



ESCUELA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado de enfermería

PROBLEMAS DE LOS MICROPLÁSTICOS EN LOS SERES VIVOS

Autora: Lucía Neiro Munín.

Tutora: Margarita Taracido Trunk.

Curso académico: 2021-2022.

Convocatoria: 21-22 junio.



FACULTADE DE ENFERMARÍA

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Grado en Enfermería

El Proyecto de Fin de Grado titulado: Problemas de los microplásticos en los seres , fue realizado por el/la abajo firmante.

Santiago de Compostela, 10 de Junio de 2022

El/La alumno/a, Lucía Neiro Munín

Fdo.:

A handwritten signature in blue ink that reads 'Lucía Neiro' with a horizontal line underneath.

Vº Bº

El/La tutor/a

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Margarita Taracido Trunk'.

Fdo.: Margarita Taracido Trunk

ÍNDICE:

1. RESUMEN.....	I
2. RESUMO.....	II
3. ABSTRACT.....	III
4. INTRODUCCIÓN.....	1
5. JUSTIFICACIÓN.....	2
6. OBJETIVOS.....	2
3.1 Objetivo principal	
3.2 Objetivos específicos	
7. METODOLOGÍA.....	3
5.1 Búsqueda bibliográfica	
5.2 Selección de artículos	
5.3 Gestión de la información	
8. RESULTADOS.....	5
6.1 Efecto de los microplásticos en la salud de los organismos	
6.2 Efecto de los microplásticos en embarazadas y fetos	
2.3 Impacto de los microplásticos en los ecosistemas	
9. DISCUSIÓN.....	14
10. CONCLUSIÓN.....	16
11. BIBLIOGRAFÍA.....	17

1. RESUMEN:

Introducción: en los últimos 60 años se ha incrementado el uso de plástico en numerosas cifras. Sus numerosas ventajas lo convierten en material óptimo para el uso industrial. La difícil degradación y reciclaje potencian la acumulación en el medio ambiente incrementando la exposición de diferentes ecosistemas. Los plásticos acumulados son sometidos a diferentes procesos de erosión dando como resultado fragmentos más pequeños denominados microplásticos. La finalidad de esta revisión es analizar los efectos de los microplásticos en los diferentes ambientes en los que se acumulan, y el perjuicio que tienen para la salud humana.

Objetivos: indagar sobre los efectos de los microplásticos en la salud humana.

Metodología: se trata de una revisión bibliográfica, obteniendo la información en bases de datos científicas como Pubmed y Scielo.

Resultados: estudios realizados en animales nos aportan una idea orientativa de la acumulación y las consecuencias de los microplásticos en el organismo. Mediante inhalación e ingestión predominantemente se acumulan en órganos como cerebro, estómago, intestino, pulmón, hígado y placenta generando respuestas en estos órganos con sus respectivas consecuencias en la funcionalidad de muchos sistemas del organismo. El incremento de microplásticos en los ecosistemas también vuelve más vulnerables a los seres vivos al estar más expuestos a este tipo de micropartículas.

Discusión y conclusión: el problema de la presencia de microplásticos incrementa de forma considerable anualmente, por lo tanto, es necesario de manera urgente el estudio de los efectos y toxicidad de los microplásticos en los seres vivos. Cada vez la exposición es mayor en los diferentes ecosistemas teniendo repercusiones graves en la seguridad alimentaria, alteraciones metabólicas y de desarrollo. Se debe determinar un control de producción y desechos para no alcanzar problemas saludables y en los ecosistemas irrevocables.

Palabras clave: microplásticos, salud humana, ecosistemas, placenta y contaminación.

RESUMO:

Introducción: nos últimos 60 anos incrementouse o emprego do plástico en numerosas cifras. As súas numerosas ventaxas convirteno nun material óptimo para o emprego da industria. A difícil degradación e reciclaxe potencian a acumulación no medio ambiente incrementando a exposición dos diferentes ecosistemas. Os plásticos acumulados son sometidos a diferentes procesos de erosión tendo como resultado fragmentos máis pequenos chamados microplásticos. A finalidade de esta revisión é analizar os efectos dos microplásticos nos diferentes ambientes que se acumulan e o dano para a saúde.

Obxetivos: indagar sobre os efectos dos microplásticos na saúde humana.

Metodoloxía: trátase dunha revisión bibliográfica, obtendo información nas bases de datos científicas como Pubmed e SCIELO.

Resultados: estudos realizados en animais aportan unha idea orientativa da acumulación e as consecuencias dos microplásticos no organismo. Mediante inhalación e inxestión predominantemente acumulanse en órganos como cerebro, estómago, intestino, pulmón, fígado e placenta xerando respostas nestos órganos coas súas respectivas consecuencias na funcionalidade de moitos sistemas do organismo. O incremento de microplásticos nos ecosistemas volve máis vulnerable os seres vivos ao estar máis expostos a estas micropartículas.

Discusión e resultados: o problema do incremento dos microplásticos incrementa de forma considerable anualmente, polo tanto, é necesario urxentemente o estudo dos efectos e toxicidade dos microplásticos nos seres vivos. Cada vez é maior a exposición nos diferentes ecosistemas tendo repercusións graves na seguridade alimentaria, alteracións metabólicas e do desenvolvemento. Débese determinar un control da produción e dos residuos para non alcanzar problemas saudables e nos ecosistemas irrevocables.

Palabras clave: microplásticos, saúde humana, ecosistemas, placenta e contaminación.

ABSTRACT:

Introduction: in the last 60 years the use of plastic has increased in numerous figures. Its numerous advantages make it an optimal material for industrial use. Difficult degradation and recycling enhance accumulation in the environment, increasing the exposure of different ecosystems. The accumulated plastics are subjected to different erosion processes, resulting in smaller fragments called microplastics. The purpose of this review is to analyze the effects of microplastics in the different environments in which they accumulate and the damage they have on human health.

Objectives: to investigate the effects of microplastics on human health.

Methodology: this is a bibliographic review, obtaining the information in scientific databases such as Pubmed and Scielo.

