tasa de participación final global del 41.3%, similar en ambas zonas. Esta tasa es menor que la tasa de participación en el estudio de bio-monitorización de EEUU (NHANES) en 2015-2016 en niños y niñas entre 6 y 11 años (65.2%)(164), aunque mucho mayor que la participación global media del estudio DEMOCOPHES (17%)(165), también en niños y niñas entre 6-11 años, y la de otros estudios que comparan poblaciones con distintos niveles de

exposición a fuentes de contaminantes ambientales, como son el realizado en Bélgica en el año 2009 con una tasa de participación global en población infantil y adulta del 24%(166).

Hubo 94 familias que, aunque expresaron su deseo de participar, finalmente no lo hicieron (el 20.81% de las que aceptaron). La razón principal fue la dificultad de conciliar fechas para la primera visita en el centro de salud debido al corto periodo de estudio.

El principal motivo de no participación fue el mismo que el esgrimido en el estudio DEMOCOPHES, la falta de tiempo(165). En este estudio el siguiente motivo fue la reticencia al pinchazo, que probablemente fue la causa principal de que los niños y niñas más pequeños tuvieran menor participación. La falta de interés en participar tuvo un papel pequeño, al contrario que en el DEMOCOPHES, lo que indica que las poblaciones elegidas tenían conocimiento del problema medioambiental de la zona y lo valoraron como importante. Las personas con mayor nivel educativo tenían más probabilidad de participar, igual que en la mayoría de los estudios epidemiológicos(163), lo que podría haber sesgado en parte los resultados, sobre todo con respecto al plomo, cuyos niveles están influenciados por esta variable(167).

El país de nacimiento de la madre no fue un criterio de exclusión, aunque si debía tener un dominio suficiente del castellano para participar, y llama la atención que las madres de origen marroquí tenían alrededor de 6 veces más probabilidad de querer participar que las de origen español (OR 6.33 (2.22 a 21.34)).

Factores asociados a la concentración de plomo en sangre

En el estudio se ha encontrado que el plomo en sangre se asocia con el país de nacimiento de la madre y la exposición al humo del tabaco, tanto para los menores como para las madres. En el caso de los menores se han visto asociaciones inversas con la edad y el nivel educativo y positivas con la antigüedad de la vivienda, y morderse las uñas. En cuanto a las madres se ha asociado con el consumo de alcohol y el estado de perimenopausia.

Tabaco

La exposición al tabaco se ha asociado positivamente con la concentración de plomo en sangre en los análisis secundarios con una $p > 90$ en los menores y en el análisis principal con las madres que fuman, lo que es compatible con prácticamente toda la literatura sobre la concentración de plomo en sangre, tanto en EEUU(168) como en países del entorno europeo Francia y Alemania(169,170). En un estudio en menores entre 3 y 17 años en EEUU se ha encontrado una importante contribución de la exposición pasiva al humo del tabaco en los menores, con mayor concentración de plomo en sangre aquellos que conviven con fumadores, 14% si conviven con 1 y 24% si conviven con 2 fumadores(171).

Dieta

Medir las variables de dieta no es sencillo, en los modelos que se han utilizado no se han encontrado asociaciones fuertes entre plomo y alimentos en concreto, excepto para el alcohol, asociación que también está descrita en otros estudios en poblaciones europeas como la española, italiana, alemana y francesa (169,170,172,173). Posiblemente se deba plantear la realización de otros tipos de análisis para poder encontrar asociaciones, si existen, en la población del estudio, como por ejemplo con el té, asociado en otros estudios(33,174), y que podría explicar en parte la concentración en madres marroquíes y sus hijos/as, debido a la alta frecuencia de su consumo en esta población.

Conducta mano-boca

Como en varios de los estudios revisados se ha encontrado asociación entre las conductas de morderse las uñas con la concentración del plomo en sangre en los menores. Alrededor del 50% de los menores de ambas zonas se mordían las uñas y/o chupaban objetos, que son conductas no conscientes en las que valdría la pena incidir como medida preventiva de la exposición.

País de nacimiento

Se ha comentado ampliamente este aspecto anteriormente, en este apartado hay que destacar que en este estudio el efecto de nacer en Marruecos fue superior al que tenía la zona en la concentración del plomo en sangre, no así en lo referente al cadmio, aun

ajustando por la exposición al tabaco. Se han encontrado algunos estudios en 2007-2010 en Marruecos donde la media geométrica del plomo en menores entre 7 y 14 años era de 7.1 µg/dL (125), y de 5.53 µg/dL entre 6-11 años(175), mientras que en Madrid en 2010 encontraban en niños de 7 a 12 años(176) era de 0.9 µg/dL, lo que da idea de que la exposición ambiental al plomo en dicho país continua siendo mayor que en España.

Edad

En los menores se ha hallado una asociación inversa con la edad, compatible con la literatura al respecto(112,123,177–179). Sin embargo no se ha encontrado asociación con la edad de la madre, lo que se encuentra en multitud de estudios (56,180,181), quizás sea debido al estrecho rango de edad de la población de madres del estudio, que limita detectar diferencias por edad.

Estado peri-menopáusico

Ha sido descrita la posible asociación entre la resorción ósea que sucede en la perimenopausia y el aumento de la concentración de plomo en sangre, ya que éste se libera desde los huesos. Al igual que en otros trabajos(172), y a pesar del pequeño número de madres que se encontraban en esta situación se ha encontrado asociación en este estudio.

Sexo

No se ha encontrado una diferencia significativa con respecto al sexo en este estudio, a diferencia de gran parte de los trabajos que se han revisado donde describen niveles mayores de plomo en sangre en los varones [62]. Quizás es debido a que las actividades de niños y niñas a los 6-11 años en el entorno de las zonas estudiadas no difieren tanto como lo hacen en la adolescencia o en otras zonas del mundo. Se plantea la duda de si se hubieran encontrado diferencia entre sexos en la población adulta de la zona si se hubieran estudiado también a los padres.

Antigüedad de la vivienda

En los menores se ha encontrado asociación con la antigüedad de la vivienda (cada 20 años), aunque no así en las madres. Este hecho puede estar relacionado con la conducta mano-boca como se ha descrito en la literatura, y que es uno de los factores que contribuyen a que la concentración de plomo sea mayor en los niños y niñas más pequeños. Esta asociación, aunque sea débil, ha sido un hallazgo inesperado en una zona en la que la pintura con plomo lleva décadas regulada y prohibida para los interiores de las viviendas. Se ha planteado que puede estar relacionado con acometidas de agua fabricadas con plomo que aun persistan en viviendas antiguas sin reformar.

Nivel educativo de la madre

El nivel educativo de la madre tiene una asociación inversa con la concentración del plomo en sangre de sus hijos e hijas, lo que no ha sucedido para esas mismas madres. En cuanto a los estudios revisados al respecto algunos encuentran una asociación directa como en Chequia en 1997(182), aunque la mayor parte de los estudios encuentran asociación inversa(183–185).

IMC

No se ha encontrado relación con el IMC para la concentración de plomo en sangre, al contrario que en el NHANES donde el bajo peso y la obesidad se asocian con mayor concentración de plomo en sangre(186)

Factores asociados a la concentración de cadmio en sangre y orina

La concentración del cadmio en sangre se asocia fuertemente con la exposición al tabaco tanto en madres (123% mayor en fumadoras) como en los menores, igual que en la concentración y en el ratio de cadmio en orina para las madres, aunque no para los niños y niñas. La extensa literatura revisada, en la que la mayor parte tienen se tienen en cuenta variables relacionadas con el uso del tabaco muestran una clara asociación principalmente en los adultos(187), suponiendo en algunos casos el cadmio en sangre hasta ser 6 veces superior en fumadores(87).

En cuanto a la dieta no se ha encontrado asociación fuerte con ningún alimento, y quizás se precise realizar otros análisis estadísticos para detectarlas, si las hubiera, al igual que se ha comentado anteriormente en el caso del plomo.

En este estudio no hay asociación tampoco con otros factores que pueden influir en la concentración de cadmio en los niños/as que se describen en la literatura como es el IMC(188), nivel educativo(185), y sobre todo el sexo tanto en menores como adultos(178), en este caso y al contrario que para el plomo con datos habitualmente mayores en mujeres.

Comparación con resultados en estudios de biomonitorización y en poblaciones similares.

En la actualidad no existen datos de biomonitorización de contaminantes químicos representativos de la población residente en España ni en Europa, aunque hay esfuerzos recientes para poder tenerlos(189,190). La exposición a plomo y cadmio es diferente entre los países, mediada en gran parte por su situación socioeconómica, sus hábitos dietéticos y su legislación frente a contaminantes ambientales(120,121,191). Para poder hacer una aproximación a conocer si los valores de la concentración de plomo y cadmio en sangre y orina de la población de la zona no minera se corresponden con los valores que tiene una zona no contaminada por residuos mineros en España se han revisado multitud de estudios hechos en España, Europa y otros países del mundo con un IDH muy alto.

Es especialmente complicado para el caso del plomo comparar los valores obtenidos de las concentraciones con los valores de referencia en poblaciones de otros países, debido a los cambios que se han producido en ellos de las últimas décadas. España no tiene valores de referencia poblacionales ni para menores ni para adultos y los países con estudios de biomonitorización periódicos tienen características dietéticas, de etnia/raza y sobre la legislación sobre la gasolina con plomo, distintas a España. Haciendo referencia al año de prohibición de la gasolina con plomo en cada país se aprecia una diferencia importante entre países, en referencia con España esta diferencia es negativa

con Canadá (21 años), Corea del Sur (18 años), Alemania y Estados Unidos (5 años), Francia y Bélgica (1 año), mientras que Eslovenia la prohibió el mismo año que España e Italia un año después(38) (**Tabla 48**).

Para el plomo en sangre, con intención de realizar una aproximación más lógica en la comparación se tienen en cuenta los años de diferencia de la prohibición de la gasolina con plomo entre países cuando se dispone de varias oleadas para elegir (**Tabla 40**). La media geométrica (0.81 µg/dL) de la población infantil de la zona no minera se encuentra por encima de lo encontrado en el año 2011-2012 en la población de la misma edad de Estados Unidos (0.68 µg/dL), y por debajo de los hallado en Alemania en 2015-2017 (1.04 µg/dL), Canadá en 2007-2009 (0.9 µg/dL) y Corea en 2012-2014 (1.26 µg/dL). Los valores de la zona minera se encuentran todos por encima. En cuanto al percentil 95, muy influenciado por los valores elevados de los inmigrantes de origen africano, ambas zonas se encuentran por encima de los VRP de los estudios descritos.

La comparación de la población adulta con VRP es aún más complicada al no encontrarse VRP referidos concretamente al grupo de edad y sexo de las participantes, por eso se utilizarán los descritos en poblaciones lo más similares posibles que se detallan en la **tabla 41**. La media de la población adulta en la zona no minera (1.16 µg/dL) se encuentra por encima de la población > 20 años de EEUU en 2011-12 (1.09 µg/dL), de la de Canadá en 2007-2009 (1.1 µg/dL), y por debajo de la de Francia e Italia en 2008-2010 (1.56 µg/dL y 1.59 µg/dL respectivamente) y Eslovenia entre 2008-2014 (1.67 µg/dL). También es menor a la encontrada en mujeres trabajadoras entre 18 y 45 años en España en 2009-2010 (1.8 µg/dL). Los valores del percentil 95 están extremadamente influenciados por los resultados en las madres de origen marroquí.

Para comparar los resultados de cadmio se utilizarán los años más cercanos al del estudio. Los valores del cadmio en sangre en niños de las dos zonas de estudio se encuentran por encima de los encontrados VRP en Estados Unidos(179), Alemania(123) y Canadá(28,181), pero por debajo de Bélgica(192). Inferiores a lo descritos en estudios, sin VRP, hechos en Italia(193) y muy por debajo de los encontrados en países asiáticos como en China(194). **Tabla 42**.

La comparación es distinta en lo referente a las madres, siendo los resultados en este estudio mayores que los encontrados en Estados Unidos y Canadá, pero similares o por debajo de países del entorno europeo como son Italia, Francia o Eslovenia (**Tabla 43**). Los resultados en orina (**Tablas 44 a 47**) siguen la misma línea que los de sangre tanto en niños y niñas como en adultos, siendo importante destacar la similitud encontrada con estudios hechos en Valencia, donde tienen una dieta similar a la de la Región de Murcia, ya que ambas son del litoral mediterráneo y limítrofes entre sí.

En resumen, los valores encontrados en población de la zona no minera tanto en plomo como en cadmio se asemejan a los encontrados en estudios de países con similar IDH a España, varios de ellos realizados en población residente en Europa y algunos en otras regiones de España. Estos datos contribuyen a asegurar que se ha realizado una buena selección de la zona no minera como zona no expuesta o de control.

Comunicación de resultados y actuaciones posteriores

La comunicación de resultados individuales a los participantes en estudios de exposición a contaminantes es un tema que está en discusión, entroncado con la comunicación de riesgos. Hay que ponderar el beneficio y la posible maleficencia de conocer unos resultados que lo habitual es que no tengan un significado clínico y para los que puede que no sea posible realizar una actitud activa personal para disminuir la exposición (195,196), por lo que en muchos caso no se realiza. En el caso de este estudio se decidió la comunicación individual de los valores de plomo y cadmio, debido a la existencia de valores frente a los que realizan actuaciones a nivel internacional y guías de prevención (197), a que presumiblemente aumentaría el conocimiento real de la población sobre los riesgos medioambientales en la zona(198), a la importancia de la transparencia en la investigación (199) y como una responsabilidad ética de la investigación, en línea con las últimas publicaciones al respecto (200). Los resultados se comunicaron de forma telefónica por personal sanitario entrenado en comunicación de riesgos y a los que se formó específicamente sobre estos metales. Las participantes a las que a ellas o a su hijo/a o familia se les recomendaba realizar un estudio más profundo de exposiciones

medioambientales recibieron la comunicación del personal médico investigador del estudio, que les remitió a los servicios sanitarios y de salud pública del área 2-Cartagena, siguiendo el circuito previamente organizado. La percepción del equipo de investigación es que no se creó alarma ni aparente ansiedad en los participantes, el efecto más indeseado, cuando se comunicaron los resultados individuales, a pesar de que en el momento de la realización del estudio existía conflictividad social en la zona sobre los efectos en salud de la exposición a residuos mineros en la zona, principalmente en la localidad del Llano del Beal(201).

Tabla 41. Resultados de concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| País | Estudio | Año muestra | Población | N | Tipo Población | VRP | Pbs ($\mu\text{g}/\text{dL}$) | | LD | <LD | Método de laboratorio |
|----------------|--------------------------|-------------|-------------|------|------------------------|-------------|---------------------------------|-------------|-------------------------|-----|-----------------------|
| | | | | | | | GM* | P95** | $\mu\text{g}/\text{dL}$ | % | |
| Estados Unidos | NHANES(29,202) | 1999-2000 | 6-11 años | 905 | Población general | SI | 1.51 | 4.5 | 0.3 | ND | ICP-MS |
| | | 2011-2012 | | 1048 | | | 0.681 | 1.89 | 0.25 | | |
| | | 2013-2014 | | 1075 | | | 0.567 | 1.42 | 0.07 | | |
| | | 2015-2016 | | 1023 | | | 0.571 | 1.59 | | | |
| | | 2017-2018 | | 833 | | | 0.475 | 1.19 | | | |
| Rusia | Chapaevsk(203) | 2003-2005 | 8-9 años | 481 | Cohorte | NO | 3.0^a | ND | 1 | 2.9 | AAS |
| Alemania | GerES IV(204) | 2003-2006 | 6-8 años | 377 | Ambos sexos | SI | 1.73 | 3.34 | 0.21 LQ | 0 | AAS |
| | | | 9-11 años | 407 | | | 1.56 | 3.14 | | | |
| | | | 3-14 años | | | | 1.63 | 3.38 | | | |
| | | | | 813 | | | Masculino | 1.75 | 3.7 | | |
| | | | | 747 | | | Femenino | 1.51 | 3.19 | | |
| | GerES V (123) | 2014-2017 | 6-10 años | 187 | migrantes | 1.51 | 3.27 | | | | ICP-MS |
| | | | | 1370 | no-migrantes | 1.65 | 3.44 | | | | |
| | | | | 231 | Ambos sexos | 1.08 | 2.03 | | | | |
| | | | | 279 | | 1.04 | ND | | | | |
| | | | | 720 | | 0.95 | 1.99 | | | | |
| | | | | 371 | Masculino | 0.98 | 2.09 | | | | |
| 349 | Femenino | 0.91 | 1.92 | | | | | | | | |
| 493 | No migrantes | 1.02 | 2.10 | | | | | | | | |
| 66 | Migrantes (1 lado) | 0.82 | 1.41 | | | | | | | | |
| 146 | Migrantes (2 lados) | 0.79 | 1.47 | | | | | | | | |
| España | Estudio en Canarias(205) | 2007-2008 | 6m-6 años | 120 | Análisis preoperatorio | NO | 0.5 *** | 5.2 | 1 | 80 | AAS |
| Marruecos | (125) | 2007-2008 | 7-14 años | 39 | Escolares | NO | 7.1 | ND | 0.006 | ND | ICP-MS |
| Ecuador | | | 7-10 años | 69 | | | 3.17 | | | | |
| Suecia | | | 8-11 años | 41 | | | 1.4 | | | | |
| Eslovenia | | | 7-11 años | 42 | | | 1.34 | | | | |
| Croacia | | | 8-10 años | 46 | | | 1.79 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-------------|-----------------|------|------------------------------------|----|-------------------------|-------------|----------|-------|-----------|-----------|
| <i>Chequia</i> | | | 7-10 años | 8 | | | 1.55 | | | | | |
| <i>Polonia</i> | | | 7-8 años | 27 | | | 1.63 | | | | | |
| <i>Eslovaquia</i> | | | 7-11 años | 57 | | | 1.94 | | | | | |
| <i>Marruecos</i> | (175) | 2007-2008 | 6-12 años | 191 | Escolares | NO | 5.53 | ND | 0.006 | ND | ICP-MS | |
| <i>Canadá</i> | National survey (28,181,206,207) | 2007-2009 | 6-11 años | 910 | Población general | SI | 0.9 | 1.9 | 0.02 | 0 | ICP-MS | |
| | | 2009-2011 | | 961 | | | 0.79 | 1.7 | 0.1 | | | |
| | | 2012-2013 | | 944 | | | 0.71 | 1.6 | 0.16 | | | |
| | | 2014-2015 | | 925 | | | 0.59 | 1.3 | | | | |
| | | 2016-2017 | | 511 | | | 0.54 | 1.3 | 0.17 | | | |
| | | 2018-2019 | | 500 | | | 0.49 | 1.2 | 1.1 | | | |
| <i>Bélgica</i> | FLEHS second survey(208) | 2007-2011 | 14-15 años | 207 | Población general 42.7% mujeres | SI | 1.48 | 3.29 | 0.19 | ND | HR-ICP-MS | |
| <i>Francia</i> | Estudio nacional en Francia(127) | 2008-2009 | 6m-6 años | 3831 | Muestra hospitalaria | SI | 1.49 | 3.42 | 0.037 LQ | 0 | ICP-MS | |
| | | | | 3299 | | | Origen madre: | 1.46 | | | | ND |
| | | | | | | | Francia | | | | | |
| | | | | 86 | | | Otro Europa | 1.44 | | | | |
| | | | | 273 | | | África | 1.82 | | | | |
| 129 | Otros | 1.53 | | | | | | | | | | |
| <i>Italia</i> | PROBE subcohorte(193) | 2009 | 13-15 años | 440 | Población general | NO | 0.96 | 2.16 | 0.0103 | 0 | SF-ICP-MS | |
| <i>Bélgica</i> | Estudio exposición a plantas de metales no ferrosos(166,209) | 2009 | 2.5-6 años | 49 | Expuestos | NO | 1.82 | ND | ND | ND | GF- AAS | |
| | | | | 49 | | | No expuestos | 1.48 | | | | |
| | | | 7-11 años | 38 | | | Expuestos | 1.55 | | | | |
| | | | | 36 | | | No expuestos | 1.41 | | | | |
| <i>España</i> | Estudio en Madrid(176) | 2010 | Media 7,12 años | 85 | Consulta ambulatoria 60% niñas | NO | 0.9 | 1.6b | 0.2 | 0,082 | AAS | |
| <i>China</i> | (194) | 2011-2012 | 9-11 años | 253 | Expuestos área industrial | NO | 6.59 | ND | 0.2 | ND | ICP-MS | |
| | | | | 250 | | | No expuestos | 3.72 | | | | |
| <i>Corea</i> | KoNEHS-C(50) | 2012-2014 | 3-19 años | 2346 | Escolares | SI | 1.23^a | 2.14 | 0.0149 | 0 | AAS | |
| | | | 6-11 años | 958 | | | 1.26^a | 2.12 | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------------|------|-----------|-----|----------------|----|------|------|-----|-------|-----|
| España | Estudio EMBLEMA | 2018 | 6-11 años | 191 | Zona minera | NO | 1.32 | 3.75 | 0.4 | 7.33 | AAS |
| | | | | 181 | Zona no minera | | 0.81 | 2.70 | | 20.44 | |

* GM Media geométrica

** Percentil 95

***Tomar con precaución por gran número de muestras por debajo de LD

a. Mediana

b. Percentil 75

VRP Valor de referencia poblacional LD Límite de detección LQ límite de cuantificación

