

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



## **Los microplásticos y sus efectos sobre la salud pública y animal**

Por:

**Ana Patricia Martínez Rodríguez**

### **MONOGRAFÍA**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Marzo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

## Los microplásticos y sus efectos sobre la salud pública y animal

Por:

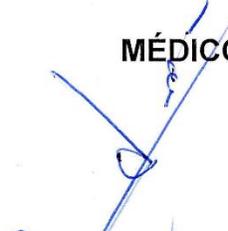
**Ana Patricia Martínez Rodríguez**

### MONOGRAFÍA

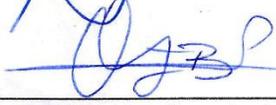
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

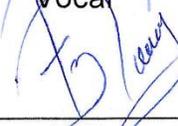
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

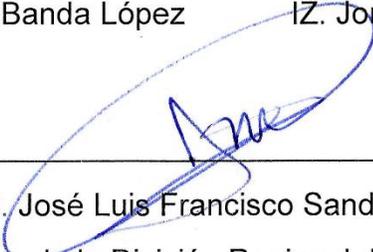
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jair Millán Orozco  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
MVZ. Oscar Fabián Banda López  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
IZ. Jorge Horacio Borunda Ramos  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
MC. José Luis Francisco Sandoval Elias  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México  
Marzo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

## Los microplásticos y sus efectos sobre la salud pública y animal

Por:

**Ana Patricia Martínez Rodríguez**

### MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría

\_\_\_\_\_  
MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez  
Asesor Principal

\_\_\_\_\_  
Dr. Jair Millán Orozco  
Coasesor

\_\_\_\_\_  
MVZ. Oscar Fabián Banda López  
Coasesor

\_\_\_\_\_  
MC. José Luis Francisco Sandoval Elias  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Marzo 2025



## **Agradecimientos**

A mis padres Ana Velia Rodríguez Duran Y Adalberto Martínez Valles, como un eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional, porque sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron gran parte de su vida, por lo que soy, y todo lo que les robe pensando en mí, los amo y siempre voy a querer que se sientan orgullosos, con amor y respeto su hija.

A mis hermanas Abril y Mariana, por creer en mí y por su apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A mis maestros por todo su apoyo, por su tiempo invertido en mí, a mi asesor el médico José Guadalupe Rodríguez Martínez por todo su apoyo durante toda mi carrera, por su paciencia, por ayudarme en mi formación profesional y principalmente su amistad, gracias a ellos, que me enseñaron y supieron orientarme, al médico Jahir por todo su apoyo y paciencia en este proceso, muchas gracias a todos.

## **Dedicatorias**

A mis papás y a mis hermanas, por ser mi familia, por todo su apoyo durante toda mi carrera, los amo.

A mis amigos, Jonathan, Ricardo, Roberto, Alexis, que me ayudaron y apoyaron, muchas gracias los quiero.

A mis asesores José Guadalupe y Jahir que fueron parte fundamental de este proceso, que me ayudaron tanto y orientaron en mi formación, mi total respeto a ustedes.

## Tabla de contenido

Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	ii
Índice de tablas .....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
I. Introducción.....	1
II.- Revisión de literatura.....	2
2.1 Definición.....	2
2.2 Distribución.....	3
2.3 Vías de entrada.....	7
2.4 Epidemiología. ....	10
2.5 Componentes de los microplásticos. ....	10
2.6 Daños en la salud. ....	14
2.7 Los plásticos más resistentes.....	18
2.8 Degradación de plásticos.....	18
2.9 Daños en el ser humano.....	19
3.0 Repercusión biológica de nanoplásticos en humano. ....	19
3.1 Formas de secreción.....	21
3.2 Impacto en animales de compañía; perro y gato.....	21
3.3 Impacto en animales de abasto.....	22

## Índice de tablas

Tabla 1 Plásticos más utilizados y productos en los cuales se encuentran en el mercado. .....	14
Tabla 2 Composición de plásticos más utilizados en el mercado.....	18

## Resumen

En los últimos años, se ha observado un notable aumento en la producción de materiales plásticos destinados a diversas aplicaciones industriales y de consumo diario, generando un incremento considerable en la cantidad de desechos producidos por los mismos, alcanzando así, los 320 millones de toneladas producidas. Estas nanopartículas se clasifican como “primarias” o “secundarias” y son de gran importancia por su diminuto tamaño lo que permite evadir fácilmente los procesos de filtración de agua, pudiendo así, encontrarlos en prácticamente todos los entornos ambientales, y una vez que estos llegan al ambiente, contaminan y se acumulan en tierras de cultivo, contaminando alimentos terrestres, acuáticos así como suministros de agua potable, afectando tanto la salud animal como la salud pública. En cuanto a los alimentos de consumo humano, los pescados y mariscos son los alimentos en los que se han encontrado mayor cantidad de microplásticos, existiendo reportes evidenciando que. nuestras mascotas son más susceptibles a sus efectos que los humanos, debido a su tamaño, tiempo de vida y su elevada exposición. El conocimiento sobre los daños potenciales a causa de los plásticos comenzó hace relativamente poco tiempo, en el cual, los animales, incluidos los humanos, son afectados, ya que, carecen de vías metabólicas para procesar los microplásticos. La reacción natural de nuestro cuerpo es acumularlos. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio es dar a conocer los efectos nocivos que producen los microplásticos, tanto en la salud humana como animal.

**Palabras clave:** Microplásticos, Salud pública, Salud animal, Contaminación, Ambiente

## **Abstract**

In recent years, there has been a notable increase in the production of plastic materials for various industrial and daily consumption applications, generating a considerable increase in the amount of waste produced by them, thus reaching 320 million tons produced. These nanoparticles are classified as “primary” or “secondary” and are great interest because they are so small that they can easily pass through any normal water treatment process, thus being able to be found in practically all environmental settings, and once microplastics reach the environmental, these microparticles contaminate and accumulate in food chains through croplands, food chains, aquatic and terrestrial, as well as in the supply of drinking water, affecting both animal and public health. In terms of food for human consumption, with reports revealing that pets are more vulnerable than humans to the effects of chemicals due to their small size, short half-life and high exposure. Knowledge about the potential damage caused by plastics began relatively recently, in which animals, including humans, are effected, since they lack metabolic pathways to process microplastics. The only thing our bodies can do is accumulate them in the tissue. For this reason, the objective of this study is to make known the harmful effects that microplastics produce, both on human and animal health.

