Microplásticos en placenta humana: evidencia obtenida mediante espectroscopía FTIR en pacientes del Hospital de la Mujer de Puebla.

Microplastics in Human Placenta: Evidence Obtained Through FTIR Spectroscopy in Patients at the Women's Hospital of Puebla.

Lorena Padilla Martínez (1),
Hospital de la Mujer de Puebla. Servicios Públicos de Salud (IMSS Bienestar), Puebla 72490, México, lorepad@hotmail.com.

María Leonora Linares Jurado (2). Hospital de la Mujer de Puebla, Servicios Públicos de Salud (IMSS Bienestar), Puebla 72490, México, marlene_linaresj@yahoo.com.mx.

Paola Guadalupe Gordillo Guerra (3). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Ciudad de México 04960, México, pgordillo@correo.xoc.uam.mx.

Julio César Ramírez San Juan (4). Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Tonantzintla, Puebla 72840, México, jcram@inaoep.mx.

Orlando Zaca Morán (5). Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Tepetitla, Tlaxcala 90700, México, orlandozaca@hotmail.com.

Raúl Jacobo Delgado Macuil (6). Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Tepetitla, Tlaxcala 90700, México, rdelgadomipn.mx.

Juan Castillo Mixcoátl (7). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla 72570, México, juan.castillo@correo.buap.mx.

Juan Pablo Padilla Martínez* (8). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla 72570, México, juan.padilla@correo.buap.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 15, 2026; aceptado en octubre 13, 2026.

Resumen.

Los microplásticos se han convertido en una preocupación creciente para la salud humana debido a su presencia en el ambiente y a la posibilidad de exposición desde etapas muy tempranas de la vida. En este artículo se explica qué son estas partículas, y cómo pueden identificarse mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) en muestras biológicas. Como parte de un estudio realizado con muestras de placenta de pacientes atendidas en el Hospital de la Mujer de Puebla, se analizaron cinco muestras y se identificaron distintos tipos de polímeros. En total se registraron 27 identificaciones, equivalentes a un promedio de 5.4 polímeros por paciente. El polietileno (PE), poliestireno (PS), poliuretano (PU) y nylon o poliamida (PA) fueron identificados en las cinco muestras analizadas; el polipropileno (PP) y el tereftalato de polietileno (PET) se detectaron en tres, mientras que el policloruro de vinilo (PVC) se identificó en una. Estos resultados evidencian la presencia simultánea de diferentes polímeros en tejido

placentario; sin embargo, por sí solos no permiten establecer su origen ni demostrar una relación causal con efectos clínicos o resultados perinatales.

Palabras clave: Espectroscopía, FTIR microplásticos, placenta.

Abstract.

Microplastics are a growing concern for human health due to their widespread presence in the environment and the possibility of exposure from the earliest stages of life. This article describes these particles, how they can reach the maternal–fetal interface, and how to identify them in biological samples using Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy. As part of a study of placental samples from patients at the Hospital de la Mujer de Puebla, we analyzed five samples and identified different polymer types. We recorded 27 polymer detections, corresponding to an average of five polymer types per patient. Polyethylene (PE), polystyrene (PS), polyurethane (PU), and nylon/polyamide (PA) were identified in all five samples, while polypropylene (PP) and polyethylene terephthalate (PET) were detected in three samples and polyvinyl chloride (PVC) in one sample. While these findings demonstrate the simultaneous presence of different polymer types in placental tissue, they do not establish their origin or demonstrate a causal relationship with clinical effects or perinatal outcomes.

Keywords: FTIR spectroscopy, microplastics, placenta.

1. Descripción del problema.

En pocas décadas, los plásticos pasaron de ser materiales novedosos a convertirse en parte inseparable de nuestra vida cotidiana. Los encontramos en envases y botellas, ropa y fibras textiles, utensilios, materiales de construcción, dispositivos médicos y numerosos productos de consumo. Su éxito se debe, entre otras razones, a que son materiales ligeros, resistentes, versátiles y de bajo costo. Sin embargo, muchas de esas mismas propiedades que los hacen útiles también favorecen su permanencia en el ambiente (Ragusa A., 2021). Una vez desechados, los materiales plásticos pueden fragmentarse progresivamente por efecto de la radiación solar, la abrasión, el agua y otros procesos físicos, químicos y biológicos, generando partículas cada vez más pequeñas (figura 1).