Tabla 42. Resultados de concentraciones de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| País | Estudio | Año muestra | Población | N | Características población | VRP \neq | Plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) | | LD $\mu\text{g}/\text{dL}$ | <LD % | Método de laboratorio |
|-------------------|----------------|-------------|-----------------|------|--|------------|---|-------|----------------------------|-------|-----------------------|
| | | | | | | | GM* | P95** | | | |
| Finlandia (Norte) | NFBC(185) | 2000 | Hombres 31 años | 126 | Seguimiento cohorte de nacimiento 1966 | SI | 1.71 | 4.13 | 0.15 | 0.0 | ICP-MS |
| | | | Mujeres 31 años | 123 | | | 0.91 | 2.19 | | 3.40 | |
| Estados Unidos | NHANES(29,202) | 1999-2000 | | 4207 | Población general | SI | 1.75 | 5.20 | 0.25 | ND | ICP-MS |
| | | 2011-2012 | | 5030 | | | 1.09 | 3.36 | | | |
| | | 2013-2014 | > 20 años | 2695 | | | 0.967 | 3.03 | | | |
| | | 2015-2016 | | 2610 | | | 0.920 | 2.89 | | | |
| | | 2017-2018 | | 5021 | | | 0.855 | 2.62 | | | |
| Francia | ENNS(210) | 2006-2007 | 18-74 años | 1949 | Población general | SI | 2.57 | 7.3 | ND | ND | ND |
| Marruecos | (187) | 2006/2009 | 50-60 años | 49 | Mujeres sin un perfil definido | NO | 4 | ND | 0.009 | ND | ICP-MS |
| Ecuador | | | 54-60 años | 25 | | | 1.92 | | | | |
| Suecia(norte) | | | | 35 | | | 1.35 | | | | |
| Suecia (Sur) | | | 55-59 años | 55 | | | 1.85 | | | | |
| Polonia | | | | 51 | | | 2.32 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|-----------|--------------------|------------|-------------------|-----|-------------------|------|------|--------|-----------|------|
| Eslovenia | | | | 50 | | | 2.69 | | | | | |
| China | | | | 46-62 | | | 50 | | | | | |
| Croacia | | | | 54-61 | | | 59 | | | | | |
| Chequia | | | | 47-59 | | | 50 | | | | | |
| Eslovaquia | | | | 53-60 | | | 54 | | | | | |
| Bélgica | FLEHS second survey(192) | 2007-2011 | Mujeres 18-42 años | 235 | Embarazadas | SI | 1.11 | 2.12 | 0.19 | ND | HR-ICP-MS | |
| Canadá | National survey (28,181,206,207) | 2007-2009 | 20-39 Años | 1165 | Población general | SI | 1.1 | 3.1 | 0.02 | 0.09 | ICP-MS | |
| | | 2009-2011 | | 1313 | | | 0.98 | 2.2 | 0.1 | 0 | | |
| | | 2012-2013 | | 1032 | | | 0.9 | 2.1 | 0.16 | 0.19 | | |
| | | 2014-2015 | | 1074 | | | 0.8 | 2 | 0.16 | 0.19 | | |
| | | 2016-2017 | 1038 | 40-59 Años | | | 1038 | 0.78 | 1.9 | 0.17 | | 0.2 |
| | | 2018-2019 | 1053 | | | | 1053 | 0.71 | 1.9 | 0.17 | | 0.4 |
| | | 2007-2009 | 1220 | | | | 1220 | 1.6 | 3.8 | 0.02 | | 0 |
| | | 2009-2011 | 1222 | | | | 1222 | 1.4 | 3.2 | 0.1 | | 0 |
| | | 2012-2013 | 1071 | | | | 1071 | 1.3 | 3.5 | 0.16 | | 0.09 |
| | | 2014-2015 | 1051 | | | | 1051 | 1.2 | 3.2 | 0.16 | | 0 |
| 2016-2017 | 990 | 990 | 1.1 | 2.6 | 0.16 | 0.2 | | | | | | |
| 2018-2019 | 1083 | 1083 | 0.92 | 2.2 | 0.16 | 0.4 | | | | | | |
| Francia (Norte) | IMEPOGE(211) | 2008-2010 | 20-59 años | 1992 | Población general | NO | 1.88 | 4.93 | 0.13 | 0 | ICP-MS | |
| Italia | PROBE(180) | 2008-2010 | 18-65 años | 1016 | Población general | SI | 1.56 | 4.13 | 0.13 | 0 | SF-ICP-MS | |
| | | | | 976 | | | Mujeres | 2.28 | 5.67 | | | |
| | | | | 1423 | | | Población general | 1.99 | 5.17 | | | |
| | | | | 470 | | | Mujeres | 1.59 | 4.49 | | | |
| | | | | 953 | | | Hombres | 2.22 | 5.39 | 0.0103 | | 0.07 |
| | | | | 516 | | | Hombres | 1.56 | 4.17 | | | |
| 582 | 18-35 | 2.06 | 5.02 | | | | | | | | | |
| 325 | 36-50 | 2.72 | 6.22 | | | | | | | | | |
| Bélgica | Estudio exposición a | 2009 | Hombres 40-60 años | 27 | Expuestos | NO | 3.12 | ND | ND | ND | GF-AAS | |
| | | | | 28 | | | No expuestos | | | | | 3.23 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------|---|----|----------------------|----------------------|--|-------|---------------------|----------------------|-------|----|--------|
| | plantas de metales no ferrosos(166) | | Mujeres 40-60 años | 28 26 | Expuestos No expuestos | | 2.25 2.03 | | | | | | | | |
| España | BIOAMBENT.ES (53) | 2009-2010 | 18-65 Años | 1880 918 962 | Población laboral Mujeres Hombres | NO | 2.40 2.83 1.95 | 5.68 6.40 4.48 | 0.01 LQ | 0 | ICP-MS | | | | |
| | | | 18-45 años Murcia | 700 97 | Mujeres | | 1.80 2.12 | 3.60 5.1 | | | | | | | |
| | | | España (Granada) | (212) | 2010 | | Adultos | 162 | Trabajadores del Hierro/acero | NO | 0.88 | 15.75 | 0.083 | ND | AAS |
| | | | Eslovenia | National HBM (150) | 2008-2009 2011-2014 | | 18-49 Años | 1084 536 548 | Ambos sexos Mujeres lactantes Varones relacionados | SI | 1.8 1.67 1.93 | 4.15 3.32 4.61 | 0.04 | 0 | ICP-MS |
| Portugal | Panasqueira (213) | Década 2010 | 56.60 ± 12.58*** | 40 | No expuestos | | 3.60 ± 2.58 | | | | | | | | |
| | | | 61.71 ± 13.50 | 41 | Exposición ambiental | NO | 3.41 ± 3.93 | ND | ND | ND | ICP-MS | | | | |
| | | | 62.05 ± 7.57 | 41 | Exposición laboral | | 6.37 ± 5.86 | | | | | | | | |
| Suecia | National survey Riksmaten(214) | 2010-2011 | 18- 74 años | 273 | Población general | | 1.34 | | 0.004 | 0 | ICP-MS | | | | |
| Corea | (215) | 2014-2016 | 12-78 años | 258 | Población general | NO | 1.60 | 3.42 | 0.009 | ND | ICP-MS | | | | |
| España | Estudio EMBLEMA | 2018 | Mujeres 25-56 años | 188 | Zona minera | NO | 1 | 2.7 | | 12.23 | | | | | |
| | | | Mujeres 26-51 años | 180 | Zona no minera | | 0.85 | 3.05 | 0.4 | 16.67 | AAS | | | | |

¥VRP Valor de referencia poblacional

* GM Media geométrica

** Percentil 95

*** Media y DE

Tabla 43. Resultados de concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g/L}$) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| País | Estudio | Año de la muestra | Población | N | Características de la población | VRP | Cadmio en sangre ($\mu\text{g/L}$) | | LD | <LD | Método de laboratorio |
|----------------|-----------------|---|-----------|------|---------------------------------|-----|--------------------------------------|-------|-----------------|------|-----------------------|
| | | | | | | | GM* | P95** | $\mu\text{g/l}$ | % | |
| Estados Unidos | NHANES(29,202) | 1999-2000 2011-2012 2013-2014 2015-2016 2017-2018 | 6-11 años | 905 | Población general | SI | <LD | 0.5 | 0.3 | ND | ICP-MS |
| | | | | 1048 | | | | 0.24 | | | |
| | | | | 1075 | | | | 0.19 | | | |
| | | | | 1023 | | | | 0.2 | | | |
| | | | | 883 | | | | 0.220 | | | |
| Alemania | GERS IV(204) | 2003-2006 | 6-8 años | 377 | Ambos sexos | SI | < 0.12 | 0.26 | 0.12 LQ | 59 | AAS |
| | | | 9-11 años | 407 | | | | 0.25 | | 60 | |
| | | | 3-14 años | 1560 | | | | 0.33 | | 55 | |
| | | | | 813 | | | | 0.31 | | 55 | |
| | | | | 747 | | | | 0.39 | | 55 | |
| | | | | 187 | | | | 0.33 | | 46 | |
| | | | | 1370 | | | | 0.34 | | 57 | |
| | GERS V (123) | 2014-2017 | 6-10 años | 231 | Ambos sexos | | < 0.06 | 0.24 | 0.06 LQ | 57 | ICP-MS |
| | | | 6-11 años | 279 | | | | ND | | | |
| | | | 3-17 años | 720 | | | | 0.23 | | 56 | |
| | | | | 371 | | | | 0.27 | | 58 | |
| | | | | 349 | | | | 0.21 | | 55 | |
| | | | | 493 | | | | 0.22 | | 60 | |
| | | | | 66 | | | | 0.27 | | 57 | |
| | | | | 146 | | | | 0.28 | | 43 | |
| Marruecos | (125) | 2007/2008 | 7-14 | 39 | Escolares | NO | 0.21 | ND | 0.01 | ND | ICP-MS |
| Ecuador | | | 7-10 | 69 | | | 0.26 | | | | |
| Suecia | | | 8-11 | 41 | | | 0.11 | | | | |
| Eslovenia | | | 7-11 | 42 | | | 0.14 | | | | |
| Croacia | | | 8-10 | 46 | | | 0.17 | | | | |
| Chequia | | | 7-10 | 8 | | | 0.13 | | | | |
| Polonia | | | 7-8 | 27 | | | 0.15 | | | | |
| Eslovaquia | | | 7-11 | 57 | | | 0.14 | | | | |
| Marruecos | (175) | 2007-2008 | 6-12 años | 191 | Escolares | NO | 0.221 | ND | 0.01 | ND | ICP-MS |
| Canadá | National survey | 2007-2009 | 6-11 años | 910 | Población general | SI | 0.091 | 0.22 | 0.04 | 9.12 | ICP-MS |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|-----------|------------|-----|---------------------------|-------|----|-------|------|-------|-------|-----------|
| | (28,181,206,207) | 2009–2011 | | 961 | | | | 0.083 | 0.20 | | 14.05 | |
| | | 2012–2013 | | 944 | | | | 0.095 | 0.21 | 0.08 | 27.44 | |
| | | 2014–2015 | | 925 | | | | 0.094 | 0.19 | | 26.92 | |
| | | 2016–2017 | | 511 | | | | NC*** | 0.19 | 0.097 | 66 | |
| | | 2018–2019 | | 500 | | | | NC*** | 0.20 | | 47.8 | |
| <i>Bélgica</i> | FLEHS second survey(208) | 2007–2011 | 14–15 años | 207 | Pob. general mujeres | 42.7% | SI | 0.21 | 0.74 | 0.064 | ND | HR-ICP-MS |
| <i>Italia</i> | PROBE subcohorte(193) | 2009 | 13–15 años | 431 | Pob. general | | NO | 0.29 | 0.60 | 0.10 | ND | SF-ICP-MS |
| <i>Bélgica</i> | Exposición a plantas metales ferrosos(166) | 2009 | 7–11 años | 38 | Expuestos | | NO | 0.13 | ND | ND | ND | GF-AAS |
| | | | | 36 | No expuestos | | | 0.14 | | | | |
| <i>China</i> | (194) | 2011–2012 | 9–11 años | 253 | Expuestos área industrial | | NO | 1.93 | ND | 0.03 | ND | ICP-MS |
| | | | | 250 | No Expuestos | | | 1.07 | | | | |
| <i>España</i> | Estudio EMBLEMA | 2018 | 6–11 años | 190 | Zona minera | | NO | 0.17 | 0.40 | 0.10 | 35.98 | AAS |
| | | | | 180 | Zona no minera | | | 0.16 | 0.40 | | 38.33 | |

* GM Media geométrica

** Percentil 95

NC*** No calculado por tener <40% de muestras detectadas

VRP Valor de referencia poblacional

Tabla 44. Resultados de concentraciones de cadmio en sangre ($\mu\text{g/L}$) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| <i>País</i> | <i>Estudio</i> | <i>Año de la muestra</i> | <i>Población</i> | <i>N</i> | <i>Características de la población</i> | <i>VRP</i> | <i>Cadmio en sangre ($\mu\text{g/L}$)</i> | | <i>LD</i> $\mu\text{g/l}$ | <i><LD</i> % | <i>Método de laboratorio</i> | |
|--------------------------|----------------|--------------------------|------------------|----------|--|------------|--|-----------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|------|
| | | | | | | | <i>GM*</i> | <i>P90/95**</i> | | | | |
| <i>Finlandia (Norte)</i> | NFBC(185) | 1997 | Hombres 31 años | 126 | Cohorte de nacimiento 1966 | SI | 0.18 | 1.94 | 0.10 | 46.9 | ICP-MS | |
| | | | Mujeres 31 años | 123 | | | 0.12 | 1.09 | | 56.9 | | |
| <i>Estados Unidos</i> | NHANES(29) | 1999–2000 | > 20 años | 4207 | Población general | SI | 0.468 | 1.5 | 0.3 | ND | ICP-MS | |
| | | 2011–2012 | | 5030 | | | 0.337 | 1.7 | | | | 0.16 |
| | | 2013–2014 | | 2695 | | | 0.297 | 1.36 | | | | 0.1 |

| | | 2015-2016 | | 2610 | | | 0.295 | 1.35 | | | |
|----------------------|----------------------------------|-------------|------------|------|---------------------|----|-------|-------|-------|------|-----------|
| | | 2017-2018 | | 5021 | | | 0.295 | 1.44 | | | |
| <i>Marruecos</i> | (187) | 2006/2009 | 50-60 | 49 | No-fumadores | NO | 0.39 | ND | 0.06 | ND | ICP-MS |
| <i>Ecuador</i> | | | 54-60 | 25 | | | 0.61 | | | | |
| <i>Suecia(norte)</i> | | | 55-59 | 35 | | | 0.25 | | | | |
| <i>Suecia (Sur)</i> | | | | 12 | No-fumadores | | 0.17 | | | | |
| | | | | 55 | | | 0.35 | | | | |
| | | | | 18 | No-fumadores | | 0.27 | | | | |
| <i>Polonia</i> | | | | 51 | | | 0.65 | | | | |
| | | | | 10 | No-fumadores | | 0.36 | | | | |
| <i>Eslovenia</i> | | | 52-60 | 50 | | | 0.49 | | | | |
| | | | | 18 | No-fumadores | | 0.33 | | | | |
| <i>China</i> | | | 46-62 | 50 | | | 0.99 | | | | |
| | | | | 33 | No-fumadores | | 0.98 | | | | |
| <i>Croacia</i> | | | 54-61 | 59 | | | 0.56 | | | | |
| | | | | 8 | No-fumadores | | 0.32 | | | | |
| <i>Chequia</i> | | | 47-59 | 50 | | | 0.41 | | | | |
| | | | | 25 | No-fumadores | | 0.3 | | | | |
| <i>Eslovaquia</i> | | | 53-60 | 54 | | | 0.4 | | | | |
| | | | | 34 | No-fumadores | | 0.38 | | | | |
| <i>España</i> | Estudio de Aznalcollar(87) | Década 2000 | 12-75 años | 601 | Zona Minera | NO | 0.19 | ND | 0.03 | ND | AAS |
| | | | | 960 | Zona no minera | | 0.14 | | | ND | |
| <i>Bélgica</i> | FLEHS 2nd survey(208) | 2007-2011 | 18-42 años | 235 | Mujeres embarazadas | SI | 0.312 | 0.878 | | | HR-ICP-MS |
| | | | | | | | | P90 | 0.064 | | |
| <i>Canadá</i> | National survey (28,181,206,207) | 2007-2009 | 20-39 años | 1165 | Población general | SI | 0.34 | 3.4 | 0.04 | 1.55 | ICP-MS |
| | | 2009-2011 | | 1313 | | | 0.28 | 2.7 | | 2.21 | |
| | | 2012-2013 | | 1032 | | | 0.31 | 3.4 | 0.08 | 3.68 | |
| | | 2014-2015 | | 1074 | | | 0.33 | 4.2 | | 2.33 | |
| | | 2016-2017 | | 1038 | | | 0.27 | 3.1 | 0.097 | 11.9 | |
| | | 2018-2019 | | 1053 | | | 0.24 | 1.8 | | 10.9 | |
| | | 2007-2009 | 40-59 años | 1220 | | | 0.48 | 4.2 | 0.04 | 0.9 | |
| | | 2009-2011 | | 1222 | | | 0.41 | 3.1 | | 0.98 | |
| | | 2012-2013 | | 1071 | | | 0.5 | 4.6 | 0.08 | 1.12 | |
| | | 2014-2015 | | 1050 | | | 0.41 | 3.4 | | 1.81 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------------|--------------------|------|-------------------------------|----|----------------|------|--------|------|-----------|
| | | 2016-2017 | | 990 | | | 0.35 | 3.1 | 0.097 | 4.7 | |
| | | 2018-2019 | | 1083 | | | 0.32 | 1.8 | | 3.6 | |
| <i>Eslovenia</i> | National HBM(150) | 2008-2009 | 18-49 años | 1083 | Ambos sexos | SI | 0.28 | 1.01 | 0.2 | 27.8 | ICP-MS |
| | | 2011-2014 | | 535 | Mujeres lactantes | | 0.35 | 0.87 | | 13.4 | |
| | | | | 548 | Varones | | 0.23 | 1.22 | | 42 | |
| <i>Italia</i> | PROBE(180) | 2008-2010 | 18-65 años | 1423 | Población general | SI | 0.53 | 1.42 | 0.10 | 1.12 | SF-ICP-MS |
| | | | | 470 | Mujeres | | 0.53 | 1.47 | | | |
| | | | | 953 | Hombres | | 0.53 | 1.40 | | | |
| | | | 18-35 | 516 | | | 0.54 | 1.53 | | | |
| | | | 36-50 | 582 | | | 0.51 | 1.24 | | | |
| | | | 51-65 | 325 | | | 0.56 | 1.47 | | | |
| <i>Francia (Norte)</i> | IMEPOGE(211) | 2008-2010 | 20-59 años | 1992 | Población general | NO | 0.39 | 1.67 | 0.0007 | 0.45 | ICP-MS |
| | | | | 1016 | Mujeres | | 0.39 | 1.58 | | 0.49 | |
| | | | | 976 | Hombres | | 0.40 | 1.79 | | 0.41 | |
| | | | | 987 | No-fumadores | | 0.26 | 0.69 | | 0.61 | |
| | | | | 387 | Ex -Fumadores | | 0.32 | 0.92 | | 0.52 | |
| | | | | 618 | Fumadores | | 0.84 | 2.37 | | 0.16 | |
| <i>Bélgica</i> | Estudio exposición a plantas de metales no ferrosos(166) | 2009 | Hombres 40-60 años | 27 | Expuestos | NO | 0.25 | ND | ND | ND | GF-AAS |
| | | | | 28 | No expuestos | | 0.38 | | | | |
| | | | Mujeres 40-60 años | 28 | Expuestos | | 0.37 | | | | |
| | | | | 26 | No expuestos | | 0.39 | | | | |
| <i>España (Granada)</i> | (212) | 2010 | Adultos | 162 | Trabajadores del Hierro/acero | NO | 0.18 | 1.62 | 0.03 | ND | AAS |
| <i>Portugal</i> | Panasqueira(213,216) | Década 2010 | 56.60 ± 12.58 | 40 | No expuestos | NO | 2.44 ± 0.68*** | ND | ND | ND | ICP-MS |
| | | | 61.71 ± 13.50 | 41 | Exposición ambiental | | 2.31 ± 0.32 | | | | |
| | | | 62.05 ± 7.57 | 41 | Exposición laboral | | 2.62 ± 0.94 | | | | |
| <i>Corea</i> | | 2014-2016 | 12-78 años | 258 | Población general | NO | 0.78 | 1.80 | 0.015 | ND | ICP-MS |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------|--------------------|-----|----------------|----|------|------|------|-------|-----|
| <i>España</i> | Estudio EMBLEMA | 2018 | Mujeres 25-56 años | 181 | Zona Minera | NO | 0.39 | 1.96 | 0.10 | 19.34 | AAS |
| | | | Mujeres 26-51 años | 173 | Zona no minera | | 0.35 | 2.00 | | 22.54 | |

* GM Media geométrica

** Percentil 90 o 95

*** Media y DE

Tabla 45. Resultados de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| <i>País</i> | <i>Estudio</i> | <i>Año de la muestra</i> | <i>Población</i> | <i>N</i> | <i>Características de la población</i> | <i>VRP</i> | <i>Cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$)</i> | | <i>LD</i> | <i><LD</i> | <i>Método de laboratorio</i> |
|-----------------------|----------------|--------------------------|------------------|----------|--|--------------|---|--------------|-----------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | | | | | | <i>GM*</i> | <i>P95**</i> | <i>$\mu\text{g/l}$</i> | <i>%</i> | |
| <i>Estados Unidos</i> | NHANES(29) | 1999-2000 | 6-11 años | 310 | Población general | SI | <LD | 0.28 | 0.06 | ND | ICP-MS |
| | | 2011-2012 | | 399 | | | <LD | 0.15 | 0.056 | | |
| | | 2013-2014 | | 402 | | | <LD | 0.11 | 0.036 | | |
| | | 2015-2016 | | 379 | | | | 0.134 | | | |
| | | 2017-2018 | | 333 | | | | 0.148 | | | |
| <i>Alemania</i> | GerES IV (204) | 2003/06 | 6-8 años | 432 | ambos | SI | 0.064 | 0.19 | 0.05 LQ | 30 | AAS |
| | | | 9-11 años | 434 | | 0.07 | 0.23 | 27 | | | |
| | | | 3-14 años | 1734 | ambos | 0.068 | 0.22 | 30 | | | |
| | | | | 877 | Masculino | 0.069 | 0.31 | 29 | | | |
| | | | | 857 | Femenino | 0.066 | 0.39 | 31 | | | |
| | | | | 225 | migrantes | 0.071 | 0.33 | 28 | | | |
| | | | | 1506 | no-migrantes | 0.067 | 0.34 | 30 | | | |
| | | | | 1667 | No-Fumador | 0.067 | 0.21 | 30 | | | |
| | | | | 22 | Fumador | 0.09 | 0.35 | 19 | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | GerES V (123) | 2015-2017 | 6-10 años | 734 | Ambos sexos | | 0.08 | 0.23 | | 25 | ICP-MS |
| | | | 3-17 años | 2250 | | 0.072 | 0.24 | 24 | | | |
| | | | | 1158 | Masculino | 0.074 | 0.26 | 22 | | | |
| | | | 1092 | Femenino | 0.071 | 0.23 | 25 | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|-----------|-----------|------|---------------------------|----|--------------|--------------|-----------|-------|--------|
| | | | | 1555 | No migrantes | | 0.071 | 0.23 | | 24 | |
| | | | | 230 | Migrantes (1 lado) | | 0.067 | 0.27 | | 26 | |
| | | | | 416 | Migrantes (2 lados) | | 0.083 | 0.31 | | 20 | |
| | | | | 48 | Fumadores | | 0.092 | 0.25 | | 4 | |
| <i>Canadá</i> | National survey(206,217) | 2007–2009 | 6-11 Años | 1033 | Población general | SI | 0.22 | 0.72 | 0.09 | 14.71 | ICP-MS |
| | | 2009–2011 | | 1062 | | | 0.25 | 0.86 | 0.07 | 9.70 | |
| | | 2016-2017 | | 538 | | | NC*** | 0.19 | 0.066 | 72.6 | |
| | | 2018-2019 | | 498 | | | NC*** | 0.27 | 0.047 | 37.7 | |
| <i>China</i> | (194) | 2011-2012 | 9-11 años | 253 | Expuestos área industrial | NO | 1.43 | ND | 0.1 | ND | ICP-MS |
| | | | | 250 | No expuestos | | 1.02 | | | | |
| <i>Europa^a</i> | DEMOCOPHES (218) | 2011-2012 | 6-11 años | 1698 | Población general | NO | 0.067 | 0.270 | 0.03 (LQ) | 29.8 | ICP-MS |
| <i>España (Valencia)</i> | (86) | 2011-2012 | 6-11 años | 120 | Población general | NO | 0.177 | 0.445 | 0.0121 | 0 | ICP-MS |
| <i>Corea</i> | KorEHS-C(50) | 2012-2014 | 3-19 años | 2379 | Escolares | SI | 0.40 | 1.07 | 0.20 | 0.4 | ICP-MS |
| | | | 6-11 años | 958 | | | 0.37 | 0.84 | | | |
| <i>España</i> | Estudio EMBLEMA | 2018 | 6-11 años | | Zona minera | NO | 0.13 | 0.43 | 0.10 | 34.22 | ICP-MS |
| | | | | | Zona no minera | | 0.13 | 0.50 | | 29.86 | |

