



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EFECTO DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA
POR MICROPLÁSTICOS EN LA SALUD
HUMANA”. una revisión sistemática entre 2010 -
2020

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autor:

Claudia Fernanda Gastañadú Yica

Asesor:

Mg. Ing. Liana Cárdenas Gutiérrez

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo, amor y comprensión.

AGRADECIMIENTO

A mi familia y grandes amistades, por siempre ser mi soporte.

A todos mis maestros que fueron parte de mi formación universitaria.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	13
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los Estudios	15
Tabla 2. Inducción de Categorías	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de Registro de Artículos¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

La presencia de microplásticos en el agua es una problemática ambiental que cada día va en aumento causando impactos negativos en la biota marina y en los seres humanos, que al beber agua o consumir alimentos marinos pueden ingerir estas partículas contaminantes ocasionando la acumulación de estas en el cuerpo humano y con el tiempo es posible que ocasionen problemas a la salud. Es por ello, que el objetivo de esta revisión sistemática es conocer el efecto de la contaminación del agua por microplásticos en la salud humana, a partir de análisis de artículos de investigación obtenidos en bases de datos como Google Académico, ResearchGate, Elsevier, EBSCOhost y ProQuest. Se tuvo en cuenta cinco criterios de selección: Base de Datos, Años, Universidad, estructura IMRD y que contengan las variables; obteniendo un total de 20 artículos seleccionados. A partir de los cuales, se produjo como resultado su sistematización a través de tablas. Se concluye que los microplásticos al ingresar en la cadena trófica son consumidos por el ser humano y se bioacumulan causando problemas de salud, principalmente cáncer; es necesario que se lleven a cabo más investigaciones sobre los peligros y riesgos que representan la ingesta de microplásticos.

PALABRAS CLAVES: Microplásticos, salud humana, contaminación de agua.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Desde la Segunda Guerra Mundial, la producción y el uso de plásticos han aumentado exponencialmente y se han convertido en parte de la vida cotidiana. Los plásticos se encuentran en envoltorios de alimentos, envases de bebidas, juguetes, automóviles y cosméticos. La presencia ubicua de los plásticos en la vida diaria los hace esencialmente inadvertidos, no reconocidos y olvidados. (Kontrick, 2018) La disposición final de estos no es la adecuada y son arrojados al ambiente sin ningún control, generalmente estos residuos terminan en el mar. Las proyecciones actuales indican que, si no hay obstáculos, para 2050 habrá 12 mil millones de toneladas métricas de desechos plásticos en los vertederos o en el medio ambiente natural. (Cox et al., 2019).

La contaminación de agua significa la introducción directa o indirecta, por parte de los humanos, de sustancias o energía en el medio marino, lo que resulta en daños a la vida marina, peligros para la salud humana y deterioro de la calidad del agua de mar. (Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, 1982). Gran cantidad de los residuos que se han generado a lo largo de los años son arrojados en cuerpos de agua, siendo uno de los principales contaminantes el plástico. El 80% de la contaminación del mar por plástico deriva de fuentes terrestres; el 20% restante es de origen marino. El aumento de restos plásticos en los océanos está directamente relacionado con el consumo y la falta de concientización de la población. (Elías, 2015).

Los microplásticos se definen como partículas de plástico de menos de 5 mm, sin embargo, algunos autores incluyen todas las partículas de más de 1 nm. (Mendoza & Balcer, 2019) Las fuentes de microplásticos en el medio ambiente pueden ser de origen primario, estos incluyen pellets industriales, así como también fragmentos plásticos incluidos en

productos de cuidado personal; y de origen secundario, estos se forman por la degradación química (oxidación), física (calor, luz UV, acción mecánica) y/o degradación microbial de los productos plásticos. (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016). Cuando los microplásticos son ingeridos por organismos marinos, se bioacumulan en la cadena alimentaria y finalmente alcanzan niveles tróficos más altos. (Sharma & Chatterjee, 2017).

La contaminación de agua implica la degradación de la calidad hídrica por la introducción de manera directa o indirecta, de parte de los seres humanos, de sustancias externas en el medio marino. (Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, 1982). Uno de los contaminantes que es arrojado al agua en gran cantidad es el plástico, el cual, por acción de la degradación química, física y/o microbial se transforma en microplásticos, así mismo, estas partículas también son desechadas en su forma original con un tamaño menor a 5mm. (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016). En la actualidad, los microplásticos se encuentran contaminando la mayoría de los cuerpos de agua alrededor del mundo, lo cual es preocupante ya que estas partículas poseen componentes químicos que pueden generar efectos nocivos.