Results: studies carried out on animals provide us with an indicative idea of the accumulation and consequences of microplastics in the body. Through inhalation and ingestion, they predominantly accumulate in organs such as the brain, stomach, intestine, lung, liver and afterbirth generating responses in these organs with their respective consequences on the functionality of many body systems. The increase in microplastics in ecosystems also makes living beings more vulnerable as they are more exposed to this type of microparticles.

Discussion and conclusion: the problem of the presence of microplastics increases considerably annually, therefore, it is urgently necessary to study the effects and toxicity of microplastics in living beings. Exposure is increasing in different ecosystems, having serious repercussions on food security, metabolic and development alterations. A control of production and waste must be determined so as not to reach healthy problems and irrevocable ecosystems.

Keywords: microplastics, human health, ecosystems, placenta and pollution.

2. INTRODUCCIÓN:

A mediados del siglo XX, comienza la “Era del plástico”. La fabricación de materiales plásticos con diferentes características y propiedades físicas ha aumentado progresivamente durante los últimos años. Aproximadamente 8.300 millones de toneladas métricas se han generado desde el año 1950, de las cuales un 40% son plásticos para un solo uso. Una ínfima parte de los desechos plásticos son reciclados o incinerados, la mayor parte se depositan en vertederos o en el medio ambiente. Se estima que en 2025 persistirán en el ecosistema marino 250 millones de toneladas de plásticos. El plástico es un material sintético o semisintético formado por polímeros. Presenta grandes ventajas, como su versatilidad, durabilidad, fuerza y conducción eléctrica, lo que lo convierte en un material idóneo para muchas aplicaciones industriales y de uso de consumo diario. La elevada producción, su eliminación inadecuada y su lenta degradación resultan condiciones óptimas para que persista largo tiempo en el medio ambiente. (1)

Los plásticos más fabricados y empleados son el polipropileno (PP), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PP), poliestireno (PS), poliuretano (PUR), cloruro de polivinilo (PVC) y policarbonato (PC). El poliestireno es el más encontrado en el medio ambiente en comparación con el resto, ya que al ofrecer un alto rendimiento se emplea ampliamente para la producción de productos y envases de plástico. (2)

Los microplásticos proceden del mal manejo de los plásticos. Se consideran microplásticos las partículas y fragmentos de plástico con un diámetro inferior a 5 nm. Son considerados primarios o secundarios según su origen. Los primarios proceden de productos manufacturados, como cosméticos, detergentes, protectores solares, y los secundarios proceden de la descomposición de piezas de plástico grandes. La descomposición se debe a diferentes factores ambientales, propiedades químicas, mecánicas y biológicas. Algunos ejemplos son la radiación ultravioleta, la abrasión mecánica y la degradación biológica del medio ambiente. (3)

Las poblaciones humanas cada vez están más expuestas, directamente por el medio ambiente o a través de los alimentos. Los microplásticos se detectan en la mayoría de los hábitats, como océanos, suelos, lagos, por lo que podemos considerar que existe una

“contaminación por microplásticos”. Esta contaminación tiene un efecto negativo para el medio ambiente y para la salud humana que cada vez tiene mayor relevancia, pero aún son pocos los estudios que demuestran los potenciales efectos negativos en los organismos. (1,3)

Una de las características de los microplásticos es la capacidad de actuar como vectores de transporte de diversos productos químicos, especies invasoras y absorción de contaminantes, por lo que fomentan la vulnerabilidad del medio ambiente y de los humanos. Se presentan en los ecosistemas con diferentes tamaños y concentraciones, de lo que dependen sus consecuencias. Uno de los problemas del tamaño tan reducido es la facilidad de transporte e introducción en los organismos. Otro de los riesgos de estos materiales es la absorción de aditivos, como plastificantes, retardantes de llama, estabilizadores térmicos y de luz, antioxidantes, pigmentos, tensioactivos, lubricantes y monómeros, incrementado la toxicidad de estos fragmentos. (4)

3. JUSTIFICACIÓN

Los desechos plásticos cada vez son más y su degradación en el medio ambiente es un problema grave, afectando a los ecosistemas y seres vivos. Todo esto demuestra la importancia de una revisión bibliográfica que nos ayude a comprender la magnitud del problema, dando así una visibilidad que contribuya a la concienciación de la sociedad sobre la importancia de la reducción del uso de plástico. Los estudios en humanos hasta el día de hoy son escasos, y con esta revisión se pretende evaluar el potencial riesgo y la importancia del estudio de este problema actual:

4. OBJETIVOS

1. Objetivo principal:

- Revisión bibliográfica sistemática sobre los efectos de los microplásticos en la salud de los organismos.

2. Objetivos específicos:

- Conocer los efectos de los microplásticos en embarazadas y fetos.
- Revisar el impacto de los microplásticos en los ecosistemas.

5. METODOLOGÍA

5.1 Búsqueda bibliográfica

Este documento consiste en una revisión bibliográfica, fundamentándose en diferentes artículos seleccionados en una búsqueda exhaustiva en las bases de datos científicas que contienen un contenido acreditado y por lo tanto fiable. Las empleadas han sido Pubmed, Google académico, Dialnet y Scielo. El período de búsqueda ha comprendido desde el 16 de Febrero al 12 de Marzo de 2022. Para facilitar la búsqueda de información acorde a los objetivos establecidos se ha empleado una combinación de palabras clave, tanto en castellano como en inglés, enlazadas por operadores booleanos, en este caso se ha empleado AND. Las palabras clave seleccionadas para realizar esta revisión han sido: microplásticos, salud humana, ecosistemas, placenta y contaminación. La selección de artículos obtenidos se basa en unos criterios de exclusión e inclusión preestablecidos a la búsqueda, que se explican en la Tabla 1. Una vez establecidos los criterios, empleamos filtros de búsqueda ajustados a esos criterios: texto completo, revisión sistemática, revisión y publicaciones hasta hace diez años.

