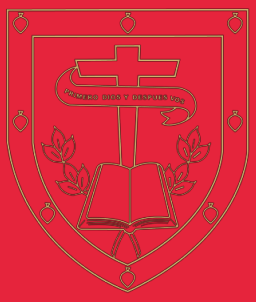


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

"REPERCUSIONES EN LA SALUD, POR CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA DE MICROPLÁSTICOS"

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO

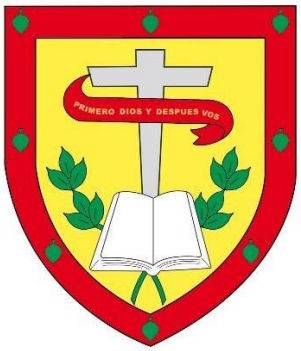
AUTOR: DANIEL ALEJANDRO OCHOA ROSERO

DIRECTOR: DR JUAN DIEGO GALLEGOS MERCHÁN

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

“REPERCUSIONES EN LA SALUD, POR CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA DE MICROPLÁSTICOS”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO

AUTOR: DANIEL ALEJANDRO OCHOA ROSERO DIRECTOR: DR JUAN DIEGO GALLEGOS MERCHÁN

CUENCA - ECUADOR

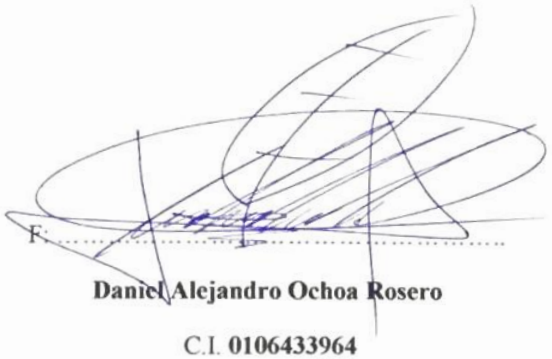
2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Daniel Alejandro Ochoa Rosero portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106433964** Declaro ser el autor de la obra: "**"REPERCUSIONES EN LA SALUD, POR CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA DE MICROPLÁSTICOS"**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

20/03/2024



F:.....

Daniel Alejandro Ochoa Rosero

C.I. **0106433964**

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR

Certifico que el presente trabajo denominado "**"REPERCUSIONES EN LA SALUD, POR CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA DE MICROPLÁSTICOS".**" realizado por **Daniel Alejandro Ochoa Rosero** con documento de identidad **No 0106433964**, previo a la obtención del título profesional de Médico, ha sido asesorado, supervisado y desarrollado bajo mi tutoría en todo su proceso, cumpliendo con la reglamentación pertinente que exige la Universidad Católica de Cuenca y los requisitos que determina la investigación científica.

20/03/2024

F: .....

Dr. Juan Diego Gallegos Merchán

DIRECTOR / TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido el faro que me ha guiado a través de los desafíos de mi carrera académica. A mis padres, por su amor y sacrificio, que me han enseñado el valor de la perseverancia y la dedicación.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Católica de Cuenca, por brindarme las herramientas y el conocimiento necesario para desarrollar este proyecto. A la Unidad Académica de Salud y Bienestar, y en especial a la Carrera de Medicina, por su invaluable apoyo académico y moral.

Un especial reconocimiento a mis profesores y mentores, cuya sabiduría y guía han sido esenciales en mi formación profesional y personal. A mis compañeros, por el compañerismo y las experiencias compartidas que han enriquecido mi vida estudiantil.

1. RESUMEN

Introducción esta investigación aborda el creciente problema de salud pública y ambiental causado por el consumo de agua contaminada con microplásticos, enfocándose en sus repercusiones en la salud humana.

Objetivo General identificar cuáles son las repercusiones en la salud generadas por consumo de microplásticos.

Metodología se empleó una revisión bibliográfica narrativa, seleccionando estudios de los últimos cinco años de bases de datos indexadas, utilizando criterios de elegibilidad específicos y palabras clave relevantes para sintetizar datos cualitativos y cuantitativos.

Resultados los estudios analizados revelan diversos efectos adversos de los microplásticos en la salud, incluyendo riesgos cardiovasculares, endocrinos, neurológicos y reproductivos, así como la influencia de la contaminación por microplásticos en diferentes ecosistemas y poblaciones.

Conclusiones la investigación concluye que los microplásticos representan una seria amenaza para la salud pública, evidenciando la necesidad de acciones legislativas, educativas y de investigación para mitigar sus efectos en la salud humana y en el medio ambiente.

Palabras clave: Contaminantes del agua,exposición a riesgos ambientales, microplásticos.

2. ABSTRACT

Introduction: This research addresses the growing problem of public health and environmental issues caused by the consumption of water contaminated with microplastics, focusing on its repercussions on human health.

Objective: To identify the health repercussions generated by the consumption of microplastics.

Methodology: A narrative literature review was conducted, selecting studies from the last five years from indexed databases, using specific eligibility criteria and relevant keywords to synthesize qualitative and quantitative data.

Results: The analyzed studies reveal various adverse effects of microplastics on health, including cardiovascular, endocrine, neurological, and reproductive risks, as well as the influence of microplastic pollution on different ecosystems and populations.

Conclusions: The research concludes that microplastics represent a severe threat to public health, highlighting the need for legislative, educational, and research actions to mitigate their effects on human health and the environment.

Keywords: Water contaminants, exposure to environmental risks, microplastics.

ÍNDICE

1. Resumen 7

2. Abstract 8

3. Introducción 11

3.1. Desarrollo del problema 14

3.2. Planteamiento del problema 15

4. Métodología 15

4.1. Tipo de Estudio 15

4.2. Criterios de Elegibilidad 16

4.3. Palabras Clave 16

4.4. Fuentes de Información 16

4.5. Criterios de Inclusión 16

4.6. Criterios de Exclusión 16

4.7. Estrategia de Búsqueda 16

4.8. Selección de Estudio 17

4.9. Proceso de Recopilación y Extracción de Datos 17

4.10. Síntesis de Resultados 17

4.11. Sesgo 17

5. OBJETIVOS 17

5.1. Objetivo general 17

5.2. Objetivos específicos: 17

6. Marco teórico 18

6.1. Definición 18

6.2. Origen 18

6.3. Composición 20

6.4. Mecanismo De accion - Efectos en la Salud 22

1. Piel y Faneras: 25
2. Sistema Respiratorio: 25
3. Sistema Cardiovascular: 25
4. Sistema Linfático: 25
5. Sistema Renal: 25
6. Sistema Digestivo: 25
7. Sistema Nervioso Central: 25
8. Sistema Endocrino: 26
9. Sistema Inmunológico: 26
7. Resultados 27
8. Discusión 23
9. Conclusiones 24
10. Recomendaciones 25
11. Bibliografía……. 29

3. INTRODUCCIÓN

Los sedimentos plásticos empiezan a ser estudiados en los años 60, cuando Kenyon y Kridler encuentran restos de material plástico en varios albatros de las playas de Alaska, consecuentemente en 1980, Merell en su estudio de campo, demuestra cómo ha incrementado la basura plástica en el mismo lugar, a finales de la década varias investigaciones apuntarían a que en el tracto respiratorio y tubo digestivo de la fauna marina Americana y Europea, contiene estos restos y, que la actividad pesquera ha contribuido con este tipo de contaminación, ya que el lavado de las redes de forma masiva ha provocado la difusión de estas partículas (1).

Por este motivo y a finales de los 90 e inicio de los 2000, inicia una campaña masiva sobre prevención, reciclaje y evasión de la contaminación de los mares, en el año 2004 aparece por primera vez el termino de microplásticos, cuando en el estudio de Thompson en Europa ya identifica restos granulares de 20 micras en la arena de las playas y mares de Reino Unido, indicando al parlamento Europeo de contaminación microscópica de elementos sintéticos, en 2008 se establece una estrategia de prevención de contaminación de los mares, iniciando concientización sobre este tipo de contaminación. (1).