La presencia de microplásticos en el agua es una problemática ambiental que cada día va en aumento causando impactos negativos en la biota marina y en los seres humanos, que al beber agua o consumir alimentos marinos pueden ingerir estas partículas contaminantes ocasionando la acumulación de estas en el cuerpo humano y con el tiempo es posible que ocasionen problemas a la salud. Por lo expuesto, la presente revisión sistemática plantea la pregunta ¿Cuál es el efecto de la contaminación del agua por microplásticos en la salud humana? y tiene como objetivo conocer el efecto de la contaminación del agua por microplásticos en la salud humana, a partir de análisis de artículos de investigación.

En los últimos años, la contaminación de agua por microplásticos ha ido tomando mayor relevancia ya que se ha encontrado su presencia dentro de la cadena trófica, lo cual puede causar efectos negativos en la salud humana debido a que estas partículas pueden absorber sobre su superficie algunos contaminantes que al ser ingeridos a través de los alimentos representan un peligro para el cuerpo humano (Lopez-Monroy & Fermín, 2019); es por ello que en este artículo de revisión se analizarán investigaciones de carácter científico acerca de los efectos perjudiciales a la salud que son ocasionados por este tipo de contaminante.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

En la presente revisión sistemática se analizaron investigaciones sobre el efecto de la contaminación de agua por microplásticos en la salud humana. Para que los estudios sean considerados, deben cumplir con cinco criterios de selección: (1) Base de Datos, los artículos deben proceder de repositorios que cuenten con información genuina y debidamente acreditada; (2) Años, la antigüedad máxima es de 10 años; (3) Universidad, las investigaciones deben haber sido desarrolladas en centros universitarios; (4) IMRD, los artículos poseen la estructura Introducción, Metodología, Resultados y Discusión; y (5) que Contengan las Variables, los estudios seleccionados incluyen las variables de la investigación.

Se realizó la búsqueda de artículos científicos en las siguientes bases de datos: Google Académico, es el buscador de Google enfocado en literatura científica y académica, ahí se encontraron 7 artículos; ResearchGate, es una plataforma donde los autores pueden publicar sus investigaciones, ahí se encontró 1 artículo; Elsevier, es una editorial que cuenta con gran variedad de literatura científica, ahí se hallaron 18 artículos; EBSCOhost; es una base de datos reconocida que contiene valiosa información científica, en ella se encontraron 4 artículos; y ProQuest, es una editorial que publica información diversa de carácter científico, ahí se hallaron 2 artículos. Se accedió a las dos últimas bases de datos a través de la Biblioteca Virtual UPN. Además, para realizar la búsqueda avanzada se demarcó los resultados aplicando los filtros: fecha de publicación entre 2010 y 2020, texto completo, publicaciones arbitradas, publicaciones académicas, idioma inglés y español. Posteriormente, quedaron seleccionados 6 artículos de Google Académico, 10 de Elsevier, 3 de EBSCOhost y 1 de ProQuest.

Para asegurar la efectividad de la búsqueda de información en las bases de datos ya mencionadas, se utilizaron las siguientes palabras claves tanto en español como en inglés: microplásticos, efecto, contaminación, agua, salud humana. Así mismo, para realizar una búsqueda específica se utilizó una combinación de términos con operadores booleanos: (“microplastic” AND “human health”). Se delimitó la búsqueda a estudios publicados en los últimos 10 años; además, se consideró que sean de texto completo y publicaciones arbitradas y académicas.

Después de realizar la búsqueda de investigaciones en las bases de datos, en total se encontraron 32 artículos distribuidos de la siguiente manera: 7 artículos en Google Académico, 1 artículo en ResearchGate, 18 artículos en Elsevier, 4 artículos en EBSCOhost y 2 artículos en ProQuest. Del total del resultado de la búsqueda se descartaron 10 artículos por no cumplir el criterio de selección IMRD y 2 artículos por no cumplir el criterio Universidad.