Figura 1. Representación esquemática de la fragmentación de un macroplástico a micro o nanoplásticos.

Cuando estas partículas tienen un tamaño inferior a 5 milímetros, se denominan, en general, microplásticos. Algunos se producen originalmente en dimensiones microscópicas para determinados usos comerciales o industriales, mientras

que otros se originan a partir de la fragmentación de objetos plásticos de mayor tamaño (Ragusa A. 2022, Barceló D., 2023). Su pequeño tamaño facilita que se dispersen en distintos compartimentos del ambiente y que lleguen a elementos con los que tenemos contacto diario. Se han reportado microplásticos en alimentos, agua potable y otros productos de consumo, por lo que la ingestión y la inhalación se consideran vías importantes de exposición humana (Barceló D., 2023), como se muestra en la figura 2.

La pregunta entonces dejó de ser únicamente dónde se encuentran los microplásticos en el ambiente y comenzó a centrarse en algo mucho más cercano: **¿pueden estas partículas entrar y permanecer en nuestro organismo?** En los últimos años se han identificado microplásticos en diferentes muestras y tejidos humanos, entre ellos heces, pulmón, colon, sangre, leche materna y placenta (Barceló D., 2023, Zhu L., 2023, Liu S., 2023), como se muestra en la figura 2. Estos hallazgos muestran que existe exposición humana y que, bajo determinadas condiciones, algunas partículas pueden atravesar barreras biológicas y alcanzar diferentes regiones del organismo. El tamaño de las partículas es uno de los factores que pueden influir en su comportamiento biológico y en su capacidad para atravesar determinadas barreras.

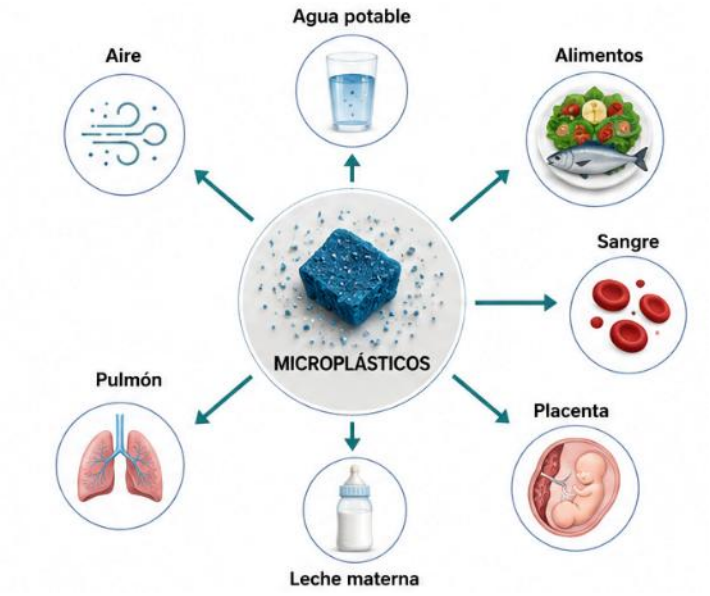


Figura 2. Principales vías de exposición a microplásticos y tejidos o fluidos humanos en los que se han detectado.

Dentro de este panorama, la placenta ocupa un lugar especialmente relevante. Durante el embarazo, este órgano constituye la principal interfaz entre la madre y el feto: participa en el intercambio de oxígeno, nutrientes y productos de desecho y, al mismo tiempo, regula el paso de numerosas sustancias entre ambos organismos (Ragusa A., 2022). Por ello, durante mucho tiempo se podría imaginar a la placenta como una especie de barrera protectora. Sin embargo, no se trata de una barrera completamente impermeable. La posibilidad de detectar partículas de origen plástico en este tejido plantea una pregunta de gran importancia: **¿la exposición humana a los microplásticos puede comenzar incluso antes del nacimiento?**