Criterios inclusión	Criterios exclusión
Artículos que contengan información sobre microplásticos y efectos en seres humanos y medio ambiente	Artículos que no se puede acceder al texto completo de forma gratuita
Artículos publicados en los 10 últimos años	Artículos que no se ajustan a la información requerida
Artículos publicados en castellano e inglés	Artículos que no incluyan la estructura IMRD

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

5.2 Selección de artículos

En la búsqueda de artículos en las bases de datos se obtuvo un resultado de 1.500 artículos en total. Una vez realizada esta búsqueda, los artículos encontrados se sometieron a un proceso de selección. En primer lugar, se realizó una selección por el título, seleccionando aquellos que contenían las palabras clave, obteniendo un resultado de 150 artículos. En segundo lugar, se procedió a realizar una lectura del resumen de cada uno, obteniendo un total de 50 artículos. Por último, se realizó una lectura profunda y detenida de cada uno, seleccionando aquellos que tenían información adecuada a los objetivos planteados y

cumplían los criterios de inclusión establecidos, obteniendo 19 artículos finales como observamos en la figura 1.

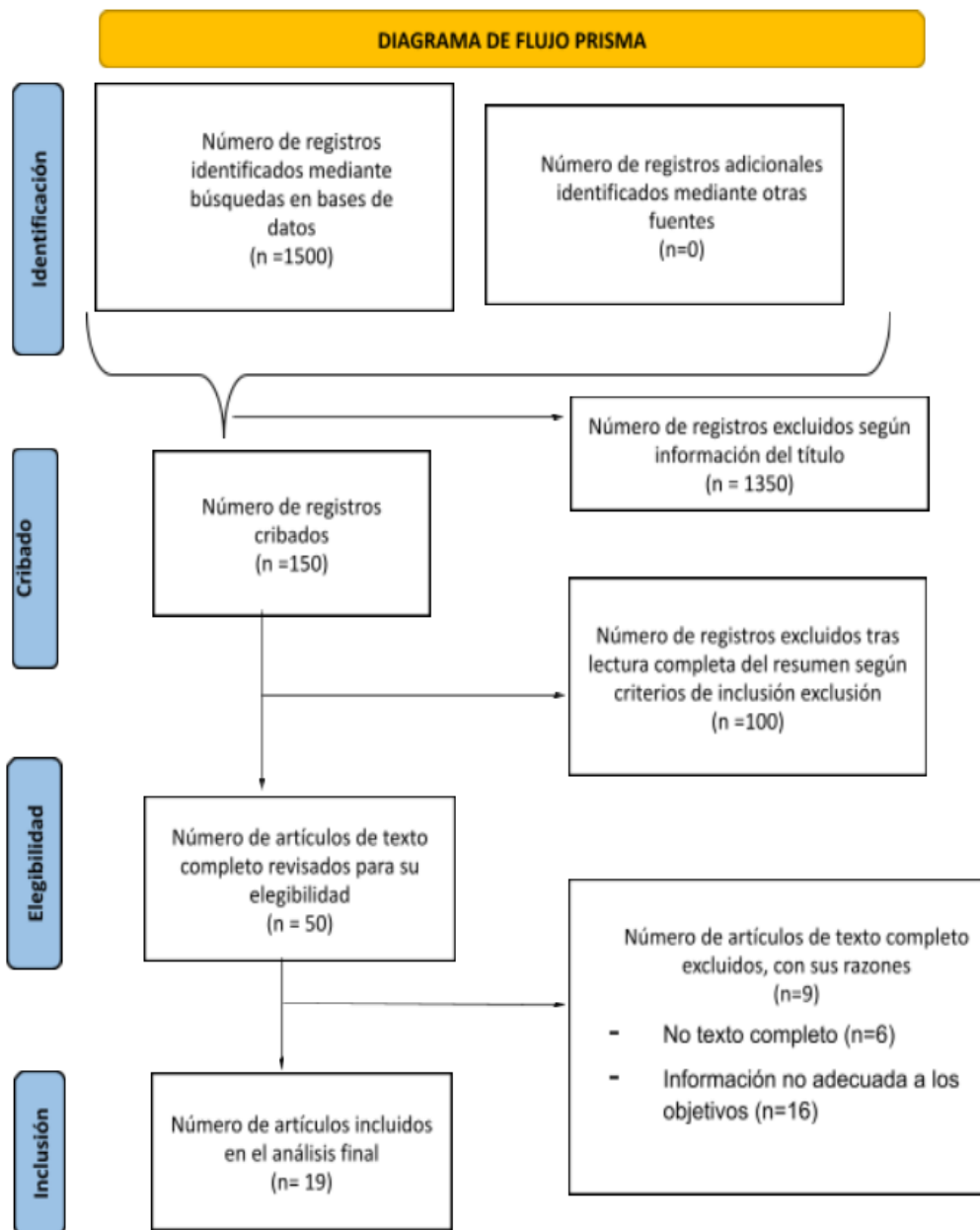


Fig 1. Diagrama de flujo metodología.

5.3 Gestión de la información

Una vez finalizada la búsqueda se realiza una lectura más profunda de los 15 artículos seleccionados para sintetizar toda la información obtenida.

6.RESULTADOS

6.1 Efectos de los microplásticos en la salud de los organismos.

El conocimiento sobre los efectos de los microplásticos en la salud humana es limitado, existe una baja evidencia sobre su impacto. La mayoría son estudios de experimentación en vivo o in vitro en mamíferos, lo que nos da una idea orientativa de la influencia que puede tener este tipo de material en nuestra salud. (5)

Se estima que al año se introducen 163.000 partículas de microplásticos en el organismo de los seres humanos, de las cuales unas 121.000 son por inhalación y unas 52.000 por ingestión, según la información del PNUMA. (6)

En el estudio de **López-Vázquez, Rodil R, et al.** se ha estimado que la ingestión accidental de microplásticos superior a 3.000 micras de ftalato de dimetilo (DMP), ftalato de di-n-butilo (DnBP) o bisfenol A (BPA) se considera un riesgo real para la salud. (4)

Una de las entradas en el organismo es por inhalación. Aquellas partículas con un mayor tamaño que han sido retenidas en la nariz pueden ser eliminadas mediante mecanismos como tos, estornudos o sonarse la nariz, evitando que se introduzcan en el cuerpo. Mediante la inhalación se calcula una entrada de 26 a 130 partículas por día. (6) Las personas con una tendencia mayor a respirar por la boca tienen una mayor probabilidad de que estas partículas lleguen a los pulmones. Las partículas que inician su entrada por esta ruta activan un mecanismo de fagocitosis similar a la vía de entrada por ingestión. Esto se debe a la activación de las células T, que estimulan la fagocitosis por macrófagos y son transportadas a los ganglios linfáticos. En el área traqueobronquial se depositan las que tienen un tamaño mayor y, si son solubles, se introducen en los bronquios. Algunas de esas partículas de tamaño muy pequeño pueden llegar a depositarse en la región alveolar. (7,8,9)