Se incluyeron 20 artículos por cumplir con todos los criterios de selección o contener información relevante para la investigación. Para extraer los datos de los estudios seleccionados se organizó la información de cada artículo en una matriz con los siguientes campos: título, autores, año de publicación, tipo de investigación, país, objetivo, método, resultados, instrumentos de medición y conclusión.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Figura 1. Matriz de Registro de Artículos

Nº	BASE DE DATOS	Autor / Autores	Año	Título de artículo de investigación
1	ELSEVIER	Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R.	2013	Contaminación microplástica en sedimentos de aguas profundas.
2	ELSEVIER	Van Cauwenberghe, L., & Janssen, C. R.	2014	Microplásticos en bivalvos cultivados para consumo humano.
3	ProQuest	Conkle, J. L., Del Valle, C. D. B., & Turner, J. W.	2017	¿Estamos subestimando la contaminación microplástica en ambientes acuáticos?
4	EBSCOhost	Sharma, S., & Chatterjee, S.	2017	Contaminación microplástica, una amenaza para el ecosistema marino y la salud humana: una breve revisión.
5	ELSEVIER	Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R., Lundebye, A. K., & Guilhermino, L.	2018	Desechos microplásticos marinos: un problema emergente para la seguridad alimentaria, la certeza alimentaria y la salud humana.
6	ELSEVIER	Carbery, M., O'Connor, W., & Palanisami, T.	2018	Transferencia trófica de microplásticos y contaminantes mixtos en la red alimentaria marina e implicaciones para la salud humana.
7	EBSCOhost	Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T. R., & Cole, M.	2018	Ocurrencia, fuentes, impactos en la salud humana y mitigación de la contaminación microplástica.
8	Google Académico	Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A.	2018	Microplásticos en mariscos y las implicaciones para la salud humana.
9	Google Académico	Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E.	2019	Consumo humano de microplásticos.
10	Google Académico	De-la-Torre, G. E.	2019	Microplásticos: una amenaza emergente para la seguridad alimentaria y la salud humana.
11	Google Académico	Delgado Fimia, O.	2019	Implicaciones de la Exposición a Microplásticos en Salud Humana.

12	ELSEVIER	Koelmans, A. A., Nor, N. H. M., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J.	2019	Microplásticos en agua dulce y agua potable: revisión crítica y evaluación de la calidad de los datos.
13	Google Académico	Lopez-Monroy, F. & Fermín, I.	2019	Microplásticos en el Ambiente Marino.
14	ELSEVIER	Naik, R. K., Naik, M. M., D'Costa, P. M., & Shaikh, F.	2019	Los microplásticos en el agua de lastre como fuente emergente y vector de productos químicos nocivos, antibióticos, metales, patógenos bacterianos y especies de HAB: un riesgo potencial para el medio marino y la salud humana.
15	ELSEVIER	Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T.	2019	Exposición ambiental a microplásticos: una visión general sobre los posibles efectos en la salud humana.
16	Google Académico	Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., & Liebmann, B.	2019	Detección de varios microplásticos en heces humanas.
17	ELSEVIER	Triebkorn, R., Braunbeck, T., Grummt, T., Hanslik, L., Huppertsberg, S., Jekel, M., Knepper, T.P., Kraus, S., Müller, Y.K., Pittroff, M., Ruhl, A. S., Schmiege, H., Schür, C., Strobel, C., Wagner, M., Zumbülte, N. & Köhler, H.-R.	2019	Relevancia de los nano y microplásticos para los ecosistemas de agua dulce: una revisión crítica.
18	ELSEVIER	Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., Raimundo, J., Caetano, M., Vale, C. & Guilhermino, L.	2020	Microplásticos en peces salvajes del noreste del Océano Atlántico y su potencial para causar efectos neurotóxicos, daño oxidativo de lípidos y riesgos para la salud humana.
19	EBSCOhost	Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F.	2020	Un estudio de revisión detallado sobre los efectos potenciales de los microplásticos y los aditivos de preocupación sobre la salud humana.

20	ELSEVIER	Lindeque, P.K., Cole, M., Coppock, R.L., Lewis, C.N., Miller, R.Z., Watts, A.J.R., Wilson-McNeal, A., Wright, S.L. & Galloway, T.S.	2020	¿Estamos subestimando la abundancia de microplásticos en el medio marino? Comparación de captura microplástica con redes de diferentes tamaños de malla.
----	----------	---	------	--

Figura 1: Artículos registrados para la revisión sistemática después de aplicar los criterios de selección. Elaboración propia

Tabla 1

Características de los Estudios

Tipo de documento	F		Año de publicación		Revista de Publicación del artículo		F	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Artículos científicos	13	21.31	2013	2	3.28	ACS Publications	4	6.56
Artículos de revisión	48	78.69	2014	2	3.28	Annals of Internal Medicine	3	4.92
			2017	8	13.11	Elsevier	28	45.9
			2018	11	18.03	MDPI	3	4.92
			2019	29	47.54	Saber	5	8.2
			2020	9	14.75	Springer	16	26.2
						Universidad de Granada	2	3.28
TOTAL	61	100	TOTAL	61	100	TOTAL	61	100

Nota: Frecuencia y porcentaje con la que se ha revisado los artículos seleccionados según el tipo de documento, año de publicación y revista de publicación. Elaboración propia.