En 2021, Ragusa y colaboradores reportaron la primera evidencia de microplásticos en la placenta humana: mediante microspectroscopía Raman identificaron 12 fragmentos de entre 5 y 10 µm en cuatro de seis placentas analizadas (Ragusa A. 2021). Estudios posteriores ampliaron estos hallazgos mediante diversas técnicas analíticas. Ragusa y colaboradores profundizaron en su localización en el tejido placentario (Ragusa A., 2022); Zhu y colaboradores identificaron microplásticos en 17 placentas mediante espectroscopía infrarroja directa por láser (Zhu L., 2023); y García y colaboradores detectaron y cuantificaron materiales plásticos en 62 placentas mediante Py-GC-MS (Garcia

M., 2024). En conjunto, estos estudios muestran que la presencia de materiales plásticos en la placenta humana ha sido documentada mediante diversas metodologías analíticas**.**

Sin embargo, detectar microplásticos en la placenta no significa, por sí solo, demostrar que causen una enfermedad. Algunos estudios han propuesto posibles mecanismos relacionados con la inflamación, el estrés oxidativo, las alteraciones celulares y las respuestas inmunológicas; además, estas partículas pueden contener aditivos o transportar otras sustancias presentes en el ambiente (Ragusa A., 2022, Barceló D., 2023). Por ello, el reto científico va más allá de demostrar que existen partículas plásticas en este tejido: es necesario conocer qué polímeros están presentes, cómo llegan hasta la placenta, en qué cantidad y cuáles son sus características, para determinar posteriormente si su presencia puede relacionarse con algún efecto sobre la salud materna o fetal. Los estudios disponibles señalan que aún se requiere ampliar el número de muestras, fortalecer los métodos de identificación y cuantificación, y relacionar los hallazgos experimentales con la información clínica del embarazo y del recién nacido (Zhu L., 2023, Garcia M., 2024).

2. Métodos.

Detectar microplásticos en un tejido biológico como la placenta representa un reto: las partículas buscadas pueden ser microscópicas y estar rodeadas de una gran cantidad de materia orgánica. Por ello, antes de analizarlas, es necesario separarlas del tejido sin alterar de manera significativa los materiales que se desean identificar**.** En este estudio se analizaron muestras de placenta y cordón umbilical obtenidas de pacientes atendidas en el Hospital de la Mujer de Puebla, previa firma del consentimiento informado y de acuerdo con los protocolos éticos establecidos para el proyecto. En la figura 3 se muestra el procedimiento de los pasos a seguir en la identificación de microplásticos.