* GM Media geométrica

** Percentil 95

*** No calculado por tener <40% de muestras detectadas

VRP Valor de referencia poblacional

^aEuropa: Alemania, Bélgica, Chequia, España, Hungría, Polonia, Portugal, Rumania, España, Reino Unido, Eslovenia, Dinamarca, Irlanda, Suecia, Eslovaquia, Chipre, Suiza y Luxemburgo

Tabla 46. Resultados de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| País | Estudio | Año de la muestra | Población | N | Características de la población | VRP | Cadmio en orina ($\mu\text{g/L}$) | | LD | <LD | Método de laboratorio |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|------|------------------------------------|-----|-------------------------------------|-------|-----------------|-------|-----------------------|
| | | | | | | | GM* | P95** | $\mu\text{g/l}$ | % | |
| Estados Unidos | NHANES(29) | 1999-2000 | Mayores de | 1299 | Población general | SI | 0.28 | 1.32 | 0.06 | ND | ICP-MS |
| | | 2011-2012 | 20 años | 1715 | | | 0.19 | 1.08 | 0.056 | | |
| | | 2013-2014 | | 1811 | | | 0.16 | 0.97 | 0.036 | | |
| Francia | ENNS(210) | 2006-2007 | 18-74 años | 1930 | Población general | SI | 0,29 | 0,91 | ND | ND | ND |
| Canadá | National survey(206,217) | 2007-2009 | Mujeres 20-39 Años | 655 | Población general | SI | 0.27 | 1.3 | 0.09 | 14.20 | ICP-MS |
| | | 2009-2011 | | 770 | | | 0.35 | 1.1 | 0.07 | 7.53 | |
| | | 2016-2017 | Ambos sexos | 375 | | | 0.13 | 0.84 | 0.066 | 32.1 | |
| | | 2018-2019 | 20-39 años | 329 | | | 0.15 | 0.79 | 0.047 | 15.9 | |
| | | 2007-2009 | Mujeres 40-59 Años | 645 | | | 0.40 | 2.3 | 0.09 | 8.06 | |
| | | 2009-2011 | | 612 | | | 0.51 | 2.6 | 0.07 | 3.92 | |
| | | 2016-2017 | Ambos sexos | 360 | | | 0.25 | 1 | 0.066 | 12.2 | |
| 2018-2019 | 40-59 años | 341 | 0.25 | 0.82 | 0.047 | 7.8 | | | | | |
| Bélgica | FLEHS second survey(208) | 2007-2011 | 20-40 años | 194 | Población general 52.9% Mujeres | SI | 0.23 | 0.61 | 0.019 | ND | ICP-DRC-MS |
| Eslovenia | National HBM(150) | 2008-2009 | 18-49 Años | 1001 | Ambos sexos | SI | 0.19 | 0.67 | 0.03 | 1.7 | ICP-MS |
| | | 2011-2014 | | 495 | Mujeres lactantes | | 0.17 | 0.70 | | 2.4 | |
| | | | | 506 | Varones relacionados | | 0.21 | 0.62 | | 0.4 | |
| Francia (Norte) | IMEPOGE(211) | 2008-2010 | 20-59 años | 1910 | Población general | NO | 0.61 | 1.89 | 0.0017 | 0.10 | ICP-MS |
| | | | | 968 | Mujeres | | 0.66 | 2.13 | | 0.10 | |
| | | | | 942 | Hombres | | 0.58 | 1.52 | | 0.11 | |
| | | | | 948 | No-fumadores | | 0.63 | 2.00 | | 0.11 | |
| | | | | 371 | ExFumadores | | 0.60 | 1.71 | | 0.00 | |
| | | | | 591 | Fumadores | | 0.61 | 1.93 | | 0.17 | |
| España (Asturias, Cantabria y Madrid) | MCC-SPAIN(136) | 2008-2013 | 20-85 años | 662 | Mujeres | NO | 0.32 | 1.13 | ND | ND | |
| España | Bioambient(219) | 2009-2010 | 18-65 años | 873 | Mujeres trabajadoras | NO | 0.29 | 0.98 | 0.025 LQ | 3 | ICP-MS |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|-----------|-------------------|------|---------------------------------|----|------|------|-----------|-------|--------|
| <i>Europa^a</i> | DEMOCOPHES (218) | 2011-2012 | 24-52 años | 1685 | Madres de niños entre 6-11 años | NO | 0.22 | 0.82 | 0.03 (LQ) | 6.2 | ICP-MS |
| <i>España</i> | Estudio EMBLEMA | 2018 | Madres 25-56 años | | Zona Minera | NO | 0.21 | 0.70 | 0.10 | 9.30 | ICP-MS |
| | | | Madres 26-51 años | | Zona no minera | | 0.24 | 0.62 | | 12.43 | |

* GM Media geométrica

** Percentil 95

VRP Valor de referencia poblacional

^aEuropa: Alemania, Bélgica, Chequia, España, Hungría, Polonia, Portugal, Rumania, España, Reino Unido, Eslovenia, Dinamarca, Irlanda, Suecia, Eslovaquia, Chipre, Suiza y Luxemburgo

Tabla 47. Resultados de ratios de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{gr}$ creatinina) en población infantil de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| <i>País</i> | <i>Estudio</i> | <i>Año de la muestra</i> | <i>Población</i> | <i>N</i> | <i>Características de la población</i> | <i>VRP</i> | <i>Cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{gr}$ creatinina)</i> | | <i>LD</i> | <i><LD</i> | <i>Método de laboratorio</i> |
|-----------------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------|--|------------|--|--------------|------------------------|---------------|------------------------------|
| | | | | | | | <i>GM*</i> | <i>P95**</i> | $\mu\text{g}/\text{l}$ | % | |
| <i>Estados Unidos</i> | NHANES(29) | 1999-2000 | 6-11 años | 310 | Población general | SI | <LD | 0.316 | 0.06 | ND | ICP-MS |
| | | | | 398 | | | 0.235 | 0.056 | | | |
| | | | | 402 | | | 0.175 | 0.036 | | | |
| | | | | 379 | | | 0.157 | | | | |
| | | | | 332 | | | 0.156 | | | | |
| <i>Alemania</i> | GerES V (81) | 2015-2017 | 6-10 años | 734 | Ambos sexos | | 0.063 | 0.18 | 25 | ICP-MS | |
| | | | 3-17 años | 2250 | | | 0.062 | 0.17 | 24 | | |
| | | | | 1158 | | | 0.061 | 0.16 | 22 | | |
| | | | | 1092 | | | 0.063 | 0.18 | 25 | | |
| | | | | 1555 | | | 0.059 | 0.16 | 24 | | |
| | | | | 230 | | | 0.061 | 0.18 | 26 | | |
| | | | | 416 | | | 0.073 | 0.21 | 20 | | |
| | | | | 48 | | | 0.055 | 0.15 | 4 | | |
| <i>Canadá</i> | National survey(217) | 2007-2009 | 6-11 años | 1030 | Población general | SI | 0.34 | 0.86 | 0.09 | 14.76 | ICP-MS |
| | | | | 1058 | | | 0.28 | 0.80 | 0.07 | 9.74 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-----------|-----------|------|-------------------|--------------|-------|-------|------------|-------|--------|
| | | 2016-2017 | | 531 | | | NC*** | 0.22 | 0.066 | 72.6 | |
| | | 2018-2019 | | 498 | | | NC*** | 0.24 | 0.047 | 37.7 | |
| Bélgica | Estudio exposición a plantas de metales no ferrosos(166) | 2009 | 7-11 años | 38 | Expuestos | NO | 0.07 | ND | ND | ND | ICP-MS |
| | | | | | 36 | No expuestos | | 0.06 | | | |
| Europa (16) | DEMOCOPHES(72) | 2011-2012 | 5-12 años | 1681 | Población general | NO | 0.065 | 0.54 | 0.001-0.07 | 30 | ICP-MS |
| España (Valencia) | (86) | | 6-11 años | 120 | Población general | NO | 0.176 | 0.435 | 0.0121 | 0 | ICP-MS |
| España | Estudio EMBLEMA | 2018 | 6-11 años | | Zona minera | NO | 0.11 | 0.29 | 0.10 | 34.22 | ICP-MS |
| | | | | | Zona no minera | | 0.12 | 0.36 | 29.86 | | |

* GM Media geométrica

** Percentil 95

VRP Valor referencia poblacional

ªEuropa: Alemania, Bélgica, Chequia, España, Hungría, Polonia, Portugal, Rumania, España, Reino Unido, Eslovenia, Dinamarca, Irlanda, Suecia, Eslovaquia, Chipre, Suiza y Luxemburgo

Tabla 48. Resultados de ratios de concentraciones de cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{gr}$ creatinina) en adultos de estudios con muestras recogidas entre los años 2000 y 2018. Media geométrica y percentil 95, año de la recogida de la muestra, población estudiada, límites de detección o cuantificación, porcentaje de muestras por debajo de éste y método de laboratorio empleado.

| País | Estudio | Año de la muestra | Población | N | Características de la población | VRP | Cadmio en orina ($\mu\text{g}/\text{gr}$ creatinina) | | LD | <LD | Método de laboratorio |
|----------------|--------------------------|-------------------|-------------|------|---------------------------------|-----|---|-------|------------------------|-------|-----------------------|
| | | | | | | | GM* | P95** | $\mu\text{g}/\text{l}$ | % | |
| Estados Unidos | NHANES(29) | 1999-2000 | > 20 años | 1299 | Población general | SI | 0.267 | 1.07 | 0.06 | ND | ICP-MS |
| | | 2011-2012 | | 1714 | | | 0.220 | 0.977 | 0.056 | | |
| | | 2013-2014 | | 1810 | | | 0.182 | 0.868 | 0.036 | | |
| Canadá | National survey(206,217) | 2007-2009 | Mujeres | 653 | Población general | SI | 0.37 | 1.0 | 0.09 | 14.24 | ICP-MS |
| | | 2009-2011 | 20-39 Años | 769 | | | 0.34 | 0.85 | 0.07 | 7.54 | |
| | | 2016-2017 | Ambos sexos | 372 | | | 0.12 | 0.59 | 0.066 | 32.1 | |
| | | 2018-2019 | 20-39 años | 329 | | | 0.15 | 0.46 | 0.047 | 15.9 | |
| | | 2007-2009 | | 644 | | | 0.67 | 2.3 | 0.09 | 8.07 | |
| | | 2009-2011 | | 608 | | | 0.59 | 2.4 | 0.07 | 3.95 | |
| | | 2016-2017 | Ambos sexos | 359 | | | 0.23 | 1.2 | 0.066 | 12.2 | |
| | | 2018-2019 | 40-59 años | 341 | | | 0.30 | 2.0 | 0.047 | 7.8 | |
| Bélgica | | 2007-2011 | 20-40 años | 194 | | SI | 0.22 | 0.49 | 0.019 | ND | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|------------------------|--------------------|---------|----------------------|----|----------------|------|------------|------|------------|
| <i>Eslovenia</i> | FLEHS second survey(208) National HBM(150) | 2008-2009 2011-2014 | 18-49 Años | 989 | Población general | SI | 0.20 | 0.61 | 0,03 | 1.4 | ICP-MS |
| | | | | 489 | 52.9% Mujeres | | | | | | |
| | | | | 500 | Ambos sexos | | | | | | |
| | | | | | Mujeres lactantes | | | | | | |
| <i>Francia (Norte)</i> | IMEPOGE(211) | 2008-2010 | 20-59 años | 1910 | Población general | NO | 0.33 | 1.10 | 0.0017 | ND | ICP-MS |
| | | | | 968 | Mujeres | | | | | | |
| | | | | 942 | Hombres | | | | | | |
| | | | | 948 | No-fumadores | | | | | | |
| | | | | 371 | Ex-Fumadores | | | | | | |
| | | | | 591 | Fumadores | | | | | | |
| <i>España (Asturias, Cantabria y Madrid)</i> | MCC-SPAIN(136) | 2008-2013 | 20-44 años | 138 | Mujeres | NO | 0.38 | 1.00 | ND | ND | ICP-ORS-MS |
| | | | 45-54 años | 180 | | | | | | | |
| <i>Bélgica</i> | Exposición a plantas metales no ferrosos(166) | 2009 | Hombres | 27 | Expuestos | NO | 0.22 | ND | ND | ND | ICP-MS |
| | | | 40-60 años | 28 | No expuestos | | | | | | |
| | | | Mujeres | 28 | Expuestos | | | | | | |
| | | | 40-60 años | 26 | No expuestos | | | | | | |
| <i>España</i> | Bioambient(219) | 2009-2010 | 18-65 años | 873 | Mujeres trabajadoras | NO | 0.24 | 0.84 | 0.025 LQ | 3 | ICP-MS |
| | | | 2010 | Adultos | 161 | | | | | | |
| <i>Portugal</i> | Panasqueira(213,216) | Década 2010 | 56.60 ± 12.58*** | 40 | No expuestos | NO | 0.47 ± 0.34*** | ND | ND | ND | ICP-MS |
| | | | 61.71 ± 13.50 | 41 | Exposición ambiental | | | | | | |
| | | | 62.05 ± 7.57 | 41 | Exposición laboral | | | | | | |
| <i>Europa (16)</i> | DEMOCOPHES(72) | 2011-2012 | 24-52 | 360 | Fumadoras | NO | 0.24 | 0.76 | 0.001-0.07 | 6 | ICP-MS |
| | | | | 1272 | No fumadoras | | | | | | |
| <i>España</i> | Estudio EMBLEMA | 2018 | Mujeres 25-56 años | | Zona Minera | NO | 0.22 | 0.42 | 0.10 | 9.30 | ICP-MS |
| | | | Mujeres 26-51 años | | Zona no minera | | | | | | |

* GM Media geométrica

** Percentil 95

*** Media y DE

VRP Valor referencia poblacional

ªEuropa: Alemania, Bélgica, Chequia, España, Hungría, Polonia, Portugal, Rum ania, España, Reino Unido, Eslovenia, Dinamarca, Irlanda, Suecia, Eslovaquia, Chipre, Suiza y Luxemburgo

Comparación entre zonas

La población infantil de 6 a 11 años que reside en la zona minera presenta una concentración de Pb en sangre mayor que la que reside en la zona no minera. La media geométrica fue de 1.32 µg/dL en la zona minera y de 0.81 µg/dL en la zona no minera (diferencia 0.51 µg/dL, $p < 0.0001$). El efecto ajustado que se encuentra es de un 55% más de Pb en la zona minera ($\beta = 0.55$, intervalo de credibilidad al 95% de 0.16 a 0.96).

En las madres el efecto de la zona en un incremento en la concentración de Pb en el modelo ajustado fue del 16% ($\beta = 0.162$, IC al 95% de -0.076 a 0.457).

La comparación de estos resultados con otros publicados en la literatura se ve dificultada por la tendencia decreciente que han tenido las concentraciones medias de Pb en sangre en la población infantil y adulta a nivel global(33,55,220) y en España(221). Los estudios que muestran claramente las diferencias entre zonas tienen como fuente de exposición fundiciones, en mayor medida en las activas(115,144,145) pero también en inactivas(116)

Hay algunos estudios que no han encontrado asociación entre residir en una zona contaminada por los desechos de la minería(222–224) y la concentración de metales en sangre u orina (el más estudiado el plomo), pero la mayoría sí lo han hecho(117,129,138,143,146,225,226). En la **tabla 49** se relacionan estudios de comparación de concentraciones de plomo y cadmio en sangre y orina entre zonas contaminadas asociadas a la minería y no contaminadas.

En el estudio de Murgueytio et al(138), quizás el de más parecido metodológico al presente, mostró una media geométrica en la población expuesta de 6.43 µg/dL y de 3.71 µg/dL en la no expuesta, lo que supone un 73.3% de incremento en la media geométrica.

En zonas donde se ha hecho un programa completo de rehabilitación de la zona contaminada con residuos minero se ha conseguido igualar las concentraciones de sangre en plomo en niños/as en 7 años(129).

Tabla 49. Estudios de comparación de concentraciones de plomo y cadmio en sangre y orina entre zonas con o sin contaminación asociada a la minería de metal. Año de publicación, país, población de estudio, y tipo de actividad y su situación (activa, abandonada o rehabilitada). 1984-2023.

| <i>Estudio</i> | <i>País</i> | <i>Actividad</i> | <i>Tipo de Minas</i> | <i>Población a estudio</i> |
|---|---------------------|-----------------------|----------------------|--|
| <i>Gallacher et al 1984(143)</i> | Gales | Abandonada | Pb | 1 a 3 años y sus madres |
| <i>Moffat et al 1989(226)</i> | Escocia | Abandonada | Pb | < 12 años. |
| <i>Maravelias et al 1994(114)</i> | Grecia | Activa | Pb-Zn + Fundición | Niños de primaria |
| <i>Bernard et al 1995(227)</i> | Bélgica | Activa | Fundición | 12 a 15 años. |
| <i>Calderon-Salinas et al 1996(115)</i> | Méjico | Activa | Fundición | 7 a 12 años. |
| <i>Murgueytio et al 1998(138)</i> | EEUU | Abandonada | Pb | 6-92 meses |
| <i>Sanna et al 1999(158)</i> | Italia | Activa/ Abandonada | Pb-Zn + Fundición | 11 a 15 años |
| <i>Berglund et al 2000(222)</i> | Suecia | Abandonada | NC | 1 a 3 años. |
| <i>Alonso et al 2001(145)</i> | España (Euskadi) | ND | Fundición | 45-75 años |
| <i>Malcoe et al 2002(146)</i> | EEUU | Abandonada | Pb-Zn | 1-6 años |
| <i>Meyer et al 2003(139)</i> | Alemania | Abandonada | Pb_cu +Fundición | 5 a 7 años. |
| <i>Bussieres et al 2004(137)</i> | Canada | Activa | Au y cu | 8 a 14 años y adultos |
| <i>Gil et al 2006(87)</i> | España (Huelva) | Rotura de balsa | | |
| <i>Coelho et al 2007(140)</i> | Portugal | Abandonada | Au | ≥ 15 años. |
| <i>Garavan et al 2008(141)</i> | Irlanda | Abandonada | Pb-Zn, Cu | 1 mes–17.7 años |
| <i>Kim et al 2012(142)</i> | Corea | Abandonada | Metal y carbón | >20 años |
| <i>Park et al 2014(84)</i> | Corea | Abandonada | Metales | >18 años |
| <i>Schoof et al 2015(129)</i> | EEUU | Rehabilitación | Cu | Niños 1–5. |
| <i>Grigoryan et al 2016(147)</i> | Armenia | activa | Cu + Fundición | 3.9–6.9 años. |
| <i>Alvarez et al 2018(116)</i> | EEUU | Abandonada | Fundición | 5-12 años |
| <i>Snoj et al 2019(150)</i> | Eslovenia | Abandonada | Pb-Zn | Mujeres lactantes y hombres. 18-49 años |
| <i>Yabe et al 2020(117)</i> | Zambia | Abandonada | Pb-Zn | Madre, padre y 2 hijos menores. |
| <i>Bertram et al 2023(149)</i> | Alemania | Abandonada | Pb | 3-17 años |

En el estudio no se encuentran diferencias entre las zonas en las concentraciones de cadmio en sangre y orina ni en madres ni en menores. En un estudio en Eslovenia se

encontraron mayores concentraciones de cadmio en la zona rural(150), lo que se plantean puede estar asociado a fertilizantes. Hay un número muy inferior de estudios de comparación sobre el cadmio con respecto al plomo. Se ha encontrado un estudio muy completo, Park et al, en Corea(84), donde se describe mayores concentraciones de cadmio en las poblaciones que se encuentran a menos de 2 km de las minas que las que se encuentran más alejadas. En otros también encuentran diferencias con mayores valores en las zonas cercanas a los residuos mineros(87,116,140).

Fortalezas y Limitaciones

Como limitaciones se ha de considerar que no se ha tenido en cuenta si la casa es propiedad o de alquiler, una cuestión que presentan diferencias en otros estudios [62]. Tampoco se ha preguntado sobre el uso de cosmética tradicional y remedios habituales en la población de origen marroquí (228), pues no se previó la alta proporción de familias de este origen hasta el comienzo de la fase de trabajo de campo, cuando dispusimos de los listados de los escolares de las localidades seleccionadas.

Es también una limitación que no se han encontrado estudios recientes para comparar zonas mineras abandonadas de Pb-Zn u otros metales en países de muy alto IDH. Mientras los estudios antiguos están muy influenciados por los valores de concentración de plomo en sangre durante el tiempo que se utilizaba la gasolina con plomo los más modernos son en zonas con alta contaminación medioambiental de África, Asia o Latinoamérica que poco se parecen a las condiciones de la Sierra Minera de La Unión Cartagena.

Otra limitación, habitual en estudios de metales pesados en matrices biológicas, es la alta frecuencia de valores no detectables, en este estudio este es el caso del cadmio en los menores, que, aunque se intenta corregir con técnicas estadísticas hace que se deba ser cauteloso en la interpretación de los resultados al asignar un valor teórico a una muestra que está por debajo del límite de detección o del límite de cuantificación.

Entre las fortalezas del estudio se encuentra la elevada tasa de participación, que como se ha comentado se acerca a las tasas de los estudios de biomonitorización en los que

se utilizan muestras infantiles y es superior a los estudios que comparan zonas de diferente exposición.

Otra fortaleza es la similitud de las características principales de los participantes entre ambas zonas, lo que permite su comparación.

También es una fortaleza el breve y simultáneo periodo de recogida de datos en ambas zonas que facilita la comparabilidad de los datos y evita el efecto de la estacionalidad.

VI. CONCLUSIONES

- 1 Las muestras de las poblaciones infantil (6-11 años) y adulta (sus madres) de las zonas minera y no minera incluidas en el estudio EMBLEMA 2018 presentan similares características sociodemográficas, dietéticas y de actividades que pueden estar asociadas a exposición a plomo y cadmio permitiendo la comparación entre las zonas.
- 2 La medias geométricas del plomo en sangre en la población infantil fueron 0.81 $\mu\text{g/dL}$ y 1.32 $\mu\text{g/dL}$, y en madres 0.85 $\mu\text{g/dL}$ y 1.01 $\mu\text{g/dL}$ en zona no minera y minera respectivamente.
- 3 La zona minera incrementa un 60% la concentración de Pb en sangre de los menores entre 6 y 11 años residentes con respecto a los que residen en la zona no minera. Tras el ajuste por otras variables ese incremento se reduce al 55%.
- 4 En la población infantil del estudio la concentración del plomo en sangre se asocia de forma positiva con el país de nacimiento de la madre, la zona minera, morderse las uñas, la antigüedad de la casa y la exposición al humo del tabaco.
- 5 La concentración de Plomo en sangre en menores se asocia de forma inversa con la edad y el nivel educativo de la madre.
- 6 No se ha encontrado asociación de la concentración del plomo en sangre con el sexo ni con variables dietéticas.
- 7 En las madres la concentración del plomo en sangre se asocia al país de nacimiento, un 31.6% mayor en nacidas en Marruecos que en nacidas en España, la zona minera, el tabaquismo activo, el consumo de alcohol y el estado peri/postmenopáusico.
- 8 Las madres residentes en el área minera presentan una concentración de Pb en sangre un 19% superior a las de la no minera, un 16% ajustando por otras variables.
- 9 La cotinina en orina fue detectable en 56 menores en la zona minera (29.17%) y en 39 en la no minera (21.67%). Se detectó en 101 (54.30%) y 73 (41.01%) madres en las zonas minera y no minera respectivamente.