Tabla 2

Inducción de Categorías

Categorías	Aportes
	Los plásticos ya han invadido la mayoría de los hábitats marinos, e incluso han llegado a los entornos más prístinos como el mar profundo del Ártico. El fondo del mar se considera un sumidero para gran parte de los plásticos marinos. Los microplásticos llegan al fondo del mar como nieve marina. Esta se produce como una agregación biológica mejorada de pequeñas partículas que contienen fitoplancton, desechos orgánicos y partículas de arcilla. (Van Cauwenberghe et al., 2013)
Contaminación de agua por microplásticos	Los microplásticos están frecuentemente presentes en agua dulce y agua potable. Fragmentos, fibras, películas, espumas y gránulos son las formas microplásticas más frecuentes en las muestras de agua superficial. (Koelmans et al., 2019)
	Los microplásticos se pueden encontrar en aguas de todo el mundo y en las fases de sedimento de los ecosistemas acuáticos (marinos y de agua dulce), incluso en las áreas más remotas, incluidas las aguas profundas, el Ártico, los lagos de montaña y las precipitaciones atmosféricas. Por lo general, estos llegan a los ecosistemas a través de los ríos, sistemas de drenaje, escorrentía de tierras agrícolas, efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales y erosión por el viento y las corrientes. Además de las partículas de plástico,

los cuerpos de agua contienen grandes cantidades de partículas naturales que compiten con los plásticos como posibles estresores para organismos acuáticos. (Triebkorn et al., 2019)

Las fibras microplásticas encontradas en el agua pueden provenir de la descomposición de artículos de plástico más grandes o la liberación de microfibras de las prendas sintéticas durante los ciclos de lavado. El rayón (biopolímero), el polipropileno y el poliéster se usan ampliamente en los textiles, lo que proporciona evidencia de que las aguas residuales del lavado de ropa que contienen microfibras y la degradación de las redes de pesca son fuentes sustanciales de microplásticos en las aguas costeras. (Lindeque et al., 2020)

La presencia de microplásticos en los mariscos, al ingresar a la cadena alimentaria humana, es el primer efecto potencial directo de la contaminación microplástica en los humanos. Usando la concentración microplástica promedio detectada en este estudio, se puede calcular una exposición dietética anual. Los principales consumidores de mariscos europeos ingerirán hasta 11,000 microplásticos por año, mientras que los consumidores menores tienen una exposición alimentaria de 1800 microplásticos por año. (Van Cauwenberghe et al., 2014)

Debido a los niveles de consumo de mariscos en todo el mundo, es inevitable que los humanos estén expuestos a microplásticos en algún nivel. Los microplásticos pueden causar daños a los humanos a través de vías físicas y químicas. Los aditivos químicos en el plástico pueden causar efectos tóxicos ya que estas partículas tienen la capacidad de acumular Contaminantes Orgánicos Persistentes, lo cual aumenta la preocupación de que estos se puedan transferir a animales marinos y, posteriormente, a humanos. (Smith et al., 2018)

Presencia de microplásticos en la cadena trófica

Los mariscos es uno de los principales contribuyentes al consumo humano de microplásticos. Los microplásticos se seguirán encontrando en la mayoría de los alimentos destinados al consumo humano. (Cox et al., 2019)

La contaminación microplástica en ambientes marinos representa un riesgo para la seguridad alimentaria y la salud humana. La investigación ha demostrado la presencia de microplásticos en mariscos y alimentos en todo el mundo, lo que significa que siempre estamos expuestos a la ingestión de microplásticos. Comer mariscos contaminados, otros tipos de alimentos y beber agua contaminada son las vías principales hacia el tracto gastrointestinal. (De-la-Torre, 2019)