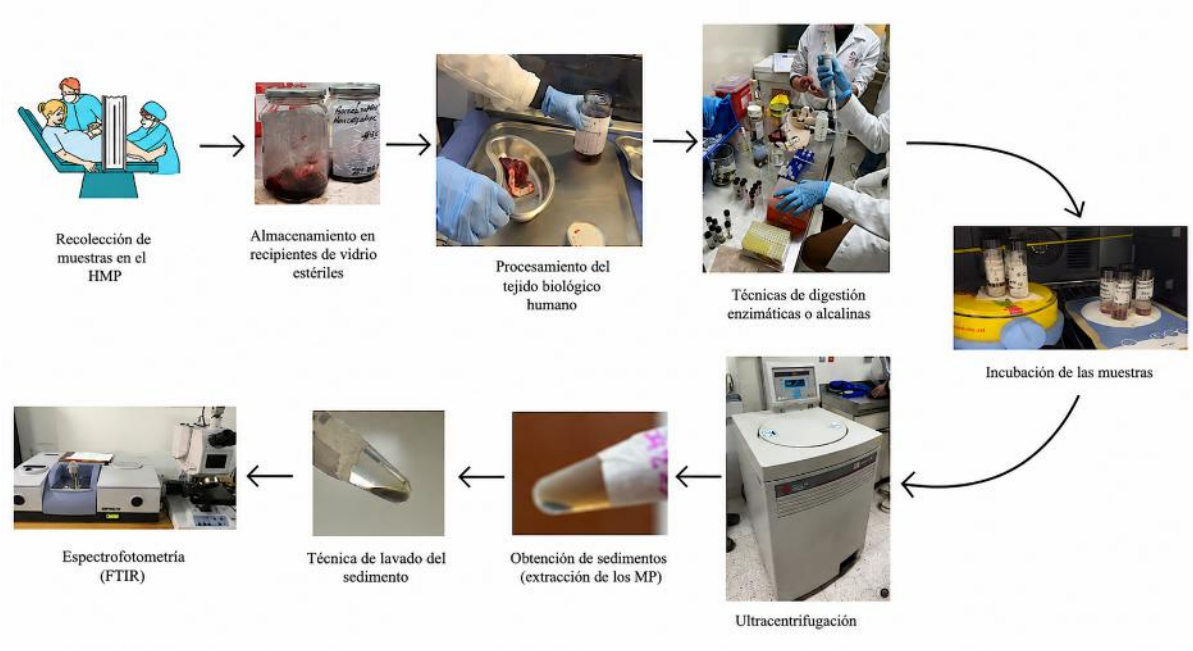


Figura 3. Esquema del procedimiento de preparación y caracterización de las muestras biológicas para la identificación de microplásticos

Una vez recolectadas, las muestras se almacenaron en recipientes de vidrio estériles y el tejido se sometió a un proceso de digestión química, cuyo objetivo fue eliminar la mayor cantidad posible de materia orgánica y facilitar la recuperación de las partículas presentes en la muestra. Posteriormente, se realizaron etapas de incubación, ultracentrifugación y lavados sucesivos hasta obtener un sedimento que concentraba las partículas potencialmente compatibles con microplásticos (Figura 3). Durante este tipo de análisis, es especialmente importante reducir las

posibles fuentes de contaminación externa, ya que fibras o pequeños fragmentos presentes en el ambiente del laboratorio podrían incorporarse accidentalmente a las muestras y confundirse con partículas procedentes del tejido. Por esta razón, durante el procesamiento se implementaron medidas de control para minimizar la contaminación procedente del ambiente y de los materiales utilizados.

La siguiente pregunta fue: ¿cómo saber si las partículas recuperadas eran realmente materiales plásticos y de qué tipo? Para ello se utilizó espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)**.** Esta técnica aprovecha una propiedad particular de las moléculas: cuando reciben radiación infrarroja, determinados enlaces químicos absorben energía y vibran de formas características. El instrumento registra estas absorciones y genera un espectro formado por una serie de bandas. Debido a que la estructura química de cada polímero es diferente, materiales como el polietileno, polipropileno o poliestireno producen patrones espectrales distintos, que pueden considerarse una especie de "huella digital química" (figura 4).

De esta manera, los espectros obtenidos de las muestras se compararon con espectros de referencia de polímeros conocidos. La identificación no se realizó a partir de una única señal, sino considerando la coincidencia de varias bandas características del material. Este procedimiento permitió determinar qué tipos de polímeros estaban presentes en las muestras y distinguirlos de otros componentes del sedimento. La espectroscopia FTIR es una de las técnicas utilizadas para la identificación de microplásticos porque diferentes polímeros presentan firmas espectrales características que permiten establecer su composición química.