Del 2009 al 2011 aumenta la cantidad de reportes sobre la progresión de la contaminación por plástico encontrado en fauna y territorio marino, no es hasta el año 2013 cuando se clasifica a los microplásticos según sus tamaños y densidades, para el año 2016 se establece que los microplásticos como elementos los cuales provienen de toda actividad de lavado de varios tipos de plásticos en el mar, y el desprendimiento de miles de sub partículas terminan en el sistema digestivo de la fauna marina que se alimenta de zooplancton contaminado de estos sintéticos, para el año 2019 se establece a las partículas de más de 25 um como partículas, filamentos, películas y pallets grandes, no se concluye si el consumo de estas a través del agua y o mariscos afecten la salud del ser humano (1).

Hoy en día, se sabe que el agua dulce y salada de nuestro planeta se encuentra contaminada con varios elementos sintéticos, inicialmente se llegó a estimar que desde la época de la macro producción de plástico de la década de los 50, con alrededor de 83 millones de toneladas de desechos plásticos, ha existido un crecimiento exponencial del peso de los desechos sintéticos, ya que en la actualidad su producción llega a los 320 millones de toneladas, de los cuales casi el 40% de su peso provienen de elementos de un solo uso, por ende se estima que en 2050 existirán 12.000 millones de toneladas de basura sintética anual, ya que el 58% de la contaminación actual proviene del embalaje plástico y el 48% restante de los productos electrónicos ya industrializados que se magnifican en número de distribución anual (2).

Debido a la revolución industrial y el aumento de la demanda de elementos derivados del petróleo de los últimos 65 años, ha crecido exponencialmente la difusión de estas partículas, ya que al existir un aumento de la población que consume productos de un solo uso y decrecer el control de descarte de basura plástica por parte de los países más industrializados, han provocado que, los parches de basura en el mar se magnifiquen y por ende la cantidad de partículas provenientes de sintéticos se difundan en el mismo, contaminando cientos de miles de litros de agua (2).

Productos de un solo uso no suelen ser reciclados y tampoco tienen la capacidad de degradarse en el medio ambiente, solo pueden generar contaminación por su acumulación, por este motivo hoy por hoy pueden evidenciarse partículas residuales por la producción de plásticos no solo atrapadas en el lecho marino si no en la atmosfera y los polos de la tierra. Al momento, se conoce que los microplásticos provienen fundamentalmente de: botellas, envoltorios, sorbetes y cosméticos (3).

Según un estudio realizado por la Universidad de Belfast - Gran Bretaña en colaboración con la Universidad de Venda Sudáfrica, en el Rio Luvuhu, Limpopo-Sudáfrica el cual data del

año 2019, se confirma que existen varias partículas de plásticos presentes en estas aguas de las cuales: el 45% de ellas son propileno, el segundo sintético más común en encontrarse es el polietileno de alta densidad con un 23.2%, posteriormente el poliestireno con un 18,2%, esta tasa de contaminación se debe a la densidad de población viviendo en la zona siendo proporcional al grado de contaminación (4).

En el año de 2022, la Universidad Central de Quito en colaboración con la Universidad De Alicante España y a través de técnicas de laboratorio como: la degradación de proteínas, técnicas de filtrado y fluorescencia a un total de 32 muestras de atún enlatado, de las cuales el 50% se encuentra suspendidas en salmuera y el resto en aceite, se arrojan los siguientes resultados : el 100% de muestras presentan microplásticos, los envasados en salmuera presentaban mayor cantidad de polímeros antes que los envasados en aceite, ya que la densidad de la suspensión facilita la difusión de estas partículas. La prueba realizada para identificar a los polímeros de forma exacta no es tan específica, sin embargo, se logró demostrar que en todas las muestras existía polietileno de grandes dimensiones, 1-50 um, los cuales por revisiones de trabajos previos se ha comprobado son retenidos por el intestino, músculo y por lo tanto amenazan a la salud de los individuos (5).

No solo se concluye que los antecedentes de contaminación del tracto digestivo de los mariscos contribuyen con la presencia de estas partículas en las muestras, ya que, al emplearse agua que no ha sido filtrada de polímeros como materia prima de los enlatados, producen una magnificación de la llegada de estas sustancias al ser humano, finalmente se concluye que, por cada 100 gramos de atún enlatado de salmuera, existe una ingesta de 692 más menos 120 microplásticos y, por cada 100 gramos de atún en aceite 442 más menos 84 microplásticos, valores con tendencia a modificarse por usar insumos contaminados de los mismos (5).

La evidencia científica de la interacción de estos sintéticos con el ser humano es escasa,

pero en estudios de laboratorio ya se observan como ciertos mamíferos, tienden a reaccionar de forma lesiva tras exponerse a estas sustancias, como fue el caso del estudio de la Universidad Católica de Chung Yang, la cual arroja datos preocupantes como: neurotoxicidad por disminución de neurotransmisores, embriotoxicidad, aumento del estrés oxidativo y apoptosis temprana en las células gonadales, disminución de la capacidad de fertilización, hepatotoxicidad y repercusiones psíquicas anormales (6).

3.1. Desarrollo del problema

En las últimas décadas, la contaminación por elementos derivados del petróleo, han significado un tema de preocupación, puesto que genera gran cantidad de repercusiones tanto en el medio ambiente como en individuos que lo conformamos, esto es corroborado en el estudio de Kenyon & Kridler realizado en las playas de Alaska, ya nos indicaba un incremento de la contaminación por plásticos y la presencia de ellos dentro de la fauna de la zona, como los albatros, mismos que en sus sistema digestivo contenían restos plásticos, incluso se asumió que solo la presencia de estos elementos en el mar, provoca el desprendimiento de cientos de miles de partículas (1).

Para finales de los años 90, ya nacen las campañas de concientización sobre la preservación del medio ambiente, esto gracias a haberse rebasado en 3 veces más la cantidad de toneladas de basura plástica producidas por año, en relación a los años 50, para el año 2004 se adjunta por primera vez el nombre de microplásticos y se empieza a hablar de la existencia de estas partículas, las cuales provienen de elementos derivados del petróleo de un solo uso tales como: botellas, envoltorios sorbetes y cosméticos, su morfología es muy variada y según la variabilidad de tamaño, se los cataloga como: nano plástico < 1um, microplásticos pequeños < 1mm y microplásticos grandes > 1mm. Recientemente se observó que actividades petroleras, pesqueras, tratamiento de aguas y obviamente el mal manejo de elementos de

descarte derivados del petróleo colaboran con la aparición de estas partículas (1).

Del año 2009 al 2013 varios reportes indicaron que la contaminación en el mundo de plásticos ha aumentado y se encuentra afectando tanto a ecosistemas como a la fauna marina, en 2016 se establece que el lavado o presencia de estas sustancias en el mar desprende cientos de miles de microplásticos hacia el mismo, finalmente en 2019 ya se comprueba que estos sedimentos estarían presentes en varios tejidos animales, mismos que no son inocuos hacia su salud (1).

3.2. Planteamiento del problema

¿Cuáles son los daños provocados en la salud por consumo de microplásticos?

En la actualidad se conoce que las principales sustancias de las cuales se componen los microplásticos, generan eventos lesivos a nivel epitelial, como bien son detallados en los resultados del análisis de la Universidad de Chung, Guanzhou y del sur de Dinamarca, y si bien la mayoría de estos estudios toma como base la experimentación en animales vivos hay que recordar que son modelos de estudio análogos a nosotros los seres humanos.

Si bien no se conoce a ciencia cierta si la exposición a dosis bajas de estos compuestos por largo plazo tenga relación con posibles repercusiones a futuro tal y como se ve en la exposición aguda a dosis elevadas de polímeros sintéticos, es necesario profundizar más en las investigaciones de este tipo y así identificar cuan lesivo podría llegar a ser. (5) (6).