**Keywords:** Microplastics, Public health, Animal health, Pollution, Environment

## I. Introducción.

Desde 1950 los seres humanos han producido 8.300 millones de toneladas. De estos, solo el 9% son reciclados mientras el resto termina en vertederos y el medio ambiente, donde se dividen en micropartículas, contaminando el aire y el agua, dañan la fauna marina y, en última instancia, son ingeridas por animales domésticos y seres humanos (Tamayo, *et al.*, 2023). En los últimos años, se ha observado un notable aumento en la producción de materiales plásticos destinados a diversas aplicaciones industriales y de consumo diario (Correa, 2020). Actualmente se generan considerables cantidades de plástico, alcanzando una producción global de 320 millones de toneladas (De la Torre, 2019). Esto se atribuye a las valiosas características inherentes a estos materiales, su durabilidad y bajo costo. No obstante, la contaminación ambiental por residuos plásticos ha emergido como una de las problemáticas más significativas a nivel mundial (Correa, 2020).

Varios estudios han detectado partículas plásticas en todo tipo de aguas, alimentos e incluso en muestras biológicas humanas. Esta situación ha incrementado la preocupación de la sociedad por la contaminación con estos productos, tanto en términos medioambientales como sanitarios por sus efectos en la salud humana y animal. La EFSA en 2014 señaló a los microplásticos como riesgo emergente (Andrades, 2020). La búsqueda de daños potenciales a causa de los plásticos comenzó hace relativamente poco tiempo (Parker, 2022). Debido a que los animales y humanos, carecemos de vías metabólicas para procesar los microplásticos. La ración natural de nuestros cuerpos es acumularlos en los tejidos. Anteriormente se pensaba que su efecto era inofensivo, pero recientemente se ha demostrado que la acumulación en el organismo de estas sustancias lleva a la inflamación de los tejidos, con graves efectos neurotóxicos y una deficiente en la respuesta de nuestro sistema inmune (Tamayo, *et al.*, 2023).

## II.- Revisión de literatura.

### 2.1 Definición.

Los microplásticos, son fragmentos de plástico con dimensiones inferiores a 5 mm (Prata y Días, 2023). En la actualidad, no se tiene una definición concreta del concepto de microplástico, debido a que no se ha llegado a un consenso sobre el rango de tamaños para la descripción de estas micropartículas. Estos se han clasificado con un gran número de tamaños, que varían de un autor a otro (Correa, 2020). De manera común, el concepto microplástico se refiere a aquellos plásticos que miden entre 5 mm y un tercio de milímetro. Debido a su tamaño ya sea intencional o accidental, estos se clasifican en “primarios” o “secundarios”. La denominación primaria se refiere a aquellos que son originalmente elaborados para su uso directo o como precursores de otros productos como las fibras sintéticas (Ríos *et al.*, 2020). Asimismo, se incluyen en microperlas para abrasivos en cosméticos, pasta de dientes, polvos microsizados para recubrimientos textiles, pellets de resina de preproducción, y medios de administración de fármacos, entre otros productos. No obstante los microplásticos secundarios se originan de los plásticos más grandes a causa de la, mecánica, degradación biológica y radiación. El resultado de la degradación de estos puede avanzar hasta convertirlos en partículas más pequeñas denominadas nanoplasticos (De la Torre, 2019). La importancia de los nanoplasticos radica a que son tan pequeñas que pueden pasar fácilmente por cualquier proceso normal de purificación de agua (Correa, 2020). Rojo-Nieto y Montoto, (2017) en opinión de los expertos esta presentación de los microplásticos es la más peligrosa y la menos conocida.

## 2.2 Distribución.

Representan contaminantes ambientales ampliamente distribuidos. La exposición humana a estos diminutos fragmentos ha sido confirmada mediante su detección en diversos tejidos. En este contexto, los animales domésticos terrestres adquieren relevancia en la exposición humana, ya que comparten el mismo entorno contaminado. Podrían desempeñar un papel significativo, actuando como centinelas al ayudar a estimar la exposición y el riesgo para los humanos, o formando parte integral de la cadena alimentaria humana, especialmente en el caso de la ganadería (Prata y Días, 2023). En la actualidad se pueden encontrar plásticos en todos los entornos ambientales (Rivas *et al.*, 2023) y una vez que estos llegan al ambiente, contaminan y se acumulan en tierras de cultivo, contaminando alimentos terrestres, acuáticos así como suministros de agua potable (Rojo-Nieto y Montoto, 2017). La presencia de estos es difícil de determinar debido a las dificultades técnicas para medirlos y aislarlos, sin embargo, llegan al ambiente debido a la desfragmentación de plásticos más grandes, implicando una amenaza para la salud humana y el medio ambiente (Velarde, 2021).

Los microplásticos pueden alcanzar el medio ambiente a través de pérdidas durante su fabricación, transporte y/o uso, así como por su liberación intencionada. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los microplásticos no son biodegradables, una vez en el medio ambiente, se acumulan y permanecen en él (Baranga, 2021).

### **En el suelo**

Existiendo varias formas de entrada de los microplásticos al suelo, entre las que se encuentran actividades relacionadas con la agricultura, tales como el uso de acolchado plástico, el abono orgánico, riego con agua residuales y el compost (Guo *et al.*, 2020).

La falta de luz y oxígeno hace que los microplásticos puedan permanecer en el suelo durante más de 100 años (Baranga, 2021).

### **En el medio marino**

La mayoría de producción de plásticos suceden en zona terrestre, sin embargo, cuando estos son desechados, la mayoría termina en medios acuáticos. Debido a sus propiedades, como longevidad y resistencia, los microplásticos son capaces de desplazarse por los mares y acumularse en los sedimentos (Briones, 2022).

La mayor parte de las evidencias se centran en los ecosistemas marinos, tanto en la columna de agua como en sedimentos, ya que durante décadas los plásticos se han acumulado en los ecosistemas marinos. En la actualidad, se estima que más de 150 millones de toneladas de residuos plásticos se encuentran en los océanos de todo el mundo, y que al menos 8 millones de toneladas de plástico acaban en los océanos cada año. Este entorno preocupa especialmente ya que, debido a su pequeño tamaño, los microplásticos son fácilmente ingeridos por los organismos. La cantidad de microplásticos encontrados en los ecosistemas costeros y marinos varía entre 0,0001 y 140 partículas/m<sup>3</sup> de agua, mientras que en sedimentos oscila entre 0,2 y 8766 partículas/m<sup>3</sup> (Baranga, 2021).