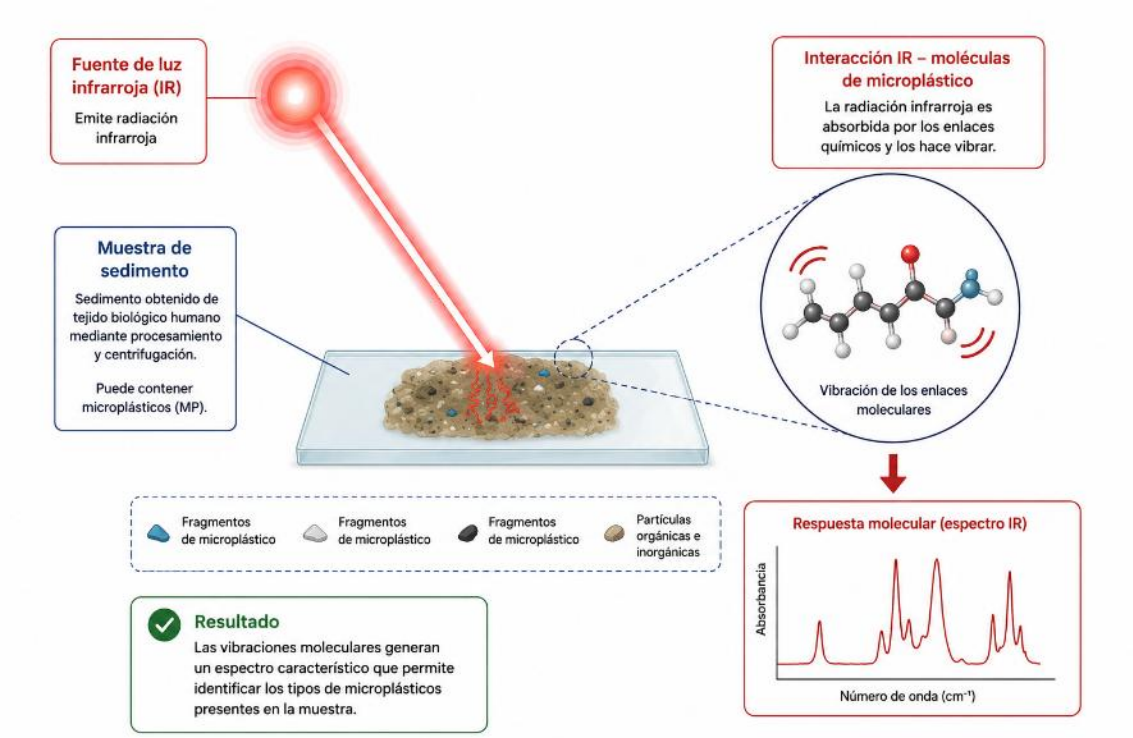


Figura 4. Principio de identificación de microplásticos mediante espectroscopía por transformada de Fourier (FTIR).

3. Resultados y discusión.

El análisis mediante espectroscopía FTIR permitió identificar siete tipos de polímeros en las muestras de placenta correspondientes a los cinco pacientes incluidos en este análisis: polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), poliuretano (PU) y nylon o poliamida (Pa). Una

característica relevante de los resultados fue que en una misma muestra se identificaron varios tipos de polímeros, lo que indica que la presencia de microplásticos en el tejido placentario no estuvo asociada a un único material (figura 5).

