

# Revisión de Alcance: Sustancias químicas de importancia ocupacional excretadas en la leche materna<sup>1</sup>

## Scoping Review: Occupationally Relevant Chemical Substances Excreted in Breast Milk

---

### *Luis Ignacio López Michelena*

lilopez@unbosque.edu.co

Médico Cirujano

Especialista en Salud Ocupacional

Magíster en Seguridad y Salud en el Trabajo

Grupo de Investigación Salud, Ser humano y Trabajo

Universidad El Bosque

### *Keila Dalia Carolina Ardila Argüello*

kardilaa@unbosque.edu.co

Médico

Especialista en Epidemiología

Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo

Grupo de Investigación Salud, Ser humano y Trabajo

Universidad El Bosque

### *María José Herrera Padilla*

mjherrerap@unbosque.edu.co

Abogada

Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo

Grupo de Investigación Salud, Ser humano y Trabajo

Universidad El Bosque

### *Claudia Lizeth Ostos Muñoz*

costos@unbosque.edu.co

Ingeniera Industrial

Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo

Grupo de Investigación Salud, Ser humano y Trabajo

Universidad El Bosque

### *Clara Margarita Giraldo Luna*

lgiraldoclaram@unbosque.edu.co

Bacterióloga y laboratorista clínico

Especialista en Epidemiología

Magíster en Salud Pública y Desarrollo Social

Grupo de Investigación Salud, Ser humano y Trabajo

Universidad El Bosque

### **Resumen**

Objetivo: Identificar las sustancias químicas de interés ocupacional que se excretan en la leche materna. Materiales y métodos: Se hicieron una revisión de alcance siguiendo la metodología del Joanna Briggs Institute. Se realizaron búsquedas sistemáticas en cuatro bases de datos (PubMed, Web of Science,

---

<sup>1</sup> Resultado del proyecto de investigación: “Scoping Review: Sustancias químicas de importancia ocupacional que se excretan en la leche materna”; Grupo de investigación Salud, Ser humano y Trabajo; Universidad El Bosque.

Embase y Elsevier) aplicando cuatro ecuaciones de búsqueda: “breast milk and pesticides”, “breast milk and metals”, “breast milk and solvents” y “breast milk and medicines”. Resultados: De 1455 estudios iniciales, 21 artículos fueron incluidos en el análisis final. Respecto a los pesticidas, los organoclorados son el grupo de mayor importancia, destacando en este grupo: Clordano, Cloruro de bencilo, Hexaclorociclohexano (HCH) y Diclorodifeniltricloroetano (DDT). En el caso de los solventes, 18 sustancias se identificaron en la leche en contextos de exposición industrial. Cinco metales (aluminio, plomo, cadmio, mercurio y arsénico) fueron identificados en muestras de leche de mujeres empleadas en el sector industrial y minero. De este grupo, el plomo y el arsénico se encontraron en mayor concentración, lo que estuvo relacionado con exposiciones mixtas de tipo laboral y ambiental, como el consumo de agua contaminada. Conclusiones: Esta revisión sintetiza la evidencia existente sobre sustancias químicas excretadas en la leche materna que tienen importancia ocupacional. Dentro de las sustancias analizadas, se encontraron múltiples pesticidas y solventes, así como un importante número de metales pesados, los cuales son excretados en la leche en contextos de exposición ocupacional y ambiental; la información sobre excreción de medicamentos en el contexto de exposiciones ocupacionales fue insuficiente. Este panorama enfatiza la necesidad de caracterizar y prevenir la exposición ocupacional a sustancias químicas que alcanzan la leche materna para proteger a las trabajadoras y sus hijos.

**Palabras clave:** sustancias químicas, leche materna, pesticidas, solventes, metales, medicina del trabajo.

Recepción: 14.10.2025 | Aceptación: 09.02.2026

**Cite este artículo como:** López Michelena, L. I., Ardila Argüello, K. D. C., Herrera Padilla, M. J., Ostos Muñoz, C. L., & Giraldo Luna, C. M. (2026). Revisión de Alcance: Sustancias químicas de importancia ocupacional excretadas en la leche materna. *Revista Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo*, 8(1), 5 - 20.

### Abstract

Objective: To identify relevant chemical substances at the workplace that are excreted in breast milk. Materials and Methods: A scoping review was conducted following the Joanna Briggs Institute methodology. Systematic searches were performed in four databases (PubMed, Web of Science, Embase, and Elsevier) using four search equations: “breast milk and pesticides,” “breast milk and metals,” “breast milk and solvents,” and “breast milk and medicines.” Results: Out of 1,455 initial studies, 21 articles were included in the final analysis. Regarding pesticides, organochlorines are the most important group, with notable compounds including chlordane, benzyl chloride, hexachlorocyclohexane (HCH), and dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT). In the case of solvents, 18 substances were identified in breast milk in contexts of industrial exposure. Five metals (aluminum, lead, cadmium, mercury, and arsenic) were detected in breast milk samples from women employed in industrial and mining sectors. Among these, lead and arsenic were found in higher concentrations, which were associated with mixed occupational and environmental exposures, such as consumption of contaminated water. Conclusions: This review synthesizes existing evidence on chemical substances

relevant at the workplace excreted in breast milk. Among the substances analyzed, multiple pesticides and solvents were identified, as well as a significant number of heavy metals, all of which are excreted in breast milk in occupational and environmental exposure contexts. Information regarding the excretion of medicines in occupational exposure settings was insufficient. These findings highlight the need to characterize and prevent occupational exposure to chemical substances that reach breast milk to protect working mothers and their children.

**Keywords:** chemical compounds, breast milk, pesticides, solvents, metals, occupational medicine.

## Introducción

En el mundo contemporáneo, las mujeres han incrementado su participación en condiciones de mayor equidad en el ámbito laboral, logrando involucrarse progresivamente en los sectores productivos, especialmente en aquellas áreas que antiguamente eran dominadas por el género masculino como la industria agrícola, los hidrocarburos, la minería, el transporte y la industria química y farmacéutica. Colombia no es la excepción a esta transformación del mercado laboral y para 2019 contaba con 9,2 millones de mujeres trabajadoras, de las cuales el 7,0 % se encontraba en la agricultura, un 12,8 % en industria, el 1,0 % en construcción, un 2,6 % en transporte y un 41,2 % en el sector servicios (Departamento Nacional de Planeación & Consejería Presidencial para la Equidad de la Mujer, 2020).