4. MÉTODOLOGÍA

4.1. Tipo de Estudio

Revisión narrativa

4.2. Criterios de Elegibilidad

Incluirá estudios de campo y metaanálisis con datos cualitativos y cuantitativos, provenientes de bases de datos indexadas como Pubmed, Scopus, Web Of Science, SciELO y Science Direct.

4.3. Palabras Clave

Contaminantes del agua, exposición a riesgos ambientales, microplásticos.

4.4. Fuentes de Información

Revistas científicas de bases de datos indexadas como Pubmed, Scopus, Web of Science, SciELO, y Science Direct.

4.5. Criterios de Inclusión

Artículos científicos del último lustro, estudios de campo, revisiones sistemáticas y reportes de caso Q1-Q4, realizados en países industrializados y no industrializados, que incluyan muestras de animales o seres humanos.

4.6. Criterios de Exclusión

Información que contenga sesgos, conflictos de interés, provenga de fuentes no indexadas, estudios de tesis o monografías.

4.7. Estrategia de Búsqueda

Se empleará una búsqueda sistemática en las bases de datos mencionadas, utilizando las palabras clave relacionadas al tema.

4.8. Selección de Estudio

Se realizará mediante la revisión de títulos, resúmenes y textos completos para determinar la relevancia según los criterios de inclusión y exclusión.

4.9. Proceso de Recopilación y Extracción de Datos

Se seleccionarán y recopilarán los datos de manera ordenada de las publicaciones seleccionadas, asegurando la calidad y relevancia de la información.

4.10. Síntesis de Resultados

Los datos serán resumidos y comparados para sintetizar la evidencia disponible, utilizando técnicas de metaanálisis y revisión cualitativa.

4.11. Sesgo

Se evaluarán los sesgos, conflictos de interés y la calidad de los estudios seleccionados para asegurar la validez y fiabilidad de los resultados sintetizados.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Identificar cuáles son las repercusiones en la salud generadas por consumo de microplásticos.

5.2. Objetivos específicos:

1. Detallar que sustancias se encuentran conformando a los microplásticos y su mecanismo de acción sobre el organismo.
2. Generar Conocimientos de Promoción y Prevención en Salud, respecto al consumo de microplásticos.

6. MARCO TEÓRICO

Definición

Hoy en día, la contaminación por estos derivados del petróleo, no solamente provocan un problema ecológico si no también uno multidisciplinario, de entre ellos resalta el apartado médico, como lo es en el caso de las costas de embalse de Nandi – Sudáfrica, dada que la traslocación de estos elementos sintéticos a través de corrientes marítimas cercanas se sabe que la contaminación de polímeros puede migrar a pueblos vecinos y tener efectos nocivos sobre la salud de sus habitantes (4).

No existe en si una definición estándar de lo que son microplásticos, pero se resume como microplásticos a toda fibra o hebra proveniente del lavado o degradación de materiales sintéticos derivados del petróleo, las cuales pueden llegar a liberar partículas con morfología muy variable y según su tamaño pueden clasificarse en: nano plásticos menores a 1um, microplásticos pequeños <1mm y macro plásticos > 1mm (7).

Estas partículas no solo provienen del residuo de la degradación incompleta de: botellas, fundas de basura, neumáticos o popotes, si no también provienen como un residuo por el tratamiento de aguas, plantas petroleras, actividades de pesca y además acumulación de los mismos en la fauna marina, por ende se habla incluso de que a través de la cadena alimenticia el ser humano ya se encuentra contaminando a gran escala, ya que tanto el agua dulce como los alimentos de hoy en día e incluso la leche materna ya contienen estas fibras, por lo que determinar sus repercusiones en la salud es necesario (7).

6.1. Origen

Se sabe que todos estos sedimentos plásticos, llegan al agua tras existir previamente los siguientes determinantes: mal manejo de basura plástica y electrónicos, contaminación de ríos y desembocaduras, actividades petroleras, tratamiento de agua, tormentas y cambios

climáticos, son los principales movilizadores de basura al lecho marino, que no solamente contamina el agua sino también al zooplancton que consumen ciertos peces y a su vez nosotros a los mismos. Estas partículas sintéticas provienen por su degradación incompleta, los grandes sedimentos marinos de acumulación de sintéticos en el mar y son el principal problema de bioacumulación, ya que si bien su proceso de fragmentación dura entre 100 a 1000 años, la luz solar y el viento, generan la oxidación incompleta de estas sustancias volviéndolas más lesivas hacia los seres vivos (7).

Entre el año de 1950 al 2015 se generaron alrededor de 6,300 millones de toneladas de basura plástica, de la cual el 79% se filtró al a la superficie de la tierra, provocando degradación incompleta de los sintéticos y fragmentando estas sustancias en polímeros más pequeños de en promedio <5mm, mismos a los cuales se empezó a referir como microplásticos ya que algunos lograban sedimentar en las porosidades del suelo marino obstruirlas y afectar al exosistema microbiano. (8)

Anualmente la demanda de elementos sintéticos como los derivados del polietileno aumenta cada año un 7%, y la comunidad científica se enfoca cada vez más en el mal manejo y supervisión del desecho de basura, ya que poco a poco ha llegado a contaminar todos los ecosistemas de la superficie terrestre, por lo que estos polímeros sintéticos es posible encontrarlos en grandes cantidades no solo en el mar si no en tierra firme como campos agrícolas. Se habla de que la cadena alimenticia completa un ciclo de contaminación, ya que el suelo sedimentado de microplásticos, el cual contamina al zooplancton que consumen los peces y estos a su vez el ser humano, se puede decir que existe una contaminación horizontal de especies (9)

El problema no solo radica en el lavado de la basura plástica en el mar, sino en el desgaste de los neumáticos cerca de ríos y playas, contaminación de fibras de ropa sintética, plantas de ultra procesados cercanos a ríos y mares además de tratamiento de aguas residuales que, a

través de su paso por alcantarillados y plantas de purificación, no pueden filtrar la mayoría de las partículas por su tamaño, son liberadas hacia las corrientes marítimas.

Las principales fuentes de contaminación por sintéticos en el mundo son: el gran parche de basura del pacifico entre el oeste americano y Japón, el Rio Ganges en la India, Jakarata, Indonesia, la costa Manila – Filipinas, lagos de Nigeria- África, isla Henderson-Pictarin y la Antártida, cabe recalcar que no solo existen sedimentos de basura si no corrientes que atrapan contaminación ajena y las condiciones atmosféricas provocan no solo la contaminación de estas ubicaciones si no la oxidación y potenciación de capacidad lesiva de estas sustancias (7).

6.2. Composición

Las principales sustancias sintéticas de las cuales se encuentran compuestos los microplásticos son:

1. Polietileno o Pe: proviene de envolturas, botella y bolsas de plástico suelen ser los más preponderantes en el medio ambiente
2. Propileno PP: se encuentra en piezas de motor, alfombras, ropa interior, muebles, carcasas de dispositivos electrónicos.
3. Poliestireno PS: vasos de espuma desechable o envases de espuma de un solo uso
4. Poliéster o PET: este es el más famoso, ya que compone las fibras sintéticas, libera cientos de miles e incluso millones de partículas con el solo lavado de prendas textiles.
5. Nailon – Poliamida: de uso textil, cepillos de dientes, mangueras y tuberías.
6. Policarbonato o PC: es un termoplástico que por sus propiedades de

soportar grandes temperaturas encontramos en gafas de sol, cubiertas de lámparas, revestimiento de duchas y carpetas de oficina (7).

6.4 Mecanismo de acción lesiva:

Estas sustancias tienen una gran afinidad para penetrar la membrana celular tal cual las nitrosaminas, los cuales son compuestos cancerígenos semejantes y lo hacen en su mayoría través de difusión pasiva, mediado por trasportadores específicos y endocitosis de vesículas de membrana. La evidencia sugiere por ende que el daño epitelial y endotelial se refleja en :

1. **Obstrucción:** La evidencia científica sugiere que micropalsticos menores a 5mm pueden pasar la barrera endotelial, y darse una bioacumulación de estas sustancias en el tracto digestivo de albatros playeros, con el paso del tiempo potencialmente aumentaría el riesgo de un síndrome obstructivo.
2. **Arrastre de citotóxicos**: Los ensayos sugieren que la presencia de microplásticos en zonas de alta tasa de contaminación por pesticidas y metales pesados, se relaciona con un aumento de citotoxicidad en fauna aledaña a las zonas de contaminación, las cuales anteriormente fueron seguras.

