



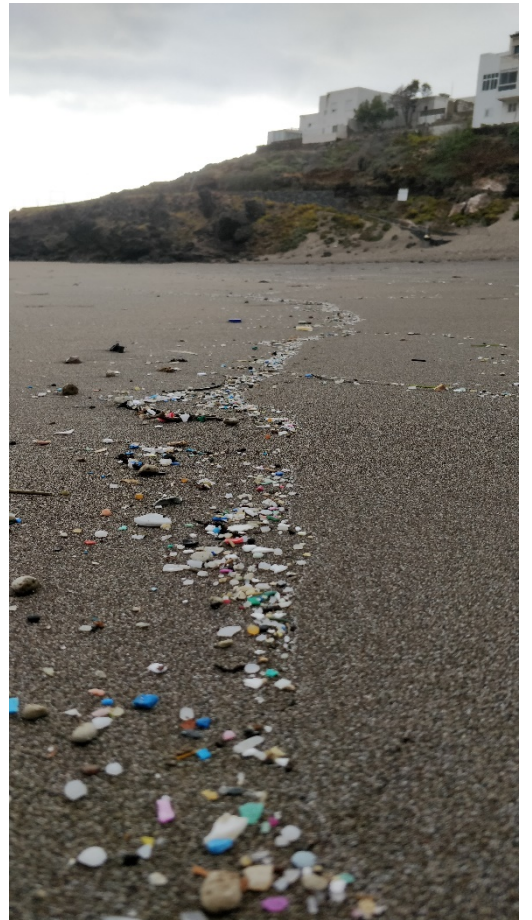
Tutoras: Cintia Hernández Sánchez y María de los Ángeles Arias Rodríguez

Área de Medicina Preventiva y Salud Pública

Manuel Joaquín Silvar Rodríguez

Grado en Farmacia, curso 2022-2023

DETERMINACIÓN DE
BACTERIAS EMERGENTES
EN DERIVA MARINA, ARENA
Y AGUAS DE BAÑO DE
PLAYA GRANDE



Índice

Resumen.....	4
Palabras clave:	4
Abstract.....	5
Keywords	5
1. Introducción	6
2. Objetivos.....	8
3. Material y Métodos	9
4. Resultados y discusión	15
Limitaciones.....	19
5. Conclusiones	19
Bibliografía.....	21
Anexos	25

Agradecimientos

Antes de comenzar, me gustaría expresar mi agradecimiento a todas las personas que han contribuido a hacer posible este Trabajo de Fin de Grado (TFG), que representa el último paso en un recorrido de 5 años para obtener mi titulación.

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis tutoras por su continua ayuda y orientación, y en particular a Cintia por su colaboración más estrecha, incluso llegando a facilitar el transporte necesario para llevar a cabo este proyecto.

También a mis seres queridos por haberme acompañado y aguantado en los largos periodos encerrado en casa.

Y por último, a la Cátedra de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Cabildo de Tenerife por la financiación para todo el material y medios necesarios para este trabajo. Para todos ellos y para quien pueda aportarle algo a sus conocimientos, es este proyecto.

Resumen

El problema de la gestión de residuos plásticos crece día a día alcanzando en la actualidad niveles alarmantes. Están tan presentes en el medio ambiente que han formado un nuevo ecosistema, la plastisfera, donde seres vivos, entre los que hay microorganismos, habitan en las condiciones particulares creadas por estos residuos. El objetivo del estudio fue investigar la presencia de microorganismos indicadores y emergentes en la deriva marina, el agua de baño y la arena de Playa Grande (Arico, Tenerife) al ser esta playa un punto importante de acumulación de residuos y de microplásticos.

Los resultados muestran presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal: *Escherichia coli* y en menor medida *Enterococcus faecalis*, la cual no apareció en las muestras de agua.

Con respecto a bacterias emergentes, encontramos una importante presencia en todas las muestras de *Vibrio spp* identificado como *Vibrio alginolyticus* y en diversas muestras de deriva marina destaca la presencia de *Shewanella algae*.

Por último, mencionar que no se encontró ninguna bacteria multirresistente ni *Staphylococcus aureus* en este estudio.

Palabras clave:

Microplásticos, Microorganismo, Tenerife, Arico, Deriva marina, Multirresistente, Plastisfera.

Abstract

The problem of plastic waste management is growing day by day, reaching nowadays alarming levels. They are so ubiquitous and persistent in the environment that they have formed a new ecosystem, the plastisphere, where living organisms, including microorganisms, inhabit the unique conditions created by these waste materials. The aim of this study was to research the presence of quality indicator and emerging microorganisms in marine debris, water, and sand at Playa Grande (Arico, Tenerife), as this beach serves as a significant accumulation point for waste and microplastics.