Sin embargo, las mujeres no dejan de lado su papel en el desarrollo de la vida familiar, lo que convierte en un desafío conciliar el ámbito laboral con las etapas de la vida reproductiva, como la edad fértil, la gestación y el posparto. Dentro de estos puntos coyunturales de la vida reproductiva de la mujer se encuentra el período de lactancia materna, conocido como aquel proceso fisiológico y óptimo en el que la madre proporciona con la leche materna (LM) todos los macronutrientes y micronutrientes, factores inmunitarios y microorganismos a su bebé durante los primeros meses de vida (Duale et al., 2022). La LM tiene grandes ventajas para el infante, ya que proporciona beneficios inmunológicos, de desarrollo cognitivo y de habilidades motoras (Rovira et al., 2022). Adicionalmente, la lactancia influye positivamente en la salud de la madre y disminuye la probabilidad de desarrollar cáncer de mama en un 4,3 %, cáncer de ovario en un 18 % y diabetes tipo 2 en un 32 % (Meza & Pérez, 2021).

El período de lactancia puede verse afectado por varios riesgos laborales (físicos, químicos o psicosociales). En muchos sectores económicos, el riesgo químico es incrementado por el manejo de sustancias como el benceno, los compuestos orgánicos volátiles, los metales pesados, los compuestos aromáticos, los pesticidas y los hidrocarburos (Bernasconi et al., 2022), los cuales tienen la capacidad de afectar la salud de las mujeres trabajadoras y ser excretados en la leche materna, causando efectos adversos en la salud materna e infantil debido a su potencial carcinogénico, teratogénico

e inductores de patologías cardiovasculares y neurológicas, que pueden conducir al desarrollo de enfermedades crónicas (Bernasconi et al., 2022). Además, la contaminación de la LM por metales pesados como el arsénico, el cadmio, el plomo y el mercurio se ha asociado con alteraciones en el desarrollo normal del cerebro y el sistema nervioso central (SNC) de los niños, reducciones del cociente de inteligencia, malformaciones congénitas y alteraciones del sistema inmune (Motas et al., 2021). Ribas et al. (2003), en un estudio con una cohorte de 92 binomios madre-hijo expuestos a organoclorados (OC), encontraron que la exposición antenatal se asoció con retraso en el desarrollo psicomotor a los 13 meses. Por su parte, investigaciones publicadas en España han documentado que el mercurio, el plomo y los citostáticos son sustancias químicas que se excretan por la LM y tienen potencial para afectar la salud materna y la salud de los infantes (Guardino & Santolaya, 1997).

Las mujeres se encuentran en constante exposición a sustancias químicas durante el desarrollo de sus actividades laborales y esto puede propiciar su absorción a través de la piel y las mucosas corporales. Para el caso de la exposición a sustancias químicas, es necesario considerar su capacidad de bioacumulación en el organismo humano y se puede generar transferencia de la madre al infante por medio de la LM, lo cual podría desencadenar un riesgo para el bebé (Dong et al., 2022). El uso cada vez más frecuente de estas sustancias en los diferentes sectores de la economía hace imperativo el estudio de las sustancias que alcanzan la LM por sí solas o por interacción con otras sustancias en una actividad laboral y las características de la exposición. Por lo anteriormente expuesto, se realizó una revisión de alcance para identificar las sustancias químicas de interés ocupacional que alcanzan la LM.

## Marco metodológico

Se realizó una scoping review con la metodología del Joanna Briggs Institute (JBI) (Page et al., 2021) y el protocolo para revisiones sistemáticas PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews) (Tricco et al., 2018), teniendo como base el modelo PCC (Población, Concepto, Contexto). La población en estudio son las mujeres lactantes, el concepto son las sustancias químicas y el contexto es la exposición ocupacional. Se crearon cuatro ecuaciones de búsqueda: “breast milk and pesticides”, “breast milk and metals”, “breast milk and solvents” y “breast milk and medicines”, que fueron utilizadas en cuatro bases de datos: PubMed, Web of Science, Embase y Elsevier. La selección inicial de artículos se llevó a cabo según los criterios de inclusión y exclusión definidos en el protocolo de investigación, ver tabla 1.

La selección inicial de artículos en las bases de datos fue realizada por tres autores (KDCAA, MJHP, CLOM) mediante la lectura de títulos y resúmenes. La información de los documentos identificados se compiló en una hoja de cálculo de Google Drive disponible para todos los autores, la cual contenía las variables bibliométricas de interés (título, autor, fuente, año, DOI, tipo de documento, resumen, país de publicación y fecha de revisión). Los autores confirmaron el cumplimiento de los criterios de inclusión y



exclusión de la investigación mediante la lectura en extenso de los documentos y dos autores (CMGL, LILM) realizaron una revisión de pertinencia, de forma independiente, para verificar el cumplimiento de los criterios de la investigación y el modelo PCC. La descripción en detalle de la identificación y cribado de los documentos se describe en los resultados.

**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión

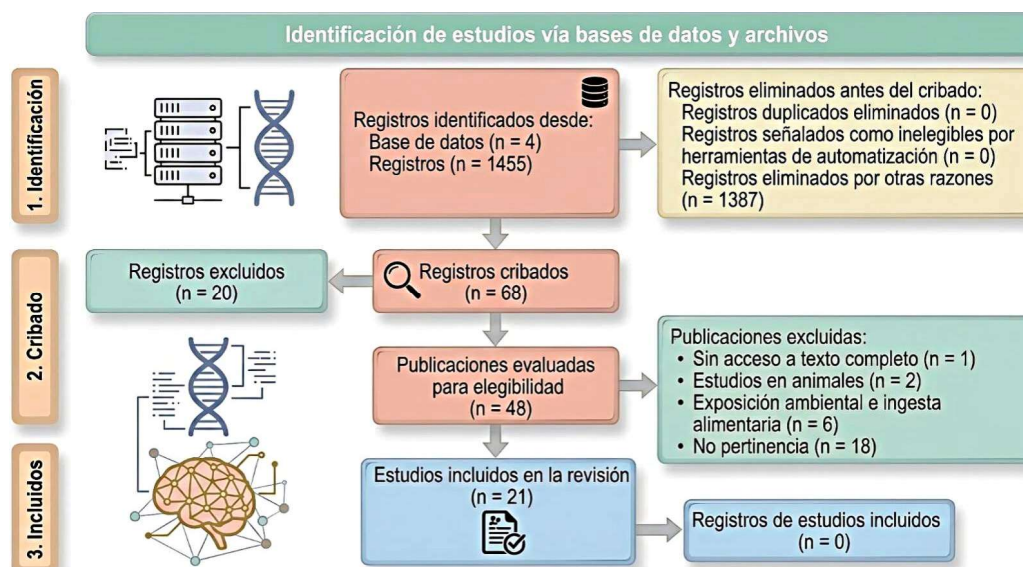
Inclusión	Exclusión
<i>Publicación entre 2014 y 2024</i>	Ensayos clínicos y estudios experimentales
<i>Idioma inglés y español</i>	Artículos sin acceso a texto completo
<i>Exposición ocupacional</i>	Población expuesta no lactante
<i>Artículos originales y revisiones (sistemáticas, narrativas, scoping review)</i>	Ausencia de enfoque sobre exposición a las sustancias químicas
<i>Sustancias químicas en leche materna</i>	Evaluación de efectos tóxicos en infantes