El estudio realizado por **Amato-Lourenço, Carvalho- Oliveira, et al.** en 20 autopsias de pulmones fundamenta la introducción de microplásticos por la vía aérea. Los pulmones procedentes de zonas urbanas grandes, como ciudades de China o Nueva York, tienen una

mayor exposición a la inhalación de partículas. Los materiales hallados con más abundancia son las partículas poliméricas con un tamaño inferior a 5 micras, predominando el polipropileno, el polietileno y fibras en más del 50% de los pulmones, lo que permite concluir que los pulmones son un lugar de depósito de estos contaminantes tan pequeños. (7) La capacidad para depositarse en ellos va a variar según el tamaño, diámetro aerodinámico, carga, densidad, caudal, tipo de partícula/fibra y características del individuo. La región más complicada de alcanzar por los microplásticos es la región alveolar, ya que se necesita un diámetro de un tamaño muy reducido. La acumulación de microplásticos en el pulmón puede conducirlos a la circulación sistémica, principalmente las partículas finas y ultrafinas, desencadenando respuestas macrofágicas y la liberación de mediadores inflamatorios biológicamente activos. El daño pulmonar provocado por la introducción de partículas se asocia con enfermedades inflamatorias pulmonares como asma, atelectasia, EPOC, bronquitis y cáncer de pulmón. (7,8)

Cada vez estamos más expuestos a los microplásticos, no solo en los exteriores sino también dentro de nuestro hogar. El estudio de **Zhang J, Wang L, et al** demuestra la exposición en el interior de los hogares. (9) El polvo doméstico es uno de los principales focos de acumulación, en el que se encuentra la mayor parte de materiales de tereftalato de polietileno, policarbonato y ácido tereftálico libre. Son materiales cada vez más presentes en los hogares en objetos como las fibras de la ropa, detergentes y maquillajes. (7, 9)

La exposición a través de la ingestión se ha valorado principalmente en función de la ingesta de depredadores del ecosistema marino que están en la cima de la cadena alimentaria. (10). Esta teoría está fundamentada por un estudio sobre el análisis de heces de estos animales, en el que se observan restos de partículas de plástico. Los principales métodos para el análisis de exposición se basan en el análisis de muestras biológicas excretadas del aparato digestivo o en el análisis de los biomarcadores de contaminantes químicos ambientales, detectados en muestras de sangre y orina. (7,10)

López Vázquez J, Rodil R, et al. analizan la bioaccesibilidad oral de bisfenol A y ésteres de ftalato y demuestran una bioaccesibilidad al aparato digestivo de un 65%. La accesibilidad de estas partículas es mayor en presencia de cantidades grandes de enzimas y sales biliares, por la facilidad de formación de un número mayor de micelas, facilitando el transporte de estas partículas. Por lo tanto, la accesibilidad óptima es en presencia de alimentos. (4) Ciertos

alimentos de consumo diario contienen microplásticos en su composición, debido a su producción o procesamiento, incrementando la probabilidad de absorción de los microplásticos. Algunos ejemplos son el maíz, patata, arroz y cerveza. (4, 17)

Las partículas, una vez ingeridas, absorben proteínas humanas formando “coronas de proteínas” alrededor de ellas. La formación de coronas permite la modificación de las características de la partícula, permitiéndole una mayor velocidad de translocación, mayor interacción celular, mayor toxicidad e incremento de depósitos en el intestino. (11)

La absorción de los microplásticos por la célula se desencadena principalmente por endocitosis. Las características de la partículas son fundamentales para la absorción: el tamaño del microplástico es muy importante a la hora de la interacción, como se refleja en el estudio de **Zhan Y, Wang S, et al** en el que las partículas de 5 micras no se introducen fácilmente en la célula en un período corto de tiempo; sin embargo los tamaños entre 0,1 micras y 0,5 micras tienen una probabilidad mucho mayor de introducirse. (11). Simulaciones con partículas de poliestireno, al interactuar con membranas biológicas, penetran sin dificultad en la membrana bicapa lipídica, provocando cambios en su estructura e interrupción de la función celular. Las partículas que se introducen en el cuerpo sin emplear vías vesiculares interactúan con las moléculas intracelulares o descargan contaminantes orgánicos persistentes directos en el citoplasma. (12)

La exposición a microplásticos de las células del tracto digestivo conlleva un incremento de especies reactivas de oxígeno (ROS) intracelulares. Este incremento tiene consecuencias, como el debilitamiento de las células para neutralizar las ROS, lo que conlleva a un aumento de la capacidad oxidativa de las células, desencadenando un desequilibrio de la oxidación intracelular y efectos antioxidantes. (11) Los ácidos nucleicos, lípidos y proteínas de las células se ven afectados con cambios en sus funciones y estructura. Algunos estudios consideran la cantidad de ROS un indicador del nivel de estrés oxidativo celular. (11,12)

El estudio de **Zhang Y, Wang S, et al.** y **Cho M, Choi K, et al.** demuestra que la mitocondria, orgánulo de la célula, se ve afectada por la presencia de microplásticos. Las principales funciones de la mitocondria son el metabolismo energético mediante la producción de ATP y la apoptosis celular. El estrés causado por la presencia de microplásticos genera una despolarización mitocondrial y citotoxicidad, disminuyendo el

potencial de la membrana mitocondrial. (11) La afectación en este orgánulo depende mucho del tamaño de las partículas: se ha podido observar que microplásticos con un mayor tamaño no ingresan con facilidad y se quedan en el espacio intracelular afectando a la membrana celular. Sin embargo, microplásticos de tamaños mucho menores interfieren en la cadena de transporte de electrones mitocondrial, pudiendo ocasionar apoptosis temprana de la célula. (11, 12)