The results show the presence of indicator bacteria for fecal contamination, namely *Escherichia coli*, and to a lesser extent *Enterococcus faecalis*, the latter of which did not appear in the water samples.

Regarding emerging bacteria, a significant presence of *Vibrio spp.*, specifically *Vibrio alginolyticus*, was found in all samples, and in various samples of marine debris, the presence of *Shewanella algae* was notable.

Finally, it should be mentioned that no multidrug-resistant bacteria or *Staphylococcus aureus* were found in this study.

Keywords

Microplastic, Microorganism, Tenerife, Arico, Strandline, Multiresistant, Plastisphere.

1. Introducción

Desde el descubrimiento de la baquelita en 1907, considerado como el primer plástico comercial totalmente sintético⁽¹⁾, los plásticos han ido aumentando su presencia en todos los ámbitos de nuestras vidas gracias a sus muchas virtudes: barato, fácil de trabajar, ligero, resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, etc.

Es precisamente esta resistencia la que lo convierte en un problema en lo que a gestión de sus residuos se refiere, ya que estos tardan muchos años en degradarse por completo lo cual facilita que se acumulen en el medio natural. Es así como toda esta basura marina acaba formando parte de la deriva marina, que serían todos los elementos que transporta la marea y las corrientes marinas y en ocasiones acaban varados en la costa. Sin la intervención humana esta deriva estaría compuesta por elementos naturales, como restos biológicos de animales o plantas, o inorgánicos como la piedra pómez

En este sentido, es interesante explorar el documento marco de estrategias marinas donde se define a las basuras marinas como todo objeto sólido que se encuentra en este ambiente y ha sido manufacturado por el hombre. Además considera que estas suponen un peligro para la salud del medio ambiente marino en contraposición con los elementos que naturalmente formarían la deriva marina⁽²⁾.

La gestión de los residuos plásticos es un problema que pese a ser conocido por los científicos desde los 70 ⁽³⁾ poco o nada se ha hecho por frenar. Así, a día de hoy se plantea como uno de los mayores retos medioambientales de la humanidad siendo el residuo más común en los océanos. Ya en 2002 se estimó que suponía entre el 60 y el 80% de la basura marina⁽⁴⁾.

Dentro de los muchos problemas generados por los residuos plásticos se encuentran los microplásticos, considerados como plásticos entre 1 μm y 5 mm, y los de menor tamaño, mini y nano plásticos⁽⁵⁾. Estos han ganado especial relevancia en los últimos años, ya que, aunque puedan resultar menos visible a simple vista podrían representar un problema mucho mayor no solo para el medio ambiente sino afectando directamente a la salud del ser humano. Gracias

a su reducido tamaño han conseguido introducirse en las cadenas tróficas⁽⁶⁾ e incluso están presentes en el aire que respiramos⁽⁷⁾.

No parece que exista ya un lugar completamente libre de plástico y estudios realizados en Tenerife apoyan esta afirmación. En dichos estudios se encontraron microplásticos en el tracto digestivo de erizos⁽⁸⁾ y peces⁽⁹⁾; e incluso en uno de los estudios más recientes se encontraron microplásticos en nieve caída en el Parque Nacional de Las Cañadas del Teide lo que demostraría el transporte de microplásticos a nivel atmosférico⁽¹⁰⁾. Existen incluso evidencias de su presencia en los pulmones⁽¹¹⁾, sangre⁽¹²⁾, heces⁽¹³⁾ y placenta⁽¹⁴⁾ de individuos estudiados.

En cuanto a los riesgos que esto supone para la salud, ya existen estudios que demuestran la toxicidad de estos residuos, como uno llevado a cabo con ostras en Francia, donde se vio que pueden reducir su fertilidad. Resultó que las ostras expuestas a microplásticos produjeron 41% menos larvas que las ostras control⁽¹⁵⁾.

Estos serían posibles riesgos directos, pero las investigaciones más recientes están empezando a poner el foco en riesgos indirectos como serían su capacidad para unirse y hacer de vector para otros tóxicos o su capacidad de servir de hábitat para diferentes microorganismos entre los que pueden estar especies patógenas⁽¹⁶⁾. A este ecosistema, formado por microplásticos y los organismos que viven en ellos, se le conoce con el nombre de plastisfera⁽¹⁷⁾ y podría propiciar la adquisición de resistencias antibióticas⁽¹⁸⁾ entre otros peligros.

Este último punto de interés, es uno sobre el cual la comunidad científica ha puesto el foco más recientemente y por tanto un campo con pocos estudios al respecto y sobre el que existen pocos conocimientos contrastados. Es por todo ello interesante realizar investigaciones sobre un tema tan actual y que tiene tanto por descubrir.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es estudiar la presencia de microorganismos patógenos y multirresistentes en la deriva marina, la arena y las aguas de baño de Playa Grande (Porís de Abona, Tenerife).