- 10 El cadmio tanto en sangre como en orina se asocia fuertemente con el tabaquismo activo en las madres del estudio y con la exposición al humo del tabaco en los menores.
- 11 No existen diferencias en las concentraciones de cadmio en sangre y orina entre las poblaciones infantiles y adultas de las dos zonas del estudio.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Wu G, Kang H, Zhang X, Shao H, Chu L, Ruan C. A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *J Hazard Mater* [Internet]. 15 de febrero de 2010 [citado 30 de agosto de 2024];174(1-3):1-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19864055/>
2. Horiguchi H, Aoshima K, Oguma E, Sasaki S, Miyamoto K, Hosoi Y, et al. Latest status of cadmium accumulation and its effects on kidneys, bone, and erythropoiesis in inhabitants of the formerly cadmium-polluted Jinzu River Basin in Toyama, Japan, after restoration of rice paddies. *Int Arch Occup Environ Health* [Internet]. 4 de diciembre de 2010 [citado 18 de enero de 2019];83(8):953-70. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00420-010-0510-x>
3. Atsdr. Toxicological Profile for Lead. En: *ATSDR's Toxicological Profiles* [Internet]. Atlanta, Georgia; 2020 [citado 28 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/95222>
4. Dooyema CA, Neri A, Lo YC, Durant J, Dargan PI, Swarthout T, et al. Outbreak of Fatal Childhood Lead Poisoning Related to Artisanal Gold Mining in Northwestern Nigeria, 2010. *Environ Health Perspect* [Internet]. abril de 2012 [citado 15 de septiembre de 2024];120(4):601. Disponible en: </pmc/articles/PMC3339453/>
5. Aoshima K. Epidemiology of renal tubular dysfunction in the inhabitants of a cadmium-polluted area in the Jinzu River basin in Toyama Prefecture. *Tohoku J Exp Med* [Internet]. 1987 [citado 17 de septiembre de 2024];152(2):151-72. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2442848/>
6. ATSDR (The Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological Profile for Cadmium [Internet]. 2012 [citado 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp5.pdf>
7. Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC, et al. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environ Health Perspect*. 2005;113(7):894-9.
8. NHMRC. NHMRC Information Paper: Evidence on the Effects of Lead on Human Health [Internet]. National Health and Medical Research Council. 2015. 1-42 p. Disponible en: www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh58
9. Tellez-Plaza M, Guallar E, Navas-Acien A. Environmental metals and cardiovascular disease. *BMJ* [Internet]. 29 de agosto de 2018 [citado 4 de febrero de 2019];362:k3435. Disponible en: <https://www.bmj.com/content/362/bmj.k3435>
10. Nordberg GF. Cadmium and health in the 21st century--historical remarks and trends for the future. *Biometales* [Internet]. octubre de 2004 [citado 31 de agosto de 2024];17(5):485-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15688851/>
11. Roberts TM, Hutchinson TC, Paciga J, Chattopadhyay A, Jervis RE, Vanloon J, et al. Lead contamination around secondary smelters: Estimation of dispersal and accumulation by humans. *Science* (80-). 1974;186(4169):1120-3.
12. World Health Organization. 10 chemicals of public health concern [Internet]. 2020 [citado 29 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/photo-story/photo-story-detail/10-chemicals-of-public-health-concern>
13. Fowler BA, Selene CH, Chou J, Robert, Jones L, Dexter, et al. Chapter 28 - Arsenic. En: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, editores. *Handbook on the Toxicology of Metals*

- (Fourth Edition) [Internet]. Fourth Edi. San Diego: Academic Press; 2015. p. 581-624. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444594532000287>
14. Nordberg GF, Nogawa K, Nordberg M. Chapter 32 - Cadmium. En: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, editores. Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition) [Internet]. Fourth Edi. San Diego: Academic Press; 2015. p. 667-716. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444594532000329>
 15. Skerfving S, Bergdahl IA. Chapter 43 - Lead. En: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, editores. Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition) [Internet]. Fourth Edi. San Diego: Academic Press; 2015. p. 911-67. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444594532000433>
 16. Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M. Handbook on the toxicology of metals. Forth. Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, editores. Vol. I and II. Academic Press; 2015.
 17. BORM. Sede Electrónica del Boletín Oficial de la Región de Murcia. 2009 [citado 14 de junio de 2019]. Decreto n.º 93/2009, de 30 de abril, del Consejo de Gobierno de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Disponible en:
<https://www.borm.es/#/home/anuncio/02-05-2009/7225>
 18. García García C. Impacto y riesgo ambiental de los residuos minero-metalúrgicos de la sierra de Cartagena - La Unión (Murcia - España). Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica. Universidad Politécnica de Cartagena; 2004.
 19. Brotons JM, Díaz AR, Sarría FA, Serrato FB. Wind erosion on mining waste in southeast Spain. L Degrad Dev [Internet]. 1 de marzo de 2010 [citado 30 de enero de 2019];21(2):196-209. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/ldr.948>
 20. Oyarzun R, Manteca Martínez JI, López García JA, Carmona C. An account of the events that led to full bay infilling with sulfide tailings at Portman (Spain), and the search for «black swans» in a potential land reclamation scenario. Sci Total Environ. 1 de junio de 2013;454-455:245-9.
 21. Martínez-López S, Martínez-Sánchez MJ, Pérez-Sirvent C. Do Old Mining Areas Represent an Environmental Problem and Health Risk? A Critical Discussion through a Particular Case. Minerals. 1 de junio de 2021;11(6).
 22. García-Lorenzo ML, Pérez-Sirvent C, Martínez-Sánchez MJ, Molina-Ruiz J. Trace elements contamination in an abandoned mining site in a semiarid zone. J Geochemical Explor [Internet]. 1 de febrero de 2012 [citado 1 de febrero de 2019];113:23-35. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037567421100104X>
 23. García-Lorenzo ML, Pérez-Sirvent C, Martínez-Sánchez MJ, Molina-Ruiz J, Tudela ML. Spatial distribution and sources of trace elements in sediments affected by old mining activities. Environ Monit Assess [Internet]. 28 de noviembre de 2012 [citado 29 de mayo de 2019];184(11):7041-52. Disponible en:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22203412>
 24. Pérez-Sirvent C, Hernández-Pérez C, Martínez-Sánchez MJ, García-Lorenzo ML, Bech J. Geochemical characterisation of surface waters, topsoils and efflorescences in a historic metal-mining area in Spain. J Soils Sediments [Internet]. 2016;16(4):1238-52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-015-1141-3>
 25. Rahman Z, Singh VP. The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total

- environment: an overview. Vol. 191, Environmental Monitoring and Assessment. Springer International Publishing; 2019. p. 1-21.
26. Ziegler EE, Edwards BB, Jensen RL, Mahaffey KR, Fomon SJ. Absorption and Retention of Lead by Infants. *Pediatr Res* [Internet]. enero de 1978 [citado 29 de mayo de 2019];12(1):29-34. Disponible en: <http://www.nature.com/doi/10.1203/00006450-197801000-00008>
 27. Santonen T, Aitio A. Biological Monitoring and Biomarkers. *Handb Toxicol Met* [Internet]. 1 de enero de 2015 [citado 29 de mayo de 2019];155-71. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444594532000081>
 28. Health Canada. Fourth Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. Results of the Canadian Health Measures Survey Cycle 4 (2014–2015) [Internet]. Vol. 4. Minister of Health, Ottawa, ON; 2017. 232 p. Disponible en: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/fourth-report-human-biomonitoring-environmental-chemicals-canada/fourth-report-human-biomonitoring-environmental-chem>
 29. Centers for Disease Control and Prevention. Fourth Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Updated Tables, (January 2019) [Internet]. Atlanta, GA; 2018 [citado 1 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/exposurereport/>
 30. Health Organization Regional Office for Europe W. Human biomonitoring: facts and figures [Internet]. 2015 [citado 16 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.euro.who.int/pubrequest>
 31. Becker K, Seiwert M, Casteleyn L, Joas R, Joas A, Biot P, et al. A systematic approach for designing a HBM Pilot Study for Europe. *Int J Hyg Env Heal* [Internet]. 2014;217(2–3):312-22. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463913000989>
 32. Servicio de Epidemiología. Dirección General de Salud Pública y Adicciones. Consejería de Salud. Región de Murcia. Protocolo del «Estudio epidemiológico en pueblos de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena (EMBLEMA) para la valoración de la exposición a metales pesados en las madres y en niños y niñas de 6 a 11 años» [Internet]. 2018. Disponible en: http://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/434409-protocolo_emblema.pdf
 33. Wennberg M, Lundh T, Sommar JN, Bergdahl IA. Time trends and exposure determinants of lead and cadmium in the adult population of northern Sweden 1990–2014. *Environ Res* [Internet]. 1 de noviembre de 2017 [citado 25 de abril de 2019];159:111-7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28787621>
 34. ATSDR (The Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological Profile for Lead [Internet]. 2007 [citado 9 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>
 35. OMS. Lead poisoning. [Internet]. 2023 [citado 16 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
 36. BOE BO del E. Real Decreto 1485/1987 [Internet]. Spain; 1987 p. 29406-73. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-13172
 37. BOE BO del E. Real Decreto 785/2001 [Internet]. Spain; 2001 p. 24775-6. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-13172

38. Ritchie H. How the world eliminated lead from gasoline - Our World in Data. Our world data [Internet]. 2022 [citado 14 de septiembre de 2024]; Disponible en: <https://ourworldindata.org/leaded-gasoline-phase-out#article-citation>
39. OMS. Legally-binding controls on lead paint. Chemical Safety and Health [Internet]. 2024 [citado 14 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/indicator-groups/legally-binding-controls-on-lead-paint>
40. Convention C013 - White Lead (Painting) Convention, 1921 (No. 13) [Internet]. [citado 25 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID,P12100_LANG_CODE:312158,es:NO
41. International Labour Organisation. International Labour Organization. 2015 [citado 22 de noviembre de 2019]. Ratifications of ILO conventions: Ratifications for Switzerland. Disponible en: https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:11300:0::NO:11300:P11300_INSTRUMENT_ID:312158
42. US EPA, OCSPP. Proteja a su familia contra las fuentes del plomo. 2021 [citado 16 de septiembre de 2024]; Disponible en: <https://espanol.epa.gov/plomo/proteja-su-familia-contra-las-fuentes-del-plomo#casas>
43. Estado BO del. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. [Internet]. Boletín oficial del Estado. 2023 [citado 16 de septiembre de 2024]. p. 4253-354. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2023-628>
44. EFSA. Lead dietary exposure in the European population. EFSA J [Internet]. enero de 2012 [citado 27 de noviembre de 2019];10(1):2551. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2012.2831>
45. Agudelo N, Cuadro A, Barg G, Queirolo EI, Mañay N, Kordas K. Blood lead levels and math learning in first year of school: An association for concern. Environ Res. 1 de abril de 2024;246:118091.
46. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans., World Health Organization., International Agency for Research on Cancer. Inorganic and organic lead compounds. International Agency for Research on Cancer; 2006. 506 p.
47. Larsen B, Sánchez-Triana E. Global health burden and cost of lead exposure in children and adults: a health impact and economic modelling analysis. Lancet Planet Heal [Internet]. 1 de octubre de 2023 [citado 28 de julio de 2024];7(10):e831-40. Disponible en: <http://www.thelancet.com/article/S2542519623001663/fulltext>
48. Gil F, Hernández AF. Toxicological importance of human biomonitoring of metallic and metalloid elements in different biological samples. Food Chem Toxicol [Internet]. 1 de junio de 2015 [citado 12 de abril de 2019];80:287-97. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691515001040?via%3Dihub>
49. Bolt HM, Drexler H, Hartwig A. Addendum zu Blei und seine Verbindungen (außer Bleiarsenat, Bleichromat und Alkylbleiverbindungen) [BAT Value Documentation in German language, 2019]. MAK-Collection Occup Heal Saf [Internet]. 25 de abril de 2019 [citado 15 de septiembre de 2024];4:921-49. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/3527600418.bb743992d0024>

50. Burm E, Song I, Ha M, Kim YM, Lee KJ, Kim HC, et al. Representative levels of blood lead, mercury, and urinary cadmium in youth: Korean Environmental Health Survey in Children and Adolescents (KorEHS-C), 2012–2014. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 1 de julio de 2016 [citado 19 de octubre de 2018];219(4-5):412-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S143846391630027X>
51. Becker K, Schroeter-Kermani C, Seiwert M, Rütther M, Conrad A, Schulz C, et al. German health-related environmental monitoring: Assessing time trends of the general population's exposure to heavy metals. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 1 de junio de 2013 [citado 29 de mayo de 2019];216(3):250-4. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463913000114?via%3Dihub>
52. Etchevers A, Glorennec P, Le Strat Y, Lecoffre C, Bretin P, Le Tertre A, et al. Screening for Elevated Blood Lead Levels in Children: Assessment of Criteria and a Proposal for New Ones in France. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 3 de diciembre de 2015 [citado 22 de abril de 2019];12(12):15366-78. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1660-4601/12/12/14989>
53. Cañas AI, Cervantes-Amat M, Esteban M, Ruiz-Moraga M, Pérez-Gómez B, Mayor J, et al. Blood lead levels in a representative sample of the Spanish adult population: the BIOAMBIENT.ES project. *Int J Hyg Environ Health*. 2014;217(4-5):452-9.
54. Council on Environmental Health. Prevention of Childhood Lead Toxicity. *Pediatrics* [Internet]. 1 de julio de 2016 [citado 4 de febrero de 2019];138(1):e20161493-e20161493. Disponible en: <http://pediatrics.aappublications.org/content/138/1/e20161493>
55. Pantic I, Tamayo-Ortiz M, Rosa-Parra A, Bautista-Arredondo L, Wright R, Peterson K, et al. Children's Blood Lead Concentrations from 1988 to 2015 in Mexico City: The Contribution of Lead in Air and Traditional Lead-Glazed Ceramics. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 30 de septiembre de 2018 [citado 25 de abril de 2019];15(10):2153. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1660-4601/15/10/2153>
56. Ettinger AS, Egan KB, Homa DM, Brown MJ. Blood lead levels in U.S. women of childbearing age, 1976–2016. *Environ Health Perspect*. 1 de enero de 2020;128(1).
57. Egan KB, Cornwell CR, Courtney JG, Ettinger AS. Blood Lead Levels in U.S. Children Ages 1–11 Years, 1976–2016. *Environ Health Perspect* [Internet]. 1 de marzo de 2021 [citado 4 de agosto de 2024];129(3). Disponible en: </pmc/articles/PMC7969125/>
58. Centers for Disease Control and Prevention. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Updated Tables, January 2019. Volume One [Internet]. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. 2019 [citado 28 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/nchs/nhanes/>.
59. Lieberman-Cribbin W, Li Z, Lewin M, Ruiz P, Jarrett JM, Cole SA, et al. The Contribution of Declines in Blood Lead Levels to Reductions in Blood Pressure Levels: Longitudinal Evidence in the Strong Heart Family Study. *J Am Heart Assoc* [Internet]. 2024 [citado 28 de julio de 2024];13(2). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38205795/>
60. Ruiz-Hernandez A, Navas-Acien A, Pastor-Barriuso R, Crainiceanu CM, Redon J, Guallar E, et al. Declining exposures to lead and cadmium contribute to explaining the reduction of cardiovascular mortality in the US population, 1988-2004. *Int J Epidemiol* [Internet]. 1 de diciembre de 2017 [citado 28 de julio de 2024];46(6):1903-12. Disponible en: </pmc/articles/PMC5837785/>

61. Center for Disease Control and Prevention. Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention [Internet]. Atlanta; 2012 [citado 30 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final_document_030712.pdf
62. CDC. Center for Disease Control and Prevention. 2022 [citado 16 de septiembre de 2024]. Recommended Actions Based on Blood Lead Levels | Lead | CDC. Disponible en: <https://www.cdc.gov/lead-prevention/hcp/clinical-guidance/index.html>
63. Gutiérrez M, Mickus K, Camacho LM. Abandoned PbZn mining wastes and their mobility as proxy to toxicity: A review. Vol. 565, *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V.; 2016. p. 392-400.
64. EFSA. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA J* [Internet]. enero de 2012 [citado 27 de noviembre de 2019];10(1):2551. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2012.2551>
65. Satarug S, Vesey DA, Gobe GC, Phelps KR. Estimation of health risks associated with dietary cadmium exposure [Internet]. Vol. 97, *Archives of Toxicology*. Springer; 2023 [citado 17 de septiembre de 2024]. p. 329-58. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-022-03432-w>
66. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Arsenic, metals, fibres, and dusts. *IARC Monogr Eval Carcinog risks to humans*. 2012;100(Pt C):11-465.
67. Chowdhury R, Ramond A, O'Keeffe LM, Shahzad S, Kunutsor SK, Muka T, et al. Environmental toxic metal contaminants and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ* [Internet]. 29 de agosto de 2018 [citado 4 de febrero de 2019];362:k3310. Disponible en: <https://www.bmj.com/content/362/bmj.k3310>
68. Aramjoo H, Arab-Zozani M, Feyzi A, Naghizadeh A, Aschner M, Naimabadi A, et al. The association between environmental cadmium exposure, blood pressure, and hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Environ Sci Pollut Res Int* [Internet]. 1 de mayo de 2022 [citado 17 de septiembre de 2024];29(24):35682-706. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35257333/>
69. Satarug S, Satarug, Soisungwan. Dietary Cadmium Intake and Its Effects on Kidneys. *Toxics* [Internet]. 10 de marzo de 2018 [citado 18 de enero de 2019];6(1):15. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2305-6304/6/1/15>
70. Nordberg GF, Bernard A, Diamond GL, Duffus JH, Illing P, Nordberg M, et al. Risk assessment of effects of cadmium on human health (IUPAC Technical Report). *Pure Appl Chem* [Internet]. 28 de marzo de 2018 [citado 4 de febrero de 2019];90(4):755-808. Disponible en: <http://www.degruyter.com/view/j/pac.2018.90.issue-4/pac-2016-0910/pac-2016-0910.xml>
71. Wang H, Dumont X, Haufroid V, Bernard A. The physiological determinants of low-level urine cadmium: an assessment in a cross-sectional study among schoolchildren. *Environ Heal* [Internet]. 12 de diciembre de 2017 [citado 30 de mayo de 2019];16(1):99. Disponible en: <http://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-017-0306-5>
72. Berglund M, Larsson K, Grandér M, Casteleyn L, Kolossa-Gehring M, Schwedler G, et al. Exposure determinants of cadmium in European mothers and their children. *Env Res* [Internet]. 2015;141:69-76. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001393511400382X>

73. Evaluation M, Effects R, Exposures C. Medical Evaluation of Renal Effects of Cadmium Exposures. 2013.
74. Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M. Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. *Int J Hyg Environ Health*. febrero de 2011;215(2):150-8.
75. Larsson SC, Wolk A. Urinary cadmium and mortality from all causes, cancer and cardiovascular disease in the general population: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* [Internet]. 1 de junio de 2016 [citado 8 de marzo de 2019];45(3):782-91. Disponible en: <https://academic.oup.com/ije/article-lookup/doi/10.1093/ije/dyv086>
76. Tellez-Plaza M, Navas-Acien A, Caldwell KL, Menke A, Muntner P, Guallar E. Reduction in cadmium exposure in the United States population, 1988-2008: The contribution of declining smoking rates. *Environ Health Perspect*. febrero de 2012;120(2):204-9.
77. Pozuelos Estrada J, Martinena Padial E, Monago Lozano I, Viejo Durán I, Pérez Torralba T. Farmacología de la nicotina. *Med Integr*. 2000;32(9):391-432.
78. Hukkanen J, Iii PJ, Benowitz NL. Metabolism and disposition kinetics of nicotine. *Pharmacol Rev*. 2005;57(1):79-115.
79. Lupsa IR, Nunes B, Ligocka D, Elena Gurzau A, Jakubowski M, Biot P, et al. Urinary cotinine levels and environmental tobacco smoke in mothers and children of Romania, Portugal and Poland within the European human biomonitoring pilot study. *Environ Res* [Internet]. 1 de agosto de 2015 [citado 22 de abril de 2019];141:106-17. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935115000961>
80. Forysová K, Pinkr-Grafnetterová A, Malý M, Krsková A, Mráz J, Kašparová L, et al. Urinary Cadmium and Cotinine Levels and Hair Mercury Levels in Czech Children and Their Mothers Within the Framework of the COPHES/DEMOCOPHES Projects. *Arch Environ Contam Toxicol* [Internet]. 19 de octubre de 2017 [citado 22 de abril de 2019];73(3):421-30. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00244-017-0412-y>
81. Cireira L, Ballesta M, Salmerón D, Gutiérrez M, Chirlaque M, Guillén J, et al. Atlas de mortalidad y privación socioeconómica por áreas pequeñas de los municipios de Cartagena–La Unión, Murcia y Lorca. Proyecto Medea II - Región de Murcia, 1996 – 2007. [Internet]. 2012. Disponible en: <https://www.murciasalud.es/recursos/app/publicaciones/atlas.pdf>
82. Ballesta M, Salmerón D, Navarro C. Privación socioeconómica por zona básica de salud: municipios de Cartagena, La Unión, Lorca y Murcia [Internet]. 2017. Disponible en: https://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/379934-privacion_socioeconomica.pdf
83. Galea S, Tracy M. Participation Rates in Epidemiologic Studies. *Ann Epidemiol* [Internet]. 1 de septiembre de 2007 [citado 13 de mayo de 2019];17(9):643-53. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1047279707001470?showall%3Dtrue%26via%3Dihub>
84. Park DU, Kim DS, Yu SD, Lee KM, Ryu SH, Kim SG, et al. Blood levels of cadmium and lead in residents near abandoned metal mine areas in Korea. *Environ Monit Assess* [Internet]. 18 de agosto de 2014 [citado 15 de abril de 2019];186(8):5209-20. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-014-3770-1>

85. Gary L. Horowitz, MD, Sousan Altaie, PhD, James C. Boyd M et al. Defining, Establishing, and Verifying Reference Intervals in the Clinical Laboratory; Approved Guideline—Third Edition. EP28-A3c. Clinical and Laboratory Standards Institute. 2010.
86. Roca M, Sánchez A, Pérez R, Pardo O, Yusà V. Biomonitoring of 20 elements in urine of children. Levels and predictors of exposure. *Chemosphere* [Internet]. 2016;144:1698-705. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653515302046>
87. Gil F, Capitán-Vallvey LF, De Santiago E, Ballesta J, Pla A, Hernández AF, et al. Heavy metal concentrations in the general population of Andalusia, South of Spain: a comparison with the population within the area of influence of Aznalcóllar mine spill (SW Spain). *Sci Total Environ*. 2006;372(1):49-57.
88. MURCIAEDUCA. Mapa Escolar [Internet]. [citado 2 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://mapaescolar.murciaeduca.es/mapaescolar/#>
89. Ferrer Lorente B, Vitoria Miñana I DSJ. La alimentación del niño inmigrante. Riesgos y carencias nutricionales. *Acta Pediatr Esp* [Internet]. 2012 [citado 26 de febrero de 2019];70(4):147-54. Disponible en: www.actapediatrica.com/index.php/secciones/nutricion-infantil/729-la-alimentación-del-niño-inmigrante-riesgos-y-carencias-nutricionales
90. Vioque J, Navarrete-Muñoz EM, Gimenez-Monzó D, García-de-la-Hera M, Granado F, Young IS, et al. Reproducibility and validity of a food frequency questionnaire among pregnant women in a Mediterranean area. *Nutr J* [Internet]. 19 de diciembre de 2013 [citado 20 de mayo de 2019];12(1):26. Disponible en: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-12-26>
91. Clasificación Nacional de Educación 2014 (CNED-2014) [Internet]. 2016 [citado 16 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cned14/CNED2014_capitulo2.pdf
92. Domingo-Salvany A, Bacigalupe A, Carrasco JM, Espelt A, Ferrando J, Borrell C. Propuestas de clase social neoweberiana y neomarxista a partir de la Clasificación Nacional de Ocupaciones 2011. *Gac Sanit* [Internet]. mayo de 2013 [citado 16 de abril de 2019];27(3):263-72. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0213911112003457>
93. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao C, Fernández-Ramos C, Lizárraga A, et al. Curvas y tablas de crecimiento (Estudios Longitudinal y Transversal) [Internet]. Fundación Faustino Orbegozo Eizaguirre. Bilbao; 2014 [citado 16 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.fundacionorbegozo.com/wp-content/uploads/pdf/estudios_2004.pdf
94. Instituto de Toxicología de la Defensa. Quiénes somos - ItoxDef [Internet]. [citado 14 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.defensa.gob.es/itoxdef/quienes-somos>
95. BORM. Convenio por el que se formaliza la encomienda de gestión entre el Ministerio de Defensa y la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. [Internet]. Murcia. España; 2018 p. 31094-9. Disponible en: <https://www.borm.es/services/anuncio/ano/2018/numero/7472/pdf?id=773424>
96. Boletín Oficial del Estado (BOE). Convenio por el que se formaliza la encomienda de gestión con la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. [Internet]. España; 2018 p. 20648-59. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2018/12/12/pdfs/BOE-A-2018-16984.pdf>