### **En agua dulce**

Los plásticos y microplásticos, son vehiculizados por el viento, aguas residuales, y/o actividades humanas como transporte marítimo, pesca, los ríos, aguas residuales, el viento, o a través de actividades humanas como las actividades de pesca, transporte marítimo o inclusive el turismo llegando a mares y océanos (Briones, 2022). A pesar de que las investigaciones acerca de los microplásticos en agua dulce son todavía escasas, se han encontrado microplásticos en sistemas de agua dulce en distintas partes de nuestro planeta, incluyendo el agua potable de consumo humano.

La ruta principal de ingreso de microplásticos en los sistemas de agua dulce procede de las plantas de tratamiento de aguas residuales; los microplásticos no son retenidos en las depuradoras por lo que pueden entrar en cursos de agua dulce. Los estudios realizados revelan que el nivel de contaminación de las aguas dulces

es comparable al del medio marino, siendo su distribución muy heterogénea. Además, estos ecosistemas son a su vez una fuente de contaminación para el hábitat marino, ya que se estima que cerca del 70 % de sus desechos proceden de los ríos (Baranga, 2021).

### **En el aire**

Las fibras sintéticas son la principal fuente de contaminación del aire por microplásticos. La OMS define una fibra como cualquier partícula que tenga una longitud  $> 5\mu\text{m}$ , con un diámetro  $< 3\mu\text{m}$  y una relación longitud-diámetro de 3:1. Estas fibras pueden tener origen natural (procedencia animal, vegetal o mineral) o sintético. Las fibras sintéticas se dividen a su vez en inorgánicas (procedentes de carbón, cerámica o cristal) y orgánicas (compuestas por polipropileno, poliéster, etc). La degradación de las fibras textiles sintéticas dan lugar a la formación de los llamados microplásticos fibrosos, los cuales se han detectado en el aire tanto en ambientes interiores como exteriores. Aproximadamente el 80 % de las fibras sintéticas que se producen en la industria textil proceden del poliestireno. Otra fuente de microplásticos en el aire es el desgaste de los neumáticos, estimándose que este aporte representa entre un 3 % y un 7 % del particulado atmosférico (Baranga, 2021). Estos están elaborados con polímeros sintéticos, que con el tiempo se convierten en fibras y son arrastradas por el viento, agua de lluvia, drenajes, logrando alcanzar mares, océanos y demás redes fluviales (Briones, 2022). Además, entre el 5 % y el 10 % del total del plástico que acaba en los océanos procede de esta fuente (Baranga, 2021).

Debido a sus características, los microplásticos son inhalados fácilmente por animales y el ser humano, lo que implicaría un peligro para la salud. Por medio del viento, se depositan llegando a follaje y las flores, donde se incorporan con el polen y son transportados por las abejas a la colmena. Existen referencias de la existencia de microplásticos en miel. También se han encontrado fibras plásticas en la lluvia y en el aire atmosférico, con una deposición de hasta  $355 \text{ partículas}/\text{m}^2/\text{día}$ , en áreas urbanas (Delgado, 2019).

La literatura actual menciona que, los microplásticos encontrados en aire causan en trabajadores de la industria textil enfermedades pulmonares, la mayoría relacionados con la inhalación de fibras sintéticas, aunque la exposición a fibras naturales aparentemente causa un daño similar. Lo que genera la teoría de que el riesgo de cáncer es similar por la inhalación de fibras de ambos orígenes (Briones, 2022).

### **En alimentos**

Los pescados y mariscos son los alimentos en los que se han encontrado mayor cantidad de microplásticos. Estos organismos acumulan microplásticos en el sistema digestivo tras su ingestión, debido a los numerosos residuos que terminan en mares y océanos. En los tejidos comestibles no se ha constatado una considerable cantidad de microplásticos, sin embargo, se continúan estudiando los mecanismos por los cuales los microplásticos podrían alcanzar estos tejidos. Los crustáceos y moluscos filtran grandes cantidades de agua de mar para alimentarse, lo cual hace que acumulen fácilmente microplásticos. Además, estos animales se consumen normalmente en su totalidad, favoreciendo la ingesta de microplásticos por parte de las personas (Baranga, 2021).

Sin embargo, con lo antes mencionado, el ser humano no ingiere las porciones contaminadas de los animales marinos, como lo es el estómago e intestinos, por lo que no significa un peligro de exposición para los humanos (Briones, 2022).

### 2.3 Vías de entrada.

Cualquier contaminante tiene 4 posibles vías de introducción en el cuerpo humano, según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST): Vía respiratoria o inhalatoria, a través de nariz, boca, pulmones; Vía dérmica a través de la piel; Vía digestiva, boca, estómago e intestinos; Vía parenteral, a través de las heridas (Rosado *et al.*, 2021; Correa, 2020). Los nanoplásticos pueden infiltrarse al organismo por medio de seis vías, como lo son la respiración, oral, intravenosa, intraperitoneal, subcutánea y dérmica (Fischer y Chan, 2007). No obstante, cuando hablamos de nanoplásticos, la ruta de exposición que más nos preocupa es por medio de la respiración y ruta oral. En efecto, tomando en cuenta la información actual, se refiere que la principal vía de entrada de los nanoplásticos es por medio de la ingestión, como anteriormente se mencionó, tienen un impacto significativo en una amplia variedad de especies, incluyendo a aquellos que se encuentran en la parte superior de la cadena alimentaria Cortes y Juárez, 2023). Estos materiales pueden ser ingeridos accidentalmente al ser confundidos con alimento, además de micropulverizarse por efecto secundario a la exposición del clima, llegando a ser transportados e inhalados, y depositarse en plantas o alimento para posteriormente ser ingerido por el ganado, el ser humano o llegar hasta los océanos y mares y ser ingeridos por la fauna marina (Rivas *et al.*, 2023). El ser humano está expuesto a estas partículas por medio de la respiración, ingestión y contacto dérmico. De las vías de exposición la vía dérmica es la de menos importancia para el humano. La absorción dérmica es poco probable debido al tamaño que se requiere para atravesar el tejido de la piel (Velarde, 2021). En efecto, los seres humanos inhalan una variedad de partículas extrañas todos los días y lo han hecho desde el inicio de la Revolución Industrial. La primera respuesta del cuerpo es encontrar una manera de expulsarlos. Las partículas grandes en las vías respiratorias generalmente son tosidas. El moco se forma alrededor de las partículas más abajo en el tracto respiratorio, creando un “elevador” de moco que las propulsa de regreso a la vía aérea superior para ser expulsadas. Las células inmunes rodean a las que quedan para aislarlas (Parker, 2022). De esta forma pueden liberar aditivos o acumular toxinas presentes en el ambiente, incrementando

la biodisponibilidad y la exposición humana de forma directa o indirecta (Correa, 2020), afectando a los seres vivos de diversas formas (Rojo-Nieto y Montoto, 2017). Así pues, el contacto dérmico puede provocar estrés oxidativo al contacto de estas micropartículas. Los posibles efectos nocivos a estas partículas y la exposición generalizada de la piel subrayan la necesidad de realizar más investigaciones en este campo (Correa, 2020).