Fuente: Elaboración propia con los datos de la investigación

Los artículos seleccionados se dividieron para su análisis en profundidad por grupos de químicos (metales, pesticidas, solventes y medicamentos) y se asignó un grupo a cada autor según su experticia; este autor se encargó del análisis de la información y la síntesis de la evidencia. Cuando en un mismo artículo se discutían hallazgos sobre sustancias químicas de diferentes grupos, el artículo formó parte del análisis de más de uno de los autores. Para la extracción de los datos de interés en cada artículo, se identificó las sustancias químicas de forma individual y las variables de interés sobre la leche materna (concentración, porcentaje de muestras de leche y tipo de leche), así como los aspectos de la ocupación de las madres cuando estuvieran disponibles; a partir de estos datos se redactaron los resultados. Un autor (LILM) se encargó de auditar los datos cuantitativos en las tablas, verificar la información en controversia y hacer las ampliaciones narrativas según los requerimientos del análisis. Todos los autores aprobaron el manuscrito final.

## Resultados

Las búsquedas fueron realizadas de manera independiente por tres autores (KDCAA, MJHP, CLOM) entre el 03 y el 17 de septiembre de 2024. Se obtuvieron 1455 resultados en las cuatro bases de datos seleccionadas: 404 en Embase, 727 en Elsevier, 283 en Web of Science y 41 en PubMed; la selección de artículos se realizó mediante títulos y resúmenes, incluyéndose 68 documentos para la revisión en extenso, ver imagen 1. En caso de controversia sobre la inclusión de registros, se realizó una revisión de pertinencia con dos autores (CMGL, LILM), fase en la que se excluyeron 20 artículos. De estos 48 documentos que se llevaron a análisis en extenso, se excluyeron 27 por varias causas: No pertinencia con el estudio, exposición ambiental, ingesta alimentaria, no acceso al texto completo e investigaciones en animales. 21 artículos conforman el grupo final a partir del cual se redactaron los resultados.



**Imagen 1.** Diagrama PRISMA

*Fuente:* Elaboración propia a partir de datos de la investigación, con apoyo de herramientas de inteligencia artificial Google Gemini para la generación gráfica

El estudio transversal fue predominante con 13 artículos (63,64 %), seguido por las revisiones sistemáticas (14,29 %, n = 3), ver imagen 2. En cuanto a la distribución geográfica, 8 artículos (38,09 %) se publicaron en el continente europeo, donde destacan Bulgaria y España con dos artículos cada uno (9,52 %); mientras que en América predomina Brasil con 3 artículos (14,28 %), ver tabla 2. El año con el mayor número de publicaciones fue 2020 con 4 artículos (19,04 %), seguido por los años 2023, 2022, 2021 y 2019, cada uno con 3 artículos (14,28 %); ver imagen 3.

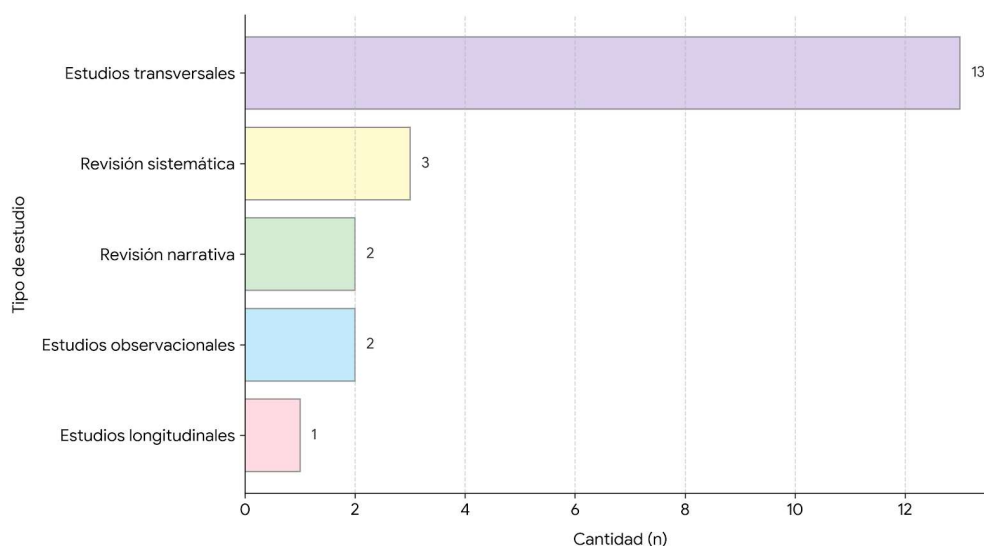
Se clasificaron los documentos en cuatro grandes grupos de sustancias: Metales, pesticidas, solventes y medicamentos. Los hallazgos más importantes se presentan a continuación:

### Pesticidas

Diez documentos hacen referencia a pesticidas en LM (Aerts et al., 2019; Camiccia et al., 2022; Chávez-Almazán et al., 2023; Figueiredo et al., 2024; Li et al., 2020; Mekonen et al., 2021; Ortega-García et al., 2021; Pirsahab et al., 2015; Souza et al., 2020; Stanislava et al., 2023): 10 % son revisiones narrativas, un 20 % son revisiones sistemáticas y el 70 % son artículos originales; y se realizaron en América Latina (40 %, n = 4), Europa, Asia y África (60 %, n = 6). La detección de pesticidas a través del método de cromatografía fue empleada en cinco investigaciones (Aerts et al., 2019; Chávez-Almazán et al., 2023; Mekonen et al., 2021; Souza et al., 2020; Stanislava et al., 2023); el resto no especifica la metodología de detección de sustancias en la leche. En las investigaciones donde se registraron variables ocupacionales, las mujeres estaban empleadas en el sector agrícola y portuario (Camiccia et al., 2022; Chávez et al., 2023; Mekonen et al., 2021; Pirsahab et al., 2015; Souza et al., 2020; Stanislava et al., 2023).