La presencia de microplásticos también supone una amenaza para la seguridad alimentaria. Las probabilidades de ingesta de estos materiales, a partir del consumo de peces, es bajo. Aparentemente la fuente más importante de exposición a microplásticos a través de la dieta son los moluscos bivalvos, debido a que en la mayoría de los casos es consumido todo el organismo. La ingesta de microplásticos por fuentes marinas no se limita al consumo animal; la sal también puede contener estos materiales. (Lopez-Monroy & Fermín, 2019)

Los microplásticos son una preocupación medioambiental emergente y ya han entrado en la cadena alimentaria. Se encontró varios microplásticos estaban presentes en las heces humanas, y ninguna muestra estaba libre de microplásticos, lo que indica una ingestión involuntaria. (Schwabl et al., 2019)

El pescado es un componente importante de una dieta humana saludable. Sin embargo, el consumo de pescado que contiene microplásticos puede representar un riesgo para la salud humana, especialmente en áreas donde el consumo de pescado es alto o en regiones que están contaminadas con gran cantidad de estos pequeños desechos. (Barboza et al., 2020)

Uno de los principales puntos de entrada de microplásticos en el sistema humano es la ingestión de alimentos contaminados. La presencia de microplásticos en especies marinas para consumo humano (peces, bivalvos y crustáceos) es ahora bien conocida. La toxicidad resultante se observa en la inflamación del tracto gastrointestinal debido a la naturaleza persistente de los microplásticos, así como a sus propiedades hidrofóbicas y su composición química, tienen un efecto acumulativo que depende de la dosis. (Campanale et al., 2020)

La mayoría de los estudios ambientales no toman en cuenta los microplásticos < 300 μm , los cuales podrían ser un contaminante significativo en ambientes acuáticos. Se desconoce el destino de este tipo de microplásticos, pero es probable que sigan fragmentándose, acumulándose en sedimentos y lleguen a ser consumidos por organismos. Estas partículas pueden provocar una variedad de impactos en la salud de los organismos, incluidos el estrés oxidativo, inflamación, daño al ADN y la muerte. Estos también se extienden a los humanos ya que se han encontrado microplásticos en mariscos, agua del grifo y sal de mesa. (Conkle et al., 2017)

Toxicología de los microplásticos

Varios de los químicos asociados con los microplásticos pueden acumularse y biomagnificarse en las redes tróficas marinas, esto aumenta el riesgo de efectos tóxicos de estos químicos, especialmente sobre los principales depredadores y humanos que consumen especies contaminadas con microplásticos o con químicos liberados de estas partículas después de su ingestión. (Barboza et al., 2018)

Los plásticos actúan como vectores de contaminantes ambientales, demostrando la toxicidad en organismos vivos, debido a la incorporación de estos contaminantes plásticos a través de vías de exposición, como la comida, el agua y el aire. El hecho de que ciertos plásticos actúan como sumideros además de como vectores ocasionando que la concentración de ciertos contaminantes sea mayor que la encontrada. (Delgado, 2019)

Los microplásticos son vectores para el transporte de productos químicos nocivos, metales, patógenos bacterianos asociados, especies invasoras, dinoflagelados que forman floraciones de algas nocivas, etc. a través de los continentes. Los microplásticos en las aguas de lastre representan "puntos críticos" para el desarrollo y la propagación de múltiples patógenos resistentes a los medicamentos. (Naik et al., 2019)

**Efectos de los
microplásticos en
la salud humana**

La ingestión alterna de micropartículas puede causar alteraciones en los cromosomas produciendo infertilidad, obesidad y cáncer. En el caso de las mujeres, los químicos imitadores de estrógenos pueden causar cáncer de seno. Es evidente que los humanos están expuestos a los microplásticos a través de su dieta ya que la alta proporción de contaminantes microplásticos en los mariscos representa un riesgo significativo para la seguridad alimentaria. (Sharma & Chatterjee, 2017)

Los plásticos están presentes en una gran variedad de productos del mar, existiendo una gran posibilidad de transferencia de partículas microplásticas a los humanos. La exposición a contaminantes hidrofóbicos puede ser resultado directo de la ingestión de microplásticos, mientras que la exposición secundaria puede ocurrir al ingerir peces, pájaros u otros organismos que han acumulado contaminantes dentro de sus tejidos. Los posibles efectos sobre la salud derivados de la bioacumulación y la biomagnificación de microplásticos y contaminantes químicos en el cuerpo humano son irritación de la piel, problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, problemas digestivos, efectos reproductivos y cáncer. (Carbery et al., 2018)