Se estima que a través de la inhalación, se calcula una entrada de 26 a 130 partículas entran al cuerpo diariamente. En aquellas personas con tendencia a respirar por la boca aumenta la probabilidad de que estas partículas se depositen en los pulmones. Las partículas que ingresan por esta ruta activan un mecanismo de fagocitosis similar la que ocurre cuando se ingieren partículas por vía oral. Esto ocurre debido a la activación de las células T, que estimulan la fagocitosis por macrófagos y son transportadas a los linfonodos. En porción traqueobronquial se alojan las de mayor tamaño y aquellas solubles, ingresan a los bronquios. Las partículas de tamaño reducido pueden llegar a depositarse en los alveolos (Neiro, 2022).

Otra vía común de entrada de los microplásticos en el cuerpo humano es a través de la piel. Debido a su tamaño la piel es considerada como el órgano más grande y por ende el de mayor exposición. Estos pueden ingresar mediante productos tópicos de belleza y salud. Para aumentar la penetración a través de la barrera de la piel los productos tópicos contienen alcoholes de cadena corta y larga, amidas cíclicas, ésteres, ácidos grasos, glicoles, pirrolidinas, sulfóxidos, tensioactivos y terpenos. La entrada de partículas en el cuerpo se produce a través de heridas, glándulas sudoríparas o los folículos pilosos (Neiro, 2022).

La exposición a microplásticos en las células del tracto digestivo conduce a un aumento de reacciones de oxígeno (ROS) intracelulares. Este aumento dirige al debilitamiento de las células para neutralizar las ROS, lo que conduce a un incremento de la capacidad oxidativa de las células, desencadenando un desequilibrio de la oxidación intracelular y efectos antioxidantes. Los provoca cambios en las funciones y estructuras de los ácidos nucleicos, lípidos y proteína.

Estos cambios indican el nivel de estrés oxidativo celular. Zhang *et al.*, (2020) refiere en uno de sus estudios que el estrés oxidativo se genera en la mitocondria, demuestra que la mitocondria, orgánulo de la célula, se ve lesionada por la presencia de microplásticos. Como es sabido algunas de las funciones de la mitocondria son el metabolismo energético mediante la producción de ATP y la apoptosis celular. La presencia de microplásticos genera estrés, lo que provoca una despolarización mitocondrial y citotoxicidad lo que puede llevar a una disfunción celular. El tamaño de las partículas de microplásticos es un factor determinante en la afectación de la mitocondria, ya que se ha observado que las partículas de mayor tamaño no pueden ingresar fácilmente en la mitocondria y se acumulan en el espacio intracelular, donde puede dañar la membrana celular. Por otro lado, los microplásticos de tamaño menor penetran en la mitocondria y alteran la cadena de transporte de electrones, lo que puede provocar una apoptosis celular prematura. Los microplásticos pueden tener efectos adversos sobre la salud debido a su composición. La composición química de los microplásticos puede incluir una mezcla de polímeros, hidrocarburos aromáticos policíclicos, bisfenoles, ftalatos, retardantes de llama, metales y contaminantes orgánicos. La capacidad de los microplásticos para absorber y retener productos químicos está estrechamente relacionada con la toxicidad de los microplásticos.

Estos productos van afectando sistemas como: trastornos neurológicos tales como hiperactividad, déficit de atención, autismo, problemas respiratorios como el asma, cardiovascular, metabólicas hablando de diabetes, obesidad infantil, colesterol alto, hormonales como enfermedad tiroidea, cáncer de tiroides, reproductivos, baja calidad del esperma, síndrome de ovario poliquístico, infertilidad,

La piel es una de las vías de entrada más comunes de los microplásticos. Debido a su tamaño, es también el que está más expuesto al exterior, lo que la hace vulnerable a la absorción de sustancias químicas. La combinación de ingredientes en los productos tópicos, tales como, alcoholes, ésteres, glicoles, amidas cíclicas, tensioactivos, terpenos, sulfóxidos y pirrolidinas, facilitan la entrada de absorción de

partículas. Especialmente a través folículos pilosos, heridas y glándulas sudoríparas (Neiro, 2022).

## **2.4 Epidemiología.**

La descomposición de los plásticos es un proceso extremadamente lento, con tiempo de degradación que oscilan entre 450 y 1000 millones de años (Tamayo *et al.*, 2023). La contaminación ambiental supone un peligro constante para la salud humana, debido a las sustancias tóxicas que contienen pueden llegar a incorporarse en la cadena alimentaria, agua y aire (Velarde, 2021). Los microplásticos están presentes en una gran variedad de alimentos y bebidas que consumimos al diario, como el agua, las frutas, la sal e incluso la cerveza. Las partículas suspendidas en el aire pueden recorrer grandes distancias y depositarse en la superficie terrestre a través de la lluvia (Parker, 2022). Investigaciones recientes han detectado la presencia microplásticos en agua embotellada, agua de grifo y agua potable de fuentes subterráneas, la ropa durante su ciclo de lavado va desprendiendo fibras textiles, siendo estas las que no son eliminadas durante el filtrado de agua, de este modo terminando en el medio ambiente, además algunos productos de higiene como las pastas dentales y exfoliantes faciales, contienen estas partículas a base de polietileno, y de este modo las podemos encontrar aguas residuales que posteriormente se convierten en nanoplasticos (Cortes y Juárez, 2023; Velarde, 2021).