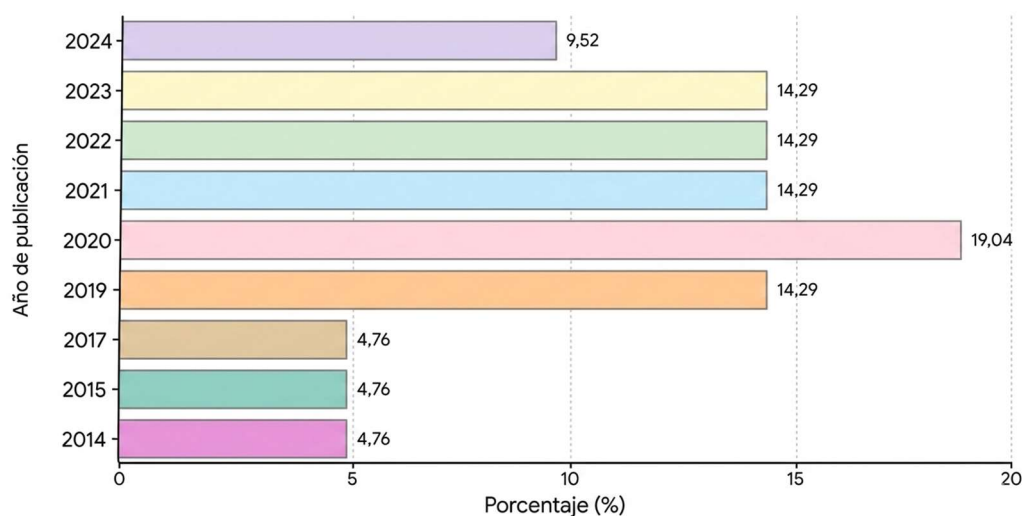
El 90,90 % de los pesticidas documentados en muestras de LM pertenecen a los OC, ver tabla 3, resaltando el clordano y el cloruro de bencilo en 4,08 - 50 % de las muestras

(Aerts et al., 2019; Figueiredo et al., 2024), el hexaclorociclohexano (HCH) y todos sus isómeros en el 50 % (Aerts et al., 2019; Figueiredo et al., 2024; Souza et al., 2020) y el Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y sus metabolitos (p,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDT, p,p-DDT) entre 50 y un 75,51 % (Aerts et al., 2019; Chávez-Almazán et al., 2023; Figueiredo et al., 2024; Mekonen et al., 2021; Ortega-García et al., 2021; Souza et al., 2020). En 206 muestras de LM de mujeres belgas primíparas se reportó Hexaclorobenceno (HCB) (Aerts et al., 2019). El uso frecuente de OC ocurrió en áreas endémicas de malaria (Chávez et al., 2023; Mekonen et al., 2021; Pirsasheb et al., 2015).



**Imagen 2.** Distribución de artículos según el tipo de investigación

*Fuente:* Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la investigación, con apoyo de herramientas de inteligencia artificial Google Gemini para la generación gráfica



**Imagen 3.** Distribución de artículos según el año de publicación

*Fuente:* Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la investigación, con apoyo de herramientas de inteligencia artificial Google Gemini para la generación gráfica

**Tabla 2.** País de publicación de los artículos

País de publicación	n	%
<i>Bélgica</i>	1	4,76
<i>Brasil</i>	3	14,29
<i>Bulgaria</i>	2	9,53
<i>Canadá</i>	1	4,76
<i>China</i>	3	14,29
<i>Egipto</i>	1	4,76
<i>España</i>	2	9,53
<i>Etiopía</i>	1	4,76
<i>Ghana</i>	1	4,76
<i>Irán</i>	1	4,76
<i>México</i>	1	4,76
<i>Noruega</i>	1	4,76
<i>Polonia</i>	1	4,76
<i>Portugal</i>	1	4,76
<i>Taiwán</i>	1	4,76
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia con los datos de la investigación.

La presencia de los pesticidas, principalmente el DDT, fue detectada en todos los tipos de LM: Calostro, leche de transición y leche madura, en concentraciones de 2,25 µg/g, 1,68 µg/g y 1,32 µg/g, respectivamente (Mekonen et al., 2021), pero hubo menor concentración de pesticidas en las mujeres con escolaridad avanzada y multíparas (Chávez et al., 2023; Pirsahab et al., 2015; Stanislava et al., 2023). Las variables correspondientes al índice de masa corporal (IMC) y la edad no tuvieron una relación significativa con las concentraciones de pesticidas en LM en la mayoría de los artículos, excepto en el estudio de Stanislava et al. (2023), donde se documentó un incremento de Bifenilos policlorados (PBC) en las muestras de mujeres con mayor edad y mayor IMC. La presencia de dos o más pesticidas en la misma muestra se documentó en el 40 % de los estudios (Aerts et al., 2019; Figueiredo et al., 2024; Pirsahab et al., 2015; Souza et al., 2020).

### Medicamentos

Amundsen et al. (2021) revisaron datos sobre la excreción de triptanes, medidos con el método de cromatografía líquida - espectrometría. Los fármacos se encontraban en bajas concentraciones y no representaban un riesgo significativo, tabla 4. Por su parte, la revisión sistemática de Imaz et al. (2019), cuyo objetivo era el litio y los efectos adversos observados en lactantes, concluyó que hay escasez de información sobre la transferencia del medicamento a través de la LM. Los autores señalan que no se ha establecido límite tóxico del litio, pero es ideal que los niveles de la relación Plasma/Leche sean < 1, ya que una relación > 1,5 implica niveles tóxicos. Adicionalmente, encontraron que ocho de 39 lactantes presentaron eventos adversos relacionados con el litio, de los cuales dos corresponden a toxicidad transitoria que se recuperó tras la interrupción de la lactancia.