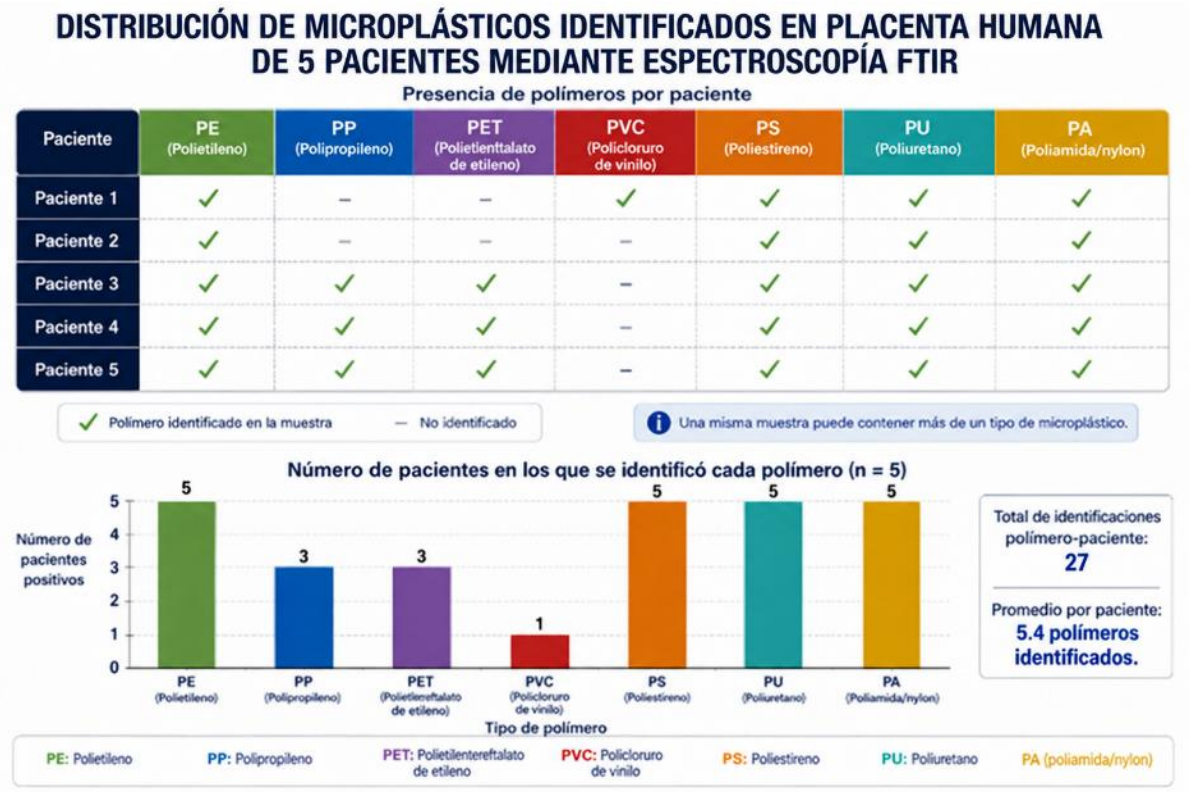


Figura 5. Presencia de polímeros identificados en muestras de placenta humana de cinco pacientes mediante espectroscopía FTIR. La gráfica muestra el número de pacientes en los que se identificó cada polímero.

En total se registraron 27 detecciones de polímero-paciente, equivalentes a un promedio de 5.4 tipos de polímeros identificados por paciente. El polietileno, el poliestireno, el poliuretano y el nylon o poliamida fueron identificados en las muestras de los cinco pacientes; el polipropileno y el PET estuvieron presentes en tres de los cinco, mientras que el PVC se identificó únicamente en una muestra. Por lo tanto, en este pequeño grupo de pacientes, algunos polímeros aparecieron de forma recurrente, mientras que otros fueron menos frecuentes.

Estos resultados son relevantes porque evidencian la coexistencia de distintos tipos de materiales plásticos en el tejido placentario**.** Sin embargo, deben interpretarse con cautela. La identificación de un polímero mediante FTIR permite conocer su composición química, pero no permite determinar por sí sola de dónde provino la partícula ni cuál fue la vía por la que llegó hasta la placenta. La exposición humana a microplásticos puede ocurrir a través de distintas fuentes ambientales y de diferentes vías, principalmente por ingestión e inhalación, por lo que establecer el origen de los materiales encontrados requerirá estudios diseñados específicamente para evaluar las posibles fuentes de exposición. Asimismo, la frecuencia con la que se identificó un determinado polímero no debe interpretarse como una medida de concentración ni de riesgo para la salud. En este análisis se registra si un tipo de polímero fue identificado en la muestra de cada paciente; por ello, que un polímero aparezca en cinco pacientes no significa necesariamente que se encuentre en mayor cantidad que otro detectado en una sola muestra. Para avanzar en la evaluación de sus posibles implicaciones biológicas, será necesario incorporar, además de la identidad química, información sobre la cantidad, el tamaño y las características de las partículas, así como relacionar estos resultados con datos clínicos y posibles fuentes de exposición.

4. Implicaciones para la salud y la investigación.

La identificación de diferentes polímeros en el tejido placentario es relevante, ya que la placenta constituye una interfaz esencial entre la madre y el feto. La presencia de microplásticos en este órgano ya ha sido documentada mediante diversas técnicas analíticas (Ragusa A., 2021, Ragusa A., 2022, Barceló D., 2023, Zhu L., 2023, Garcia M., 2024), lo que refuerza la necesidad de comprender cómo llegan estas partículas a la placenta, cómo se distribuyen en el tejido placentario y qué ocurre con ellas durante el embarazo. Estudios recientes han identificado partículas de diferentes tamaños, formas y composiciones e incluso han mostrado su presencia en compartimentos intra y extracelulares del tejido placentario (Ragusa A., 2022).