## **2.5 Componentes de los microplásticos.**

La estructura química de los plásticos se basa en la unión de monómeros, siendo moléculas pequeñas que forman macromoléculas, que repiten una secuencia específica (De la Torre, 2019). Por ende los principales polímeros que componen los microplásticos son cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), polipropileno (PP) poliestireno expandido (PS), polietileno tereftalato (PET) y poliamida (PA) (Correa, 2020). La composición química de los plásticos contiene una gran variedad de productos químicos, comprendiendo alguna variedad de aditivos que son los responsables de darle flexibilidad y resistencia, siendo así tóxicos y representando

un riesgo para la salud (Parker, 2022). Los plásticos pueden liberar aditivos toxinas y concentrar toxinas ambientales, aumentando la exposición humana a estos contaminantes, ya sea a través de ingestión, inhalación o contacto cutáneo (Correa, 2020). Además, la bioacumulación de contaminantes orgánicos persistentes (COP) de los plásticos pueden tener graves problemas en la salud, ya que al ser ingeridos pueden acumularse en los tejidos sin generar algún aporte nutricional, causando alteraciones endocrinas, asimismo biomagnificarse en la cadena trófica (Lino y Gaibor, 2019). Los microplásticos pueden contener compuestos químicos como los bisfenoles y ftalatos, que han sido vinculados a una variedad de problemas de salud de salud, incluyendo trastornos reproductivos, cardíaca, hepática, renal, hormonal y neurológica, así como contribuir al desarrollo de tumores (Tamayo *et al.*, 2023).

Ftalatos: Es de los aditivos más utilizados, utilizados para plastificar PVC en diversos productos como dispositivos médicos, juguetes y envases de alimento. Estos se clasifican de alto peso molecular y bajo peso molecular. El DEHP es el plastificante más utilizado en el PVC, muchos de los tratamientos médicos como veterinarios puede llevar a la exposición de DEHP, de igual modo pueden ingresar al organismo mediante la inhalación, vía transplacentaria, dérmica y lactancia, este se metaboliza en formas monoésteres y otros metabolitos que se excretan por orina. La exposición a ftalatos es común, y se ha encontrado que el metabolito MEHP es un indicador de la exposición de DEHP. Algunos estudios han indicado encontrar ftalatos en juguetes para mascotas y alimentos humanos, lo que sugiere que piensos para mascotas es otra forma de exposición para ellos (Andrades, 2020).

Debido a su capacidad para conferir flexibilidad a los plásticos, los ftalatos son ampliamente utilizados como plastificantes en una variedad de productos, y debido a su uso extendido, se les considera sustancias químicas “omnipresentes”. Investigaciones recientes señalan que los ftalatos y los BPA pueden migrar desde el plástico a los alimentos. La ingesta de ftalatos es un riesgo para los niños pequeños que chupan plástico flexible, como chupetes o mordederas, ya que estos compuestos químicos pueden ser liberados durante la succión. Los ftalatos se relacionado con un amplio repertorio de problemas de salud, por su alta toxicidad,

se vinculan con diversos problemas como trastornos hormonales, baja de fertilidad, abortos espontáneos, toxemia, menopausia temprana, anemia, preclamsia, obesidad y presión alta. No solo afectan la fertilidad y estudios señalan que este efecto puede persistir durante generaciones (Denney *et al.*, 2022).

Los bisfenoles como el BPA, también son muy utilizados en los plásticos comúnmente en la producción de policarbonatos y resinas epoxídicas, utilizadas en el recubrimiento de las latas de almacenamiento de alimento y de este modo migrar a ellos. La medición de la exposición al BPA es a través de la orina siendo este modo el más seguro. La prohibición del BPA en biberones y alimentos en Francia en 2015 es un ejemplo de regulación de este compuesto para proteger la salud pública (Andrades, 2020).

Los bisfenoles son ampliamente utilizados en productos de plástico, siendo tanto común que se encuentran en botellas de agua, equipos médicos y deportivo, recipientes reutilizables de plástico, revestimiento de latas de comida, tubería de agua y papel térmico. El BPA es un químico controvertido que se ha relacionado con una variedad de problemas de salud, como cánceres de mama, ovarios, endometrio y próstata, aumento de ansiedad, depresión, problemas de comportamiento, ansiedad, hiperactividad, y falta de atención (Denney *et al.*, 2022).

Estabilizadores ultravioletas (UV): son adicionados a los plásticos para prolongar su vida y evitar su deterioro bajo la luz solar, sin embargo, pueden lixiviarse y contaminar los alimentos que están en contacto con ellos, además son una fuente de exposición a disruptores endocrinos (EDC) que puede tener afectar la fertilidad y desarrollo (Denney *et al.*, 2022).

Las PFAS (perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas) son sustancias químicas persistentes y su capacidad para acumularse en el cuerpo humano y de los animales. La exposición a estas sustancias puede ocurrir por medio de diversas fuentes como lo son alfombras, utensilios de cocina, envoltorios de alimentos.

Se han relacionado una variedad de problemas de salud con la exposición a los PFAS, incluyendo trastornos del sistema inmunológico, sí como mayor riesgo de cáncer y otros problemas de salud (Denney et al., 2022).

Los aditivos plásticos pueden actuar como perturbadores del sistema endocrino, interfiriendo con el sistema hormonal del cuerpo y de este modo llegando a desencadenar una variedad de problemas de salud incluyendo obesidad, diabetes, trastornos reproductivos, problemas de desarrollo neurológico como el TDAH, autismo, parálisis cerebral. Las EDC son una amenaza alarmante para todo ser vivo, especialmente para los fetos, ya que se han encontrado en orina, sangre, grasa y algunos tejidos (Denney et al., 2022).

Tabla 1 Plásticos más utilizados y productos en los cuales se encuentran en el mercado.

<i>Tipo de plástico</i>	<i>Productos</i>
Polietileno de baja densidad (PEBD)	Bolsas de plástico, empaques y cortinas de baño
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Botellas de detergente y tubos
Polipropileno (PP)	Cuerdas, tapas de botellas y alfombras
Poliestireno (PS)	Envases de alimentos y vasos desechables
Poliéster (PES)	Textiles
Polietileno tereftalato (PET)	Botellas de agua, aislamiento térmico y blisters
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)	Film plástico, tuberías y pisos
Poliamida (PA)	Cerdas de pillos de dientes y sedales
Polietileno (PE)	Bolsas de supermercado

Fuente: (Romero y Pin, 2022).