97. Fagerland MW, Lydersen S, Laake P. Statistical Analysis of Contingency Tables [Internet]. Boca Raton, Florida: Chapman and Hall/CRC; 2017 [citado 20 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781466588189>
98. Helsel DR, Helsel DR. Statistics for censored environmental data using Minitab and R. Wiley; 2012. 324 p.
99. Efron B. Censored Data and the Bootstrap. J Am Stat Assoc [Internet]. junio de 1981 [citado 20 de mayo de 2019];76(374):312. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2287832?origin=crossref>
100. Hahn GJ, Meeker WQ, Escobar LA. Statistical Intervals : a Guide for Practitioners and Researchers. [Internet]. John Wiley & Sons, Incorporated; 2016 [citado 20 de mayo de 2019]. 651 p. Disponible en: <https://www.wiley.com/en-us/Statistical+Intervals%3A+A+Guide+for+Practitioners+and+Researchers%2C+2nd+Edition-p-9780471687177>
101. Gelman A, Hill J, Yajima M. Why We (Usually) Don't Have to Worry About Multiple Comparisons. J Res Educ Eff [Internet]. abril de 2012 [citado 30 de mayo de 2019];5(2):189-211. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19345747.2011.618213>
102. Vehtari A, Gelman A, Simpson D, Carpenter B, Bürkner PC. Rank-normalization, folding, and localization: An improved \hat{R} for assessing convergence of MCMC. 19 de marzo de 2019 [citado 27 de mayo de 2019]; Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1903.08008>
103. Vehtari A, Gelman A, Gabry J. Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. Stat Comput [Internet]. 30 de septiembre de 2017 [citado 27 de mayo de 2019];27(5):1413-32. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11222-016-9696-4>
104. Gelman A, Jakulin A, Pittau MG, Su YS. A weakly informative default prior distribution for logistic and other regression models. Ann Appl Stat [Internet]. 2008 [citado 21 de mayo de 2019];2(4):1360-83. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/30245139>
105. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria; 2019. Disponible en: <https://www.r-project.org/>
106. Stan Development Team. RStan: the R interface to Stan [Internet]. 2018. Disponible en: <http://mc-stan.org/>
107. World Medical Association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. Vol. 310, JAMA - Journal of the American Medical Association. 2013. p. 2191-4.
108. MurciaSalud, el portal sanitario de la Región de Murcia. Estudio epidemiológico en pueblos de la Sierra Minera de La Unión - Cartagena (EMBLEMA) [Internet]. [citado 1 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=418105>
109. of Occupational Health WHO. Biological monitoring of chemical exposure in the workplace : guidelines. World Health Organization; 1996. p. Contribution to the International Programme on Che.
110. Cohen Hubal EA, de Wet T, Du Toit L, Firestone MP, Ruchirawat M, van Engelen J, et al. Identifying important life stages for monitoring and assessing risks from exposures to environmental contaminants: Results of a World Health Organization review. Regul

- Toxicol Pharmacol. 2014;69(1):113-24.
111. CDC. NHANES Questionnaires, Datasets, and Related Documentation [Internet]. [citado 4 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/default.aspx>
 112. Health Canada. FIFTH REPORT ON HUMAN BIOMONITORING OF ENVIRONMENTAL CHEMICALS IN CANADA [Internet]. Minister of Health, Ottawa, ON; 2019 [citado 17 de febrero de 2020]. 430 p. Disponible en: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/fifth-report-human-biomonitoring/pub1-eng.pdf>
 113. Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M. Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 1 de diciembre de 2011 [citado 6 de febrero de 2020];215(1):26-35. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1438463911000794?via%3Dihub>
 114. Maravelias C, Athanaselis S, Poulos L, Alevisopoulos G, Ewers U, Koutselinis A. Lead exposure of the child population in Greece. *Sci Total Environ*. 18 de diciembre de 1994;158(C):79-83.
 115. Calderón-Salinas J V, Valdéz-Anaya B, Albores-Medina A, Charles M. Lead exposure in a population of Mexican children. *Hum Exp Toxicol* [Internet]. abril de 1996 [citado 17 de septiembre de 2019];15(4):305-11. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8845220>
 116. Alvarez J, Del Rio M, Mayorga T, Dominguez S, Flores-Montoya MG, Sobin C. A Comparison of Child Blood Lead Levels in Urban and Rural Children Ages 5--12 Years Living in the Border Region of El Paso, Texas. *Arch Environ Contam Toxicol* [Internet]. julio de 2018; Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0549-3>
 117. Yabe J, Nakayama SM, Nakata H, Toyomaki H, Yohannes YB, Muzandu K, et al. Current trends of blood lead levels, distribution patterns and exposure variations among household members in Kabwe, Zambia. *Chemosphere*. 1 de marzo de 2020;243:125412.
 118. Pirard C, Koppen G, De Cremer K, Van Overmeire I, Govarts E, Dewolf MC, et al. Hair mercury and urinary cadmium levels in Belgian children and their mothers within the framework of the COPHES/DEMOCOPHES projects. *Sci Total Environ* [Internet]. 15 de febrero de 2014 [citado 21 de junio de 2019];472:730-40. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713013090?via%3Dihub>
 119. Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM). CREM - PADRÓN MUNICIPAL DE HABITANTES - 8. Población según entidades y país de nacionalidad. [Internet]. [citado 4 de agosto de 2024]. Disponible en: https://econet.carm.es/web/crem/inicio/-/crem/sicrem/PU_padron/p17/sec9_sec9_42.html
 120. Hwang YH, Hsiao CK, Lin PW. Globally temporal transitions of blood lead levels of preschool children across countries of different categories of Human Development Index. *Sci Total Environ* [Internet]. 1 de abril de 2019 [citado 22 de abril de 2019];659:1395-402. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718353324>
 121. Global Alliance to Eliminate Lead Paint. Update on the Global Status of Legal Limits on Lead in Paint: September 2017. 2017.

122. Kaplowitz SA, Perlstadt H, Dziura JD, Post LA. Behavioral and Environmental Explanations of Elevated Blood Lead Levels in Immigrant Children and Children of Immigrants. *J Immigr Minor Heal* [Internet]. 11 de octubre de 2016 [citado 25 de abril de 2019];18(5):979-86. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10903-015-0243-8>
123. Vogel N, Murawski A, Schmied-Tobies MIH, Rucic E, Doyle U, Kämpfe A, et al. Lead, cadmium, mercury, and chromium in urine and blood of children and adolescents in Germany – Human biomonitoring results of the German Environmental Survey 2014–2017 (GerES V). *Int J Hyg Environ Health*. 1 de agosto de 2021;237:113822.
124. Henríquez-Hernández LA, González-Antuña A, Boada LD, Carranza C, Pérez-Arellano JL, Almeida-González M, et al. Pattern of blood concentrations of 47 elements in two populations from the same geographical area but with different geological origin and lifestyles: Canary Islands (Spain) vs. Morocco. *Sci Total Environ* [Internet]. 15 de septiembre de 2018 [citado 26 de octubre de 2018];636:709-16. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971831489X?via%3Dihub>
125. Hrubá F, Strömberg U, Černá M, Chen C, Harari F, Harari R, et al. Blood cadmium, mercury, and lead in children: An international comparison of cities in six European countries, and China, Ecuador, and Morocco. *Environ Int*. 2012;41(1):29-34.
126. Etchevers A, Le Tertre A, Lucas JP, Bretin P, Oulhote Y, Le Bot B, et al. Environmental determinants of different blood lead levels in children: A quantile analysis from a nationwide survey. *Environ Int* [Internet]. 1 de enero de 2015 [citado 8 de marzo de 2019];74:152-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412014003018>
127. Etchevers A, Bretin P, Lecoffre C, Bidondo ML, Le Strat Y, Glorennec P, et al. Blood lead levels and risk factors in young children in France, 2008–2009. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 1 de abril de 2014 [citado 14 de enero de 2019];217(4-5):528-37. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463913001399?via%3Dihub>
128. Haley VB, Talbot TO. Seasonality and trend in blood lead levels of New York State children. *BMC Pediatr* [Internet]. 4 de diciembre de 2004 [citado 25 de abril de 2019];4(1):8. Disponible en: <http://bmcpediatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2431-4-8>
129. Schoof RA, Johnson DL, Handziuk ER, Landingham C Van, Feldpausch AM, Gallagher AE, et al. Assessment of blood lead level declines in an area of historical mining with a holistic remediation and abatement program. *Environ Res* [Internet]. 1 de octubre de 2016 [citado 2 de octubre de 2018];150:582-91. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935115301912?via%3Dihub>
130. Laidlaw MAS, Mielke HW, Filippelli GM, Johnson DL, Gonzales CR. Seasonality and Children's Blood Lead Levels: Developing a Predictive Model Using Climatic Variables and Blood Lead Data from Indianapolis, Indiana, Syracuse, New York, and New Orleans, Louisiana (USA). *Environ Health Perspect* [Internet]. junio de 2005 [citado 25 de abril de 2019];113(6):793-800. Disponible en: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.7759>
131. Laidlaw MAS, Filippelli GM, Sadler RC, Gonzales CR, Ball AS, Mielke HW. Children's Blood Lead Seasonality in Flint, Michigan (USA), and Soil-Sourced Lead Hazard Risks. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 25 de marzo de 2016 [citado 11 de febrero de 2019];13(4):358. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27023578>

132. Zahran S, Laidlaw MAS, McElmurry SP, Filippelli GM, Taylor M. Linking Source and Effect: Resuspended Soil Lead, Air Lead, and Children's Blood Lead Levels in Detroit, Michigan. *Environ Sci Technol* [Internet]. 19 de marzo de 2013 [citado 2 de septiembre de 2019];47(6):2839-45. Disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/es303854c>
133. Ngueta G, Gonthier C, Levallois P. Colder-to-warmer changes in children's blood lead concentrations are related to previous blood lead status: Results from a systematic review of prospective studies. Vol. 29, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. Urban & Fischer; 2015. p. 39-46.
134. Pereira I, Alcalde-Aparicio S, Ferrer-Julíà M, Carreño MF, García-Meléndez E. Monitoring sedimentary areas from mine waste products with Sentinel-2 satellite images: A case study in the SE of Spain. *Eur J Soil Sci* [Internet]. 1 de enero de 2023 [citado 20 de agosto de 2024];74(1):e13336. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ejss.13336>
135. Weather Spark. Datos históricos del tiempo en Chía en mayo de 2022 (Colombia) [Internet]. [citado 15 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/h/m/42416/2018/5/Tiempo-histórico-en-mayo-de-2018-en-Cartagena-España#Figures-ObservedWeather>
136. Blanco Muñoz J, Lope V, Fernández de Larrea-Baz N, Gómez-Ariza JL, Dierssen-Sotos T, Fernández-Tardón G, et al. Levels and determinants of urinary cadmium in general population in Spain: Metal-MCC-Spain study. *Environ Res*. 1 de julio de 2022;210.
137. Bussièrès D, Ayotte P, Levallois P, Dewailly É, Nieboer E, Gingras S, et al. Exposure of a Cree Population Living near Mine Tailings in Northern Quebec (Canada) to Metals and Metalloids. *Arch Environ Health*. 2004;59(12):732-41.
138. Murgueytio AM, Evans RG, Sterling DA, Clardy SA, Shadel BN, Clements BW. Relationship between Lead Mining and Blood Lead Levels in Children. *Arch Environ Health* [Internet]. 1 de noviembre de 1998 [citado 12 de junio de 2019];53(6):414-23. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9886161>
139. Meyer I, Hoelscher B, Frye C, Becker K, Wichmann HE, Heinrich J. Temporal changes in blood lead levels of children in East Germany. *Int J Hyg Environ Health*. 2003;206(3):181-92.
140. Coelho P, Silva S, Roma-Torres J, Costa C, Henriques A, Teixeira J, et al. Health impact of living near an abandoned mine--case study: Jales mines. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. mayo de 2007 [citado 4 de noviembre de 2019];210(3-4):399-402. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17321206>
141. Garavan C, Breen J, Moles R, O'Regan B. A case study of the health impacts in an abandoned lead mining area, using children's blood lead levels. *Int J Mining, Reclam Environ*. 2008;22(4):265-84.
142. Kim NS, Sakong J, Choi JW, Hong YS, Moon JD, Lee BK. Blood lead levels of residents living around 350 abandoned metal mines in Korea. *Environ Monit Assess* [Internet]. 10 de julio de 2012 [citado 17 de octubre de 2019];184(7):4139-49. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-011-2250-0>
143. Gallacher JEJ, Elwood PC, Phillips KM. Relation between pica and blood lead in areas of differing lead exposure. *Arch Dis Child* [Internet]. enero de 1984 [citado 11 de octubre de 2019];59(1):40-4. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6696493>
144. Maravelias C, Hatzakis A, Katsouyanni K, Trichopoulos D, Koutselinis A, Ewers U, et al.

- Exposure to lead and cadmium of children living near a lead smelter at Lavrion, Greece. *Sci Total Environ.* 1989;84(C):61-70.
145. Alonso E, Cambra K, Martinez T. Lead and cadmium exposure from contaminated soil among residents of a farm area near an industrial site. *Arch Environ Health* [Internet]. mayo de 2001 [citado 13 de junio de 2019];56(3):278-82. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00039890109604454>
 146. Malcoe LH, Lynch RA, Kegler MC, Skaggs VJ. Lead sources, behaviors, and socioeconomic factors in relation to blood lead of Native American and White Children: A community-based assessment of a former mining area. Vol. 110, *Environmental Health Perspectives.* 2002. p. 221-31.
 147. Grigoryan R, Petrosyan V, Melkom Melkomian D, Khachadourian V, McCartor A, Crape B. Risk factors for children's blood lead levels in metal mining and smelting communities in Armenia: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2016;16:945.
 148. Bertram J, Ramolla C, Esser A, Schettgen T, Fohn N, Kraus T. Blood Lead Monitoring in a Former Mining Area in Euskirchen, Germany—Volunteers across the Entire Population. *Int J Environ Res Public Health.* 1 de mayo de 2022;19(10).
 149. Bertram J, Ramolla C, Esser A, Schettgen T, Fohn N, Steib J, et al. Blood lead monitoring in a former mining area in Euskirchen, Germany: results of a representative random sample in 3- to 17-year-old children and minors. *Environ Sci Pollut Res Int* [Internet]. 1 de febrero de 2023 [citado 28 de julio de 2024];30(8):20995. Disponible en: </pmc/articles/PMC9584279/>
 150. Snoj Tratnik J, Falnoga I, Mazej D, Kocman D, Fajon V, Jagodic M, et al. Results of the first national human biomonitoring in Slovenia: Trace elements in men and lactating women, predictors of exposure and reference values. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 14 de marzo de 2019 [citado 22 de marzo de 2019]; Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463918308290?via%3Dihub>
 151. Albalak R, McElroy RH, Noonan G, Buchanan S, Jones RL, Flanders WD, et al. Blood lead levels and risk factors for lead poisoning among children in a Mexican smelting community. *Arch Environ Health* [Internet]. marzo de 2003 [citado 17 de septiembre de 2019];58(3):172-83. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14535578>
 152. de Freitas CU, De Capitani EM, Gouveia N, Simonetti MH, de Paula e Silva MR, Kira CS, et al. Lead exposure in an urban community: Investigation of risk factors and assessment of the impact of lead abatement measures. *Environ Res.* marzo de 2007;103(3):338-44.
 153. Leroyer A, Nisse C, Hemon D, Gruchociak A, Salomez JL, Haguenoer JM. Environmental lead exposure in a population of children in northern France: Factors affecting lead burden. En: *American Journal of Industrial Medicine.* 2000. p. 281-9.
 154. Dong C, Taylor MP, Zahran S. The effect of contemporary mine emissions on children's blood lead levels. *Environ Int* [Internet]. 1 de enero de 2019 [citado 11 de febrero de 2019];122:91-103. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018308869>
 155. Lisboa L, Klarián J, Campos RT, Iglesias V. Proximidade residencial com um velho depósito mineral no Chile e nível de chumbo no sangue em crianças. *Cad Saude Publica.* 2016;32(4).
 156. Willmore A, Sladden T, Bates L, Dalton CB. Use of a geographic information system to

- track smelter-related lead exposures in children: North Lake Macquarie, Australia, 1991-2002. *Int J Health Geogr.* 19 de julio de 2006;5.
157. Estudio ALADINO 2019-Región de Murcia: Estudio sobre Alimentación, Actividad Física, Desarrollo Infantil y Obesidad en la Región de Murcia 2019. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (Ministerio de Consumo) y Consejería de Salud de la Regi [Internet]. 2022 [citado 1 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://sms.carm.es/ricsmur/bitstream/handle/123456789/10884/Informe_ALADINO.RegMurcia.2019.Sept.2022_v3.pdf
 158. Sanna E, Cosseddu GG, Floris G, Liguori A, Peretti M, Carbini L. Comparison of blood lead levels in three groups of Sardinian children. *Anthropol Anz* [Internet]. junio de 1999 [citado 13 de diciembre de 2019];57(2):111-21. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10483482>
 159. Strömberg U, Lundh T, Skerfving S. Yearly measurements of blood lead in Swedish children since 1978: The declining trend continues in the petrol-lead-free period 1995–2007. *Environ Res* [Internet]. 1 de julio de 2008 [citado 5 de marzo de 2019];107(3):332-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935108000753>
 160. Levallois P, St-Laurent J, Gauvin D, Courteau M, Prévost M, Campagna C, et al. The impact of drinking water, indoor dust and paint on blood lead levels of children aged 1-5 years in Montréal (Québec, Canada). *J Expo Sci Environ Epidemiol* [Internet]. 2014 [citado 4 de febrero de 2019];24(2):185-91. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23361441>
 161. Murcia C de salud de la R de. Agua de consumo - Servicio de Sanidad Ambiental - murciasalud [Internet]. [citado 18 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.murciasalud.es/en/web/sanidad-ambiental/aguas-de-consumo>
 162. Mindell JS, Giampaoli S, Goesswald A, Kamtsiuris P, Mann C, Männistö S, et al. Sample selection, recruitment and participation rates in health examination surveys in Europe – experience from seven national surveys. *BMC Med Res Methodol* [Internet]. 5 de diciembre de 2015 [citado 25 de abril de 2019];15(1):78. Disponible en: <http://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12874-015-0072-4>
 163. Reinikainen J, Tolonen H, Borodulin K, Härkänen T, Jousilahti P, Karvanen J, et al. Participation rates by educational levels have diverged during 25 years in Finnish health examination surveys. *Eur J Public Health* [Internet]. 1 de abril de 2018 [citado 25 de abril de 2019];28(2):237-43. Disponible en: <https://academic.oup.com/eurpub/article/28/2/237/4316094>
 164. National Center for Health Statistics. Center for Disease Control and Prevention. Disponible en: <https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/responserates.aspx>. 2017 [citado 25 de abril de 2019]. NHANES Response Rates and Population Totals. Disponible en: <https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/ResponseRates.aspx#response-rates>
 165. LIFE09 ENV/BE/000410 FINAL Report Demonstration of a study to coordinate and perform human biomonitoring on a European scale Data Project [Internet]. 2013 [citado 15 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.eu-hbm.info/democophes>
 166. Fierens S, Rebolledo J, Versporten A, Brits E, Haufroid V, De Plaen P, et al. Human biomonitoring of heavy metals in the vicinity of non-ferrous metal plants in Ath, Belgium. *Arch Public Health* [Internet]. 2016 [citado 12 de junio de 2019];74:42. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27729976>

167. Moody HA, Darden JT, Pigozzi BW. The Relationship of Neighborhood Socioeconomic Differences and Racial Residential Segregation to Childhood Blood Lead Levels in Metropolitan Detroit. *J Urban Heal* [Internet]. octubre de 2016;93(5):820-39. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11524-016-0071-8>
168. Obeng A, Roh T, Aggarwal A, Uyasmasi K, Carrillo G. The contribution of secondhand tobacco smoke to blood lead levels in US children and adolescents: a cross-sectional analysis of NHANES 2015–2018. *BMC Public Health*. 1 de diciembre de 2023;23(1).
169. Tagne-Fotso R, Leroyer A, Howsam M, Dehon B, Richeval C, Nisse C, et al. Current sources of lead exposure and their relative contributions to the blood lead levels in the general adult population of Northern France: The IMEPOGE Study, 2008–2010. *J Toxicol Environ Heal Part A* [Internet]. 18 de marzo de 2016 [citado 12 de julio de 2019];79(6):245-65. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27074096>
170. Lermen D, Weber T, Göen T, Bartel-Steinbach M, Gwinner F, Mueller SC, et al. Long-term time trend of lead exposure in young German adults – Evaluation of more than 35 Years of data of the German Environmental Specimen Bank. *Int J Hyg Environ Health*. 1 de enero de 2021;231.
171. Apostolou A, Garcia-Esquinas E, Fadrowski JJ, McLain P, Weaver VM, Navas-Acien A. Secondhand tobacco smoke: A source of lead exposure in US children and adolescents. *Am J Public Health* [Internet]. abril de 2012 [citado 17 de septiembre de 2024];102(4):714-22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21852639/>
172. González-Estecha M, Trasobares E, Fuentes M, Martínez MJ, Cano S, Vergara N, et al. Blood lead and cadmium levels in a six hospital employee population. PESA study, 2009. *J Trace Elem Med Biol* [Internet]. 1 de enero de 2011 [citado 21 de junio de 2019];25:S22-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X10001185?via%3Dihub>
173. Madeddu R, Tolu P, Asara Y, Farace C, Forte G, Bocca B. Blood biomonitoring of metals in subjects living near abandoned mining and active industrial areas. *Environ Monit Assess*. julio de 2013;185(7):5837-46.
174. Schwalfenberg G, Genuis SJ, Rodushkin I. The benefits and risks of consuming brewed tea: Beware of toxic element contamination. *J Toxicol*. 2013;2013.
175. Laamech J, Bernard A, Dumont X, Benazzouz B, Lyoussi B. Blood lead, cadmium and mercury among children from urban, industrial and rural areas of Fez Boulemane Region (Morocco): Relevant factors and early renal effects. *Int J Occup Med Environ Health* [Internet]. 1 de enero de 2014 [citado 21 de enero de 2019];27(4). Disponible en: <http://ijomeh.eu/Blood-lead-cadmium-and-mercury-among-children-from-urban-industrial-and-rural-areas-of-fez-boulemane-region-morocco-relevant-factors-and-early-renal-effects,2019,0,2.html>
176. Ordóñez-Iriarte J, Ordóñez-Iriarte JM, González-Estecha M, Guillén-Pérez JJ, Martínez-García MJ, Fernández-Montes BG, et al. *Revista de salud ambiental RSA* [Internet]. Vol. 13, *Revista de Salud Ambiental. Soc*; 2013 [citado 4 de junio de 2019]. 169-177 p. Disponible en: <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/528>
177. Jain RB. Trends and variability in blood lead concentrations among US children and adolescents. *Environ Sci Pollut Res* [Internet]. 13 de abril de 2016 [citado 25 de abril de 2019];23(8):7880-9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26758308>
178. Conrad A, Schulz C, Seiwert M, Becker K, Ullrich D, Kolossa-Gehring M. German Environmental Survey IV: Children’s exposure to environmental tobacco smoke. *Toxicol*