Los microplásticos pueden ingresar a la cadena alimentaria humana a través de la ingestión de mariscos y productos alimenticios terrestres, causando posibles impactos en la salud humana. Lo cual está relacionado con la toxicidad de los productos químicos nocivos absorbidos del medio ambiente o de los aditivos que se utilizan en el proceso de producción de plástico. Los impactos que generan los microplásticos en la salud son: Irritación respiratoria, Disnea, Tos, Obesidad Mayor producción de flema, Enfermedades cardiovascular, Asma y Cáncer. (Karbalaie et al., 2018)

El masivo consumo de plástico, junto a su naturaleza persistente, conllevan una exposición creciente de los humanos a los microplásticos. En condiciones de alta concentración o susceptibilidad individual, los microplásticos pueden causar lesiones inflamatorias, que se originan en el potencial de su superficie para interactuar con los tejidos. Así mismo, las enfermedades neurodegenerativas, trastornos inmunes y cánceres están relacionados con el aumento de la exposición a microplásticos. (Prata et al., 2019)

Nota: Sistematización de los artículos seleccionados en categorías. Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para llevar a cabo esta revisión sistemática se utilizó una base de datos de 32 artículos encontrados al buscar las variables del estudio en bases de datos y repositorios confiables como Google Académico, ResearchGate, Elsevier, EBSCOhost y ProQuest, posteriormente se aplicaron los criterios de selección: Base de Datos, Años, Universidad, estructura IMRD (Introducción, Metodología, Resultados y Discusión) y que contengan las variables, quedando incluidos 20 artículos, que fueron registrados por Base de Datos, Autores, Año y Título en la Figura 1. En la Tabla 1 se analizó la frecuencia y porcentaje con la que se revisó los artículos seleccionados según el Tipo de Documento, Año de Publicación y Revista de Publicación siendo la mayoría de ellos Artículos de revisión del año 2019 y de la Revista Elsevier. En la Tabla 2 se sistematizaron los 20 artículos seleccionados dividiéndolos en 4 categorías: Contaminación de agua por microplásticos, en la cual se manifiesta como estas partículas llegan a contaminar los cuerpos de agua; Presencia de microplásticos en la cadena trófica, en ella se explica cómo los microplásticos ingresan a la cadena alimenticia; Toxicología de los microplásticos, aquí se expresa como estas partículas se convierten en vectores al absorber contaminantes; y Efectos de los microplásticos en la salud humana, en esta categoría se presentan las enfermedades derivadas por la exposición a estas partículas. Todo esto se realizó a fin de responder la pregunta de investigación y el objetivo.

En la presente revisión sistemática se logró conocer el efecto de la contaminación del agua por microplásticos en la salud humana. Los microplásticos al ser consumidos por animales marinos ingresan a la cadena trófica, exponiendo a los humanos mediante la ingestión de mariscos y moluscos bivalvos principalmente, ya que estos son consumidos enteros (Van Cauwenberghe et al., 2014; Smith et al., 2018; Cox et al., 2019; De-la-Torre,

2019; Campanale et al., 2020). El principal efecto de la bioacumulación y biomagnificación de los microplásticos en la salud humana es el cáncer, también pueden ocasionar irritación de piel, problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, problemas digestivos, obesidad, enfermedades neurodegenerativas, trastornos inmunes, alteraciones en los cromosomas. (Sharma & Chatterjee, 2017; Carbery et al., 2018; Karbalaei et al., 2018; Prata et al., 2019). Por lo tanto, los efectos causados por los microplásticos sobre la salud dependen de la cantidad y frecuencia con la que son ingeridos, estos contaminantes no solo se encuentran en comida marina, sino también en miel, azúcar, sal, cerveza, agua embotellada y de grifo, y conservas de sardinas y espadines (Toussaint et al., 2019).