Los objetivos específicos en los que este se divide son estudiar en las diferentes muestras elegidas lo siguiente:

- Estudiar la presencia de indicadores de contaminación fecal (*E. coli* y *E. faecalis*)
- Determinar la presencia de *Vibrio spp*
- Determinar la presencia de *Staphylococcus aureus*.
- Estudiar la presencia de bacterias emergentes y multirresistentes, concretamente las productoras de cabapenemasas.
- Estudiar si existe alguna relación entre el microorganismo encontrado y el tipo de muestra analizada.

3. Material y Métodos

- **Muestreo**

Se realizaron 5 muestreos desde finales de febrero hasta mayo de 2023 con una periodicidad aproximada de 15 días en Playa Grande (Arico, Tenerife), se eligió esta playa ya que, debido a sus características geográficas dentro de una bahía con orientación nordeste y contrapuesta a las corrientes dominantes, se trata de un importante punto de acumulación de residuos marinos⁽¹⁹⁾.

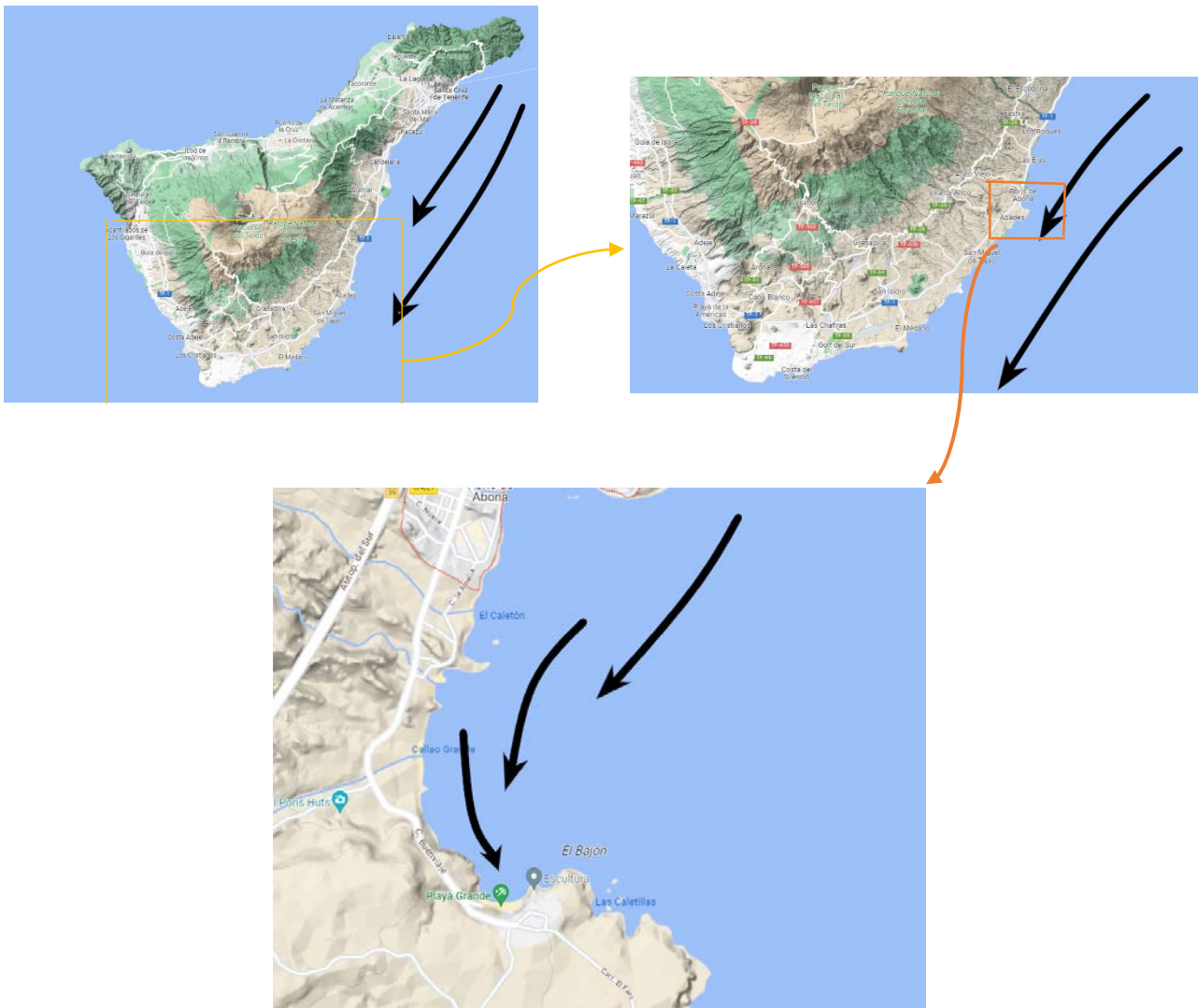


Figura 1. Mapa y corrientes de Playa Grande. Fuente: elaboración propia a partir de goglemaps

Los muestreos tuvieron lugar entre las 9:30 y las 10:30 am en la primera línea de marea disponible, la más cercana al mar. Se buscó evitar en la medida de lo posible la contaminación por parte de bañistas, mascotas u otros animales. Las muestras se recogieron directamente sobre la arena, con pinzas previamente

esterilizadas y se guardaron en papel de aluminio previamente incinerado a 550 °C.