- Lett. 15 de enero de 2010;192(1):79-83.
179. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). National Center for Health Statistics (NCHS). National Health and Nutrition Examination Survey Data. Hyattsville, MD: U.S. Department of Health and Human Services C for DC and P. Biomonitoring Data Tables for Environmental Chemicals | CDC [Internet]. [citado 31 de julio de 2024]. Disponible en: https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html
 180. Alimonti A, Bocca B, Mattei D, Pino A. Programme for biomonitoring the Italian population exposure (PROBE): internal dose of metals. Roma; 2011.
 181. Health Canada. Fifth Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. Results of the Canadian Health Measures Survey Cycle 5 (2016–2017) [Internet]. 2019 [citado 4 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/fifth-report-human-biomonitoring.html>
 182. Cikrt M, Smerhovský Z, Blaha K, Nerudová J, Sediva V, Fornusková H, et al. Biological monitoring of child lead exposure in the Czech Republic. *Environ Health Perspect*. 1997;105(4):406-11.
 183. Carrel M, Zahrieh D, Young SG, Oleson J, Ryckman KK, Wels B, et al. High prevalence of elevated blood lead levels in both rural and urban Iowa newborns: Spatial patterns and area-level covariates. *PLoS One* [Internet]. 2017 [citado 12 de julio de 2019];12(5):e0177930. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28520816>
 184. Barbieri FL, Gardon J, Ruiz-Castell M, Paco V P, Muckelbauer R, Casiot C, et al. Toxic trace elements in maternal and cord blood and social determinants in a Bolivian mining city. *Int J Environ Health Res*. 2016;26(2):158-74.
 185. Abass K, Koironen M, Mazej D, Tratnik JS, Horvat M, Hakkola J, et al. Arsenic, cadmium, lead and mercury levels in blood of Finnish adults and their relation to diet, lifestyle habits and sociodemographic variables. *Environ Sci Pollut Res Int* [Internet]. 2017;24(2):1347-62. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-016-7824-5>
 186. Scinicariello F, Buser MC, Mevissen M, Portier CJ. Blood lead level association with lower body weight in NHANES 1999–2006. *Toxicol Appl Pharmacol* [Internet]. 15 de diciembre de 2013 [citado 9 de mayo de 2019];273(3):516-23. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041008X13004225>
 187. Pawlas N, Strömberg U, Carlberg B, Cerna M, Harari F, Harari R, et al. Cadmium, mercury and lead in the blood of urban women in Croatia, the Czech Republic, Poland, Slovakia, Slovenia, Sweden, China, Ecuador and Morocco. *Int J Occup Med Environ Health*. 2013;26(1):58-72.
 188. Shin MW, Kim H Bin, Kwon A, Park MJ, Kim SH. Associations between Urinary Mercury/Cadmium Concentrations and Anthropometric Features in Korean Children. *Toxics* [Internet]. 1 de marzo de 2024 [citado 15 de septiembre de 2024];12(3). Disponible en: [/pmc/articles/PMC10974096/](https://pmc/articles/PMC10974096/)
 189. Boletín Oficial del Estado (BOE). BOE-A-2022-18042 Orden PCM/1049/2022, de 1 de noviembre, por la que se crea la Comisión Interministerial de Biomonitorización Humana. [Internet]. [citado 24 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-18042

190. Fiddicke U, Pack LK, Tolonen H, Sepai O, López ME, Castaño A, et al. A Phased Approach for preparation and organization of human biomonitoring studies. *Int J Hyg Environ Health*. 1 de marzo de 2021;232:113684.
191. Pang Y, Jones M, Tellez-Plaza M, Guallar E, Vaidya D, Post W, et al. Association of Geography and Ambient Air Pollution with Urine Metal Concentrations in Six US Cities: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 15 de marzo de 2016 [citado 16 de enero de 2019];13(3):324. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1660-4601/13/3/324>
192. Vrijens J, Leermakers M, Stalpaert M, Schoeters G, Den Hond E, Bruckers L, et al. Trace metal concentrations measured in blood and urine of adolescents in Flanders, Belgium: Reference population and case studies Genk-Zuid and Menen. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 1 de abril de 2014 [citado 11 de enero de 2019];217(4-5):515-27. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463913001387?via%3Dihub>
193. Pino A, Chiarotti F, Calamandrei G, Gotti A, Karakitsios S, Handakas E, et al. Human biomonitoring data analysis for metals in an Italian adolescents cohort: An exposome approach. *Environ Res* [Internet]. 1 de noviembre de 2017 [citado 14 de enero de 2019];159:344-54. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935117315736?via%3Dihub>
194. Pan S, Lin L, Zeng F, Zhang J, Dong G, Yang B, et al. Effects of lead, cadmium, arsenic, and mercury co-exposure on children's intelligence quotient in an industrialized area of southern China. *Environ Pollut* [Internet]. 1 de abril de 2018 [citado 2 de octubre de 2018];235:47-54. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117322741?via%3Dihub>
195. Brody JG, Morello-Frosch R, Brown P, Rudel RA, Altman RG, Frye M, et al. Improving disclosure and consent: "is it safe?": new ethics for reporting personal exposures to environmental chemicals. *Am J Public Health* [Internet]. septiembre de 2007 [citado 3 de abril de 2019];97(9):1547-54. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17666695>
196. Lebow-Skelley E, Yelton S, Janssen B, Erdei E, Pearson MA. Identifying Issues and Priorities in Reporting Back Environmental Health Data. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2 de septiembre de 2020 [citado 31 de agosto de 2024];17(18):1-19. Disponible en: [/pmc/articles/PMC7557638/](https://pmc/articles/PMC7557638/)
197. Haines DA, Arbuckle TE, Lye E, Legrand M, Fisher M, Langlois R, et al. Reporting results of human biomonitoring of environmental chemicals to study participants: a comparison of approaches followed in two Canadian studies. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 1 de marzo de 2011 [citado 3 de abril de 2019];65(3):191-8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20628082>
198. Claudio L, Gilmore J, Roy M, Brenner B. Communicating environmental exposure results and health information in a community-based participatory research study. *BMC Public Health*. 25 de junio de 2018;18(1).
199. Ohayon JL, Cousins E, Brown P, Morello-Frosch R, Brody JG. Researcher and institutional review board perspectives on the benefits and challenges of reporting back biomonitoring and environmental exposure results. *Environ Res*. 1 de febrero de 2017;153:140-9.
200. Korfmacher KS, Brody JG. Moving Forward with Reporting Back Individual

- Environmental Health Research Results. Environ Health Perspect [Internet]. 1 de diciembre de 2023 [citado 31 de agosto de 2024];131(12). Disponible en: [/pmc/articles/PMC10720702/](#)
201. Martínez Barainca M. Percepción social del riesgo ambiental sobre la salud en áreas degradadas por la minería metálica : el caso del El Llano del Beal, (t.m. de Cartagena) en el sureste de la Península Ibérica. Proy Investig [Internet]. 6 de septiembre de 2023 [citado 31 de agosto de 2024]; Disponible en: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/133786>
 202. Centers for Disease Control and Prevention. Centers for Disease Control and Prevention. 2024 [citado 15 de septiembre de 2024]. Biomonitoring Data Tables for Environmental Chemicals. Disponible en: https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html
 203. Burns JS, Williams PL, Lee MM, Revich B, Sergeev O, Hauser R, et al. Peripubertal blood lead levels and growth among Russian boys. Environ Int [Internet]. 1 de septiembre de 2017 [citado 2 de octubre de 2018];106:53-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412017301666?via%3Dihub>
 204. uba. GerES4_Report-Human biomonitoring. levels of selected substances in blood and urine of children in germany [Internet]. GerES4_Report-Human biomonitoring. levels of selected substances in blood and urine of children in germany. 2008. Disponible en: <papers2://publication/uuid/4BE0B1C0-CF27-42C2-AB2D-C8326E511635>
 205. Bas P, Luzardo OP, Peña-Quintana L, González JE, Peña JA, Gracia J, et al. Determinants of blood lead levels in children: a cross-sectional study in the Canary Islands (Spain). Int J Hyg Environ Health. 2012;215(3):383-8.
 206. Health Canada. Sixth report on human biomonitoring of environmental chemicals in Canada. Results of the Canadian Health Measures Survey Cycle 6 (2018–2019) [Internet]. 2021 [citado 4 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/sixth-report-human-biomonitoring.html>
 207. Government of Canada, Health Canada, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Environmental and Radiation Health Sciences Directorate, Chemicals Surveillance Bureau NBD. Third Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada [Health Canada, 2013] [Internet]. 2015 abr [citado 27 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle3/overview-vue-eng.php>
 208. Baeyens W, Vrijens J, Gao Y, Croes K, Schoeters G, Den Hond E, et al. Trace metals in blood and urine of newborn/mother pairs, adolescents and adults of the Flemish population (2007–2011). Int J Hyg Environ Health [Internet]. 1 de noviembre de 2014 [citado 11 de enero de 2019];217(8):878-90. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463914000595?via%3Dihub>
 209. Rebolledo J, Fierens S, Versporten A, Brits E, De Plaen P, Van Nieuwenhuysse A. Human biomonitoring on heavy metals in Ath: methodological aspects. Arch Public Health [Internet]. 5 de diciembre de 2011 [citado 11 de junio de 2019];69(1):10. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22958427>
 210. Fréry, N., Saoudi, A., Garnier, R., Zeghnoun, A., Falq, G., Guldner L. Exposure of the French population to environmental pollutants – Environmental components of the

- French National Survey on Nutrition and Health – Initial results. 2010.
211. Nisse C, Tagne-Fotso R, Howsam M, Richeval C, Labat L, Leroyer A. Blood and urinary levels of metals and metalloids in the general adult population of Northern France: The IMEPOGE study, 2008–2010. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 2017;220(2):341-63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.09.020>
 212. Gil F, Hernández AF, Márquez C, Femia P, Olmedo P, López-Guarnido O, et al. Biomonitorization of cadmium, chromium, manganese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed population. *Sci Total Environ* [Internet]. 15 de febrero de 2011 [citado 20 de marzo de 2019];409(6):1172-80. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969710012647>
 213. Coelho P, Costa S, Costa C, Silva S, Walter A, Ranville J, et al. Biomonitoring of several toxic metal(loid)s in different biological matrices from environmentally and occupationally exposed populations from Panasqueira mine area, Portugal. *Environ Geochem Health*. 2014;36(2):255-69.
 214. Bjeremo H, Sand S, Nälsén C, Lundh T, Enghardt Barbieri H, Pearson M, et al. Lead, mercury, and cadmium in blood and their relation to diet among Swedish adults. *Food Chem Toxicol* [Internet]. julio de 2013 [citado 1 de septiembre de 2024];57:161-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23537601/>
 215. Kim HJ, Lim HS, Lee KR, Choi MH, Kang NM, Lee CH, et al. Determination of Trace Metal Levels in the General Population of Korea. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2017 [citado 21 de enero de 2019];14(7). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28661432>
 216. Coelho P, Costa S, Silva S, Walter A, Ranville J, Sousa ACA, et al. Metal(loid) levels in biological matrices from human populations exposed to mining contamination--Panasqueira Mine (Portugal). *J Toxicol Environ Health A*. 2012;75(13-15):893-908.
 217. Government of Canada, Health Canada, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Environmental and Radiation Health Sciences Directorate, Chemicals Surveillance Bureau NBD. Second report on Human Biomonitoring Of Environmental CHEMicals in Canada [Internet]. Vol. 92, American Scientist. CHMS2013; 2013 [citado 11 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle2/chms-ecms-cycle2-eng.pdf
 218. Den Hond E, Govarts E, Willems H, Smolders R, Casteleyn L, Kolossa-Gehring M, et al. First steps toward harmonized human biomonitoring in Europe: demonstration project to perform human biomonitoring on a European scale. *Environ Health Perspect* [Internet]. marzo de 2015 [citado 7 de mayo de 2019];123(3):255-63. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25493439>
 219. López-Herranz A, Cutanda F, Esteban M, Pollán M, Calvo E, Pérez-Gómez B, et al. Cadmium levels in a representative sample of the Spanish adult population: The BIOAMBIENT.ES project. *J Expo Sci Environ Epidemiol* [Internet]. 22 de septiembre de 2016 [citado 5 de junio de 2019];26(5):471-80. Disponible en: <http://www.nature.com/articles/jes201525>
 220. McClure LF, Niles JK, Kaufman HW. Blood Lead Levels in Young Children: US, 2009-2015. *J Pediatr* [Internet]. agosto de 2016 [citado 12 de junio de 2019];175:173-81. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27297207>
 221. Llop S, Porta M, Martínez MD, Aguinagalde X, Fernández MF, Fernández-Somoano A,

- et al. Estudio de la evolución de la exposición a plomo en la población infantil española en los últimos 20 años. ¿Un ejemplo no reconocido de «salud en todas las políticas»? *Gac Sanit* [Internet]. marzo de 2013 [citado 3 de junio de 2019];27(2):149-55. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S021391111200101X>
222. Berglund M, Lind B, Vahter M, Sörensen S. Impact of Soil and Dust Lead on Children's Blood Lead in Contaminated Areas of Sweden. *Arch Environ Health* [Internet]. marzo de 2000 [citado 12 de junio de 2019];55(2):93-7. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00039890009603393>
223. Bjerre B, Berglund M, Harsbo K, Hellman B. Blood lead concentrations of Swedish preschool children in a community with high lead levels from mine waste in soil and dust [Internet]. Vol. 19, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health Finnish Institute of Occupational Health Danish National Research Centre for the Working Environment Norwegian National Institute of Occupational Health; 1993 [citado 20 de marzo de 2019]. p. 154-61. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/40966130>
224. Danse IHR, Garb LG, Moore RH. Blood Lead Surveys of Communities in Proximity to Lead-Containing Mill Tailings. *Am Ind Hyg Assoc J* [Internet]. 4 de abril de 1995 [citado 20 de marzo de 2019];56(4):384-93. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15428119591017015>
225. Meyer I, Heinrich J, Trepka MJ, Krause C, Schulz C, Meyer E, et al. The effect of lead in tap water on blood lead in children in a smelter town. *Sci Total Environ* [Internet]. 19 de enero de 1998 [citado 14 de junio de 2019];209(2-3):255-71. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969798801162?via%3Dihub>
226. Moffat WE. Blood lead determinants of a population living in a former lead mining area in Southern Scotland. *Environ Geochem Health* [Internet]. marzo de 1989 [citado 11 de octubre de 2019];11(1):3-9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24202199>
227. Bernard AM, Vyskocil A, Roels H, Kriz J, Kodl M, Lauwerys R. Renal Effects in Children Living in the Vicinity of a Lead Smelter. *Environ Res*. febrero de 1995;68(2):91-5.
228. Lekouch N, Sedki A, Nejmeddine A, Gamon S. Lead and traditional Moroccan pharmacopoeia. *Sci Total Environ* [Internet]. 3 de diciembre de 2001 [citado 14 de junio de 2019];280(1-3):39-43. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969701008014?via%3Dihub>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta estudio EMBLEMA



Encuesta recogida de información «Estudio epidemiológico en pueblos de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena (EMBLEMA) para valoración de los niveles de exposición interna de metales pesados en las madres y en niños y niñas de 6 a 11 años»

La información contenida en este formulario, que permitiría identificar a cualquier individuo, ha sido recogida con la garantía de que será mantenida en la más estricta confidencia y sólo será utilizada para los propósitos establecidos para este estudio. No será divulgada o entregada a otro sin consentimiento del entrevistado, quedando sujeta a las leyes del secreto estadístico.

BLOQUE 1

DATOS DE LA ENCUESTA

Fecha de la encuesta: ____ / ____ / ____

Id Encuesta: _____

Hora inicio: ____ : ____

Id Encuestador: _____

Hora final: ____ : ____

Buenos días, ¿Es usted (leer nombre y apellidos de la madre)?

Como sabe, estamos aquí para realizar la Encuesta para el Estudio Epidemiológico en los Pueblos de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena.

El objetivo de la encuesta es recoger información sobre ciertas características sociodemográficas, estilos de vida y hábitos y patrones nutricionales que pueden tener relación con los niveles de metales pesados en el organismo. Sus respuestas van a ser de gran utilidad y, por ello, queremos agradecerle de antemano su colaboración.

BLOQUE 2

DATOS IDENTIFICACIÓN DEL NIÑO

Nombre: _____

Primer Apellido: _____

Segundo Apellido: _____

Fecha Nacimiento: ____ / ____ / ____

Sexo: 1 Hombre

2 Mujer

Colegio: _____

Población: _____

- Curso: 1 Primero de Primaria
2 Segundo de Primaria
3 Tercero de Primaria
4 Cuarto de Primaria
5 Quinto de Primaria
6 Sexto de Primaria

BLOQUE 3

DATOS IDENTIFICACIÓN DE LA MADRE/TUTORA

Nombre: _____

Primer Apellido: _____

Segundo Apellido: _____

Fecha Nacimiento: ____/____/____

País de Nacimiento: _____

Localidad de Nacimiento: _____

Dirección domicilio habitual: _____

Población: _____ C.P.: _____

Cuestionario dietético. Madres

Primero le vamos a realizar una serie de preguntas que tratan de la alimentación. Para contestar estas preguntas intente centrar su memoria **en su alimentación de los últimos 7 días**. (Repetir varias veces durante el cuestionario si vemos que se despista. Centrarse en los últimos 7 días y en la alimentación solo de la madre)

1. En una la última semana, ¿con qué frecuencia ha hecho el desayuno?

| | | | |
|----------------------------|------------------------------|--|----------------------------|
| Nunca | Algunos días (1 – 3 días) | La mayoría de los días (4 – 6 días) | Todos los día |
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

2. ¿Qué desayuno habitualmente esa semana? (puede marcar varias opciones)

| | |
|---|--------------------------|
| Nada, no suele desayunar | <input type="checkbox"/> |
| Leche | <input type="checkbox"/> |
| Batidos lácteos | <input type="checkbox"/> |
| Yogur, queso u otros lácteos | <input type="checkbox"/> |
| Café, chocolate, cacao | <input type="checkbox"/> |
| Pan, tostadas | <input type="checkbox"/> |
| Galletas | <input type="checkbox"/> |
| Cereales de desayuno u otros cereales | <input type="checkbox"/> |
| Bollería | <input type="checkbox"/> |
| Fruta fresca o zumo exprimido natural (no envasado) | <input type="checkbox"/> |
| Zumos envasados | <input type="checkbox"/> |
| Otros alimentos (huevos, jamón,...) | <input type="checkbox"/> |

3. En los días de trabajo, (respuestas excluyentes en cada pregunta. Se refiere a la comida principal)

| | | | |
|------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| | En casa | En el trabajo (menú) | En el trabajo (comida elaborada en casa) |
| ¿Dónde desayuna? | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |
| Y ¿dónde come? | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |

4. De nuevo, centrándose en la última semana, ¿con qué frecuencia comió o bebió los siguientes alimentos o bebidas?

| | Frecuencia semanal | | | | Porciones por día (si la respuesta anterior es distinta a nunca) | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| 1. Fruta fresca | | | | | | | | |
| ▪ Aguacate | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Melón, sandía | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Melocotón, albaricoque | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Manzana, pera | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Naranja, mandarina | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Platanos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Fresas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

| 2. Verdura fresca (excluir las patatas) | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ▪ Lechuga | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Espinacas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Tomate | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Coliflor | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Berenjena | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Calabacín | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Setas, champiñones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 3. Tubérculos | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Patatas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Otros tubérculos (yuca, mandioca, boniato) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 4. Lácteos | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Leche o batidos | | | | | | | | |
| • Desnatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Semidesnatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Entero | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Yogur | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Entero | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Desnatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Queso | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Curado o semicurado (manchego) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Cremoso o en porciones (bola, fundir, lonchas) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Blanco o fresco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Otros productos lácteos (natillas, helado, cuajada, crema de queso u otros) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 5. Carne | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Pollo, pechuga | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Cerdo, lomo o hamburguesa | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Cerdo, longaniza | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Conejo | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Cordero | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Filete de ternera | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Hígado u otras vísceras | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

| | | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ▪ Jamón cocido, salchichas Frankfurt | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Embutidos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 6.Pescado | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Sardinas frescas/boquerones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Sardinas enlatadas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Atún fresco, bonito | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Atún enlatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Anchoa, caballa | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Pez espada | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Salmón | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Lenguado, merluza | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Salmonete, pescado de roca | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Dorada, lubina | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 7.Cefalópodo y marisco | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Sepia, calamar | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Pulpo | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Mejillones, almejas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Caracoles, serranas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Gambas, camarones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 8. Aperitivos (patatas fritas, maíz frito, palomitas) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 9.Frutos secos (cacahuets, almendras, nueces) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 10.Bollería industrial (galletas, pasteles, donuts, bollos), caramelos, chocolate | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 11.Pizzas, empanadas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 12.Huevos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 13.Aceites y grasas (crudo o para cocinar) | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Aceite de oliva, de almazara | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ▪ Aceite de oliva, de supermercado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Otros aceites (girasol, maíz, soja) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Mantequilla | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Margarina | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 14. Legumbres | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Guisantes | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Judías verdes | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Habas frescas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Alubias, habichuelas, michirones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Garbanzos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Lentejas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 15. Cereales de desayuno u otros | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integrales | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ No integrales | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 16. Arroz | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Blanco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 17. Pasta | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ No integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 18. Pan | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Blanco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 19. Bebidas | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Vino | | | | | | | | |
| • Blanco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Rosado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Tinto | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Cerveza | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Licores | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Refrescos o bebidas azucaradas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Zumo de fruta | | | | | | | | |
| • Envasado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Natural | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Café o té | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

5. ¿Dónde suele adquirir o comprar las frutas consumidas en casa? (ya no es la última semana, se refiere de forma habitual)

| Producción propia (huerto) | Comprado en el mercado tradicional | Comprado en el supermercado | Tipo de comercio (si 2 o 3) |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> Biológico 2 <input type="checkbox"/> Tradicional |

6. ¿Cuál de las siguientes es la fuente principal del agua que beben en casa?

| Grifo (la red pública) | Agua embotellada | Fuentes públicas | Aljibe o pozo propio | Otros |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> |

7. ¿Qué cantidad de agua toma al día?

| 1 a 2 vasos | 2 a 4 vasos | 4 a 6 vasos | 6 a 8 vasos | más de 8 vasos |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> |

8. ¿Dónde suele adquirir el pescado que consumen en casa?

| Frescos, pescadería | Fresco, supermercado | Congelado | Pesca (autoabastecimiento) |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

9. ¿Y las carnes?

| Carnicería tradicional | Carnicería supermercado | Congelada | Producción propia |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

10. ¿Cría algún tipo de animal doméstico para su posterior consumo como carne?