   Comprobando así que, gracias a la forma tridimensional y compleja de estos microplasticos y por enlaces covalentes además de mecanismos de incrustación se pueden arrastrar en su estructura metales pesados y tóxicos como : Cadmio y organofosforados, aumentando así el riesgo de hepatotoxicidad y presencia de oncogenes.
3. **Repercusión endotelial:** La presencia de estos citotóxicos, mayoritariamente provenientes polietileno y polipropileno aumentan los marcadores inflamatorios de peces cebra expuestos a altas dosis de los

mismos.

Esto se debe a la repercusión de estos cuerpos extraños presentes en nuestro organismo, provocando así que los macrófagos y células dendríticas trabajen generando estrés oxidativo el cual se traduce en : Daño de ADN de replicación y apoptosis traducida en gonadotoxicidad, neurotoxicidad , cardiotoxicidad y dolor crónico.

4. **Transferencia genética:** El uso veterinario y la cría intensiva para el desarrollo acelerado de peces a base antibióticos, un mal manejo de los desechos farmacéuticos como: medicamentos expirados y residuales. Forman biopelículas de microplasticos que albergan moléculas de antibióticos en su interior por unión de enlace covalente, las cuales facilitan y aceleran el desarrollo y transferencia de genes que codifican resistencia antibiótica en las bacterias marinas.

   Actualmente los medicamentos más amenazados de uso diario según las guías medicas son: Fluoroquinolonas, cefalosporinas de 3 y cuarta generación, carbapenémicos y macrólidos. (7).

6.5 Efectos en la Salud

Sistema Neuro Endocrino

La Universidad Cristiana de Chung Yang, a través de sus departamentos de investigación sostiene que, exponer a peces cebra adultos en contenedores con agua tratada y no tratada de microplásticos desde 7 días de forma aguda a 7 semanas de forma crónica con mayor preponderancia de poliestireno el cual proviene de las fundas plásticas, arrojando datos contundentes sobre afección a la salud de los mismos y por lo tanto riesgo en mamíferos traducidas en :estrés oxidativo por hipoxia a nivel muscular, daño en el metabolismo

hormonal por elevación de aromatasa hepática, aumento de la P450 con daño del segmento del ácido ribonucleico (ADN) encargado de la síntesis de proteínas en el hígado, disminución de neurotransmisores como: dopamina, melatonina, acido gamma-amino-butírico (GABA), vasopresina, oxitocina, acetilcolinesterasa, kisspepetina, traducidos en expresarse con: ansiedad, depresión y alteración del ritmo circadiano (6).

La exposición aguda a estos microplásticos arroja: aumento de la actividad de locomoción y exploración, disminución de la agresividad y la evasión de depredadores, también se observa que a través de enzimoinmunoanálisis de absorción (ELISA), se obtuvo una disminución en la síntesis de neurotransmisores, relacionándose con la disminución del miedo y comportamiento, además se constata que en la exposición crónica al poliestireno, las hembras experimentaron una depleción en la cantidad de ovocitos, malformaciones fetales y en machos apoptosis temprana de sus espermatocitos (6).

Sistema Hepático

Los estudios de la Universidad de Hamburgo- Alemania, se contextualizan a los seres humanos, ya que tras analizar 17 muestras de las cuales fueron: 11 hepáticas, 3 renales y 3 esplénicas de pacientes con y sin enfermedad hepática crónica multifactorial, se encontró que, sólo en pacientes con enfermedad hepática crónica habían más de 6 tipos de polímeros de microplásticos de entre 4-30 um y de 1,4 a 2.2 partículas por gramo de hígado, cero en bazo y cero en riñón, las cuales no prueban ser la causa de la enfermedad pero según estudios si colaborar con su progresión ya que comenta inducir a la elevación del CP450, Factor de crecimiento transformante, fibronectina, eleva la apoptosis y estrés oxidativo en las células hepáticas como las de Kuffer (10).

Sistema Reproductor

De igual forma, en Italia-Roma, el departamento de ginecología y obstetricia perteneciente a la Universidad de Roma, confirma que, a través de micro espectroscopia, realizada a la

muestra de leche materna de 34 pacientes femeninas, al menos 26 se mostraron contaminadas con partículas de microplásticos tales como: polietileno, cloruro de polivinilo y polipropileno de entre 2-12 um, se concluyó que estos componentes tienen alta afinidad a depositarse en los lípidos como los que componen la mama, estudios previamente revisados rescatan que los bifenilos y compuestos polibrominados de los cuales están formados estos filamentos, pueden translocarse fácilmente a través de la lactancia al organismo del lactante y afectar su desarrollo: físico, intelectual cognitivo motor y endocrino, ya que existe evidencia de darse un retraso en el desarrollo del razonamiento, afectar la lectura, reconocimiento espacial y en algunos estudios incluso memoria, esto sigue siendo un tema de debate por presentar variaciones de estas alteraciones según la variable socio demográfica, también se encontró que aumenta la predisposición a las alergias e incluso criptorquidia y virilidad incompleta al exponerse a estos compuestos (11,12).

Polietileno o Pe: un estudio en Osaka a través de su facultad de farmacéutica y el plan de ingeniería médica establece que, en el caso del polietileno, sus partículas de entre 1,4 a 10 um, son citotóxicas ya que, a través de la exposición de tejidos, a altas dosis de estas partículas con mayor grado de degradación por rayos ultravioleta UV, se detecta una mayor cantidad de estrés oxidativo en células de adenocarcinoma pulmonar. Según lo cataloga el estudio de Gonzales y Fernández en la Revista Iberoamericana de Polímeros, ya estaría comprobado en varias especies la toxicidad para los gametos masculinos y femeninos, eritrocitos e incluso su difusión hacia el saco vitelino de ciertos mamíferos (13,14).

Propileno PP, Poliestireno PS, Poliéster o PET : el departamento de salud pública de Dinamarca (13), postula que a través de su revisión de artículos previos, 29 artículos postulan que todos estos tipos de plásticos resaltando el poliestireno, expuesto a tejido desde 48-60% de concentración ya arroja datos de aberraciones genéticas, citotoxicidad y genotoxicidad, se puede observar que en animales como ratones expuestos a estas partículas

ya se presentan células de leucemia, adenocarcinoma de colon, cáncer de pulmón y cuello uterino (15). La exposición a microplásticos en el agua puede tener diversas repercusiones en la salud humana, afectando múltiples sistemas del cuerpo. A continuación, se detallan los posibles efectos en cada sistema:

1. **Piel y Faneras:** Irritación cutánea, dermatitis, y reacciones alérgicas. Los microplásticos pueden actuar como irritantes físicos o vehículos para otros contaminantes que causan reacciones en la piel (16).
2. **Sistema Respiratorio:** Inflamación de las vías respiratorias, exacerbación de enfermedades respiratorias como asma o bronquitis crónica, y potencial riesgo de desarrollo de cáncer pulmonar debido a la inhalación de partículas de microplásticos (16).
3. **Sistema Cardiovascular:** Los microplásticos podrían causar inflamación sistémica que afecta la salud cardiovascular, aumentando potencialmente el riesgo de aterosclerosis, hipertensión, y enfermedades cardíacas (17).
4. **Sistema Linfático:** Alteración de la función linfática debido a la respuesta inmunitaria al reconocer los microplásticos como cuerpos extraños, pudiendo generar inflamación y posiblemente contribuir a trastornos linfáticos (17).
5. **Sistema Renal:** Posible acumulación y filtración de microplásticos y sus aditivos químicos en los riñones, lo que podría conducir a inflamación renal y alteración de la función renal (18).
6. **Sistema Digestivo:** Inflamación del tracto gastrointestinal, alteración del microbiota intestinal, y posible contribución a enfermedades hepáticas crónicas debido a la acumulación de microplásticos en el hígado (18).
7. **Sistema Nervioso Central:** Disminución en la síntesis de neurotransmisores esenciales, lo que puede conducir a trastornos neurológicos como ansiedad,

depresión, y alteraciones del ritmo circadiano (17).