**Tabla 3.** Pesticidas excretados en leche materna

Pesticidas	Concentración (ng/g de grasa)	Muestras de leche (%)
<i>b</i> -HCH	1,2 - 8,2	46,93 - > 50
<i>d</i> -HCH	10 - 810	> 50
Heptacloro	1 - 7,7	14,28
Aldrín	1 - 43,1	10,2
Dieldrín	9,0 a	26,53
Endosulfan I	11,0 a	4
DDE	5,8 - 228 a	67,34 - 100
DDD	19 - 660	24,48 - > 50
DDT	14,2 - 2250	50 - 75,51
Metoxicloro	57,9	-
Glifosato	1,42 - 1,50 b	-
Bifenilos policlorados	22,5 - 32,7	2,04
Benceno	-	-
Tetracloruro de carbono	-	-
Clorobenceno	-	-
Cloruros de bencilo	-	10 - 50
Endrina	-	10,2
Clordano	-	4,08 - 50
Piretroides	-	4,08
Clordecona	-	2,04
Naftalenos policlorados	211,07 - 2497,43 c	-
Hexaclorobenceno	-	100
<b>a ng/g-1 b mcg/L c pg/g</b>		

Fuente: Elaboración propia con los datos de la investigación

### Solventes

Los solventes fueron objeto de estudio en seis investigaciones (Chen et al., 2022; Chi et al., 2024; Hegazy et al., 2020; Oliveira et al., 2020; Trifonova et al., 2022; Yang et al., 2023), el rango de edad de las madres lactantes de 18 a 40 años y se estudiaron mujeres primíparas y multíparas. Algunas de ellas tenían residencia cercana a áreas con alta actividad industrial o áreas costeras (Hegazy et al., 2020; Oliveira et al., 2020; Trifonova et al., 2022). En dos investigaciones, la recolección de las muestras de leche se realizó 4 semanas después de haber dado a luz (Chen et al., 2022; Chi et al., 2024), ver tabla 5.

En 65 muestras recolectadas en Portugal, la naftalina estuvo presente en el 100 %, seguida por el fenantreno (94 %) (Oliveira et al., 2020); esta exposición se puede generar por emisiones industriales, centrales eléctricas e incineradores de residuos. Así mismo, las madres que se desempeñan como enfermeras en Ghana y que residen cerca de industrias de reciclaje electrónico presentan mayor índice de exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (Oliveira et al., 2020).

**Tabla 4.** Medicamentos excretados en leche materna

Medicamento	Concentración (ng/g de grasa)
<i>Almotriptán</i>	0,018
<i>Eletriptán</i>	0,3 - 0,8
<i>Litio</i>	0,10 - 0,69 mEq/L
<i>Naratriptán</i>	0,05
<i>Rizatriptán</i>	0,3 - 1,4
<i>Sumatriptán</i>	0,2 - 1,8
<i>Zolmitriptán</i>	0,7 - 5,3

Fuente: Elaboración propia con los datos de la investigación

**Tabla 5.** Solventes excretados en leche materna

Solvente	Concentración (ng/g de grasa)	Muestras de leche (%)
<i>HAP</i>	245	100
<i>Naftalina</i>	157	100
<i>Benzo (g, h, i) perileno</i>	4,21 - 6,95	< 30
<i>Fenantreno</i>	7,21	94
<i>Acenafteno</i>	3,64	< 10
<i>OH-HAP</i>	23,0	-
<i>1-hydroxifenantreno</i>	11,5	100
<i>1-hydroxinaftaleno</i>	10,7	30
<i>2-hydroxifluoreno</i>	0,148	30
<i>FLCM</i>	133,40	100
<i>BDPrB</i>	11,97 – 2,82 x10 <sup>4</sup>	98,6
<i>Bisfenol A</i>	7,78 - 7,83	-
<i>Bisfenol S</i>	0,40 - 4,42	-
<i>Bisfenol AF</i>	0,11 - 12,41	-
<i>Bifenilos policlorados</i>	0,87 - 18,29	-
<i>Fluoreno</i>	0,003 - 0,380	-
<i>Antraceno</i>	0,056 - 2,287	-
<i>Criseno</i>	0,001 - 0,029	-

Fuente: Elaboración propia con los datos de la investigación

Nota. BDPrB: 1-butoxi-2,3-difluoro-4-(trans -4-propil ciclohexilbenceno); FLCM: Monómeros de cristal líquido fluorados; HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos; OH-HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos hidroxilados/metabolizados.

Varios estudios señalan que la exposición a monómeros de cristal líquido (LCM) en zonas industriales y de reciclaje de residuos electrónicos puede causar la aparición de estas sustancias en la LM. En la investigación de Yang et al. (2023), la media de las concentraciones de LCM era de 6950 ng/g en el polvo exterior, lo cual era 2-3 veces más alto que en interiores. Los autores señalan que otros sectores con alta concentración de



LCM son la industria y el comercio. En el caso del bisfenol A (BPA), utilizado en la elaboración de productos de policarbonato y resinas epoxi, se transfiere a la LM por su naturaleza lipofílica (Chi et al., 2024).

### Metales

Tres investigaciones estudiaron metales en LM, ver tabla 6. En el 100 % de los casos se identificó plomo, cadmio, mercurio y arsénico (Bansa et al., 2017; Chao et al., 2014; Pajewska et al., 2019), mientras que el aluminio fue identificado en una investigación (Chao et al., 2014). En las investigaciones donde se registraron variables ocupacionales, las mujeres estaban empleadas en el sector industrial (Chao et al., 2014) y minero (Bansa et al., 2017). La presencia de los metales pesados, principalmente el plomo, fue detectada en todos los tipos de LM (calostro, leche de transición y leche madura), pero las concentraciones decrecen rápida y significativamente en el tiempo (Chao et al., 2014). El nivel educativo alto, la edad avanzada y la multiparidad fueron factores de riesgo para concentraciones más altas en la leche (Chao et al., 2014).