- 1 No
2 Sí

11. ¿Dónde suele adquirir los huevos que consumen en casa?

| Comercio tradicional | Supermercado | Producción propia |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |

12. Tipos de huevos que consumen habitualmente en el hogar.

| |
|--|
| 1 <input type="checkbox"/> Huevos de gallinas criadas en jaula (número 3) 2 <input type="checkbox"/> Huevos de gallinas criadas en el suelo (número 2) 3 <input type="checkbox"/> Huevos de gallinas criadas al aire libre (número 1) 4 <input type="checkbox"/> Huevos de gallinas criadas al aire con alimento ecológico (número 0) 98 <input type="checkbox"/> No sabe 99 <input type="checkbox"/> No contesta |
|--|

13. En casa, ¿emplean utensilios de barro para almacenar alimentos, aperitivos (olivas), o líquidos?

- 1 No
2 Sí

14. Y ¿para cocinar?

- 1 No
2 Sí

Actividades al aire libre

15. ¿Cuántas horas al día dedica a cada una de las siguientes actividades?
- Trabajo fuera de casa _____
 - Actividades al aire libre (deporte, ir a recoger a los niños, parque....) _____
 - Actividades dentro de casa _____
 - Actividades en recinto cerrado (pabellón deportivo, gimnasio, supermercado,coche) _____

Cuestionario sociodemográfico. Madre

16. ¿Está usted casada, soltera,...?: Soltera
 Casada/vive en pareja
 Viuda
 Separada
 Divorciada
17. ¿Hasta dónde completó sus estudios, incluyendo los escolares?:
 No sabe leer o escribir
 Estudios primarios incompletos (< de 5 años en la escuela)
 Educación primaria completa [6º EGB]
 Educación secundaria primer ciclo (1º y 2º ESO) [7º - 8º EGB]
 Educación secundaria segundo ciclo (3º y 4º ESO) [1º - 2º BUP]
 Bachillerato [3º BUP – COU]
 Universitarios
 Doctorado
18. ¿Trabaja actualmente?: Trabajando
 Parada
 Jubilada o retirada del trabajo/pensionista
 Incapacitada permanente
 Estudiante
 Dedicada a las labores del hogar
19. ¿Ha fumado alguna vez en su vida? No (Fin)
 Sí
20. ¿Fuma actualmente? No (p20)
 Ocasionalmente
 A diario
21. ¿Cuántos cigarrillos fuma al día?: _____
22. ¿Padece usted de alguna de estas enfermedades?
- Problemas de tiroides No
 Sí
- Anemia No
 Sí
- Enfermedad renal No
 Sí
- Diabetes No
 Sí
- Tensión arterial alta No
 Sí
- Cáncer No

| |
|---|
| <input type="checkbox"/> Sí ¿Sigue teniendo periódicamente la regla? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí, regularmente <input type="checkbox"/> Sí, pero con algún fallo |
|---|

Cuestionario del Hogar

23. Cuántas personas viven en el hogar: _____

24. Pregunte expresamente por...:

- 1 Madre/Tutora
- 2 Padre/Tutor
- 3 Hijos/as (indicar número _____)
- 4 Abuela
- 5 Abuelo
- 6 Otro _____

25. ¿Cuántas personas trabajan en el hogar? _____

26. Indíquenos, por favor, la profesión y una leve descripción del trabajo de las personas que trabajan en el hogar:

| Persona | Relación | Profesión | Descripción |
|---------|----------|-----------|-------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

Relación: Establecer código en base a los códigos de la pregunta 24

27. ¿Hay alguna persona que conviva en el hogar que sea fumadora?

- 1 No
- 2 Sí

28. Algunas personas que fuman también lo hacen en casa, ocurre esto también en su hogar

- 1 No
- 2 Sí

Características del Hogar

29. ¿Ha cambiado en los últimos 6 años de vivienda?

- 1 No
- 2 Sí

30. Número de años de residencia en la vivienda actual: _____

31. Clase de vivienda actual:

- 1 Vivienda unifamiliar independiente
- 2 Vivienda unifamiliar adosada o pareada
- 3 Piso o apartamento en un edificio de menos de 10 viviendas

- 4 Piso o apartamento en un edificio de 10 o más viviendas
- 5 Vivienda situada en un edificio destinado a otros fines (colegio, oficina, taller, etc.)
- 6 Otro tipo de vivienda (chabola, cabaña, barraca, etc.)

32. Año de construcción de la vivienda (Esta información se puede obtener del catastro): _____

33. Año de construcción de la vivienda

- 1 Anterior a 1940
- 2 Entre 1940 y 1949
- 3 Entre 1950 y 1959
- 4 Entre 1960 y 1969
- 5 Entre 1970 y 1979
- 6 Entre 1980 y 1989
- 7 1990 o posterior
- 8 No sabe

34. ¿Ha tenido la vivienda alguna reforma para cambiar las tuberías del agua?

- 1 No → P35
- 2 Sí

35. Año de la reforma tuberías: _____

36. ¿Cómo son o de qué tipo son las ventanas de su casa (Fotos): 1 Puertas correderas

- 2 Puertas abatibles
- 3 Fijas (no se abren)

37. ¿Son simples o dobles? Nota: Si hay dos ventanas, una más interior que la otra

- 1 Simple
- 2 Doble

38. ¿Qué tipo de cristal tienen las ventanas:

- 1 Cristal simple
- 2 Doble cristal

39. ¿Con qué frecuencia se realizan estas tareas de limpieza en casa?

| | Diaria | Más de 3 veces/semana | Dos veces/semana | Una vez a la semana | Menos de una vez a la semana | No se realiza |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Limpiar el polvo con aspiradora | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | 6 <input type="checkbox"/> |
| Limpiar el polvo con bayeta húmeda | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | 6 <input type="checkbox"/> |
| Limpiar el polvo con bayeta seca/plumero | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | 6 <input type="checkbox"/> |
| Barrer | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | 6 <input type="checkbox"/> |
| Fregar | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | 6 <input type="checkbox"/> |

40. ¿Tiene aire acondicionado en casa?

- 1 No
- 2 Sí

41. ¿Lo ha utilizado en la última semana?

- 1 No
- 2 Sí

42. En casa, ¿duermen los niños con las ventanas abiertas?

- 1 No
- 2 Sí

43. Ingresos totales del hogar por mes (incluye los ingresos de ambos progenitores)

- 1 550 euros o menos
- 2 De 551 a 800 euros
- 3 De 801 a 1050 euros
- 4 De 1051 a 1300 euros
- 5 De 1301 a 1550 euros
- 6 De 1551 a 1850 euros
- 7 De 1851 a 2250 euros
- 8 De 2251 a 2700 euros
- 9 De 2700 a 3450 euros
- 10 Más de 3450 euros
- 98 No sabe
- 99 No contesta

Cuestionario dietético. Niños

Para contestar estas preguntas intente centrar su memoria **en la alimentación de su hijo/a los últimos 7 días**. (Repetir varias veces durante el cuestionario si vemos que se despista. Centrarse en los últimos 7 días y en la alimentación solo del hijo/a incluido en el estudio, por ejemplo preguntando específicamente por él o ella)

44. En una semana normal, ¿con qué frecuencia desayuna su hijo/a?

| | | | |
|----------------------------|------------------------------|--|----------------------------|
| Nunca | Algunos días (1 – 3 días) | La mayoría de los días (4 – 6 días) | Todos los días |
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

45. ¿Qué desayuna habitualmente su hijo/a? (puede marcar varias opciones)

| | |
|---|--------------------------|
| Nada, no suele desayunar | <input type="checkbox"/> |
| Leche | <input type="checkbox"/> |
| Batidos lácteos | <input type="checkbox"/> |
| Yogur, queso u otros lácteos | <input type="checkbox"/> |
| Café, chocolate, cacao | <input type="checkbox"/> |
| Pan, tostadas | <input type="checkbox"/> |
| Galletas | <input type="checkbox"/> |
| Cereales de desayuno u otros cereales | <input type="checkbox"/> |
| Bollería | <input type="checkbox"/> |
| Fruta fresca o zumo exprimido natural (no envasado) | <input type="checkbox"/> |
| Zumos envasados | <input type="checkbox"/> |
| Otros alimentos (huevos, jamón,...) | <input type="checkbox"/> |

46. En los días de colegio, ¿dónde desayuna y come su hijo?

| | | | |
|----------|----------------------------|-------------------------------------|---|
| | En casa | En el colegio (menú del colegio) | En el colegio (comida elaborada en casa) |
| Desayuno | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |
| Comida | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |

47. En una semana normal, ¿con qué frecuencia come o bebe su hijo/a los siguientes alimentos o bebidas?

| | Frecuencia semanal | | | | Porciones por día (si la respuesta anterior es distinta a nunca) | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| 1. Fruta fresca | | | | | | | | |
| ▪ Aguacate | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Melón, sandía | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Melocotón, albaricoque | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Manzana, pera | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Naranja, mandarina | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Plátanos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Fresas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

| 2. Verdura fresca (excluir las patatas) | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ▪ Lechuga | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Espinacas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Tomate | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Coliflor | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Berenjena | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Calabacín | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Setas, champiñones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 3. Tubérculos | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Patatas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Otros tubérculos (yuca, mandioca, boniato) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 4. Lácteos | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Leche o batidos | | | | | | | | |
| • Desnatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Semidesnatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Entero | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Yogur | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Entero | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Desnatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Queso | | | | | | | | |
| • Curado o semicurado (manchego) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Cremoso o en porciones (bola, fundir, lonchas) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Blanco o fresco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Otros productos lácteos (natillas, helado, cuajada, crema de queso u otros) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 5. Carne | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Pollo, pechuga | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Cerdo, lomo o hamburguesa | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Cerdo, longaniza | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Conejo | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Cordero | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Filete de ternera | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Hígado u otras vísceras | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

| | | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ▪ Jamón cocido, salchichas Frankfurt | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Embutidos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 6.Pescado | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Sardinas frescas/boquerones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Sardinas enlatadas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Atún fresco, bonito | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Atún enlatado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Anchoa, caballa | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Pez espada | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Salmón | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Lenguado, merluza | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Salmonete, pescado de roca | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Dorada, lubina | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 7.Cefalópodo y marisco | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Sepia, calamar | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Pulpo | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Mejillones, almejas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Caracoles, serranas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Gambas, camarones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 8. Aperitivos (patatas fritas, maíz frito, palomitas) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 9.Frutos secos (cacahuets, almendras, nueces) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 10.Bollería industrial (galletas, pasteles, donuts, bollos), caramelos, chocolate | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 11.Pizzas, empanadas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 12.Huevos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 13.Aceites y grasas (crudo o para cocinar) | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Aceite de oliva, de almazara | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

| | | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ▪ Aceite de oliva, de supermercado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Otros aceites (girasol, maíz, soja) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Mantequilla | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Margarina | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 14. Legumbres | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Guisantes | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Judías verdes | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Habas frescas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Alubias, habichuelas, michirones | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Garbanzos | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Lentejas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 15. Cereales de desayuno u otros | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integrales | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ No integrales | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 16. Arroz | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Blanco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 17. Pasta | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ No integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 18. Pan | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Integral | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Blanco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| 19. Bebidas | Nunca | 1 por semana | 2-4 por semana | 5-6 por semana | 1 por día | 2-3 por día | 4-5 por día | +6 por día |
| ▪ Refrescos o bebidas azucaradas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Zumo de fruta | | | | | | | | |
| • Envasado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Natural | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Café o té | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| NOTA AL ENTREVISTADOR: Antes de preguntar los ítems sobre las bebidas alcohólicas, preguntar si beben o no alcohol. | | | | | | | | |
| ¿En la última semana, ha bebido su hijo alcohol? | | | | | | | | |
| 1 <input type="checkbox"/> No | | | | | | | | |
| 2 <input type="checkbox"/> Sí | | | | | | | | |
| ▪ Vino | | | | | | | | |
| • Blanco | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Rosado | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| • Tinto | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

Cuestionario del niño

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ▪ Cerveza | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Licores | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |
| ▪ Refrescos o bebidas azucaradas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

Actividades en el hogar

48. En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia su hijo/a ha realizado estas actividades en el hogar?

| | Frecuencia | | | | | Duración (en minutos) |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | Ninguna | < 1 vez por semana | 2-3 veces por semana | > 3 veces por semana | A diario | |
| Estudiar, hacer los deberes | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Ver la TV | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Utilizar videojuegos, el ordenador, la Tablet o el móvil | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Leer | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Jugar con sus juguetes o cosas | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |

Actividades en recinto cerrado

49. En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia su hijo/a ha realizado estas actividades deportivas en un pabellón de deporte?

| | Frecuencia | | | | | Duración (en minutos) |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | Ninguna | < 1 vez por semana | 2-3 veces por semana | > 3 veces por semana | A diario | |
| Deporte en equipo (fútbol, baloncesto, etc.) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Gimnasia | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Atletismo | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Hacer artes marciales (judo, etc.) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Clases de danza o baile | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |

Actividades al aire libre

50. En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia su hijo/a ha realizado estas actividades al aire libre?

| | Frecuencia | | | | | Duración (en minutos) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | Ninguna | < 1 vez por semana | 2-3 veces por semana | > 3 veces por semana | A diario | |
| Jugar en el parque | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |
| Pasear a la mascota | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | _____ |

Actividades al aire libre (continuación)

| 51. En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia su hijo/a ha realizado estas actividades al aire libre? | | | | | | |
|---|---------|-------------|---------------|---------------|----------|--------------------------|
| | Ninguna | < 1 vez por | 2-3 veces por | > 3 veces por | A diario | Duración (en minutos) |
| | | | | | | |

Anexo 2. Tríptico estudio EMBLEMA

¿Qué beneficios se obtienen?

Su participación es indispensable para conocer el nivel de exposición asociado a los desechos de la minería. Además, ayudará a aumentar el conocimiento sobre los niveles normales de estos metales y los factores que se asocian a los mismos.

Finalmente, una parte de la muestra de sangre extraída, tanto de la madre como del niño o niña, se aprovechará para realizar una analítica de control de la que serán informados por el equipo médico.

¿Qué hacer para participar?

Una persona del equipo le llamará para explicarle el estudio, solicitar su colaboración y concertar una visita en su Centro de Salud.

Para más información,
llame gratis al número de teléfono
900 255 000
o al correo electrónico
sierraminera@carm.es



**ESTUDIO
EPIDEMIOLÓGICO
EN PUEBLOS DE LA
SIERRA MINERA DE
LA UNIÓN – CARTAGENA
PARA VALORACIÓN
DE LA EXPOSICIÓN
A METALES PESADOS
(EMBLEMA)**

*Con su participación
¡se puede!*

¿Qué es el estudio EMBLEMA?

Un estudio epidemiológico en los Pueblos de la Sierra Minera promovido por la Consejería de Salud, en colaboración con el Servicio Murciano de Salud y la Consejería de Educación, Juventud y Deportes, para medir los niveles de exposición a los metales pesados en la población.

¿Cuál es su objetivo?

Está dirigido a estudiar la exposición a plomo, cadmio y arsénico en los pueblos de la Sierra Minera y compararlos con los niveles de otras poblaciones vecinas sin antecedentes de actividad o de exposición a los desechos de la minería.



¿Dónde se realiza el estudio?

El estudio se realiza en las localidades de Pozo Estrecho, La Palma, El Albuñón, La Aljorra, La Unión, Portmán, Llano del Beal y El Estrecho.

¿A quién va dirigido el estudio?

El estudio tiene como población objetivo a niñas y niños de 6 a 11 años de edad y a sus madres.

¿Quién puede participar en el estudio?

Las familias participantes se eligen de forma aleatoria entre la población escolarizada en las localidades seleccionadas para el estudio.

¿En qué consiste su participación?

- Contestar una entrevista para recoger datos sociodemográficos (edad, sexo, etc.), de los alimentos que toma habitualmente, de las actividades de recreo y de ciertas características del hogar,
- aportar una muestra de sangre y de orina, y
- toma de medidas de la altura y el peso.



Anexo 3. Cartel estudio EMBLEMA



Región de Murcia
Consejería de Salud

Dirección General de Salud Pública
y Adicciones



Región de Murcia
Consejería de Educación,
Juventud y Deportes

EMBLEMA



*ROGELIO-JOAGUÍN



“si participas, ganamos”

Anexo 4. Hoja de información del estudio EMBLEMA



INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE EN EL ESTUDIO SIERRA MINERA

La Consejería de Salud, en colaboración con el Servicio Murciano de Salud, está realizando un estudio epidemiológico para evaluar los niveles en sangre y orina de ciertos metales (arsénico, cadmio y plomo) en los pueblos de la Sierra Minera de La Unión – Cartagena y en las poblaciones de Pozo Estrecho, El Albujión, La Aljorra y La Palma.

Los metales, como los descritos, son constituyentes normales de la tierra, pero alcanzan concentraciones muy elevadas sobre el terreno en áreas con actividad minera, actual o antigua. Todas las personas, independientemente de dónde vivan, tienen contacto con estas sustancias y la exposición habitual es a través de la vía digestiva. Esta exposición se puede considerar normal y no acarrea ningún problema para la salud. Por tanto, todos tenemos cierta cantidad de estos metales en nuestro organismo.

Objetivo del estudio

El objetivo del estudio es evaluar los niveles de arsénico, cadmio y plomo en sangre y orina en la población residente en el área minera de La Unión – Cartagena y compararlos con los de una población vecina residente sobre un terreno sin antecedentes de explotación minera (poblaciones de Pozo Estrecho, El Albujión, La Aljorra y La Palma).

¿Por qué se le pide su participación?

Se le invita a participar tras ser elegido mediante un proceso aleatorio que permita la representatividad de los datos. Su participación es indispensable para asegurar la validez de las conclusiones del estudio, ya que pretendemos medir lo que nos ocurre a todos. Para ello compararemos lo que sucede en dos áreas, una con antecedente de explotación minera, donde sabemos la concentración de estas sustancias en el suelo es mucho mayor, y un área sin este antecedente.

¿Qué involucra este estudio?

El estudio está dirigido a las madres y a los niños con una edad entre 6 y 11 años y consta de una primera visita en la que se recogerán las muestras de orina y sangre biológicas y datos antropométricos básicos como son el peso y la talla. En una segunda visita se recogerá información mediante un cuestionario que se realizará con ayuda de un/a entrevistador/a.

¿En qué consiste su participación?

Su participación es voluntaria. Puede rechazar participar en el estudio e incluso abandonarlo una vez iniciado si así lo desea, sin tener que dar explicaciones por ello.

Si acepta participar en el estudio, su aportación al mismo se realizará a través de dos visitas. Para la primera visita recibirá una llamada telefónica para concertar la cita en su centro de salud, en ella, se le indicará donde debe acudir para recibir el material necesario para la obtención de la muestra orina. El día de la visita, deberá recoger una muestra de la primera orina de la mañana y llevarla a su centro de salud, tanto de usted como de su hijo/a. Una vez allí, un profesional de enfermería del estudio les realizará a usted y su hijo/a, las mediciones de la talla, el peso, la composición corporal, la cintura y la cadera. Este mismo profesional de enfermería será el encargado de tomar las muestras sanguíneas. Para ello, procederá a realizar una punción sobre una vena del brazo y se extraerá una cantidad pequeña de sangre a ambos (14 a 16 mL).

Tras la obtención de las muestras de sangre y orina y de los datos de antropometría, se le citará para la realización de la entrevista (en su domicilio o dónde mejor le pueda venir), cuya duración está en torno a los 45 minutos. Ésta consistirá, con la ayuda de un/a entrevistador/a, en responder a las preguntas de un cuestionario que recogerá datos sociodemográficos de la madre, datos del niño o niña (actividades recreacionales, hábitos y presencia de ciertas enfermedades), datos del hogar, datos nutricionales y dietéticos del niño o niña y la madre y datos sobre la actividad física de la madre.

Las muestras recogidas serán utilizadas exclusivamente con fines científicos relacionados con los objetivos del estudio. Según la Ley 14/2007 de Investigación Biomédica, las muestras biológicas serán tratadas de forma anónima, identificadas con un código, para que no se pueda identificar al participante.

Con las muestra biológicas se procederá a la determinación de los niveles de cadmio en orina, plomo en sangre y orina y de arsénico. Además, se medirán ciertos parámetros de control y de ajuste, como el nivel de cotinina orina, el nivel de hemoglobina y de ferritina y la concentración de creatinina en sangre y orina. También se realizarán un hemograma y una bioquímica básicos.

Por último, informarle que se puede volver a contactar en el futuro con usted si fuera necesario para recabar información adicional, que no se hubiera podido recoger por otra vía

Beneficios potenciales

Su participación es muy importante ya que contribuirá a aumentar el conocimiento que se tiene sobre los niveles medios de estos metales en el organismo. Estos conocimientos científicos son imprescindibles para poder valorar los posibles efectos sobre la salud que puedan tener los desechos de la minería, por un lado, y para obtener unos valores con los que poder compararnos con otras áreas de España. Finalmente, el estudio contempla la realización con parte de la muestra de sangre de una analítica general, de cuyo resultado será informado por parte del equipo médico.

Riesgos

La extracción de sangre puede ocasionar un hematoma en el lugar del pinchazo de

la aguja en la piel, pero se puede prevenir siguiendo las instrucciones del personal de enfermería que realizará la extracción. Por otra parte, algunas personas se marean e incluso se pueden desmayar por la extracción. No obstante, esta se realizará en su centro de salud o consultorio habitual, donde se podrá manejar adecuadamente cualquier problema que pueda surgir con la extracción de la muestra sanguínea.

Otros problemas asociados no implican riesgo, pero sí la molestia y el consumo de tiempo que le pueda acarrear su participación, altruista y generosa, en el estudio.

Confidencialidad

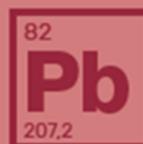
La información obtenida en el estudio será confidencial, y se almacenará de forma anonimizada en un fichero de datos automatizados, de acuerdo con lo que establece la Ley Orgánica 15/99 de Protección de datos de Carácter Personal (LOPD). Nadie, excepto los investigadores del proyecto de investigación, tendrá acceso a su información personal.

La explotación y elaboración de las bases de datos se realizará siempre cumpliendo con todos los estándares de calidad dictados en la LOPD. Cada participante del estudio epidemiológico dispondrá de un código identificativo que permitirá obviar el empleo de sus datos personales en el tratamiento y la explotación de los datos.

Apreciamos sinceramente su colaboración en este estudio.

Si tiene alguna pregunta sobre el estudio de la Sierra Minera, puede llamar a los Investigadores Principales, Dra. M. Dolores Chirlaque, Jesús Humberto Gómez o Natalia Cabrera al teléfono gratuito del Servicio de Epidemiología: 900 255 000 o al correo electrónico sierraminera@carm.es

Reduciendo la exposición al plomo



¿Qué es el plomo?

Es un metal de color gris azulado que se encuentra en una mínima cantidad en la corteza terrestre de forma natural. Su presencia ha aumentado por su uso por el hombre: minería, quema de combustibles fósiles (hasta el año 2001 era aditivo de las gasolinas) y en la fabricación de distintos objetos, como son baterías de coches, munición, tuberías o pinturas y pigmentos.



¿Cómo puedo estar expuesto al plomo?