Una vez establecida la absorción y sedimentación de estas partículas en nuestro organismo, diferentes estudios demuestran varios impactos graves que pueden darse con la presencia de este material. En el estudio de **Deng Y, Zhang Y, et al.**, basado en la acumulación tisular de microplásticos en ratones, se han obtenido resultados sobre el riesgo potencial para la salud humana. Los ratones que han bebido agua con microplásticos presentan cambios histológicos, variaciones biológicas y cambios metabólicos. Los órganos más afectados son el riñón, hígado e intestino, dependiendo del tamaño de las partículas. Los cambios histológicos consisten en inflamación y gotas de lípidos en el hígado; estas gotas pueden afectar a la regulación del almacenamiento de lípidos intracelulares y su metabolismo. El metabolismo energético también se ve afectado, con una disminución del nivel de ATP y aumento de la actividad de LDH. Además, se induce el estrés oxidativo por el aumento de actividad de GSH- Px y SOD; sin embargo, el metabolismo y la energía de lípidos se reduce. (12) Diferentes metabolitos se ven afectados por la exposición a este material y como respuesta a otros efectos que se producen ante la exposición:

- Disminuyen: fosfocreatina, succinato, creatina, 2-oxoglutarato, alanina, piruvato, glutamina, citrato, colina, lisina y fenilalanina.
- Aumentan: taurina, treonina, lípidos y aspartato

Estas respuestas llevan a un desequilibrio en el sistema de defensa antioxidante. La disminución de la actividad de AChE y de los neurotransmisores treonina, aspartato y taurina conducen a una disminución de la neurotransmisión colinérgica, por lo tanto, se ve afectada la neurotransmisión, obteniendo como resultado respuestas neurotóxicas. (12)

Los efectos sobre la salud de los microplásticos también se relacionan con su composición química. Algunos compuestos de los que pueden estar formados son los polímeros, ftalatos, bisfenoles, hidrocarburos aromáticos policíclicos, contaminantes orgánicos persistentes, retardantes de llama y metales. La toxicidad de los microplásticos también está relacionada

con la cantidad de productos químicos absorbidos por los componentes del plástico. (10) La exposición a estos productos químicos va a afectar a diferentes sistemas:

- Trastornos del neurodesarrollo: Trastorno por déficit de atención, hiperactividad, autismo.
- Hormonales: enfermedad de tiroides, cáncer de tiroides.
- Enfermedad respiratoria: asma, EPOC.
- Enfermedad cardiovascular
- Enfermedad metabólica: diabetes tipo 2, obesidad infantil.
- Enfermedad metabólica: niveles de lípidos séricos (colesterol total, LDL)
- Disminución de la respuesta de anticuerpos a las vacunas
- Sistema reproductivo: síndrome de ovario poliquístico, endometriosis, infertilidad masculina, reducción de la calidad del esperma, retraso en el tiempo hasta el embarazo, frotis de Papanicolaou anormales.

La tercera vía de entrada de los microplásticos más común es a través de la piel. La piel es el órgano de mayor tamaño y el que tiene una mayor exposición al entorno exterior. Los microplásticos pueden introducirse por la piel a través de productos tópicos de belleza y salud. Para facilitar el paso de la barrera de la piel los productos tópicos llevan alcoholes de cadena corta y larga, amidas cíclicas, ésteres, ácidos grasos, glicoles, pirrolidinas, sulfóxidos, tensioactivos y terpenos. Principalmente, las partículas se introducen a través de heridas, glándulas sudoríparas o los folículos pilosos. (6)

Investigaciones sobre los microplásticos determinan que son portadores de patógenos microbianos, siendo una potencial amenaza para los humanos. La adherencia de ambos se produce según las propiedades de los microplásticos. El empleo y desecho inadecuado de los plásticos permite a los patógenos colonizar mayor número de áreas. Uno de los problemas preocupantes es la resistencia a antibióticos que adquieren los patógenos al adherirse a los microplásticos. La liberación de los antibióticos al medio se produce por el desecho de su envoltorio y restos del medicamento, desechos médicos o heces humanas que tienen como destino final zonas acuáticas. (13,14) Esa adherencia junto con la agrupación de diferentes patógenos permite la modificación estructural para generar una resistencia a ellos; un ejemplo, serían las bacterias Gram negativas de E.Coli resistentes a múltiples fármacos, relacionadas con microplásticos de polietileno de alta densidad. (14)

6.2 Efectos de los microplásticos en embarazadas y fetos

Las partículas ultrafinas tienen una mayor capacidad para traspasar membranas biológicas y transferirse a la circulación sistémica. Tiene especial importancia en mujeres embarazadas, ya que han sido hallados microplásticos en la placenta humana, poniendo en peligro los órganos inmaduros y el neurodesarrollo fetal. (16) Además, influyen en la duración de la gestación, hipertensión inducida por el embarazo (preeclampsia), peso al nacer y retraso en el desarrollo puberal. (6,7)

Las principales vías de entrada al feto son por inhalación materna y translocación gastrointestinal procedente de la madre. Se ha evidenciado la toxicidad que presentan los microplásticos en las primeras etapas del desarrollo del tejido cerebral embrionario humano. La exposición prolongada en el tiempo da lugar a cambios fenotípicos en la diferencia neural. Como mencionamos anteriormente, las repercusiones van a depender de las características del microplástico. Los menores de 1 micra se introducen en la célula por endocitosis, provocando estrés celular que induce a citotoxicidad. Además, pueden intervenir en funciones esenciales de la célula que la pueden bloquear. La autofagia y formación de autofagosomas de células endoteliales de la vena umbilical, se inician con tamaños de 100 nm, con las consecuencias graves que suponen para el feto y la madre. Por lo tanto, se ve reducida la viabilidad celular y modificados los marcadores neuronales más maduros, interfiriendo en la formación de la capa cortical del embrión. (15,16)

En un estudio realizado por **Ragusa A, Svelata A, et al.** se observó la presencia de microplásticos en cuatro placentas de seis estudiadas. Mediante microespectroscopía de Raman se ha analizado una cantidad de las placentas, donde se hallaron doce fragmentos de microplásticos. La mayor parte de fragmentos fueron localizados en el lado fetal, también se encontraron fragmentos en el lado materno y en las membranas corioamnióticas. Las micropartículas encontradas tenían un tamaño entre 5 y 10 micras, que pueden ser transportadas por la sangre. (16)