Los elementos objeto de muestreo fueron: arena, microplásticos (pellets viejos, pellets nuevos, fragmentos nuevos y fragmentos viejos y foam), y deriva marina natural (piedra pómez, algas y restos de cangrejo). También se tomaron 3 muestras de agua, cumpliendo la legislación vigente⁽²⁰⁾, de 3 zonas distintas de la playa: izquierda, centro y derecha.



Figura 2. Zonas de recogida de muestras. Fuente: elaboración propia a partir de Gites.fr

En la anterior imagen se observa la playa con las zonas de recogida de muestras de la deriva marina marcada con una línea naranja y las zonas de recogida de agua (derecha, centro e izquierda) marcadas con círculos amarillos.

Así en cada muestreo se tomaron:

- 3 muestras de agua de mar en botellas de vidrio esterilizadas de 1500 ml.
- Muestras propias del entorno permanente, siendo estas el agua de mar y la arena.
- Muestras de microplásticos: pellets nuevos y viejos; fragmentos nuevos y viejos; y foam.

- Otros elementos transportados por la marea que forman parte de la deriva marina: algas, restos de cangrejo y piedra pómez.

Para distinguir entre pellet viejos y nuevos se siguió el criterio de Arbaroa-Pérez et al. que estudiaron como el desgaste de los pellets influye en su capacidad de adsorción y que en resumen aplica un índice de amarilleamiento, de tal forma que cuanto mayor es ese índice mayor sería el desgaste y por tanto el tiempo que lleva en el medio⁽²¹⁾.



Figure 5

Images of the analyzed pellets under a binocular magnifying glass: **(a)** virgin; **(b)** virgin with high relative surface/volume by artificial friction; **(c)** virgin with high relative surface/volume by sand; **(d)** virgin with sun degradation; **(e)** marine with low YI; **(f)** marine with medium YI; **(g)** marine with higher YI.

Figura 3. Pellets con diferentes grados de envejecimiento, de menor (a) a mayor amarilleamiento (g). Fuente: Yellowing, Weathering and Degradation of Marine Pellets and Their Influence on the Adsorption of Chemical Pollutants⁽²¹⁾.

En cuanto a la distinción entre fragmentos nuevos y viejos se fijaron los criterios de otro artículo, así un color mas apagado, blanqueado, o una superficie más áspera frente a una lisa indican un mayor desgaste del fragmento y por tanto un mayor tiempo en el medio⁽²²⁾.

Por último, mencionar que, al tratarse de un estudio de campo, no siempre se encontraron los elementos objeto de muestreo, como el foam que sólo se encontró en 2 de los muestreos.

- **Estudio microbiológico**

Para identificar los microorganismos presentes en las muestras, estas se lavaron previamente con agua destilada para eliminar impurezas como arena y se introdujeron a continuación en botes de muestras con agua de peptona (Oxoid®), donde se incubaron a 37 °C durante 20-24 horas en condiciones aeróbicas. Después de esto se sembró el agua de peptona en los distintos medios selectivos para buscar los diferentes microorganismos.



Figura 4. Botes con las muestras y el agua de peptona. Fuente: elaboración propia

Para estudiar los microorganismos presentes en el agua de mar, se utilizó el procedimiento de filtración por membrana para análisis microbiológico. Este consistió en filtrar 100 ml de agua a través de filtros de membrana con poros de 0,45 μm de diámetro de forma que los microorganismos queden retenidos en el filtro que es posteriormente sembrado en los diferentes medios.

Durante esta parte del estudio se procuró trabajar en condiciones de asepsia, cultivando cerca de un mechero Bunsen y utilizando diferente material esterilizado como asas de siembra para cada muestra.

Se estudió la presencia de *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* como marcadores estándar de contaminación fecal según la legislación relativa a aguas de mar⁽²⁰⁾. Con este propósito se usaron los medios TBX Agar (medio cromogénico de Triptona Bilis X-Glucurónido Biomerieux Marcy l'Etoile, France®) medio específico para *E. coli*, donde esta forma colonias redondas de color azul aguamarina, para muestras de deriva marina y arena, y para las muestras de agua el medio Tergitol® 7 Agar OXOID, donde forma colonias amarillo-naranjas con viraje del medio a amarillo. Mientras que para detectar *Enterococcus faecalis* se utilizó el medio Slanetz-Bartley Agar Base (Scharlau, Sentmenat, Spain) donde este crece formando colonias de color rojo teja.