Esta revisión sistemática contribuye en dar a conocer una problemática que va en aumento cada día y que pone en riesgo no solo al ambiente, sino también la salud de los seres humanos. Se recomienda realizar investigaciones detalladas sobre los peligros y riesgos que representan la ingesta de microplásticos en la salud, ya que, una de las mayores limitaciones encontradas durante el desarrollo de esta revisión fue que existe una cantidad reducida de estudios respecto a los efectos de los microplásticos en la salud humana, además, algunos artículos relacionados a las variables de estudio solicitaban un pago para acceder a ellos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., Raimundo, J., Caetano, M., Vale, C. & Guilhermino, L. (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of the Total Environment*, 717, 1-14. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134625

Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R., Lundebye, A. K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine pollution bulletin*, 133, 336-348. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.05.047

Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 1-26. doi:10.3390/ijerph17041212

Carbery, M., O'Connor, W., & Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment international*, 115, 400-409. doi: 10.1016/j.envint.2018.03.007

Conkle, J. L., Del Valle, C. D. B., & Turner, J. W. (2018). Are we underestimating microplastic contamination in aquatic environments?. *Environmental management*, 61, 1-8. doi: 10.1007/s00267-017-0947-8



Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019) Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, 53, 7068-7074. doi: 10.1021/acs.est.9b01517

De-la-Torre, G. E. (2019). Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 1601–1608. doi: 10.1007/s13197-019-04138-1

Delgado Fimia, O. (2019). Implicaciones de la exposición a microplásticos en salud humana. *Revisión bibliográfica*. Recuperado de: <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/56407/TFM%20Olga%20Delgado%20Fimia.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Elías, R. (2015). Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 27, 83-105. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo_Elias/publication/313468624_Mar_d_el_plastico_una_revision_de_los_problemas_del_plastico_en_el_mar/links/589b3328458515e5f4546a7e/Mar-del-plastico-una-revision-de-los-problemas-del-plastico-en-el-mar.pdf

Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T. R., & Cole, M. (2018). Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 36046-36063. doi: 10.1007/s11356-018-3508-7

Koelmans, A. A., Nor, N. H. M., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water research*, 155, 410-422. doi: 10.1016/j.watres.2019.02.054

Kontrick, A. (2018). Microplastics and Human Health: Our Great Future to Think About Now. *Journal of Medical Toxicology*, 14, 117–119. doi: 10.1007/s13181-018-0661-9

Lindeque, P.K., Cole, M., Coppock, R.L., Lewis, C.N., Miller, R.Z., Watts, A.J.R., Wilson-McNeal, A., Wright, S.L. & Galloway, T.S. (2020). Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size. *Environmental Pollution*, 1-32. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114721

Lopez-Monroy, F. & Fermín, I. (2019). Microplásticos en el Ambiente Marino. *Saber*, 31, 66-81. Recuperado de: <http://revistas.udoedu.net/index.php/saber/article/view/21/11>

Mendoza, L. M. R., & Balcer, M. (2019). (2019). Microplastics in freshwater environments: A review of quantification assessment. *Trends in Analytical Chemistry*, 113, 402 – 408. doi: 10.1016/j.trac.2018.10.020

Naik, R. K., Naik, M. M., D'Costa, P. M., & Shaikh, F. (2019). Microplastics in ballast water as an emerging source and vector for harmful chemicals, antibiotics, metals, bacterial pathogens and HAB species: A potential risk to the marine environment and human health. *Marine pollution bulletin*, 149, 1-10. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110525

Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of the Total Environment*, 702, 1-31. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134455

Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27. Recuperado de: <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>

Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., & Liebmann, B. (2019). Detection of various microplastics in human stool: a prospective case series. *Annals of internal medicine*, 171, 453-457. doi: 10.7326/M19-0618

Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 21530-21547. doi: 10.1007/s11356-017-9910-8

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current environmental health reports*, 5, 375-386. doi: 10.1007/s40572-018-0206-z

Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., Rio-Echevarria, I., & Van den Eede, G. (2019). Review of micro-and nanoplastic contamination in the food chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36, 639-673. doi: 10.1080/19440049.2019.1583381

Triebkorn, R., Braunbeck, T., Grummt, T., Hanslik, L., Huppertsberg, S., Jekel, M., Knepper, T.P., Kraus, S., Müller, Y.K., Pittroff, M., Ruhl, A. S., Schmiegel, H., Schür, C., Strobel, C., Wagner, M., Zumbülte, N. & Köhler, H.-R. (2019). Relevance of nano-and microplastics for freshwater ecosystems: a critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, 375-392. doi: 10.1016/j.trac.2018.11.023

United Nations Convention on the Law of the Sea (1982). Official UN site.

Recuperado de

http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf

Van Cauwenberghe, L., & Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental pollution*, 193, 65-70. doi: 10.1016/j.envpol.2014.06.010

Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental pollution*, 182, 495-499. doi: 10.1016/j.envpol.2013.08.013