**Tabla 6.** Metales excretados en leche materna

Metales	Concentración (ng/g de grasa)
<i>Aluminio</i>	13,44 - 56,45
<i>Arsénico</i>	0,27 - 120,4
<i>Cadmio</i>	0,25 - 6,30
<i>Mercurio</i>	1,36 - 63,52
<i>Plomo</i>	5,30 - 117,2

Fuente: Elaboración propia con los datos de la investigación

## Conclusiones

La población femenina lactante se encuentra en constante exposición a sustancias químicas en varias ocupaciones y sectores económicos. Es importante resaltar que la biodisponibilidad de las sustancias en la LM está relacionada en gran medida con su capacidad de bioacumulación, la cual ocurre en el tejido graso mamario incluso desde antes de la etapa gestacional y puede verse influenciada por el IMC de la mujer y la tendencia lipofílica de las sustancias (Barrantes et al., 2023). Teniendo en cuenta que el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2024) ha señalado que una de las actividades económicas que más contribuye a la economía nacional es la industria manufacturera, que ocupa aproximadamente 944 000 mujeres, seguido de la agricultura (574 000 mujeres) y la minería (57 000 mujeres), se hace indispensable el reconocimiento del factor diferencial asociado al ciclo vital femenino y es de suma importancia conocer las sustancias más utilizadas en estos sectores que pueden comprometer la salud de las mujeres y, por el paso de la barrera mamaria, la salud de los infantes.

Los hallazgos de la investigación han permitido identificar la contaminación de la LM por sustancias de uso frecuente en el ámbito ocupacional como los pesticidas, los solventes y los metales, aunque la principal fuente de exposición corresponde a la contaminación ambiental, seguida de la laboral. En varias investigaciones resalta la detección de múltiples sustancias químicas en una misma muestra de leche; en este contexto, la cercanía a zonas industrializadas causa el incremento de contaminantes ambientales y ocupacionales, permitiendo la acumulación de metales pesados, pesticidas y solventes (Pajewska et al., 2019). Regalado Chamorro et al. (2022) en su artículo sobre contaminantes ambientales de la LM han señalado esta problemática, indicando que sustancias químicas que se encuentran presentes en el ambiente, como los pesticidas y los PBC, se concentran en la placenta humana y la leche.

Respecto a los pesticidas, predominó la detección de OC, que puede estar relacionado con su uso en zonas endémicas de malaria en la línea del Ecuador. Estos hallazgos son similares a lo reportado por Stanislava et al. (2023), quienes encontraron que los pesticidas identificados con mayor frecuencia en muestras de leche en mujeres de Holanda son los PCB, los cuales hacen parte del grupo de pesticidas OC. El incremento en la edad de las mujeres, su multiparidad y nivel de escolaridad pueden considerarse factores protectores frente a la exposición a pesticidas durante la etapa de lactancia, ya que se evidenció un descenso significativo en las concentraciones de sustancias como el DDT y sus metabolitos en este tipo de población (Gaus, 2022). Caso contrario al descrito por Lu et al. (2015), quienes documentaron que las madres más jóvenes tienen un menor nivel de OC en su leche debido a un período de vida y de exposición más corto.

La diferencia de las concentraciones de metales pesados por exposición ocupacional estuvo asociada al área geográfica donde se llevó a cabo la investigación. Los resultados en Taiwán estuvieron relacionados con actividades económicas llevadas a cabo en el parque industrial del puerto y planta de energía térmica de Taichung, donde predomina la contaminación industrial, los desechos electrónicos de plantas de reciclaje e incineradoras (Chao et al., 2014), mientras que en Ghana predominó la minería artesanal, donde mujeres gestantes y lactantes participan en tareas que requieren manipulación de mercurio en el proceso de extracción de metales preciosos (Bansa et al., 2017). En Colombia, país que cuenta con amplias zonas mineras al norte y sur del país, una investigación cuantificó el nivel de mercurio en la LM de 150 mujeres residentes en municipios mineros de Antioquia. La concentración promedio fue de 2,11 µg/dl y el 11,3 % de las muestras superaron el valor permisible en LM (Molina et al., 2018).

En el caso de los medicamentos en LM, la investigación sobre triptanes logra evidenciar que su transferencia a la leche es baja y no representa riesgos para el lactante (Amundsen et al., 2021). Aunque hubo pocos protocolos en la obtención de las muestras, muestra datos de importancia para la seguridad de los medicamentos en la medida en que señala el mantenimiento en concentraciones bajas en la leche. En cierta medida, la escasa información deriva en la ausencia de conocimiento de los efectos de estas sustancias químicas, lo cual a su vez dificulta la identificación y prevención para las trabajadoras expuestas en industrias y otros sectores (Barriocanal et al., 2021). En el caso de los solventes, un heterogéneo grupo de sustancias químicas que tiene amplio uso en la manufactura de distintos productos fue posible documentarlos en la

producción de artículos farmacéuticos, cosméticos, de limpieza, pegamentos, tintas de impresión y en la producción de desengrasantes y pesticidas (Gadea et al., 2007), lo cual convierte en un reto el poder identificar plenamente si la exposición se genera en un entorno laboral o personal.

La acumulación de las sustancias químicas lipofílicas en el tejido mamario de las mujeres trabajadoras desde antes de la concepción supone un reto en los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) para proteger a las futuras madres y sus hijos. En Colombia, el marco jurídico establece que las empresas tienen la obligación de gestionar los riesgos laborales mediante el desarrollo de estrategias de identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos para establecer controles que prevengan daños en la salud de los trabajadores (Decreto 1072 de 2015; Resolución 0312 de 2019). Sin embargo, en el país no hay norma que obligue a la valoración de los riesgos para la lactancia materna.

En este sentido, la gestión del riesgo químico para la LM debe iniciar con el inventario de sustancias químicas de la empresa, para facilitar la identificación de las sustancias que se excretan en la leche, y la adopción del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) en todos sus procesos productivos con químicos, en cumplimiento del Decreto 1496 de 2018 (Niño, 2022). Con esta información y considerando las propiedades químicas de las sustancias de interés, será necesaria la evaluación de la exposición ocupacional mediante métodos cualitativos o cuantitativos. Existen numerosas herramientas de evaluación cualitativa del riesgo químico (COSHH Essentials, Método INRS: Méthologie d'évaluation simplifiée du risque chimique, Metodología de evaluación simplificada del riesgo químico (Adaptación del INSHT al método del INRS), Stoffenmanager, entre otras) y será el encargado del SG-SST quien deberá seleccionar la estrategia que permita la mejor valoración del riesgo. Para la evaluación cuantitativa, la estrategia de evaluación requerirá de profesionales en higiene industrial u ocupacional para garantizar la idoneidad del método según las variables de exposición, la sobrevida de las sustancias químicas, los instrumentos para llevar a cabo la evaluación y el procesamiento de las muestras (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2017).