8. **Sistema Endocrino:** Efectos Potenciales: Los microplásticos pueden actuar como disruptores endocrinos, interfiriendo con la función hormonal y potencialmente contribuyendo a condiciones como el hipotiroidismo (19)
9. **Sistema Inmunológico:** Efectos Potenciales: Los microplásticos podrían debilitar el sistema inmunológico al causar inflamación crónica. También existe la preocupación de que puedan estar relacionados con el desarrollo de cáncer debido a sus propiedades genotóxicas y citotóxicas (20).

Es crucial tener en cuenta que, aunque los estudios en animales y modelos de laboratorio han indicado estos posibles efectos, la investigación en humanos aún es limitada. Por lo tanto, se necesita más investigación para entender completamente el impacto y la gravedad de la exposición a microplásticos en la salud humana. Además, los efectos pueden variar considerablemente en función de la composición y cantidad de los microplásticos, así como de la susceptibilidad individual y otros factores de riesgo.

7. RESULTADOS

Tabla 1

Resultados de estudios

AUTOR	TITULO EN IDIOMA ORIGINAL CUARTIL AÑO	LUGAR/ENTIDAD	RESULTADO	APORTE CIENTIFICO	TIPO DE ESTUDIO
Cozzarini y Lez (21)	Microplastic's story/Q1/2021	Universidad trieste / Italia	Establece que pueden existir riesgos en la salud por consumo de microplásticos y promueve cambios legislativos para corregir el problema	Problema de salud publica	Metaanálisis
Ragusa et al. (22)	Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk/Q1/2022	Università Campus Bio Medico di Roma, Via Álvaro del Portillo- Roma, Italia	Encuentra a través de la revisión de leche materna restos de elementos sintéticos que pueden asociarse con problemas de salud	Existe relación entre la contaminación del medio de sintéticos, respecto a la incidencia de alteraciones en la salud	Estudio descriptivo observacional
Dalu et al., (23)	Assessing factors driving the distribution and characteristics of shoreline macroplastics in a subtropical reservoir Tatenda	Departamento de ecología de la universidad de venda en colaboración con la universidad de belfast (Sudáfrica + reino unido)/ Q1/ 2019	Indica que sintéticos son los de mayor preponderancia en la zona y que la fotoxidación es un agravante	La contaminación de microplásticos está dada por el lavado de sintéticos aledaños a la zona (actividad agrícola)	Estudio descriptivo observacional

Lin et al. (24)	Microplastics negatively affect soil fauna but stimulate microbial activity: insights from a field-based microplastic addition. experiment/Q1/2020		Resulta en existir un patrón entre la presencia de microplásticos en la zona con la actividad del microbiota perteneciente al suelo de la zona	El impacto ecológico provocado por la presencia de sintéticos puede significar un problema dentro de la cadena alimenticia	Estudio descriptivo observacional
Sarasamma et al. (25)	Nanoplastics Cause Neurobehavioral Impairments, Reproductive and Oxidative Damages, and Biomarker Responses in Zebrafish: Throwing up Alarms of Widespread Health Risk of Exposure/ Q1/ 2020	Universidad de Chongqing Chung Yuan Christian University Chinese Culture University College of Medicine, I-Shou University National Pingtung University	Los peces cebra con los cuales se experimentó, presentaron alteraciones neurológicas y reproductivas al ser expuestos a macro dosis de microplásticos.	Las repercusiones neurológicas y reproductivas podrían ser similares en el ser humano	Experimental
Zhu et al. (26)	Micro and nano plastics: A new ¿Cardiovascular risk factor? / Q1/ 2022	Universidad Médica del Sur (en Guangzhou, China) Universidad del Sur de Dinamarca (en Odense, Dinamarca)	Se identifica la posibilidad de bioacumulación de microplásticos en arterias coronarias, aterosclerosis y demás daño a los miocardiocitos	El consumo de estas partículas sintéticas es un factor de riesgo para desarrollar cardiopatías	Metaanálisis

Qiu et al. (27)	Prenatal exposure to particulate air pollution and gestational age at delivery in Massachusetts neonates 2001-2015: A perspective of causal modeling and health disparities/ Q4/ 2021	Universidad de Columbia. Escuela de Medicina Geisel, Dartmouth College. Universidad de Sherbrooke. Centro Médico de la Universidad de Columbia y el Instituto Psiquiátrico del Estado de Nueva York. Universidad de Michigan	Existe una relación entre el consumo de estas sustancias sintéticas con la incidencia de alteraciones del neurodesarrollo, esto se modifica según la variable sociodemográfica	El consumo de estas partículas de forma prenatal podría significar un riesgo para la formación de la placa neural	Metaanálisis
Dhaka et al. (28)	Occurrence, toxicity, and remediation of polyethylene terephthalate plastics. A Review/ Q2/ 2022	Lovely Professional University, Phagwara, Punjab, India. Indian Institute of Science, Bengaluru, India. Central University Jharkhand, Brambe, Ranchi, Jharkhand, India.	La salud del ser humano podría comprometerse por el consumo de polietileno: se ha determinado que existe irritación ocular, rash cutáneo, disfunción hepática y daño a la flora intestinal	La salud del ser humano se compromete por consumo de partículas de polietileno.	Metaanálisis
Goodman et al. (29)	Effects of Polystyrene Microplastics on Human Kidney and Liver Cell Morphology, Cellular Proliferation, and Metabolism. /Q1/2022	Departamento de Química y Bioquímica, Universidad Estatal de Florida, Tallahassee, Florida 32306, Estados Unidos ‡ Instituto de Biofísica Molecular, Universidad Estatal de Florida, Tallahassee, Florida 32306, Estados Unidos Autor correspondiente Autor correspondiente.	Resulta en haber daño endotelial a nivel renal y hepático, alteración en la morfología y frecuencia de regeneración de los tejidos, se traduce en nefrotoxicidad y hepatotoxicidad	La salud hepática y renal se compromete por consumo de poliestireno.	Experimental

Zou et al. (30)	Microplastics Exacerbate Cadmium-Induced Kidney Injury by Enhancing Oxidative Stress, Autophagy, Apoptosis, and Fibrosis/ Q1/2022	Universidad de Yangzhou	Metales pesados como el cadmio son arrastrados por los microplásticos de diversos tamaños y estos pueden ocasionar nefrotoxicidad daño endotelial y demás efectos sobre la salud	Los microplásticos arrastran metales pesados a zonas en las cuales no los hay provocando efectos en la salud aun no profundizados.	Experimental
D'Angelo y Meccariello (31)	Microplastics: A Threat for Male Fertility/ Q1/ 2021	Departamento de Ciencias del Movimiento y Bienestar, Universidad de Nápoles Parthenope, 80133 Nápoles, Italia.	Los espermatocitos y el epitelio testicular se comprometen al exponerse a poliestireno, el tiempo de producción de esperma, células espermáticas aberrantes y apoptosis del tejido son algunas de las reacciones in vitro observadas en la población de peces cebra	La fertilidad masculina se ve afectada por el consumo de microplásticos	Metaanálisis
Ullah et al. (32)	A review of the endocrine disrupting effects of micro and nano plastic and their associated chemicals in mammals/Q1/2022	Universidad de Peshawar, Peshawar, Pakistán. Universidad de Hainan, Haikou, Hainan, China. Universidad Normal de Qinghai, Xining, China.	En los mamíferos, podemos encontrar efectos endocrinos indeseables tras exponerse a varios tipos de sintéticos y se traducen en: Predisposicion a padecer de prolactinoma, Hipotiroidismo, enfermedades psiquiátricas, gonado toxicidad etc.	El sistema endocrino del ser humano se compromete.	Metaanálisis