## 2.6 Daños en la salud.

De acuerdo con Correa., (2020) Las investigaciones de los posibles daños de los microplásticos en la biota marina siguen en curso, y aún hay mucho que se desconoce sobre su impacto. No obstante, Lino et al., (2019) menciona que la ingesta de microplásticos por parte de organismos marinos es un hallazgo preocupante y cada vez más común, encontrándose así en diferentes especies.

Investigaciones demuestran que los microplásticos pueden ser absorbidos rápidamente por los peces, ya que, en solo dos horas, los componentes químicos de los microplásticos pasan a su circulación sanguínea y posteriormente se acumulan en su tejido, que será consumido por algún ser vivo (Tamayo *et al.*, 2023).

Aunque la mayoría de los estudios se han enfocado en los ecosistemas marinos, la contaminación por microplásticos puede ser aún más preocupante en los ecosistemas de agua dulce donde las actividades realizadas por los humanos tienen un impacto más directo (Correa, 2020).

Conforme la vida marina se empezó a ver afectada por plásticos, desde enredo o ingestión, se han extendido los estudios, desde aves a otras especies marinas, así

como también a ratas y ratones (Parker, 2022). Algunos estudios muestran los impactos que pueden tener sobre las especies afectadas, incluyendo alteraciones en el comportamiento, reducción en la reproducción y crecimiento, las funciones celulares, daños al sistema inmunológico.

La gravedad del daño causada por los microplásticos aumenta en porción directa con la exposición (Tekman *et al.*, 2022). La exposición a micropartículas puede tener graves consecuencias, ingresando al cuerpo desde el consumo de alimento contaminando, de este modo afectando el sistema digestivo, cambiando el metabolismo de la flora intestinal, o por medio de la inhalación, lo que desencadena una inflamación, también afecta al sistema reproductivo, cardiovascular, neurológico y renal, englobando diabetes, cáncer, toxicidad reproductiva y neurológica (Correa, 2020). Los hallazgos en los estudios en animales de laboratorio sugieren que los microplásticos pueden tener efectos adversos en la reproducción y desarrollo sexual, lo que podría tener implicaciones para la conservación y el bienestar otras especies (Tamayo *et al.*, 2023). Pero en los peces y para algunos animales silvestres marinos y de agua dulce, los estudios descubren que los microplásticos aperturban los sistemas reproductivos, retrasan el crecimiento, disminución del apetito, daño hepático, inflamación de los tejidos y alteran la conducta alimentaria (Parker, 2022). Es posible que los microplásticos sean un factor subyacente en la creciente incidencia de problemas de salud de los animales, incluyendo problemas reproductivos, tumores y problemas hormonales lo que tendría un impacto económico significativo en la industria ganadera (Tamayo *et al.*, 2023). Andrades, (2020) menciona que la ingestión accidental de plástico, debido a la confusión con alimento, es uno de los efectos más reconocidos y perjudiciales de la contaminación plástica. La ingesta de microplásticos es un proceso que puede ocurrir de dos maneras: directamente a través de la ingesta accidental de microplásticos, o indirectamente, al consumir otros organismos que ya han ingerido microplásticos (Lino y Gaibor, 2019). La presencia de ingredientes tóxicos en el plástico es una amenaza para la salud de los animales marinos, ya que pueden ser ingeridos y causar daños a nivel celular e incluso llegar a cerebro (Tekman *et al.*, 2022). La exposición a partículas puede ser por medio de la respiración y mientras más

pequeñas sean, más fácil es su entrada a los pulmones, mientras que las fibras de mayor tamaño se acumulan en el polvo, y de este modo contaminando alimentos, teniendo consecuencias en la salud (Andrades, 2020). Con el tiempo, esas partículas podrían causar una irritación que conduzca a una variedad de síntomas en cascada (Parker, 2022). Las partículas pueden ocasionar daños en diferentes áreas del sistema respiratorio según el tamaño de la partícula que sea inhalada, las de menor tamaño pueden penetrar profundamente en los pulmones como en los bronquiolos terminales o incluso alvéolos (Velarde, 2021), teniendo consecuencias graves como estrés oxidativo, inflamación, necrosis, que pueden contribuir a una variedad de problemas de salud, como enfermedades cardiovasculares, trastornos autoinmune y enfermedades neurodegenerativas (Correa, 2020) y la acumulación en el medio ambiente, con potencial para alterar los procesos del sistema terrestre (Prata *et al.*, 2022).

Los nanoplásticos presentan dos desafíos significativos: su pequeño tamaño les permite penetrar en células alterando funciones fisiológicas, y su alta afinidad para absorber contaminantes debido a su alta relación superficie – área.

La combinación de tamaño reducido y alta relación superficie -área en las partículas microplásticas puede permitir la absorción y transporte de toxinas, llegando a causar daños celulares y problemas de salud. La gran superficie de los nanoplásticos les confiere una mayor capacidad para absorber metales pesados, lo que los hace más peligrosos que los microplásticos en términos de su potencial para transportar contaminantes al organismo (Rojo-Nieto y Montoto, 2017).

Los microplásticos pueden incorporarse a la cadena alimentaria y causar efectos tóxicos a distintos niveles. La severidad de estos dependerá de la especie y tamaño del animal, tipo de alimentación y tamaño del plástico o microplástico. Los efectos que pueden causar son diversos, entre ellos se pueden mencionar la disrupción endocrina, la teratogenicidad y la toxicidad hepática (Baranga, 2021).

Investigaciones en aves han demostrado que la ingesta de microplásticos puede llevar a una disminución en el consumo de alimento, y como resultado, una serie de problemas nutricionales. Los efectos de la ingesta de microplásticos en la salud

reproductiva y digestiva pueden ser graves, incluyendo problemas nutricionales, fallas reproductivas y reduciendo la secreción de enzima digestiva. La ingesta de microplásticos en aves pequeñas y peces puede tener consecuencias devastadoras, provocando una disminución en el consumo de alimento, incluyendo la obstrucción intestinal y en casos extremos, la muerte. Algunas especies tienen la capacidad de expulsar los microplásticos ingeridos, lo que podría reducir los riesgos asociados con la ingestión de estos materiales (Rodríguez, 2019).