Por lo tanto, las micropartículas afectan a la regulación celular de la placenta, afectando a los mecanismos de inmunidad durante el embarazo, al factor de crecimiento antes y después de la implantación, funciones de receptores de las quimiocinas atípicas encargadas de la comunicación materno-fetal y al tráfico de células dendríticas uterinas. La afectación de estos

mecanismos desencadena resultados adversos, como hipertensión inducida por el embarazo o restricción del crecimiento fetal. (16)

6.3 Impacto de los microplásticos en los ecosistemas

La contaminación plástica es un verdadero problema en muchos de los hábitats de la tierra. La ingesta de estos materiales por ciertos animales les provoca inanición y laceraciones en los sistemas internos, cambios en su genética o acumulación en sus órganos, poniendo en peligro su vida y la seguridad de la cadena trófica. Los fragmentos pequeños de plástico pueden ser ingeridos por error, provocando estrés fisiológico y daños toxicológicos, causando infarto intestinal. Los animales más afectados por esta ingesta inadecuada son el plancton, mariscos, peces y gusanos marinos, esenciales en el eslabón de la cadena trófica (6, 16). En los últimos años, la producción de plástico se ha incrementado, cada vez con más fabricación de plásticos de un solo uso. El desecho de estas cantidades tan grandes de plásticos no está controlado, sólo un tercio de los desechos van a sitios adecuados para su destino final; sin embargo, el resto se acumula en vertederos, flujos de residuos no controlados o mal gestionados y en el medio ambiente. (17)

En el estudio de **Liu H, Wang Y, et al.** se documenta la presencia de microplásticos en los suelos agrícolas. En el sector agrícola se liberan microplásticos por el empleo de fertilizantes de liberación controlada, aditivos para fertilizantes, semillas recubiertas de plástico y pesticidas encapsulados. Además, el empleo de millones de toneladas de plástico para ciertos tipos de cultivos, como el uso de mantillo, invernaderos, película de ensilado entre otros, tiene una gran probabilidad de ser quemados para destruirlos. Los cultivos que emplean el sistema de mantillo tienen una mayor concentración de microplásticos, y en mayor medida aquellos con raíces, por el enredo y absorción de componentes del mantillo. Los suelos con fines de producción de cosechas para consumo también se ven afectadas por estos microplásticos presentes en la tierra. Como se puede observar en el estudio de Liu H, Wang X Et al., en que en los cultivos de maíz, patata y girasol se han detectado microplásticos. La abundancia de los microplásticos en diferentes regiones está influenciada por el clima y el tipo de suelo. El sistema de riego es un factor importante, el agua se puede recibir de aguas residuales tratadas, sistemas de pozos o riego por goteo. Las concentraciones de

microplásticos en los arrozales y las llanuras aluviales son más elevadas que en el resto de cultivos comunes, por las escorrentías que favorecen la migración de los microplásticos. (17)

En un estudio realizado por Xiong X, Xie S, Freng K, Wang Q. se demuestra el peligro de la acuicultura, con la presencia de microplásticos en aguas dulces. La propia actividad de acuicultura emplea diversos materiales de plástico que se acaban depositando en las aguas dulces. El estudio se basa en analizar la cuenca baja del río Neijing alrededor del lago Honghu, cogiendo muestras del río, lago y estanques cercanos a estos dos. Se han detectado microplásticos en todas las muestras recogidas, pero con una variación de la cantidad entre junio y diciembre. Esta variación es probable que se deba al drenaje propio de las aguas o las lluvias que diluyen el caudal. (18)

La cantidad de microplásticos en agua dulce también se puede demostrar con el estudio realizado por Mateos CA, Geest MA, et al. basado en la transferencia de microplásticos en la cadena trófica de agua dulce. Para realizar el estudio han cultivado Lemna Minor, plantas de agua dulce capaces de absorber microplásticos de tamaño muy pequeño, interactuando con un número determinado de anfípodos (crustáceos de agua dulce). Se emplearon anfípodos de la especie Gammarus duebeni, se dividieron en vasos con Lemna Minor con presencia de microplásticos y otro sin presencia de estas partículas. Obteniendo como resultado final la presencia de microplásticos en el tracto digestivo de los G.duebeni que estaban en el vaso que contenía estas partículas. Además de los microplásticos adquiridos a través de Lemna Minor se han detectado muchos fragmentos de plásticos, incluyendo nanoplásticos, relacionados con una posible fragmentación en el tracto digestivo. (19)

Los ecosistemas de agua dulce también se ven afectados por los microplásticos. Los entornos de agua dulce engloban lagos, humedales, glaciares, icebergs, arroyos, estanques, marismas, capas de hielo y aguas subterráneas. Los microplásticos encontrados en estos ecosistemas pertenecen a materiales plásticos grandes que se descomponen, por una mala eliminación de estos o por escorrentías generadas por actividades como la agricultura. Otras vías de entrada son las aguas residuales. El transporte de estos materiales en este tipo de entorno va a depender de factores ambientales, como corrientes de viento y ubicaciones geográficas. (6,18)

Al ecosistema marino ingresan los microplásticos a través de ciertas actividades terrestres y marinas. Se considera el ecosistema más afectado por la sedimentación de estos materiales tan contaminantes, llegando hasta el 3.3% del peso de los sedimentos. Los lugares en que más cantidades se encuentran son los sedimentos marinos, playas y aguas marinas. Su sedimentación va a depender de las propiedades físicas de cada material, predominando en la superficie los polímeros de baja densidad y los de alta densidad en regiones profundas; estos últimos tienen mayor facilidad para ser transportados y sedimentados por las corrientes de turbidez. En las playas puede dar lugar a una modificación de la temperatura, afectando, por ejemplo, a los huevos de las tortugas. (6) Los efectos que causan los plásticos en el plancton y la producción primaria alteran el ciclo global del carbono, afectando al secuestro del carbono; por lo tanto, un mayor daño a esta zona dificultará la resistencia de los ecosistemas al cambio climático. (6)