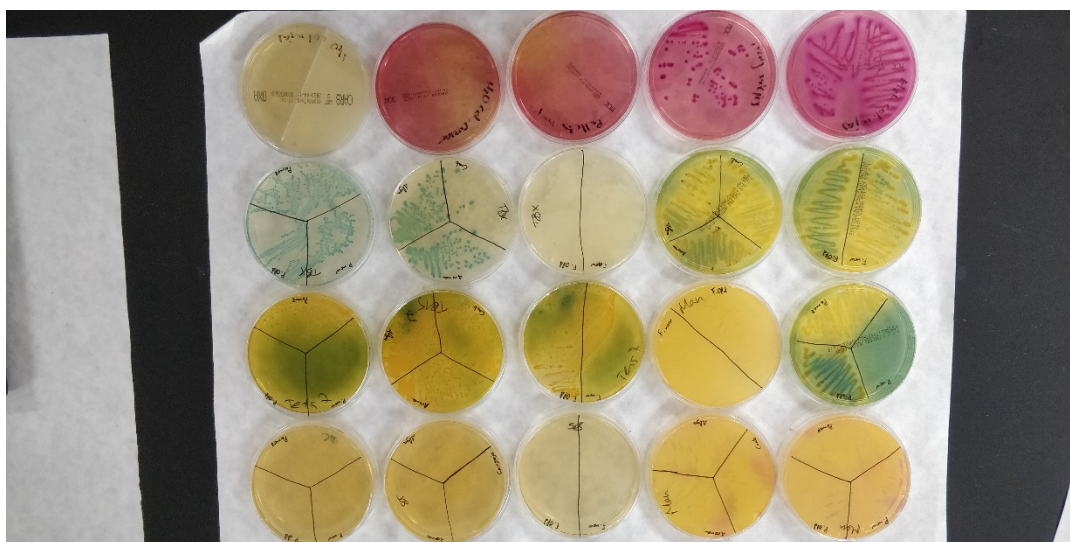


Figura 5. Medios de cultivo sembrados del tercer muestreo. Fuente: Elaboración propia

Para el estudio de *Vibrio spp* se usó el medio Thiosulfate Citrate Bile Salts Sucrose (TCBS) Agar (Merck, Darmstadt, Germany).

Para detectar *Staphylococcus aureus* se usó el medio Mannitol Salt Agar (Oxoid, Hampshire, England), además de las pruebas de la catalasa y la coagulasa.

Por último, se estudiaron también microorganismos multirresistentes, para lo cual se usó en primer lugar el medio Agar MacConkey (Biomerieux Marcy l'Etoile, France®), donde se sembraron las muestras para conseguir colonias aisladas y una vez conseguido esto se sembraron estas colonias en placas de Carba/oxa

Agar (Biomerieux Marcy l'Etoile, France®), que es un medio cromogénico y específico para enterobacterias productoras de carbapenemasas.

Todas las muestras se sembraron en los mismos medios, que se incubaron a 37°C durante 24 horas antes de su observación, a excepción del TBX y el Tergitol que se incubaron a 44°C.

Para la determinación a nivel de especie se usó el sistema MALDI-TOF (VITEK MS v3.0, BioMérieux, Marcy l'Etoile, France).

4. Resultados y discusión

Con los datos de los 5 muestreos, cuyas tablas se encuentran en los anexos, se ha elaborado 3 tablas que resumen los resultados obtenidos. En la Tabla 1 se pueden ver los resultados del agua y la arena.

% muestreos positivos	Muestras de agua y arena			
	Izquierda	Centro	Derecha	Arena
<i>E. coli</i>	20,0%	40,0%	60,0%	60,0%
<i>E. faecalis</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>S. aureus</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Vibrio alginolyticus</i>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Shewanella algae</i>	0,0%	0,0%	0,0%	80,0%

Tabla 1. % Total de positivos en arena y agua.

En ella se aprecia un mayor crecimiento de *E. coli* cuanto más a la derecha lo cual coincide con la zona más cercana a las edificaciones. Se da la situación de que en la zona hay varios puntos de vertido registrados que las corrientes dominantes y el viento dirigen hacia esta playa, como aparece reflejado en la



Figura 6. Zona del Porís con los puntos de vertidos (verde, amarillo y rojo) y las corrientes dominantes. Fuente: Elaboración propia a partir de Grafcan.