Kannan y Vimalkumar (33)	Review of Human Exposure to Microplastics and Insights into Microplastics as Obesogens. Front Endocrinol/Q1/2021	Departamento de Pediatría y Departamento de Medicina Ambiental, Facultad de Medicina de la Universidad de Nueva York, Nueva York, NY, Estados Unidos.	El metabolismo de los lípidos es comprometido por la ingesta de poliestireno, predispone a la población más joven a sobrepeso obesidad y por lo tanto síndrome metabólico, resistencia a la insulina y problemas cardiacos.	El consumo de microplásticos es un factor de riesgo de predisposición a la obesidad.	Experimental
Scott et al., (34)	Perfluoroalkylated Substances (PFAS) Associated with Microplastics in a Lake Environment/ 2021	Illinois Sustainable Technology Center, Prairie Research Institute, University of Illinois / Annis Water Resources Institute, Grand Valley State University	Identificación de la adsorción de PFAS en microplásticos y su impacto potencial en la biota acuática.	Investigación sobre la interacción entre PFAS y microplásticos en un entorno lacustre.	Estudio de campo y controlado
Ghosh et al., (35)	Microplastics as an Emerging Threat to the Global Environment and Human Health/ 2023	GloNeuro Academy, India / ICMR—National Institute of Nutrition, India / School of Chemical Engineering, Yeungnam University, Corea del Sur	Exploración de los impactos de los microplásticos en la salud humana y el medio ambiente.	Discusión sobre estrategias multifacéticas para abordar la contaminación por microplásticos.	Revisión
Pérez (36)	Microplastics with Macro Effects on the Human Body/ 2023	Berkeley Scientific Journal	Identificación de riesgos para la salud humana derivados de la exposición a microplásticos.	Análisis de los mecanismos a través de los cuales los microplásticos pueden afectar la salud humana.	Investigación/Revisión

Blackburn & Green (37)	Effects of microplastics on the terrestrial environment: A critical review/ 2022	Environ Res	Examinación crítica de los efectos de los microplásticos en el medio ambiente terrestre.	Evaluación de la literatura existente sobre los efectos de los microplásticos en el medio ambiente terrestre y la identificación de lagunas de conocimiento.	Revisión
Casillas et al., (38)	Microplastics Scoping Review of Environmental and Human Exposure Data/ 2023	Microplastics	Organización de la literatura sobre microplásticos, resumen del estado actual e identificación de lagunas de conocimiento sobre la exposición humana y sus efectos potenciales en la salud.	Proporcionar una mejor comprensión de la exposición humana a los microplásticos y sus posibles efectos en la salud.	Revisión
Munhoz et al., (39)	Microplastics: A Review of Policies and Responses/ 2023	Microplastics	Presentación de conocimientos actuales sobre políticas y respuestas para abordar la contaminación por microplásticos.	Proporciona una línea de tiempo de políticas y respuestas actualizadas para prevenir la contaminación por microplásticos, destacando estrategias específicas de prevención y respuesta.	Revisión crítica

8. DISCUSIÓN

Esta investigación sintetiza los efectos significativos del consumo de microplásticos en la salud humana, enfocándose en las sustancias que los componen y sus mecanismos de acción en el organismo, además de subrayar la importancia de la promoción y prevención en salud pública respecto a este tema. Los estudios analizados aportan evidencias contundentes y, en algunos casos, resultados divergentes que enriquecen la comprensión de esta problemática.

La asociación entre los microplásticos y riesgos para la salud, sugerida por Cozzarini y Lez (21), se ve reforzada por la evidencia empírica de diversos estudios. Por ejemplo, tanto Goodman et al. (29) como Zhu et al. (26) identifican impactos específicos en órganos vitales y sistemas del cuerpo humano, como el cardiovascular y el renal. Estos hallazgos respaldan la noción de que los microplásticos constituyen una amenaza significativa para la salud pública y subrayan la necesidad de acciones legislativas y de política pública propuestas por Cozzarini y Lez.

Por otro lado, estudios como el de Ragusa et al. (22), que identifican la presencia de microplásticos en la leche materna, evidencian el riesgo directo para grupos vulnerables como los infantes, destacando la necesidad de estudiar más a fondo las rutas de exposición en etapas críticas del desarrollo humano.

En cuanto a los mecanismos de acción, los estudios abarcan un rango amplio de efectos biológicos. Por ejemplo, Sarasamma et al. (25) y D'Angelo y Meccariello (31) exploran las repercusiones neurológicas y sobre la fertilidad, respectivamente, lo cual ilustra la diversidad de sistemas afectados por los microplásticos. Estos hallazgos son cruciales para entender cómo los microplásticos pueden perturbar procesos biológicos esenciales y resaltar la importancia de estrategias de prevención y educación en salud pública.

Mientras la mayoría de los estudios concuerdan en que los microplásticos representan una amenaza para la salud, hay variabilidad en los resultados específicos y en la magnitud de los efectos reportados. Por ejemplo, el estudio de Dalu et al. (23) y Lin et al. (24) se enfocan más en el impacto ambiental y su relación indirecta con la salud humana, lo que amplía el espectro de consideraciones

necesarias para abordar integralmente esta problemática.

La investigación también revela lagunas y necesidades futuras, como en los trabajos de Casillas et al. (38) y Munhoz et al. (39), quienes piden una mayor comprensión de la exposición humana a los microplásticos y estrategias efectivas para mitigar su impacto. Estos llamados a la acción son fundamentales para avanzar hacia soluciones basadas en la evidencia y políticas públicas efectivas.

9. CONCLUSIONES

La integración de los resultados obtenidos en diversos estudios científicos revela un panorama preocupante sobre el impacto de los microplásticos en la salud humana. Estos contaminantes, ubicuos en nuestro entorno, han sido asociados con un espectro amplio de efectos adversos para la salud, incluyendo alteraciones en la función endocrina, daño a órganos vitales, trastornos neurológicos y efectos sobre la salud reproductiva. La evidencia sugiere que ningún sistema corporal está exento de los riesgos potenciales derivados de la exposición a microplásticos, lo cual convierte a esta problemática en una prioridad emergente en el campo de la salud pública.

Los estudios analizados detallan que los microplásticos no son entidades homogéneas, sino que varían ampliamente en composición, incluyendo diversos polímeros y aditivos químicos, algunos de los cuales tienen el potencial de liberarse y ejercer efectos tóxicos directos en los tejidos humanos. Los mecanismos de acción de los microplásticos y sus aditivos abarcan una gama de procesos biológicos, como la inducción de inflamación, estrés oxidativo, y alteraciones endocrinas y genotóxicas. Esta complejidad subraya la necesidad de abordar los riesgos asociados con los microplásticos de manera integral, considerando tanto la diversidad de estos contaminantes como la variedad de vías mediante las cuales pueden ejercer sus efectos perjudiciales en la salud.

Los hallazgos de esta investigación enfatizan la importancia de desarrollar e implementar programas educativos y de concienciación dirigidos a la población general y a grupos específicos, como mujeres embarazadas y padres de niños pequeños, quienes pueden ser particularmente vulnerables a los efectos de los microplásticos.

Estos programas deberían informar sobre las fuentes y rutas de exposición a los microplásticos, así como sobre estrategias prácticas para minimizar dicha exposición. Paralelamente, se destaca la urgencia de promover políticas públicas que limiten la liberación de microplásticos al ambiente y fomenten la investigación sobre métodos de detección, eliminación y descontaminación, contribuyendo así a una reducción global de la carga de estos contaminantes en nuestro entorno.