El tratamiento de aguas residuales se considera una de las fuentes principales de microplásticos con destino a los medios acuáticos. Esto se debe a un mal manejo, por una retención ineficaz durante el proceso de tratamiento, quedando estos materiales en los lodos de la depuradora. Estos lodos son empleados en gran medida como fertilizantes orgánicos. El tamaño reducido de los microplásticos permite que se filtren en las aguas ya tratadas, modificando los efluentes de las depuradoras. Los microplásticos filtrados establecen una interacción con metales pesados, contaminantes orgánicos y antibióticos que se encuentran en las aguas residuales, incrementando los riesgos ecológicos, por ejemplo, generando resistencias a los antibióticos. (13)

Los microplásticos, cada vez están más presentes, suponiendo un coste económico. Es una tarea difícil estimar los costes que supone la basura acumulada de este tipo de material. Una forma que sería eficaz para estimar los costes intangibles sería analizar la pérdida de beneficios de los ecosistemas marinos. Además, los plásticos grandes provocan un impacto visual, que provoca el rechazo a acudir a ciertas zonas por presencia de basura marina y plásticos, disminuyendo beneficios para la salud como la interacción social, actividad física y la salud mental. (6)

6. DISCUSIÓN

El análisis de los datos obtenidos en la revisión bibliográfica indican la situación de la investigación sobre los microplásticos en la salud humana. Como se puede observar existe mucha controversia entre autores sobre el ingreso de partículas en el organismo de los seres vivos; esto puede deberse a la dificultad de estudio de las micropartículas con un tamaño muy reducido.(1,4) Esta dificultad es reflejada por la mayoría de los autores de los estudios revisados, pero en especial por Mateos- Cárdenas A, Geest- Moroney, et al., que observan la fragmentación de microplásticos en el tracto digestivo de *Gammarus duebeni*, sin obtener resultados seguros de la cantidad de microplásticos. (19)

Además, existe otra controversia sobre el tamaño adecuado de las micropartículas capaces de traspasar las membranas e introducirlas en el torrente sanguíneo o en la célula. Autores como Amarato-Lourenço, Carvalha-Oliveira et al. reflejan que los microplásticos con un tamaño de cinco micras son capaces de traspasar membranas (7); sin embargo, autores como Zhang Y, Wang S, et al. reflejan que el tamaño capaz de traspasarlas oscila en un rango entre 0,1 y 0,5 micras (11), apoyado por más estudios que mencionan que el tamaño óptimo es menor a 1 micra (15). Por lo tanto, podemos concluir que la información sobre los efectos de los microplásticos se encuentra en una etapa temprana de estudio, en la cual existen muchas observaciones de interés, pero no existe una evidencia científica.

Teniendo en cuenta los artículos seleccionados para esta revisión, se ha concretado que los microplásticos presentan diversas formas, composiciones químicas y vías de exposición. Estas características les permiten una mayor exposición, interacción y vulnerabilidad con los seres vivos, lo que dificulta también su estudio. Gran parte de los estudios revisados se realizan con poliestireno, por su fácil manejo, pero los materiales comerciales más comunes son poliolefinas, poliésteres y poliuretanos, materiales cada vez más presentes en nuestros hogares. (4,8) Según Zhang J, Wang L, el hogar es el lugar de mayor exposición, principalmente por el tiempo que pasamos en él (9); además, la inhalación es la vía considerada por diversos autores como la principal entrada de estas micropartículas (6), lo que corrobora el estudio de Amat-Lourenço, Carvalho-Oliveira et al. en la autopsia de 20 pulmones de personas que habitan en zonas urbanas grandes en las que la mayor parte del tiempo están en los hogares, expuestos a los materiales anteriormente mencionados. (7)

No se han realizado estudios de exposición con los seres humanos, resulta un desafío para la ciencia, pero sí se han realizado estudios que pueden visualizar la relación de los microplásticos con el organismo humano y orientarnos hacia los problemas potenciales en seres humanos. La mayoría de autores reflejan tres vías de entrada: inhalación, ingestión y contacto con la piel (6); una vez introducidos en el organismo interactúan con él mediante mecanismos como translocación, endocitosis y formación de micelas desencadenando respuestas inflamatorias, impactos en el metabolismo energético y lipídico, estrés oxidativo y respuestas neurotóxicas. (4,7,8,11,12)

Los estudios revisados reflejan que los microplásticos son persistentes en el medio ambiente y se acumulan a un ritmo acelerado en los distintos ecosistemas. Los lugares con una mayor exposición a microplásticos tendrán consecuencias adversas ambientales, en la conservación de la biodiversidad y la seguridad de la cadena alimentaria. Los patógenos y especies invasoras son favorecidos por los microplásticos, generando una mayor capacidad de resistencia. (13, 14)

Los ecosistemas terrestre, agua dulce y marino están muy influenciados por estas micropartículas. El Programa Nacional de las Naciones Unidas para el medio ambiente refleja que los mares son donde predomina la mayor parte del plástico, por las actividades humanas, presencia de corrientes o el ciclo natural hídrico. (6) Autores como Li H, Wang X et al. demuestran la presencia de microplásticos en la tierra por la actividad humana y las diversas maneras de cultivo. Los cultivos absorben estos microplásticos y alimentos como el maíz o la patata contienen estas partículas, como reflejan estos autores. (17) Además, la presencia de microplásticos en aguas dulces, principalmente dedicadas a la acuicultura, como se demuestra en el estudio de Xiong X, Shengla X, et al., permiten que ciertas plantas absorban los microplásticos y estos sean ingeridos por depredadores superiores permaneciendo en su organismo (18); este hecho se demuestra en el estudio elaborado por Mateos- Cárdenas A, Geest Moroney, et al. donde detecta microplásticos en el intestino de *G. duebeni* tras ingerir *Lemma Minor* con estas partículas. (19). Por lo tanto, estos estudios demuestran la importancia del estudio de la bioacumulación y biomagnificación de microplásticos en organismos y depredadores superiores de la cadena alimentaria.

El impacto de los microplásticos surge principalmente del mal manejo de los desechos de plásticos, la mayoría procedente de las actividades humanas, por lo que es necesario estudiar

los potenciales riesgos y establecer un conjunto de normas que regulen la producción de plástico y su desecho.

La contaminación por microplásticos crece de manera exponencial cada año, considerando a este material como un contaminante emergente. Sin embargo, la exposición y los efectos adversos potenciales a largo plazo se desconocen en gran medida. Esta información es primordial para realizar una evaluación de riesgo de forma sólida; por lo tanto, son necesarios futuros estudios para analizar la entrada y asimilación de microplásticos en seres humanos y sus posibles efectos.