A través de los alimentos, que pueden tener pequeñas cantidades de plomo. La procedencia de los alimentos influye en esta cantidad. Los límites máximos de plomo permitidos están regulados por la Unión Europea y son muy bajos.



A través del agua, principalmente si se abastece por medio de tuberías de plomo en las casa o acometidas (que se usaban antes de los años 80). En España hay establecidos límites máximos de plomo en el agua de consumo.



A través del polvo en suspensión o depositado, que se encuentra en mayor cantidad en suelos que han tenido gran exposición como son zonas mineras o industriales.



Por el contacto con el polvo que generan muchas pinturas antiguas cuando se degradan (descascarillan) o se realizan reformas en casas antiguas.



Trabajando en ámbitos laborales o con hobbies donde se utilice (metalurgia, talleres mecánicos, vidrieras, figuritas de plomo...).



Al estar expuesto al humo del tabaco. Es una de las sustancias nocivas que hay en el tabaco.



A través de algunos cosméticos, joyas o juguetes.



Al cocinar o almacenar la comida en cazuelas o recipientes de barro, material donde existe la posibilidad de encontrar plomo, que se libera a los alimentos.



Los niños y las niñas pequeños tienen conductas propias de su desarrollo, como es el chupeteo o el comer tierra, que los hacen especialmente vulnerables en ambientes contaminados.

¿Qué efectos puede provocar en mi salud?

Principalmente afecta a los niños en su desarrollo neurológico. Se acumula en el cuerpo y puede producir efectos a largo plazo. En los adultos se ha asociado a hipertensión arterial y enfermedades renales crónicas.

¿Cómo puedo reducir el riesgo de exposición al plomo?



Limpiándose los zapatos en el felpudo al entrar a casa o quitándose los en la entrada.

Limpiando el polvo con un paño húmedo de las superficies planas de la casa, incluyendo los juguetes.

Lavándose las manos a menudo, y más tras estar en contacto con polvo. Es muy importante que los niños y las niñas se laven las manos después de jugar y antes de comer y dormir.

Evitando que los niños y niñas se lleven a la boca pintura o tierra.

No mordiendo las uñas y llevándolas cortas y limpias.

No fumando y protegiendo, sobre todo a los niños y niñas, de ambientes con humo de tabaco.

Evitando estar presente en remodelaciones de casas antiguas y limpiando profundamente la casa si se han realizado.

Impidiendo que los niños y niñas muy pequeños tengan contacto con cosméticos o joyería, especialmente si son importados o no tienen información sobre ingredientes.

Con una nutrición adecuada, rica en hierro, calcio y vitamina C, que disminuyen la absorción de plomo.

No utilizando cazuelas o recipientes de barro para cocinar o guardar alimentos, salvo que tenga la seguridad de que están exentos de plomo.

Quitándose la ropa al llegar a casa si, por trabajo o hobby, puede haberse impregnado de plomo y lavándola separada del resto de la colada.

Evitando utilizar el agua caliente directamente del grifo para beber o cocinar.

¿Cómo se mide el plomo en las personas?

Para determinar el nivel de exposición al plomo se utiliza la medición en sangre.

¿Qué cantidad de plomo es seguro tener?

No hay nivel seguro de plomo.

No podemos decir que alguien no tiene plomo (valor cero), pero sí que la cantidad de plomo que tiene en sangre es indetectable por los métodos actuales de medida.

La OMS y la Academia de Pediatría de América han establecido valores para realizar acciones clínico-epidemiológicas. Por debajo de 5 µg/dL actualmente la recomendación es facilitar información para disminuir la exposición.

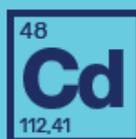
↓ 5 µg/dL

Ante cualquier duda consulte con su médico

Fuentes

- Organización Mundial de la Salud (OMS)
- ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades)
- AECOSAN (Agencia española de consumo, seguridad alimentaria y nutrición)
- AAP (Asociación americana de pediatría)

Reduciendo la exposición al cadmio



¿Qué es el cadmio?

Es un metal de color plateado que se encuentra unido a otros elementos en la corteza terrestre de forma natural. Su presencia ha aumentado por su uso por el hombre: minería, fundiciones, incineración de residuos, lodos de depuradoras, quema de combustibles fósiles, uso de fertilizantes fosfatados; y en la fabricación de distintos objetos, como son baterías, radiadores, revestimientos de metal y plástico, anticorrosivo en pinturas y pigmentos y paneles solares.



¿Cómo puedo estar expuesto al cadmio?



A través de los alimentos, que pueden tener pequeñas cantidades de cadmio. La procedencia de los alimentos influye en esta cantidad. Los límites máximos de cadmio permitidos en algunos alimentos están regulados por la Unión Europea y son revisados periódicamente según la evidencia científica. Se absorbe el 5-10 % del cadmio al que estamos expuestos en la dieta.

A través del agua. En España hay establecido un sistema de control del agua de consumo donde se establecen los límites permitidos, que son bajos.

A través del aire en lugares cerca de industrias que liberen cadmio.

A través de la ocupación laboral en ámbitos donde se utilice.

Al estar expuesto al humo del tabaco. Es una de las sustancias nocivas que hay en el tabaco. Las personas que fuman duplican la cantidad de cadmio en el cuerpo que aquellas que no lo hacen.

¿Qué efectos puede provocar en mi salud?

La exposición crónica al cadmio se ha asociado al desarrollo de cáncer en humanos. Se acumula en el hígado y en el riñón y puede producir efectos a largo plazo a nivel cardio-vascular, renal y sobre la densidad ósea.

La intoxicación aguda (por grandes concentraciones) produce problemas respiratorios graves o problemas digestivos.

¿Cómo puedo reducir el riesgo de exposición al cadmio?



Lavándose las manos a menudo, y sobre todo tras estar en contacto con polvo (muy importante que los niños y niñas se laven las manos después de jugar y antes de comer y dormir).

Limitando, en la medida de lo posible, el consumo de la carne oscura de los crustáceos, localizada en la cabeza.

Desechando adecuadamente las baterías de los aparatos electrónicos. Haciendo uso de los puntos limpios de cada ayuntamiento.

No permitiendo que los niños y niñas jueguen con baterías, especialmente los más pequeños.

No fumando y protegiendo, sobre todo a los niños y niñas, de ambientes con humo de tabaco.

Quitándose la ropa al llegar a casa si, por trabajo, puede haberse impregnado de cadmio y lavándola separada del resto de la colada.

Siguiendo las recomendaciones de los servicios de prevención de riesgos laborales en las industrias en la que se puede estar expuesto al cadmio.

¿Cómo se mide el cadmio en las personas?

Para determinar el nivel de exposición al cadmio se utiliza la medición en sangre o de forma más habitual en orina.

¿Qué cantidad de cadmio es seguro tener?

La EFSA (Agencia Europea de Seguridad Alimentaria) ha establecido una ingesta semanal tolerable de cadmio de 2,5 µg/Kg de peso.

La OSHA (Agencia de Administración de salud y seguridad ocupacional en USA) ha establecido unos valores de cadmio en sangre (>5 µg/L) y en orina (>3 µg/g creatinina) para realizar acciones clínico-epidemiológicas. Por debajo de estos niveles no hay recomendaciones para realizar acciones concretas, aunque sí facilitar información para disminuir la exposición.

↓ 5 µg/L

Ante cualquier duda consulte con su médico

Fuentes

- Organización Mundial de la Salud (OMS)
- ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades)
- AECOSAN (Agencia española de consumo, seguridad alimentaria y nutrición)
- OSHA (Agencia de administración de salud y seguridad ocupacional en USA)

Nutrición y plomo



Los niños y niñas absorben más fácilmente el plomo que los adultos.



El plomo se absorbe más rápido cuando el estómago está vacío.



Los alimentos ricos en hierro, calcio y vitamina C pueden reducir la absorción de plomo.

Para cocinar o almacenar alimentos hay que evitar los utensilios de barro, salvo que tenga la seguridad de que están exentos de plomo.

Se recomienda el consumo de 1 a 2 litros de agua al día para mantenernos hidratados.

Es conveniente planificar la compra de los alimentos con tiempo, verificar la calidad de los productos que adquirimos, mantener la cadena de frío y procurar aprovechar los productos de temporada.

Elija correctamente. Lea la etiqueta de información nutricional de los alimentos.



Fuentes de hierro:

Carnes magras, huevos (yema), pescados, mariscos, legumbres (lentejas, guisantes), frutos secos y verduras de hoja verde.



Fuentes de calcio:

Leche, yogurt, queso, almendras, espinacas, nueces y lechuga.



Fuentes de vitamina C:

Naranjas, kiwi, fresas, arándanos, melones, frambuesas, tomates, patatas, brócoli, calabaza y pimientos.



¿Cómo leo una etiqueta para saber si tiene hierro, vitamina C o calcio?

| INFORMACIÓN NUTRICIONAL | por 100 g | por ración de 30 g | Sol | 0,65 g | 0,20 g |
|-------------------------|-----------|--------------------|------------------|--------------|-------------|
| Energía | 1200 kJ | 360 kJ | VITAMINAS | | |
| Grasas | 40 g | 12 g | Vitamina D | 6,4 µg (127) | 1,9 µg (38) |
| Proteínas | 8 g | 2,4 g | Vitamina C | 102 mg (127) | 30 mg (38) |
| Carbohidratos | 75 g | 22,5 g | Tiamina (B1) | 8 mg (127) | 0,4 mg (38) |
| de los que son azúcares | 37 g | 11,1 g | Riboflavina (B2) | 75 mg (127) | 0,5 mg (38) |
| Almidón | 32 g | 9,6 g | MINERALES | | |
| Fibra | 7 g | 2,1 g | Hierro | 8,8 mg (63) | 2,7 mg (19) |
| Alcohol | 1 g | 0,3 g | Fósforo | 161 mg (23) | 49 mg (7) |
| Sales | 0,5 g | 0,15 g | Magnesio | 60 mg (16) | 19 mg (5) |
| Sal | 0,2 g | 0,06 g | | | |

Cosas que puedo hacer para reducir la exposición al plomo

The infographic is a circular diagram with a central white circle containing the lead element symbol: **Pb**, 82, 207.2. Surrounding this are eight colored segments, each with an illustration and a text box providing a tip. The tips are: 1. Top-left: 'Quitarme los zapatos al entrar en casa o limpiarlos en el felpudo' (Remove shoes when entering home or clean them in the doormat) with an illustration of shoes on a doormat. 2. Top-right: 'Comer alimentos ricos en hierro, calcio y vitamina C' (Eat foods rich in iron, calcium, and vitamin C) with an illustration of an orange and a glass of milk. 3. Right: 'Limpiar el polvo con un paño húmedo. También los juguetes' (Clean dust with a damp cloth. Also toys) with an illustration of a pink teddy bear and a white cloth. 4. Bottom-right: 'Evitar que los niños y las niñas estén expuestos al humo del tabaco' (Avoid children and girls being exposed to tobacco smoke) with an illustration of a girl and a cigarette. 5. Bottom: 'Si tienes dudas, acude a tu centro de salud' (If you have doubts, go to your health center) with an illustration of a doctor. 6. Bottom-left: 'Lavarme las manos a menudo' (Wash hands often) with an illustration of hands being washed. 7. Left: 'No fumar' (Do not smoke) with a 'no smoking' symbol. 8. Top-left: 'No utilizar recipientes de barro para cocinar o almacenar comida*' (Do not use earthenware containers for cooking or storing food*) with an illustration of a bowl of food. A small note below this tip reads: '* salvo que tenga la seguridad de que están exentos de plomo' (except if you are sure they are lead-free).

Quitarme los zapatos al entrar en casa o limpiarlos en el felpudo

Comer alimentos ricos en hierro, calcio y vitamina C

Limpiar el polvo con un paño húmedo. También los juguetes

Evitar que los niños y las niñas estén expuestos al humo del tabaco

Si tienes dudas, acude a tu centro de salud

Lavarme las manos a menudo

No fumar

No utilizar recipientes de barro para cocinar o almacenar comida*

* salvo que tenga la seguridad de que están exentos de plomo

82
Pb
207.2

Región de Murcia

Anexo 9. Modelo de comunicación de resultados individuales de cadmio y plomo



Murcia, XX de XXXXXX de 20XX

RESULTADOS DE METALES PESADOS DEL ESTUDIO EMBLEMA

| | PLOMO | CADMIO | |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| | Sangre ($\mu\text{g/dL}$) | Sangre ($\mu\text{g/L}$) | Orina ($\mu\text{g/g Creatinina}$) |
| Madre | | | |
| Hijo/a | | | |

Laboratorio: INSTITUTO DE TOXICOLOGÍA DE LA DEFENSA

Límites de detección:

- Plomo en sangre: 0,4 $\mu\text{g/dL}$
- Cadmio en sangre: 0,1 $\mu\text{g/L}$
- Cadmio en orina: 0,1 $\mu\text{g/L}$

Límites de cuantificación:

- Plomo en sangre: 1,3 $\mu\text{g/dL}$
- Cadmio en sangre: 0,5 $\mu\text{g/L}$
- Cadmio en orina: 0,5 $\mu\text{g/L}$

Anexo 10. Modelos de carta para comunicación de resultados



1. Modelo A. Cadmio < 3,5 µg/L y plomo < 3,5 µg/dL

Estimada **XXXXX XXXXX**:

Muchas gracias por su participación voluntaria en el estudio EMBLEMA. Le adjuntamos los resultados del análisis de metales pesados de usted y de su hijo Alberto Gómez Pérez, cadmio y plomo en sangre, y cadmio en orina, realizados dentro del estudio que puede llevar y consultar con su médico de atención primaria o pediatra.

Respecto al plomo indicarle que no hay nivel seguro, pero sus resultados, en ambos metales, se encuentran por debajo del punto de corte en el que la Organización Mundial de la salud recomienda estudio y seguimiento. Queda pendiente comunicarle el resultado del arsénico en orina, lo que haremos por esta vía cuando esté disponible.

2. Modelo B. Cadmio < 3,5 µg/L y plomo entre 3,5 µg/dL y 4,9 µg/dL

Estimada **XXXXX XXXXX**:

Muchas gracias por su participación voluntaria en el estudio EMBLEMA. Le adjuntamos los resultados del análisis de metales pesados, cadmio y plomo en sangre, y cadmio en orina, realizados dentro del estudio, tanto para usted como para su hijo/a **XXXXXX XXXXXX**. Queda pendiente comunicarle el resultado del arsénico en orina, lo que haremos por esta vía cuando estén disponible.

Para el cadmio sus niveles se encuentran por debajo del punto de corte en el que la Organización Mundial de la salud (OMS) recomienda estudio y seguimiento.

Respecto al plomo indicarle que no hay nivel seguro. La OMS recomienda estudio y seguimiento clínico-epidemiológico de aquellas personas con plomo en sangre por encima de 5 µg/dL. Usted/ su hijo/a presenta valores entre 3,5 µg/dL y 4,9 µg/dL, por lo que, siguiendo el principio de precaución, le ofrecemos realizar el seguimiento que se ha propuesto para los resultados por encima de 5 µg/dL. Estos valores no significan que usted/su hijo/a padezca una enfermedad.

Este estudio es voluntario y se ofrece a todas las personas que conviven en su casa. Tiene como objetivo volver a evaluar los niveles de plomo, el estado de salud y la identificación de posibles fuentes adicionales de exposición. Estará coordinado por el Servicio de Salud Pública de Cartagena, que se pondrá en contacto con usted para gestionar las citas y las actuaciones previstas.

3. Modelo C. Cadmio < 3,5 µg/L y plomo ≥ 5 µg/dL

Estimada **XXXXX XXXXX**:

Muchas gracias por su participación voluntaria en el estudio EMBLEMA. Le adjuntamos los resultados del análisis de metales pesados, cadmio y plomo en sangre, y cadmio en orina, realizados dentro del estudio, tanto para usted como para su hijo/a **XXXXX XXXXX**.

Para el cadmio sus niveles se encuentran por debajo del punto de corte en el que la Organización Mundial de la salud recomienda estudio y seguimiento.

Para el plomo en sangre usted (o su hijo/a) presentan más de 5 µg/dL, valor para el que se recomienda realizar un estudio y seguimiento clínico-epidemiológico según los estándares internacionales. Estos valores no significan que usted (o su hijo/a) padezcan una enfermedad.

Este estudio es voluntario y se ofrece a todas las personas que conviven en su casa. Tiene como objetivo volver a evaluar los niveles de plomo, el estado de salud y la identificación de posibles fuentes adicionales de exposición. Estará coordinado por el Servicio de Salud Pública de Cartagena, que se pondrá en contacto con usted para gestionar las citas y las actuaciones previstas.

Queda pendiente comunicarle el resultado del arsénico en orina, lo que haremos por esta vía cuando estén disponible.

4. Modelo D. Cadmio > 3,5 µg/L y plomo < 3,5 µg/dL

Estimada **XXXXX XXXXX**:

Muchas gracias por su participación voluntaria en el estudio EMBLEMA. Le adjuntamos los resultados del análisis de metales pesados, cadmio y plomo en sangre, y cadmio en orina, realizados dentro del estudio, tanto para usted como para su hijo/a **XXXX XXXXX**. Queda pendiente comunicarle el resultado del arsénico en orina, lo que haremos por esta vía cuando estén disponibles.

Para el plomo, aunque no hay nivel seguro, sus niveles se encuentran por debajo del punto de corte en el que la Organización Mundial de la salud (OMS) recomienda estudio y seguimiento (5 µg/dL).

Respecto al cadmio en orina, sus valores están por debajo del punto de corte que los organismos internacionales establecen para recomendar estudio y seguimiento clínico-epidemiológico, así como el valor de cadmio en sangre de usted/ su Hijo/a.

Usted presenta un valor de cadmio en sangre muy cercano a dicho punto de corte (5 µg/L), por lo que le ofrecemos estudio y seguimiento por su médico de familia. Estos valores no significan que usted padezca una enfermedad.

Este estudio es voluntario. Tiene como objetivo volver a evaluar los niveles de cadmio, en este caso en orina de 24 horas y darle una serie de recomendaciones preventivas sobre la exposición al cadmio (abandono del hábito tabáquico, consejos dietéticos, etc.).

5. Todos los modelos

Esta información individualizada le pertenece y puede usted hacer uso de ella como estime oportuno. Asimismo, le recordamos que en el estudio los datos se tratan de forma anónima y como datos de conjunto.

Si tiene alguna duda o consulta puede hacerlo a través del número de teléfono gratuito 900 XXX XXX.

Anexo 11. Procedimiento de recogida de muestras



PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS. ESTUDIO EMBLEMA

En este estudio se tomarán los siguientes tipos muestras (para madre e hijo/a):

1- Muestras de orina:

- Serán tomadas por la propia madre del niño/a participante en el estudio.
- Se utilizará (para madre e hijo/a):
 - a. Dos pares de guantes desechables sin polvo¹.
 - b. Dos frascos estériles al vacío de polipropileno incoloros con tapa de rosca de 120 ml¹.
 - c. Cuatro tubos de polipropileno incoloro de 15 ml¹.
 - d. Cuatro tubos de polipropileno incoloro de 9 ml.
 - e. Dos hojas de analítica del SMS para creatinina en orina y cotinina.
 - f. Dos hojas de analítica para metales pesados del Hospital Gómez Ulla.
- Le será entregado a la participante el material para la recogida de la orina en casa (a y b), junto a la hoja informativa, en el colegio o en el centro de salud al menos 48 horas antes de la cita en el centro de salud.
- Las muestras serán etiquetadas en el centro de salud cuando se entreguen, con un código para la madre y otro para el hijo o hija.
- Cantidad de muestra necesaria: 48 ml (30 ml para el Hospital Gómez Ulla, 9 ml para el Hospital Santa lucia, 9 ml para el HUV Arrixaca)
- Almacenamiento: Ha de mantenerse fresco (menos de 25º) y lejos de la luz solar hasta el momento de su traslado.

¹ Proporcionado por el equipo de investigación

- Las muestras de orina se transportarán en una nevera portátil hasta el Hospital Santa Lucía como máximo a las 3 horas desde su recogida en el centro de salud, asegurando el mantenimiento de la temperatura por debajo de 25 °.
- Las muestras serán divididas en el laboratorio del Hospital Santa Lucía en cuatro tubos: Dos de polipropileno incoloro de punta cónica de 15 ml que serán congelados hasta su envío al Hospital militar Gómez Ulla de Madrid y otros dos de polipropileno incoloro de 9 ml que serán refrigerados hasta su análisis o transporte. Se etiquetarán con los códigos asignados a la madre y al hijo/a.
- Desde el Hospital Santa Lucía se remitirán las muestras congeladas a Madrid (tubos de 15ml) una vez a la semana, quedando establecido que se realice los lunes. Se utilizara para ello nieve carbónica y se cumplirá la normativa de transporte de muestras biológicas.
- En el Hospital Santa Lucía se realizará el análisis para determinar la creatinina en orina (tubo de 9ml)
- Desde el Hospital Santa Lucía se remitirá las muestras refrigeradas (tubos de 9 ml) dos veces a la semana al H.U.V. Arrixaca (Martes y jueves).
- Procedimiento de toma de muestras: Ver guía para la recolección de muestras de orina.

2- Muestras de sangre:

- Será realizada la extracción sanguínea mediante venopunción por personal de enfermería de la empresa contratada.
- Se utilizará:
 - Alcohol al 70%
 - Guantes desechables (para cada participante un par).
 - Tubo de hemograma Becton Dickinson® (Tapón violeta: anticoagulante EDTA)
 - Tubo de bioquímica Becton Dickinson® (Tapón rojo: gel de separador de suero)
 - Tubo especial para la determinación de elementos traza (con heparina sódica sin gel como anticoagulante)¹
 - Jeringas de extracción sanguínea tipo vacutainer® y agujas de acero inoxidable
 - Etiquetas para la identificación de las muestras de los participantes.
 - Hoja de analítica del SMS para hemograma y bioquímica.
 - Hoja de analítica para metales pesados del H Gómez Ulla.
- Cantidad de muestra necesaria: Hemograma (4 ml), Bioquímica (8 ml) y tubo para metales pesados (2-4 ml, mínimo 1 ml)

- Procedimiento de extracción:
 - La sala debe estar escrupulosamente limpia
 - Se asegura que el o la participante se encuentra en ayunas (10 h), si no lo está igualmente se hará el análisis pero haciéndolo constar en observaciones.
 - Se limpia la zona de venopunción con alcohol de 70º (evitando desinfectantes con yodo) y se espera a que se evapore.
 - Se extraen por este orden: primero la bioquímica, segundo el hemograma, y en último lugar la muestra para los metales pesados.
- Almacenamiento: Las muestras de hemograma y el tubo con heparina deben homogeneizarse con suavidad (invertir los tubos suavemente 180º de 4 A 5 veces el hemograma y el tubo con heparina), no deben agitarse. Las muestras se mantendrán por debajo de 25º evitando la exposición a la luz solar.
- Las muestras de sangre se transportarán en una nevera portátil manteniendo la temperatura por debajo de 25º hasta el Hospital Santa Lucía transcurriendo como máximo 3 horas desde su extracción.
- Las muestras de hemograma y bioquímica serán analizadas en el H Santa Lucía.
- Las muestras de metales pesados se mantendrán congeladas (como sangre total) en el Hospital Santa Lucía y serán enviadas al Hospital militar Gómez Ulla de Madrid con una periodicidad semanal, los lunes. El transporte se realizará según la normativa vigente de transporte de muestras biológicas.

Anexo 12. Criterios de actuación y derivación ante valores elevados de plomo y cadmio