Imagen. Esto podría explicar la existencia de estos microorganismos indicadores de contaminación fecal que tenderían acumularse en las zonas de aguas más tranquilas y donde esta permanece más tiempo sin renovarse. En este sentido, un estudio anterior también apunta a la mayor facilidad de los microorganismos para proliferar y formar biofilm sobre los microplásticos en zonas de aguas más tranquilas como playas cerradas por rompeolas⁽²³⁾. Este podría ser el caso de la esquina derecha de la playa protegida por un pequeño saliente que actúa de protección y disminuye el oleaje.

Destaca también la total ausencia de 3 de los microorganismos estudiados en las muestras de agua: *S. aureus*, *E. faecalis* y *Shewanella algae*.

En la Tabla 2 se observan los resultados de la deriva natural. Llama la atención la mayor presencia de microorganismos frente al resto de muestras. Estas junto con las de arena son las muestras con mayor presencia de microorganismos.

% muestras positivas	Deriva natural		
	Cangrejo	Piedra pómez	Alga
<i>E. coli</i>	80,0%	50,0%	80,0%
<i>E. faecalis</i>	20,0%	25,0%	20,0%
<i>S. aureus</i>	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Vibrio alginolyticus</i>	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Shewanella algae</i>	40,0%	40,0%	40,0%

Tabla 2. % Total de positivos en muestras de agua

En la Tabla 3, que aparece a continuación, se presentan los resultados de la deriva de microplásticos. Se aisló también una variedad importante de microorganismos, ya que aparecieron las mismas especies que en las muestras de deriva natural, aunque su presencia fue menos intensa. También se aprecia como hay menor crecimiento microbiano en las muestras más nuevas respecto a las viejas.

% muestras positivas	Muestras de basura marina				
	Pellet nuevos	Pellet viejos	Fragmentos nuevos	Fragmentos viejos	Foam
<i>E.coli</i>	20,0%	20,0%	0,0%	20,0%	0,0%
<i>E. faecalis</i>	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	0,0%
<i>S. aureus</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Vibrio alginolyticus</i>	40,0%	80,0%	60,0%	80,0%	100,0%
<i>Shewanella algae</i>	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%

Tabla 3. % Total de positivos en microplásticos.

A pesar de encontrar indicadores de contaminación fecal (*E. coli*) en el agua, sólo en una del total de las 15 muestras analizadas (3 muestras por cada uno de los 5 muestreos), correspondiente al agua de la derecha del último muestreo, se superó el límite de las 250 UFC/100 ml establecido en el Real Decreto 1341/2007 lo cual impediría considerar la calidad del agua como excelente. Este dato parece apuntar también a alguna fuente de contaminación fecal cercana a la zona del muestreo como podrían ser los puntos de vertidos señalados.

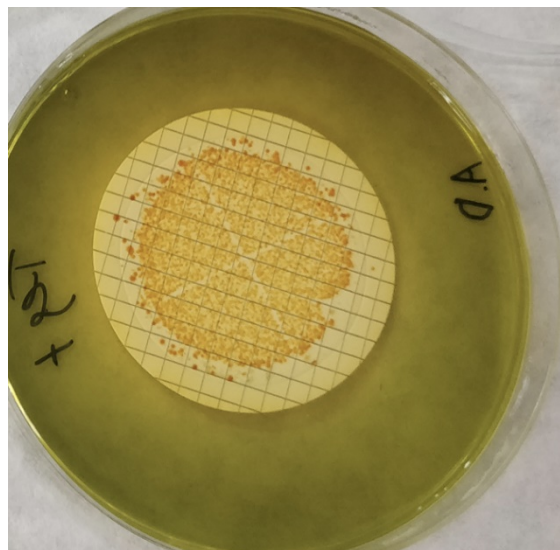


Figura 7. Cultivo de *E.coli* del último muestreo correspondiente al agua de la derecha

En general los microorganismos más predominantes fueron los del género *Vibrio* que se aislaron en casi todas las muestras analizadas. Posteriormente se determinó la especie como *Vibrio alginolyticus*. Esto coincide con estudios anteriores sobre microplásticos realizados en diversas zonas por otros

investigadores (Rodrigues et al., en 2019⁽²⁴⁾ y Lacerda et al., 2021⁽²⁵⁾) así como con otro estudio realizado en Tenerife en 2023⁽²³⁾.

Fue notable la presencia de *E.coli* que se aisló en el 37,5% del total de muestras y en el 40% de las muestras de agua, si bien las UFC fueron reducidas. En cuanto al otro indicador de contaminación fecal, *E.faecalis*, apenas se encontró en las muestras y no se aisló en ninguna muestra de agua. Puede decirse según estos criterios microbiológicos que la calidad del agua es excelente salvo alguna excepción puntual. Sería no obstante interesante aquí tener en cuenta otros criterios, por ejemplo la presencia de residuos como plásticos u otras basuras bastante abundantes en la zona y también incluidos en el Real Decreto 1341/2007, al menos en lo que se refiere a su confirmación por parte del inspector que realiza el muestreo, que debe determinar su presencia o ausencia en la zona de baño.