7.CONCLUSIÓN

1. La información sobre la exposición y los efectos adversos potenciales de los microplásticos en los organismos se desconoce en gran medida. Los estudios realizados confirman los problemas potenciales por la exposición de microplásticos en los ecosistemas.
2. Tanto las embarazadas como sus fetos están expuestos a microplásticos. Se ha determinado que los microplásticos llegan a la placenta y es necesario evaluar si la exposición a estas micropartículas exógenas puede resultar perjudicial para el embarazo y el desarrollo fetal.
3. La presencia de microplásticos en los ecosistemas es cada vez mayor, interfiriendo en la cadena trófica y, por lo tanto, en la seguridad alimentaria.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Geyer R, R. Jambeck J, Jenna R, Lavander Law K. Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances [Revista en Internet]. 2017 [consultado 16 feb de 2022]; volumen 3 [7]. Disponible en:
<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>
2. W.C.Li, H.F.Tse, L.Fok. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. Science of the total Environment [Revista en Internet]. 2016[consultado 16 de feb de 2022]; vol.566-567:[aprox. 16 p.]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716310154?via%3Dihub#bb0325>
3. Giacomo Avio C, Gorbi S, Regoli F. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. Marine Environmental Research [Revista en Internet]. 2017 [consultado 16 de feb de 2022]; 128[aprox. 9p.]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141113616300733?via%3Dihub>
4. López VJ, Rodil R, Trujillo R MJ, Benito QJ, Cela R, Miró M. Mimicking human ingestion of microplastics: Oral bioaccessibility tests of bisphenol A and phthalate esters under fed and fasted states. Science of the Total Environment [Revista en Internet]. 2022 [consultado 16 de feb de 2022]; 826. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722011196>
5. Antao Barboza LG, Dick Vethaak A,RBO Lavorante B, Katrine Lundebye A, Guilhermino L. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. Marine Pollution Bulletin[Revista en Internet]. 2018 [consultado 16 de feb de 2022]; 133 [aprox. 12 p.]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X1830376X?via%3Dihub>
6. United Nations Environment Programme [Página principal en internet]. Nairobi: GRID-Arendal and Strategic Agenda; c1972-2022 [2021]; [citado 16 feb 2022]. Disponible en:
<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36963/POLSOL.pdf>

7. Amato- Lourenço LF, Carvalho-Oliveira R, Ribeiro Júnior G, Dos Santos Galvao L, Augusto Ando R, Mauad T. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *Journal of Hazardous Materials* [Revista en Internet]. 2021 agos 15; [consultado 7 marz de 2022]; 416. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389421010888#bib10>
8. Swee-Li YM, Hii L, King LC, Lim W, Wong S, Kok Y, Tan B, Wong C, Leong C. Impact of microplastics and nanoplastics on Human Health. *Nanomaterials (Basel)* [Revista en Internet]. 2021 feb 16; [consultado 7 de marz de 2022];11(2): 496. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7920297/>
9. Zhang J, Wang L, Kannan K. Microplastics in house dust from 12 countries and associated human exposure. *Environment International* [Revista en Internet]. 2020 ene; [consultado 7 de marz de 2022]; 134. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041201931952X?via%3Dihub>
10. Min Cho Y, Choi K. The current status of studies of human exposure assessment of microplastics and their health effects: a rapid systematic review. *Environ Anal Health Toxicol* [Revista de Internet].2021 feb 4; [consultado 7 marz de 2022];36(1). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8207003/>
11. Zhang Y, Wang S, Olga V, Xue Y, LVS, Zhang Y, Han Q, Zhou H. The potential effects of microplastic pollution on human digestive tract cells. *Chemosphere*[Revista en Internet]. 2022 marz; [consultado 7 de marz de 2022]; 291. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521031866>
12. Deng Y, Zhang Y, Lemos B, Ren H. Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risk of exposure. *Scientific Reports* [Revista en Internet]. 2017 abr 24; [consultado 7 de marz de 2022]; 7. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5402289/>
13. Song R, Sun Y, Li X, Ding C, Huang Y, Du X, Wang J. Biodegradable microplastics induced the dissemination of antibiotic resistance genes and virulence factors in soil: A metagenomic perspective. *Science of The Total Environment*[Revista en Internet]. 2020 jul 1; [consultado 11 de marz de 2022]; 828. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722016898>
14. Kaur K, Reddy S, Barathe P, Oak U, Shriram V, S.Kharat S, et al. Microplastic-associated pathogens and antimicrobial resistance in environment. *Chemosphere* [Revista en Internet]. 2022 marz; [consultado el 12 de marz de

- 2022];291. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521034779>
15. Hua T, Kiran S, Li Y, Amy Sang Q. Microplastics exposure affects neural development of human pluripotent stem cell-derived cortical spheroids. *Journal of Hazardous Materials*[Revista en Internet]. 2020 agos 5; [consultado 7 de marzo de 2022]; 435. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389422006732>
 16. Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, Catalano P, Notarstefano V, Carnevali O, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International* [Revista en Internet]. 2021 ener; [consultado 11 de marz de 2022]; 146. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297?via%3Dihub#b0060>
 17. Liu H, Wang X, Shi Q, Liu Y, Lei H, Chen Y. Microplastics in arid soils: Impact of different cropping systems (Altay, Xinjiang). *Environmental Pollution* [Revista en Internet]. 2020 jun 15; [consultado 7 de marz de 2022]; 303. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749122003761>
 18. Xiong Xiong, Xie Shenghao, Feng Kai, Wang Qidong. Occurrence of microplastics in a pond-river-lake connection water system: How does the aquaculture process affect microplastics in natural water bodies. *Journal of Cleaner Production* [Revista en Internet]. 2021 jun; [consultado 12 de marz de 2022];352. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622012483>
 19. Mateos- Cárdenas A, Geest Moroney A, Nam van Pelt F, O'Halloran J, AK Jansen M. Trophic transfer of microplastics in a model freshwater microcosm; lack of a consumer avoidance response. *Food Webs* [Revista en Internet]. 2021 dec; [consultado el 12 de marz de 2022]; 31. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352249622000106>