Sin embargo, detectar microplásticos en la placenta no implica demostrar que causen daño a la salud. La literatura plantea que sus posibles efectos pueden depender del tamaño, composición, concentración y características de las partículas, mientras que los mecanismos de absorción, distribución, acumulación y eliminación en el organismo aún no se conocen completamente (Barceló D., 2023, Garcia M., 2024). Por ello, nuestros resultados deben interpretarse principalmente como evidencia de la presencia e identidad química de diferentes polímeros en las muestras analizadas, y no como demostración de una relación causal con alteraciones maternas o fetales.

El siguiente paso será ampliar el número de participantes y avanzar hacia la cuantificación y caracterización de las partículas, incorporando información sobre tamaño, morfología y concentración, así como datos clínicos y posibles fuentes de exposición. Estudios previos han señalado posibles relaciones entre la exposición y factores cotidianos, como el consumo de agua y el uso de determinados productos, aunque aún se requieren muestras más grandes y controles rigurosos para establecer estas asociaciones (Barceló D., 2023, Liu S., 2023). La integración de métodos espectroscópicos y cuantitativos con información clínica será fundamental para determinar, en el futuro, las posibles implicaciones de los microplásticos en la salud materna y perinatal (Garcia M., 2024).

Conclusiones.

Los resultados de este estudio evidencian la identificación de diversos tipos de polímeros en las muestras de placenta humana analizadas. La espectroscopía FTIR permitió establecer la identidad química de los polímeros detectados; sin embargo, estos resultados no permiten determinar por sí mismos su origen, concentración ni efecto sobre la salud. Para avanzar en la comprensión de sus posibles implicaciones maternas y perinatales será necesario ampliar el número de participantes e integrar la caracterización de las partículas con información clínica y ambiental.

Agradecimientos.

Este trabajo es apoyado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) a través del proyecto CBF-2025-G-829.

Referencias bibliográficas.

Barceló, D., Picó, Y., & Alfarhan, A. H. (2023). *Microplastics: Detection in human samples, cell line studies, and health impacts*. Environmental Toxicology and Pharmacology, 101, 104204. https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104204

Garcia, M. A., Liu, R., Nihart, A., El Hayek, E., Castillo, E., Barrozo, E. R., Suter, M. A., Bleske, B., Scott, J., Forsythe, K., Gonzalez-Estrella, J., Aagaard, K. M., & Campen, M. J. (2024). *Quantitation and identification of microplastics accumulation in human placental specimens using pyrolysis gas chromatography mass spectrometry*. Toxicological Sciences, 199(1), 81–88. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfae021

Liu, S., Guo, J., Liu, X., Yang, R., Wang, H., Sun, Y., Chen, B., & Dong, R. (2023). *Detection of various microplastics in placentas, meconium, infant feces, breastmilk and infant formula: A pilot prospective study.* Science of the Total Environment, 854, 158699. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158699

Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M. C. A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., & Giorgini, E. (2021). *Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta*. Environment International, 146, 106274. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274

Ragusa, A., Matta, M., Cristiano, L., Matassa, R., Battaglione, E., Svelato, A., De Luca, C., D'Avino, S., Gulotta, A., Rongioletti, M. C. A., Catalano, P., Santacroce, C., Notarstefano, V., Carnevali, O., Giorgini, E., Vizza, E., Familiari, G., & Nottola, S. A. (2022). *Deeply in Plasticenta: Presence of microplastics in the intracellular compartment of human placentas.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(18), 11593. https://doi.org/10.3390/ijerph191811593

Zhu, L., Zhu, J., Zuo, R., Xu, Q., Qian, Y., & An, L. (2023). *Identification of microplastics in human placenta using laser direct infrared spectroscopy.* Science of the Total Environment, 856, 159060. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159060.

Información de los autores.



Dra. Lorena Padilla Martínez. Egresada de la escuela de Medicina de la BUAP. Médico Especialista en Pediatría. Maestra en Ciencias Médicas e Investigación. Adscrita al Hospital de la Mujer de Puebla desde 2005. Actual Coordinadora del departamento de Investigación del Hospital de la Mujer. Presidenta del Comité de Ética e Investigación (CEI Hospital de la Mujer).