La falta de estudios sobre sustancias químicas en la LM y la influencia de la exposición ocupacional en la calidad de la leche es notable, especialmente en el caso de los medicamentos. Aunque se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos específicas de salud y medicina, se pudieron extraer pocos artículos donde la ocupación de la madre fue una variable considerada de interés por los autores. Además, la mayoría de los artículos no suministran información de variables necesarias para el análisis de las sustancias, como el IMC y la edad de la madre, y solo presentaron información básica de muestras, lo que limitó el análisis de la información.

La falta de enfoque de las investigaciones en aspectos específicos de la seguridad y salud en el trabajo, como el uso de elementos de protección personal, mediciones ambientales de las sustancias químicas en los entornos de trabajo y su correlación con las concentraciones en leche, limitó la caracterización de las circunstancias de exposición en el ámbito ocupacional.

Existe una asociación entre la presencia de metales pesados en la LM y la exposición laboral en la minería, mientras que en el sector agrícola destacó el registro de OC como el DDT y sus metabolitos, el HCH y los PCNs, los cuales presentaron las mayores concentraciones en la leche. Por su parte, los solventes, ampliamente utilizados en la industria manufacturera, son identificados en la LM de mujeres trabajadoras en diferentes sectores económicos que utilizan hidrocarburos aromáticos y componentes policlorados y fluorados como centrales eléctricas, incineradores de residuos o industrias de reciclaje electrónico. La data disponible sobre medicamentos es insuficiente para llevar a cabo una caracterización de la población femenina expuesta.

Este panorama enfatiza la necesidad de caracterizar y prevenir la exposición ocupacional a sustancias químicas que alcanzan la LM para proteger a las trabajadoras y sus hijos. En este sentido, son necesarias investigaciones con mujeres lactantes dentro de cada sector económico, donde se estudie la excreción de las sustancias químicas utilizadas en el proceso productivo y la relación con la intensidad de la exposición. De igual forma, efectuar estudios que permitan establecer lineamientos para el reintegro de mujeres lactantes expuestas ocupacionalmente a sustancias químicas, que consideren la toxicodinamia y toxicocinética de los químicos y contemplen medidas de prevención en la fuente, el medio y el individuo.

## Referencias

- [1] Aerts, R., Van Overmeire, I., Colles, A., Andjelković, M., Malarvannan, G., Poma, G., Den Hond, E., Van de Mieroop, E., Dewolf, M. C., Charlet, F., Van Nieuwenhuysse, A., Van Looco, J., & Covaci, A. (2019). Determinants of persistent organic pollutant (POP) concentrations in human breast milk of a cross-sectional sample of primiparous mothers in Belgium. *Environment International*, 131, 104979. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104979>
- [2] Amundsen, S., Nordeng, H., Fuskevåg, O. M., Nordmo, E., Sager, G., & Spigset, O. (2021). Transfer of triptans into human breast milk and estimation of infant drug exposure through breastfeeding. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 128(6), 795–804. <https://doi.org/10.1111/bcpt.13579>
- [3] Bansa, D. K., Awua, A. K., Boatın, R., Adom, T., Brown-Appiah, E. C., Amewosina, K. K., Diaba, A., Datoghe, D., & Okwabi, W. (2017). Cross-sectional assessment of infants' exposure to toxic metals through breast milk in a prospective cohort study of mining communities in Ghana. *BMC Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4403-8>
- [4] Barrantes, D. V., Incer González, A. I., Acosta, O., & Usaga, J. (2023). Analysis of potential hazards in donated breast milk: Review. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 73(1), 42–59. <https://doi.org/10.37527/2023.73.1.005>
- [5] Barriocanal-Gómez, P., Del Pozo-Díez, C. M., Kudryavtseva, O., Chicano, I. P., & Sanz-Valero, J. (2021). Effects derived from occupational exposure to hazardous substances in pregnant working women: Systematic review. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 24(3), 263–296. <https://doi.org/10.12961/aprl.2021.24.03.04>
- [6] Bernasconi, S., Street, M. E., Iughetti, L., & Predieri, B. (2022). Chemical contaminants in breast milk: A brief critical overview. *Global Pediatrics*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.gped.2022.100017>
- [7] Camiccia, M., Candioto, L. Z. P., Gaboardi, S. C., Panis, C., & Kottiwitz, L. B. M. (2022). Determination of glyphosate in breast milk of lactating women in a rural area from Paraná state, Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 55, e12194. <https://doi.org/10.1590/1414-431X2022e12194>
- [8] Chao, H. H., Guo, C. H., Huang, C. B., Chen, P. C., Li, H. C., Hsiung, D. Y., & Chou, Y. K. (2014). Arsenic, cadmium, lead, and aluminium concentrations in human milk at early stages of lactation. *Pediatrics and Neonatology*, 55(2), 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2013.08.005>
- [9] Chávez-Almazán, L. A., Saldarriaga-Noreña, H. A., Díaz-González, L., Garibo-Ruiz, D., & Waliszewski, S. M. (2023). Relationship between DDT concentrations with multiparity and breastfeeding history. *Bulletin*