## 2.7 Los plásticos más resistentes.

La persistencia de los plásticos en el medio ambiente ha llevado a una acumulación significativa de desechos plásticos en los océanos, lo que ha tenido un impacto devastador en el medio marino y la diversidad biológica. Estos pueden permanecer en entornos naturales, permaneciendo años e incluso décadas (Romero y Pin, 2022). A continuación, se presentan los tiempos de descomposición de algunos plásticos más utilizados:

Tabla 2 Composición de plásticos más utilizados en el mercado

<i>Tipo de plásticos comunes</i>	<i>Tiempo</i>
Hilo de pesca	600 años
Botella	500 años
Cubiertos	400 años
Mechero	100 años
Vaso	65-75 años
Bolsa	55 años
Suela de zapato	10-20 años
Colilla	1-5 años
Globo	6 meses

Fuente: (Romero y Pin, 2022).

## 2.8 Degradación de plásticos.

La degradación de los plásticos se produce debido a la interacción de procesos químicos, biológicos y físicos que alteran su estructura y propiedades. La degradación de los polímeros puede ocurrir a través de dos mecanismos principales: la oxidación e hidrólisis. La foto degradación es un proceso clave que ocurre durante la degradación de los polímeros. La luz y las condiciones ambientales pueden ejercer un efecto significativo sobre el sustrato, contribuyendo a su degradación. La luz ultravioleta posee demasiada energía para iniciar la

degradación de polímeros. Mientras que la intervención microbiana es la que completa el proceso de biodegradación de los plásticos (Romero y Pin, 2022).

## **2.9 Daños en el ser humano.**

Los MPs pueden tener efectos nocivos en la salud humana, especialmente debido a su persistencia y bioacumulación (Newrick, 2023).

La presencia de microplásticos en el intestino humano, alterando la demanda de energía, puede causar una respuesta inmunosupresora o favorecer la aparición de enfermedades autoinmunes, lo que puede llevar a una inmunodeficiencia local o sistémica. La exposición a microplásticos puede desencadenar enfermedades autoinmunes y neurodegenerativas, debido a su capacidad para inducir estrés oxidativo, neurotoxicidad y alteraciones en las funciones y comportamientos neuronales, dependiendo sobre cual célula están actuando y el grado de concentración, pueden activar la microglía y generar una respuesta inflamatoria, lo que conlleva a un aumento de peroxidación de lípidos y una inhibición de la acetilcolinesterasa, aumentando el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas como demencia y Alzheimer (Velarde, 2021).

## **3.0 Repercusión biológica de nanoplásticos en humano.**

La exposición a nanoplásticos puede llevar a la acumulación de en el intestino, causar inflamación y un mayor riesgo de lesiones, las partículas de mayor tamaño se translocan a tejidos más cercanos por medio de la circulación (Velarde, 2021).

Es crucial investigar las vías moleculares y celulares específicas de los nanoplásticos, así como su cinética, absorción, metabolismo, distribución y excreción, para evaluar su toxicidad (Cortés y Juárez, 2023). La respuesta inflamatoria facilita su traslocación de los microplásticos desde el tracto gastrointestinal hacia la circulación sanguínea y después a diferentes órganos, incluyendo hígado, riñón y bazo (Velarde, 2021).

Al ingresar al intestino, los nanoplásticos pueden interactuar dependiendo de su capacidad con componentes biológicos, proteínas, fosfolípidos y carbohidratos, así

como su tamaño y naturaleza hidrofóbica, al ser absorbidos por las células epiteliales intestinales a través de endocitosis, lo que permite cruzar la barrera intestinal y pasar al lado basolateral. Se pueden acumular en el interior de las células, específicamente en vesículas y mitocondrias, lo que puede desencadenar una serie de respuestas celulares, incluyendo la actividad de respuesta de estrés oxidativo, citotoxicidad y antioxidante y ejerciendo (Cortes y Juárez, 2023).

La distribución sistémica de partículas absorbidas en el intestino depende de su transporte al torrente sanguíneo, de lo contrario, se limita a nivel local. La posibilidad de transporte de partículas de modo paracelular, se debe a la existencia de espacios entre las células epiteliales, lo que permite el paso de partículas más grandes hacia los espacios vasos sanguíneos. La persorción es un mecanismo que facilita el transporte de partículas más grandes a través de la barrera intestinal, lo que se ha confirmado mediante estudios que han detectado partículas de plástico en órganos como hígado, ganglios linfáticos y bazo (Paul *et al.*, 2020).

### **3.1 Formas de secreción.**

Ahora, un estudio de la Universidad Libre de Ámsterdam, en alianza con Plastic Soup Foundation, ha descubierto la presencia de este material en la sangre, carne y leche de vacas y cerdos, se cree que la causa de ello podría estar en la alimentación, ya que se detectó plástico en el alimento granulado y triturado de estos animales, tampoco dejan de considerarse otras vías de exposición usuales como el agua o el aire, las partículas de plástico acceden al torrente sanguíneo de los animales y pueden depositarse en los órganos o incluso llegar a la leche materna, de este modo, el material podría ser consumido por las personas (Radesca, 2022).

### **3.2 Impacto en animales de compañía; perro y gato.**

La naturaleza curiosa y exploratoria de los animales, que los lleva a morder y lamer, como medio de exploración, puede hacer que estén más expuestos a sustancias nocivas. Debido a su biología, como tiempo de vida, tamaño y exposición, las mascotas son más susceptibles que los humanos a los efectos nocivos de los químicos, lo que requiere una mayor atención y protección. La exposición a plásticos y químicos en mascotas es un problema creciente que puede estar relacionado con el incremento de enfermedades como el hipotiroidismo, cardiopatías, diabetes, trastornos renales y cáncer, también la exposición puede ocurrir mediante tratamientos como transfusiones, alimentación parenteral o hemodiálisis, ya que se utilizan materiales de PVC, químicos lixiviados, ftalatos, todo depende del tiempo del tratamiento, frecuencia y el tipo de material, un estudio proporciono evidencia de la distribución y absorción sanguínea de partículas de PVC de hasta 110  $\mu\text{m}$  en perros, lo que plantea preocupación sobre la seguridad de la exposición a estos materiales. La absorción de contaminantes podría ocurrir principalmente en las placas de Peyer en el íleon, lo que destacaría la importancia de este sitio en la absorción de sustancias extrañas (Andrades, 2020).