La **Dra. María Leonora Linares Jurad** es egresada de la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Mi formación como pediatra fue en el Hospital para el Niño Poblano y como neonatóloga en el Hospital de la Mujer Puebla. Cuento con dos maestrías: una en psicopedagogía y otra en investigación clínica. Fui profesora tutora de la especialidad de Neonatología de 2010 a 2015, durante dos ciclos. Fui profesora adjunta de la especialidad de Neonatología y profesora titular de la especialidad de Neonatología de 2024 a 2025. Actualmente, jefa de enseñanza del Hospital de la Mujer Puebla; cuento con folio de instructora en Reanimación Neonatal desde 2010 hasta agosto de 2024, avalado por el Sector Salud. Actualmente vigente como instructora de NRP, avalada por la AHA. Profesora colaboradora en la Facultad de Medicina de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla desde 2023. Fui instructora de ReNeo en la Sociedad Mexicana de Pediatría.



La **Dra. Paola Guadalupe Gordillo Guerra** es Profesora-Investigadora de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Doctora en Ciencias Químicas, es integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, Nivel 1, y cuenta con Perfil Deseable PRODEP desde 2026. Su trayectoria científica se ha desarrollado en México y Francia, con estancias de investigación en la Université Pierre et Marie Curie y la Université Paris Descartes. Su trabajo articula la química orgánica, la fitoquímica, la química analítica y la química supramolecular para abordar problemas de interés biológico y ambiental. Actualmente investiga plantas medicinales, especialmente especies de uso tradicional en Chiapas, la caracterización de metabolitos bioactivos y el análisis de microplásticos mediante espectroscopía infrarroja. Su labor integra investigación, docencia, formación de recursos humanos y divulgación científica.



El **Dr. Julio César Ramírez San Juan** es investigador titular "C" del INAOE e Investigador Nacional Nivel 3. Estudió la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, la maestría y el doctorado en ciencias en el INAOE y realizó un postdoctorado en el Beckman Laser Institute de la Universidad de California, Irvine (USA). El área de interés del Dr Ramírez es la óptica estadística y la biofotónica.



El **Dr. Orlando Zaca Moran,** cuenta con más de 25 artículos JCR, más de 200 citas y un índice h de 10. He dirigido trabajos de titulación de maestría y de licenciatura. Ha participado como evaluador de proyectos SECIHTI. Cuenta, con 1 título de patente, una solicitud más de patentes, más de 30 congresos nacionales e internacionales. He formado parte de 22 proyectos con financiamiento interno del IPN, se cuenta con un proyecto financiado por SECIHTI del cual soy el responsable técnico (2023-2025), He participado en un proyecto con la dependencia federal de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA). Actualmente me encuentro desarrollando apósitos para regeneración de heridas cutáneas empleando membranas electrohiladas con extractos de plantas medicinales, así como biomarcadores de interés en áreas biomédicas mediante la fluorescencia de puntos cuánticos de óxido de grafeno obtenidos vía síntesis verde**.**



Dr. Raúl Jacobo Delgado Macuil. Estudió la licenciatura en Electrónica en la FCMF de la BUAP, México, y obtuvo su doctorado en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, con especialidad en óptica. Sus líneas de investigación se desarrollan en la generación de biosensores ópticos (utilizando anticuerpos, enzimas y anti-mRNA), en matrices cilíndricas y planares, para la determinación de analitos de interés en las áreas de la salud, medio ambiente y alimentos en el campo de la biotecnología.



Dr. Juan Castillo Mixcóatl. Egresado de la licenciatura en Electrónica en la BUAP, la Maestría en Ciencias se obtuvo en el CICESE y el grado de doctorado en ciencias fue obtenido en el INAOE. Los intereses actuales del investigador son el desarrollo de sistemas y sensores de medición remota, no contacto y no destructivos, además de la incorporación de herramientas de aprendizaje de máquina en el análisis de las respuestas de los sistemas y sensores desarrollados.



Dr. Juan Pablo Padilla Martínez. Profesor-investigador del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con formación en Física Aplicada y Doctorado en Ciencias Exactas (Óptica) por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Cuenta con estancias internacionales en la Universidad de California en Riverside (USA) y en Harvard Medical School–Massachusetts General Hospital (USA), donde consolidó líneas de investigación en biofotónica, interacción luz-materia, termocavitación, microfluídica y sensores ópticos.