Este estudio consolida y amplía el entendimiento de los peligros que los microplásticos representan para la salud humana, destacando la necesidad de una acción concertada que abarque desde la investigación científica hasta la intervención política y la educación en salud. Los resultados obtenidos instan a la comunidad internacional a reconocer la gravedad de esta amenaza y a trabajar de manera colectiva en la generación de soluciones sostenibles que protejan la salud pública ahora y en el futuro. La magnitud y la omnipresencia de los microplásticos en nuestro medio ambiente exigen un enfoque multidisciplinario y multisectorial para mitigar su impacto y salvaguardar la salud de las generaciones presentes y futuras.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda el fortalecimiento de la legislación ambiental y de salud pública para controlar y reducir la producción y liberación de microplásticos en el medio ambiente. Esto incluye la implementación de regulaciones más estrictas sobre el uso de plásticos y la promoción de alternativas sostenibles.

Es esencial continuar con la investigación para comprender mejor los efectos de los microplásticos en la salud humana y en los ecosistemas. Se recomienda establecer programas de monitoreo a largo plazo para evaluar las tendencias de la contaminación por microplásticos y su impacto en diferentes regiones geográficas.

Se deben desarrollar campañas de educación y concienciación pública sobre los riesgos asociados con los microplásticos. Estas campañas deben dirigirse a diversos sectores de la sociedad para fomentar prácticas de consumo responsable y hábitos que reduzcan la contaminación por plásticos.

Se alienta la colaboración entre diferentes disciplinas científicas y sectores para abordar la problemática de los microplásticos de manera integral.

La investigación interdisciplinaria puede proporcionar perspectivas más amplias y soluciones innovadoras. Se recomienda incentivar a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles y responsables, reduciendo el uso de plásticos en sus productos y embalajes, y fomentando el reciclaje y la reutilización de materiales.

Invertir en el desarrollo y aplicación de tecnologías para la remediación de áreas contaminadas con microplásticos. Esto incluye la investigación en métodos de limpieza y filtración efectivos para cuerpos de agua y suelos.

Dada la naturaleza transfronteriza de la contaminación por microplásticos, se recomienda fomentar la cooperación internacional para desarrollar estrategias de manejo y políticas efectivas a nivel global.

Es crucial prestar especial atención a las poblaciones vulnerables que pueden estar más expuestas o ser más susceptibles a los efectos adversos de los microplásticos, como los niños, mujeres embarazadas y comunidades cercanas a zonas altamente contaminadas.

Integrar la problemática de los microplásticos en los currículos educativos, especialmente en los niveles de educación primaria y secundaria, para fomentar la conciencia ambiental desde edades tempranas. Apoyar y participar en iniciativas locales y globales de limpieza y conservación que se enfoquen en la reducción de la contaminación por plásticos en el medio ambiente.

RECOMENDACIONES DE PROMOCIÓN Y PREVENCIÓN EN SALUD PARA PERSONAL DE ATENCIÓN PRIMARIA EN SALUD O APS

Reuniones interdisciplinarias

- Se recomienda a la comunidad médica, que alerte a nuestras autoridades del tema, para que, a su vez, estimulen a la sociedad de ingeniería médica, ambiental y demás especialidades, masifiquen el proceso de descontaminación marina y de depuración de agua dulce. Actualmente se sabe que el agua dulce al ser potabilizada se ve

contaminada de microplasticos por ende se aconseja optar por integrar en los estándares de saneamiento de agua dulce las medidas de saneamiento marino tales como: Sistemas de barrido pasivo, Skimmers, drones submarinos, filtros de densidad y demás tecnologías de descontaminación.

Vigilancia del descarte y optimización de recursos

- Todo médico y personal de atención primaria en salud debe ser responsable de manejar adecuadamente la economización y optimización de recursos médicos, además de su descarte, ya que, al no vigilarlos hasta su punto de entrega con la unidad de recolección, puede existir una filtración inadecuada de desechos médicos y provocar contaminación adyacente que potencialmente podría terminar en nuestros mares, véase envases de: Ampollas, guantes, jeringas, fundas de suero etc. Como se vio anteriormente, no solo contribuye con la contaminación, sino que también se comprobó estimula a la resistencia de antibióticos, por aumento de sus vectores transportadores.

Identificación de pacientes de riesgo

- Como se pudo evidenciar anteriormente, los pacientes con padecimientos: Oncológicos hepáticos, reproductivos, cardiacos , neuro-psiquiátricos e inmunodeprimidos, deben de ser priorizados como blancos por defender de las sustancias que componen a los microplasticos, porque la evidencia sugiere podrían ser los más susceptibles de sufrir repercusiones.

Perspectiva ecológica

- El médico de atención primaria en salud debe indicar a sus pacientes evadir el uso de sintéticos, además de priorizar el uso de elementos amigables con el medio ambiente, mismos que serían: Ropa 100% algodón lino tencal bambú o cáñamo orgánico, platos y cubiertos desechables derivados del bagazo de trigo y caña además de enfatizar el reciclaje.

- Enfatizar el no usar elementos de uso único potencialmente contaminantes como bandejas desechables, estimular la limpieza de las playas como medida básica de las fundaciones ecológicas, profundizar en el simplificar el consumo humano.

Educación y divulgación

- Como médicos de atención primaria en salud, se recomienda dar charlas a nuestros pacientes con y sin factores de riesgo mencionados, sobre la repercusión de la contaminación de estos fragmentos sintéticos en nuestra salud, al ser un tema nuevo debemos actualizarnos constantemente con información indexada, sobre los hallazgos más recientes de este tema.
- Concientizar a nuestros pacientes sobre la medicina preventiva de lo impartido y lo conocido, es decir , el realizar ejercicio físico de tipo aeróbico 150 minutos semanales sumado a esto llevar dieta dirigida, pedir a nuestros pacientes divulgar correctamente la información previamente recibida para poder brindar así una mejor calidad de vida en masa (16,19).

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Sarasamma S, Audira G, Siregar P, Malhotra N, Lai YH, Liang ST, et al. Nanoplastics cause neurobehavioral impairments, reproductive and oxidative damages, and biomarker responses in zebrafish: Throwing up alarms of widespread health risk of exposure. Int J Mol Sci. 2020;21(4):1– 29.
2. Grover Castañeta Universidad Mayor de San Andrés UMSA BAFGUM de SAUBFNU de CCCAMU de CC. Microplásticos: un contaminante quecrece en todas las esferas ambientales,sus características y posibles riesgospara la salud pública por exposición. Rev Boliv Química, vol 37, núm 3, pp 160-175, 2020 [Internet]. Available from: https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/#redalyc_426365043004_ref9
3. RH Waringa RM Harrisa , RH Waringa RH, S. Contaminación plástica de la cadena alimentaria: ¿una amenaza para la salud humana? www.elsevier.com/locate/maturitas [Internet]. 2022;115:13–21. Available from: https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.06.010
4. Dalu T, Malesa B, Cuthbert RN. Assessing factors driving the distribution and characteristics of shoreline macroplastics in a subtropical reservoir. Sci Total Environ [Internet]. 2019;696:133992. Available from: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133992
5. Diaz-basantes MF, Nacimba-aguirre D, Conesa JA, Fullana A. Presence of microplastics in commercial canned tuna. Food Chem [Internet]. 2022;385(November 2021):132721. Available from: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132721
6. Sreja Sarasamma 1 2, , Gilbert Audira 1, 2,† , Peter Siregar 2 Nemi Malhotra 3 , Y-

HL, 2, Liang ST, Jung-Ren Chen 5,*, Kelvin H.-C. Chen 6,* y Chung-Der Hsiao 1, 2 7. Los nanoplásticos causan alteraciones neuroconductuales Daños reproductivos, oxidativos y biomarcadores. Respuestas en Pez cebra: Lanzando alarmas de ancho Difunda el riesgo de exposición para la salud. Rev Int Ciencias Mol Artículo [Internet]. 2020;1:1–7. Available from: doi:10.3390/ijms21041410

7. Cozzarini CS y LEZ, *, Departamento. Boletín de contaminación marina. 2020;1:1–4. Available from: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111820