### **3.3 Impacto en animales de abasto.**

La ingestión de plásticos es un problema creciente en la ganadería, principalmente en países en desarrollo, comúnmente se encuentran bolsas de plástico, que dan la falsa saciedad pero estos materiales sin ningún aporte nutricional provocan una hiporexia, estos hallazgos se han hecho principalmente en hembras al momento de balance nutricional, en animales con una baja condición corporal, lo que puede alterar la digestión y fermentación, desembocando una indigestión, o también obstruir el paso del bolo alimenticio por las cámaras del rumen, reduciendo su motilidad, y aumentando de impactación ruminal y/o timpanismo, además estos material pueden cubrir algún objeto punzocortante, que en caso de ser ingerido por alguno de estos animales, causando daños en la pared ruminal, desencadenando una peritonitis, en caso de llegar al corazón una reticulopericarditis traumática, y se le acumulan los compuestos químicos, provocando pérdidas económicas significativas debido a la baja producción de carne y leche, enfermedades simultaneas y mortalidad. Un estudio de Mahadappa *et al.*, (2020) en búfalos, evalúa el rendimiento del rumen después de estar en contacto con plásticos, los resultados destacan la necesidad de implementar medidas para reducir la contaminación plástica, ya que se mostró una disminución en la densidad de protozoos, aumento del pH y motilidad ruminal, el 60% de los pescados no está destinado al consumo humano como lo son los huesos, cabezas, piel y viseras, pero si se utilizan para la preparación de harinas de pescado como alimentación en ganado, y de tal modo llega la contaminación plástica a los comederos de estos animales, por tal, el impacto en animales de abasto se refleja en la cadena alimentaria ya que la salud de los animales está estrechamente relacionada con la seguridad y calidad de los alimentos.

### III. Bibliografía.

1. Correa, J. A. 2020. Revisión de la problemática de la contaminación por microplásticos en el recurso hídrico. Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de: Especialista en manejo y gestión del agua. Universidad de Antioquia Facultad de ingeniería, Escuela Ambiental, Especialización en manejo y gestión del agua. Medellín, Colombia
2. Rivas, J., Gracia. M. C., Y Gómez, J. R. 2023. Los plásticos y el daño a la salud de los seres vivos y a los ecosistemas Plastic and the damage to health of living creatures and ecosystems. Biocenosis. Vol 34.
3. Prata, J. C., y Dias, P. 2023. Microplastics in Terrestrial Domestic Animals and Human Health: Implications for Food Security and Food Safety and Their Role as Sentinels. Animals.
4. Lino, J. G., y Gaibor, N. 2019. Microplástico en el tracto digestivo de *scomber japonicus*, *opisthonema libertate* y *auxis thazard*, comercializados en el puerto pesquero de santa rosa, provincia de santa elena ecuador. Trabajo de titulación. Universidad estatal península de santa elena facultad de ciencias del mar carrera de biología marina. santa elena, ecuador.
5. De la Torre, G. E. 2019. Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. Ciencia y tecnología. Vol 15, N 4.
6. Andrades, S. 2020. Efectos de la contaminación por plástico en Salud Animal. Trabajo fin de grado de veterinaria. Facultad de veterinaria universidad zaragoza. Zaragoza, España.
7. Rosado, A., Rodríguez, L. I., Zofio, V., Ferrer, E., y Carranza. 2021. Microplásticos: su toxicidad y valores alerta pendientes de establecer. Tecnoqua. N 50.
8. Velarde., L. M. 2021. Efectos potenciales de los microplásticos en la salud humana. Trabajo fin de grado. Bibliográfico. Grado en farmacia. Universidad de sevilla, facultad de farmacia. Sevilla, España.
9. Rojo-Nieto, E., Y Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Ecologistas en Acción.

10. Prata, J. C., et al. 2022. Microplastics in Internal Tissues of Companion Animals from Urban Environments. *Animals*.
11. Tekman, M. Walther, B. Peter, C. Gutow, L. Bergmann, M. Y research, m. (2022). Impactos de la contaminación por plásticos en los océanos sobre las especies, la biodiversidad y los ecosistemas marinos.
12. Tamayo, C. Hernández, M. Méndez, F. Herrera, J. Y Chay, A. (2023). Microplásticos en animales de granja: implicaciones en la inocuidad de los alimentos y salud animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Campeche. México. *Revista agroregion*.
13. Radesca, J. (2022). Científicos descubren microplástico en sangre, carne y leche de animales de granja. *Latinamerican post*.
14. Cortes Roos, Emmanuel, & Juárez Moreno, Karla. (2023). Estudio de los efectos toxicológicos de los nanoplásticos en células de colon. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 16(31), 69782. Epub 04 de septiembre de 2023. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.31.69782>
15. Paul, Maxi B., Valerie Stock, Julia Cara-Carmona, Elisa Lisicki, Sofiya Shopova, Valérie Fessard, Albert Braeuning, Holger Sieg y Linda Böhmert. (2020). Microand nanoplastics-current state of knowledge with the focus on oral uptake and toxicity. *Nanoscale Advances*. RSC. <https://doi.org/10.1039/d0na00539h>
16. Newrick, B. (2023). Degradación de microplásticos procedentes de envases alimentarios mediante el empleo de microorganismos. Trabajo de fin de máster. Máster universidad en biotecnología alimentaria.
17. Romero, B., y Pin. A. (2022). Detección de microplásticos en heces de perros y gatos de 10 sectores del cantón durán-ecuador. Trabajo de titulación. Universidad de guayaquil facultad de medicina veterinaria y zootecnia.
18. Neuro, L. (2022). Problemas de los microplásticos en los seres vivos. Trabajo de fin de grado, grado de enfermería. Escuela universitaria de enfermería. Santiago de campostela.

19. Baranga, M. (2021). Microplásticos en el medio ambiente: riesgo de contaminación metálica y perspectiva social. Trabajo de fin de grado. Universidad da coruña, facultad de ciencias.
20. Delgado, O. (2019). Implicaciones de la exposición a microplásticos en salud humana. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Granada. Facultad de medicina. Departamento de Radiología y Medicina Física.
21. Briones, J. (2022). Efectos en la salud de los microplásticos. Trabajo de fin de grado. Universidad de Alcalá.
22. Rodríguez, G. (2019). Detección de microplásticos en mejillón (*mytilus edulis*) de la costa atlántica uruguaya. Tesis de grado presentada como uno de los requisitos para obtener el título de doctor en ciencias veterinarias. Universidad de la república facultad de veterinaria. Montevideo Uruguay.
23. Denney, V., et al. (2022). Una introducción a los plásticos y a las sustancias químicas tóxicas: cómo los plásticos dañan la salud humana y el medio ambiente, además de envenenar la economía circular. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN).
24. Zhang J, Wang L, Kannan K. Microplastics in house dust from 12 countries and associated human exposure. *Environment International*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041201931952X?via%3Dihub>