- of Environmental Contamination and Toxicology, 111(3), 27. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03785-7>
- [10] Chen, M., Koekkoek, J., & Lamoree, M. (2022). Organophosphate ester metabolites in human breast milk determined by online solid phase extraction coupled to high pressure liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Environment International*, 159, 107049. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.107049>
- [11] Chi, Z. H., Liu, L., Zheng, J., Tian, L., Chevrier, J., Bornman, R., Obida, M., Goodyer, C. G., Hales, B. F., & Bayen, S. (2024). Biomonitoring of bisphenol A (BPA) and bisphenol analogues in human milk from South Africa and Canada using a modified QuEChERS extraction method. *Environmental Pollution*, 348, 123730. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123730>
- [12] Decreto 1072 de 2015. (2015, 26 de mayo). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo.
- [13] Decreto 1496 de 2018. (2018, 6 de agosto). Por el cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.
- [14] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). Boletín técnico: Mercado laboral según sexo. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIHMLS-feb-abr2024.pdf>
- [15] Departamento Nacional de Planeación, & Consejería Presidencial para la Equidad de la Mujer. (2020). Situación de las mujeres en el empleo formal. [https://observatoriomujeres.gov.co/archivos/publicaciones/Publicacion\\_21.pdf](https://observatoriomujeres.gov.co/archivos/publicaciones/Publicacion_21.pdf)
- [16] Dong, Y., Yin, S., Zhang, J., Guo, F., Aamir, M., Liu, S., Liu, K., & Liu, W. (2022). Exposure patterns, chemical structural signatures, and health risks of pesticides in breast milk: A multicenter study in China. *Science of the Total Environment*, 830, 154617. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154617>
- [17] Duale, A., Singh, P., & Al Khodor, S. (2022). Breast milk: A meal worth having. *Frontiers in Nutrition*, 8, 800927. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.800927>
- [18] Figueiredo, T. M., Santana, J. da M., Granzotto, F. H. B., Anjos, B. S. dos, Guerra Neto, D., Azevedo, L. M. G., & Pereira, M. (2024). Pesticide contamination of lactating mothers' milk in Latin America: A systematic review. *Revista de Saúde Pública*, 58(1), 19. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2024058005446>
- [19] Gadea, R., Romano, D., & Santos, T. (2007). Sustitución de sustancias disolventes peligrosas: Guía para delegados y delegadas de prevención. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). <https://istas.net/descargas/guia%20disolventes.pdf>
- [20] Gaus, D. (2022). Actualización COVID-19: Terapia ambulatoria y variantes. *Práctica Familiar Rural*, 7(1). <https://doi.org/10.23936/pfr.v7i1.231>
- [21] Guardino Solá, X., & Santolaya Martínez, C. (1997). NTP 542: Tóxicos para la reproducción femenina. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/>
- [22] Hegazy, A. M., Fakhreldin, A. R., & Nasr, S. M. (2020). Monitoring of carcinogenic environmental pollutants in women's breast milk. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 13(1), 119–125. <https://doi.org/10.13005/bpj/1868>
- [23] Imaz, M. L., Torra, M., Soy, D., García-Esteve, L., & Martín-Santos, R. (2019). Clinical lactation studies of lithium: A systematic review. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 1005. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01005>
- [24] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2017). Herramientas para la gestión del riesgo químico. <https://www.insst.es/>
- [25] Li, C., Zhang, L., Li, J., Min, Y., Yang, L., Zheng, M., Wu, Y., Yang, Y., Qin, L., & Liu, G. (2020). Polychlorinated naphthalenes in human milk: Health risk assessment to nursing infants and source analysis. *Environment International*, 136, 105436. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105436>
- [26] Lu, D., Wang, D., Ni, R., Lin, Y., Feng, C., Xu, Q., Jia, X., Wang, G., & Zhou, Z. (2015). Organochlorine pesticides and their metabolites in human breast milk from Shanghai, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12), 9293–9306. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4072-z>
- [27] Mekonen, S., Ambelu, A., Wondafrash, M., Kolsteren, P., & Spanoghe, P. (2021). Exposure of infants to organochlorine pesticides from breast milk consumption in southwestern Ethiopia. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01656-x>
- [28] Meza-Salcedo, R., & Pérez-Valverde, A. (2021). Beneficios de la lactancia materna. *Odontología Sanmarquina*, 24(3), 311–312. <https://doi.org/10.15381/os.v24i3.20728>
- [29] Molina, C. F., Arango, C. M., & Sepúlveda, H. (2018). Mercury contamination in mothers living in municipalities with gold mining, Antioquia, Colombia. *Biomédica*, 38, 19–29. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v38i0.3609>

- [30] Motas, M., Jiménez, S., Oliva, J., Cámara, M. Á., & Pérez-Cárceles, M. D. (2021). Heavy metals and trace elements in human breast milk from industrial/mining and agricultural zones of southeastern Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph18179289>
- [31] Niño, Y. (2022). La gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas. *Protección & Seguridad*, 27–32. <https://ccs.org.co/>
- [32] Oliveira, M., Duarte, S., Delerue-Matos, C., Pena, A., & Morais, S. (2020). Exposure of nursing mothers to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Pollution*, 266, 115243. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115243>
- [33] Ortega-García, J. A., Aguilar-Ros, E., Ares-Segura, S., Agüera-Arenas, J. J., Pernas-Barahona, A., Sáenz de Pipaón, M., Campillo i López, F., & Ferrís i Tortajada, J. (2021). Occupational exposures, diet and storing: Recommendations to reduce environmental pollutants in breastfeeding. *Anales de Pediatría*, 94(4), 261.e1–261.e9. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2021.01.017>
- [34] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- [35] Pajewska-Szmyt, M., Sinkiewicz-Darol, E., & Gadzała-Kopciuch, R. (2019). The impact of environmental pollution on the quality of mother's milk. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(8), 7405–7427. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04141-1>
- [36] Pirsahab, M., Limoe, M., Namdari, F., & Khamutian, R. (2015). Organochlorine pesticides residue in breast milk: A systematic review. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 29, 228.
- [37] Regalado Chamorro, M., Medina Gamero, A., & Rivas Sucari, H. (2022). Contaminantes medioambientales en la lactancia materna. *Atención Primaria*, 54(5), 102313. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2022.102313>
- [38] Resolución 0312 de 2019. (2019, 13 de febrero). Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. Ministerio del Trabajo.
- [39] Ribas-Fitó, N., Cardo, E., Sala, M., et al. (2003). Breastfeeding and organochlorine exposure. *Pediatrics*, 111(5), e580–e585. <https://doi.org/10.1542/peds.111.5.e580>
- [40] Rovira, J., Martínez, M. Á., Mari, M., et al. (2022). Mixture of environmental pollutants in breast milk. *Environment International*, 166, 107375. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107375>
- [41] Souza, R. C., Portella, R. B., Almeida, P. V. N. B., et al. (2020). Human milk contamination by organochlorine pesticides. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 55(6), 530–538. <https://doi.org/10.1080/03601234.2020.1729630>
- [42] Stanislava, K., Temenuga, T., & Zlatina, P. (2023). Investigation of polychlorinated biphenyls in breast milk. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 251, 114184. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114184>
- [43] Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., et al. (2018). PRISMA-ScR. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- [44] Trifonova, T., Georgieva, S., Peteva, Z., & Hristova, D. (2022). Levels of polychlorinated biphenyls in human milk. *Journal of IMAB*, 28(4), 4596–4600. <https://doi.org/10.5272/jimab.2022284.4596>
- [45] Yang, R., Wang, X., Niu, Y., Chen, X., & Shao, B. (2023). Fluorinated liquid-crystal monomers in paired breast milk. *Environment International*, 176, 107993. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107993>