En el 20% de las muestras se asiló *Shewanella algae* aunque no apareció en ninguna de las muestras de agua y sólo en el 8% de las de microplásticos, mientras que si sólo se consideran las muestras de arena y deriva natural su presencia es del 50%. Su nula presencia en las muestras de agua podría deberse a que necesite de algún sustrato sólido, lo que parece claro es que la vida libre en el agua de mar no debe reunir las condiciones óptimas para su desarrollo. Esta bacteria tiene cierta relevancia sanitaria pues está considerada como patógeno emergente, ya que investigaciones recientes la relacionan con infecciones clínicamente significativas ^(26, 27).

No se encontró tampoco ninguna muestra colonizada por *Staphylococcus aureus* ni por microorganismos multirresistentes productores de carbapenemasas. No obstante, existen estudios que hablan de la contaminación plástica en el agua como una nueva amenaza para la salud por su posibilidad de transportar patógenos por largas distancias y por ser entornos en los que puede ocurrir intercambios de genes de resistencia ⁽²⁸⁾. Podría ser interesante en este sentido ampliar el rango de microorganismos a estudiar.

Por otro lado se da el caso de que *Vibrio alginolyticus* y sobre todo *Shewanella algae*, prefieren aguas cálidas entre 20 y 30°C. Las aguas de Tenerife son tradicionalmente más frías, no serían en principio un hábitat idóneo para ellos.

La alta presencia de estos microorganismos en estas aguas podría estar favorecida por factores como el calentamiento de las aguas o el transporte de estos por la deriva marina desde aguas más cálidas.

Limitaciones

Las dificultades del trabajo se centran principalmente en que fue un trabajo de campo y por lo tanto no todas las variables pudieron ser controladas. Se recogieron las muestras en 5 días diferentes, con condiciones del mar, meteorológicas, etc. distintas que influyeron a la hora de recoger muestras como el foam, fácilmente arrastrado por el viento.

Por otra parte, es importante señalar que la capacidad de un microorganismo para colonizar o no un material o su presencia en el medio no implica que este tenga capacidad de infectar al ser humano, por lo que sería necesario realizar otro tipo de estudios más amplios que permitan relacionar estos dos aspectos para evaluar el peligro real que suponen para la salud.

5. Conclusiones

1. Se encontraron los marcadores de contaminación fecal *E.coli* y *E. faecalis* que podrían deberse a los vertidos cercanos, pero sin superar el límite de excelencia en calidad del agua. No obstante, sería interesante valorar otros criterios de calidad. La mayor concentración de *E.coli* en la zona derecha de la playa, podría deberse a que se trata de una zona más protegida y con menos oleaje.
2. *Vibrio alginolyticus* se podría considerar ubicuo en las muestras elegidas, ya que se aisló en más del 88% del total de muestras. Esta bacteria considerada como emergente fue la más aislada en todas las muestras analizadas, lo cual es consistente con resultados de estudios anteriores.

3. Como patógenos emergentes se encontró *Vibrio alginolyticus* y *Shewanella algae*. Esta última, se aisló en el 20% del total de muestras con la particularidad de que no apareció en ninguna muestra de agua y tan sólo en el 8% de las muestras de basura marina, su presencia se centró en la deriva natural y la arena donde se aisló en el 50% de las muestras.
4. En ninguna de las muestras analizadas se aisló *S.aureus* ni microorganismos multirresistentes productores de carbapenemasas.
5. El tipo de muestras con mayor contaminación microbiana fueron las de arena y deriva marina natural. Dentro de los microplásticos hay mayor colonización en los fragmentos y pellets viejos respecto a los nuevos, lo cual podría deberse a una superficie más desgastada e irregular que puede favorecer la adhesión de bacterias y la formación de biofilm. Esta mayor rugosidad, podría explicar también el alto crecimiento microbiano en otras muestras como la piedra pómez, material irregular con gran cantidad de cavidades.
6. Es necesario seguir investigando para evaluar el riesgo real para la salud de la población que supone la presencia de microorganismos en la deriva marina que llegan a las playas, estudiando el movimiento, introducción, establecimiento y propagación de los microorganismos patógenos emergentes que adheridos a estos materiales llegan a nuevas áreas geográficas.