8. Dunmei lin1 , Guangrong Yang1 , Pengpeng Dou1, Shenhua Qian1, Liang Zhao1 YY y NF. Los microplásticos afectan negativamente a la fauna del suelo, pero estimulan la actividad microbiana: conocimientos de un experimento de campo de adición de microplásticos. 1 Lab Clave Ecoambiente la Región del Embalse las Tres Gargantas, Minist Educ Univ Chongqing, Chongqing 400045, República Pop China 2 INRAE, Bordeaux Sci Agro, Umr 1391 Interacción Suelo Planta Atmósfera (I. 2018;

9. Yang L, Zhang Y, Kang S, Wang Z, Wu C. Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. Sci Total Environ [Internet]. 2021;780:146546. Available from: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146546

10. Mani T, Hauk A, Walter U, Burkhardt-Holm P. Microplastics profile along the Rhine River. Sci Rep. 2015:1–7.

11. Ragusa A, 1, , Alessandro Svelato 3 AB 2, Giorgia Gioacchini, 2, Christine Blondeel 3, Emma Zucchelli 3 CDL, et al. Detección y caracterización por microespectroscopia Raman de Microplásticos en la leche materna humana. Polymers (Basel) [Internet]. 2022;14(13):2700. Available from: https://doi.org/10.3390/polym14132700

12. Romero Gameros C, López Moreno M, Anaya Dyck A, Flores Najera S, Mendoza Zubieta V, Martínez Ordaz J, et al. Alteraciones del gusto y olfato en el contexto de

la pandemia por SARS- CoV-2. Análisis preliminar. An Orl Mex [Internet]. 2020;65(3):147–55. Available from: www.otorrino.org.mx

13. Ikuno Y, Tsujino H, Haga Y, Asahara H, Higashisaka K, Tsutsumi Y. Impact of Degradation of Polyethylene Particles on Their Cytotoxicity. Microplastics [Internet]. 2023;2(2):192–201. Available from: https://doi.org/10.3390/microplastics2020015

14. Neurología S de, Segovia CA de. Sistema sensitivo. Sección Neurol Complejo Asist Segovia. 2017;2:3–12.

15. Peter Moller MR, Departamento. Exposición a partículas nanoplásticas y daño al ADN en células de mamíferos. 2023;

16. Navarro-Espinoza S, Silva-Campa E, Acosta-Elías MA, Grijalva-Noriega FJ. Micro(nano)plásticos en el medio ambiente: una descripción de los efectos potenciales a la salud humana. EPISTEMUS [Internet]. 2023 [citado 26 de enero de 2024];18(35). Disponible en: https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/article/view/311

17. Silva J dos S, Rodrigues JRP, Sá RA de QC de, Oliveira MBM de, Silva SM da, Souza KS, et al. Environmental pollution by microplastics and its consequences on human health. Research, Society and Development. 2022;11(13):e520111335863-e520111335863.

18. Wang W, Gao H, Jin S, Li R, Na G. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019;173:110-7.

19. Pang LY, Sonagara S, Oduwole O, Gibbins C, Nee TK. Microplastics - an emerging silent menace to public health. Life Sciences, Medicine and Biomedicine [Internet]. 2021 [citado 26 de enero de 2024];5(1). Disponible en:

https://biomescientia.com/index.php/lsmb/article/view/72

20. Díaz-Mendoza C, Mouthon-Bello J, Pérez-Herrera NL, Escobar-Díaz SM. Plastics and microplastics, effects on marine coastal areas: a review. Environ Sci Pollut Res. 2020;27(32):39913-22.

21. Schmid C, Cozzarini L, Zambello E. Microplastic's story - PubMed [Internet]. 2021 [citado 12 de enero de 2024]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33203604/

22. Ragusa A, Notarstefano V, Svelato A, Belloni A, Gioacchini G, Blondeel C, et al. Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. Polymers (Basel). 2022;14(13):2700.

23. Dalu T, Malesa B, Cuthbert RN. Assessing factors driving the distribution and characteristics of shoreline macroplastics in a subtropical reservoir. Sci Total Environ. 2019;696:133992.

24. Lin D, Yang G, Dou P, Qian S, Zhao L, Yang Y, et al. Microplastics negatively affect soil fauna but stimulate microbial activity: insights from a field-based microplastic addition experiment. Proc Biol Sci. 2020;287(1934):20201268.

25. Sarasamma S, Audira G, Siregar P, Malhotra N, Lai YH, Liang ST, et al. Nanoplastics Cause Neurobehavioral Impairments, Reproductive and Oxidative Damages, and Biomarker Responses in Zebrafish: Throwing up Alarms of Wide Spread Health Risk of Exposure. Int J Mol Sci. 2020;21(4):1410.

26. Zhu X, Wang C, Duan X, Liang B, Genbo Xu E, Huang Z. Micro- and nanoplastics: A new cardiovascular risk factor? Environ Int. 2023;171:107662.

27. Qiu X, Fong KC, Shi L, Papatheodorou S, Di Q, Just A, et al. Prenatal exposure to particulate air pollution and gestational age at delivery in Massachusetts neonates 2001-2015: A perspective of causal modeling and health disparities. Environ

Epidemiol. 2020;4(5):e113.

28. Dhaka V, Singh S, Anil AG, Sunil Kumar Naik TS, Garg S, Samuel J, et al. Occurrence, toxicity and remediation of polyethylene terephthalate plastics. A review. Environ Chem Lett. 2022;20(3):1777-800.

29. Goodman KE, Hua T, Sang QXA. Effects of Polystyrene Microplastics on Human Kidney and Liver Cell Morphology, Cellular Proliferation, and Metabolism. ACS Omega. 2022;7(38):34136- 53.

30. Zou H, Chen Y, Qu H, Sun J, Wang T, Ma Y, et al. Microplastics Exacerbate Cadmium-Induced Kidney Injury by Enhancing Oxidative Stress, Autophagy, Apoptosis, and Fibrosis. Int J Mol Sci. 2022;23(22):14411.

31. D'Angelo S, Meccariello R. Microplastics: A Threat for Male Fertility. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(5):2392.

32. Ullah S, Ahmad S, Guo X, Ullah S, Ullah S, Nabi G, et al. A review of the endocrine disrupting effects of micro and nano plastic and their associated chemicals in mammals. Frontiers in Endocrinology [Internet]. 2023 [citado 12 de enero de 2024];13. Disponible en: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2022.1084236

33. Kannan K, Vimalkumar K. A Review of Human Exposure to Microplastics and Insights Into Microplastics as Obesogens. Frontiers in Endocrinology [Internet]. 2021 [citado 12 de enero de 2024];12. Disponible en: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2021.724989

34. Scott JW, Gunderson KG, Green LA, Rediske RR, Steinman AD. Perfluoroalkylated Substances (PFAS) Associated with Microplastics in a Lake Environment. Toxics. mayo de 2021;9(5):106.

35. Ghosh S, Sinha JK, Ghosh S, Vashisth K, Han S, Bhaskar R. Microplastics as an

Emerging Threat to the Global Environment and Human Health. Sustainability. enero de 2023;15(14):10821.

36. Pérez M. Microplastics with Macro Effects on the Human Body – Berkeley Scientific Journal [Internet]. 2023 [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: https://bsj.studentorg.berkeley.edu/microplastics-with-macro-effects-on-the-human-body/

37. Blackburn K, Green D. The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown. Ambio. marzo de 2022;51(3):518-30.

38. Casillas G, Hubbard BC, Telfer J, Zarate-Bermudez M, Muianga C, Zarus GM, et al. Microplastics Scoping Review of Environmental and Human Exposure Data. Microplastics. marzo de 2023;2(1):78-92.

39. Munhoz DR, Harkes P, Beriot N, Larreta J, Basurko OC. Microplastics: A Review of Policies and Responses. Microplastics. marzo de 2023;2(1):1-26.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL

REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Daniel Alejandro Ochoa Rosero portador(a) de la cédula de ciudadanía Nº **0106433964**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **""REPERCUSIONES EN LA SALUD, POR CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA DE MICROPLÁSTICOS"** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

20/03/2024

F: .....

Daniel Alejandro Ochoa Rosero

C.I. **0106433964**