Bibliografía

- 1.** Yanes, J. La baquelita, el primer plástico sintético que transformó el mundo. BBVA OpenMind [Internet]. 2019 May 28; [cited 2023 May 20]. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/la-baquelita-el-primer-plastico-sintetico-que-transformo-el-mundo/>
- 2.** Luis J, Miller B, Martínez Martínez F, Pérez A, Sagrario P, Algarra A, et al. ESTRATEGIAS MARINAS: EVALUACIÓN INICIAL, BUEN ESTADO AMBIENTAL Y OBJETIVOS AMBIENTALES COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (DIVISIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR) [Internet]. Gob.es. [citado el 3 de junio de 2023]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/0_Documento%20marco%20estrategias%20marinas_tcm30-130950.pdf
- 3.** Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Miklas, H.P., Peck, B.B., Harvey, G.R., (1972). Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*; 178:749–750. doi: 10.1126/science.178.4062.749.
- 4.** Derraik, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 842–852 (2002).
- 5.** Crawford, C. B., & Quinn, B. 5-Microplastics, standardisation and spatial distribution. *Microplast*, 101–130 (2017).
- 6.** Fazel Abdolahpur Monikh, Latifeh Chupani, Martina G. Vijver, Willie J.G.M. Peijnenburg. Parental and trophic transfer of nanoscale plastic debris in an assembled aquatic food chain as a function of particle size, *Environmental Pollution*. Volume 269, 2021, 116066, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116066>.
- 7.** Isabel Goßmann, Rebecca Süßmuth, Barbara M. Scholz-Böttcher. Plastic in the air?! - Spider webs as spatial and temporal mirror for microplastics including tire wear particles in urban air. *Science of The Total Environment*. Volume 832, 2022, 155008, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155008>.

- 8.** Sevillano-González M, González-Sálamo J, Díaz-Peña FJ, Hernández-Sánchez C, Catalán Torralbo S, Ródenas Seguí A, et al. Assessment of microplastic content in *Diadema africanum* sea urchin from Tenerife (Canary Islands, Spain). *Mar Pollut Bull* [Internet]. 2022;175(113174):113174. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X2101208X>
- 9.** Sánchez Almeida R. Presencia de microplásticos en el tracto digestivo de lubinas (*Dicentrarchus labrax*) cultivadas en Canarias. Universidad de La Laguna; 2021. [citado el 24 de junio de 2023]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/22891/Presencia%20de%20microplasticos%20en%20el%20tracto%20digestivo%20de%20lubinas%20%28Dicentrarchus%20labrax%29%20cultivadas%20en%20Canarias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 10.** Cristina Villanova-Solano, Cintia Hernández-Sánchez, Francisco Javier Díaz-Peña, Javier González-Sálamo, Miguel González-Pleiter, Javier Hernández-Borges, Microplastics in snow of a high mountain national park: El Teide, Tenerife (Canary Islands, Spain), *Science of The Total Environment*, Volume 873, 2023, 162276, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162276>.
- 11.** Jenner LC, Rotchell JM, Bennett RT, Cowen M, Tentzeris V, Sadofsky LR. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Science of the Total Environment* [Internet]. Julio de 2022 ;831:154907. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154907>
- 12.** Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ Int* [Internet]. 2022;163(107199):107199. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- 13.** Ho, Y.-W.; Lim, J.Y.; Yeoh, Y.K.; Chiou, J.-C.; Zhu, Y.; Lai, K.P.; Li, L.; Chan, P.K.S.; Fang, J.K.-H. Preliminary Findings of the High Quantity of Microplastics in Faeces of Hong Kong Residents. *Toxics* 2022, 10, 414. <https://doi.org/10.3390/toxics10080414>

- 14.** Antonio Ragusa, Alessandro Svelato, Criselda Santacroce, Piera Catalano, Valentina Notarstefano, Oliana Carnevali, Fabrizio Papa, Mauro Ciro Antonio Rongioletti, Federico Baiocco, Simonetta Draghi, Elisabetta D'Amore, Denise Rinaldo, Maria Matta, Elisabetta Giorgini. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, Volume 146, 2021, 106274, ISSN 0160-4120. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>.
- 15.** Sussarellu R, Suquet M, Thomas Y, Lambert C, Fabioux C, Pernet ME, Le Goïc N, Quillien V, Mingant C, Epelboin Y, Corporeau C, Guyomarch J, Robbens J, Paul-Pont I, Soudant P, Huvet A. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 Mar 1;113(9):2430-
- 16.** Camacho M, Herrera A, Gómez M, Acosta-Dacal A, Martínez I, Henríquez-Hernández LA, Luzardo OP. 2019. Organic pollutants in marine plastic debris from Canary Islands beaches. *Science of The Total Environment*. 662:22–31. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.422
- 17.** Amaral-Zettler LA, Zettler ER, Mincer TJ. Ecology of the plastisphere. *Nat Rev Microbiol*. 2020 Mar;18(3):139-151. doi: 10.1038/s41579-019-0308-0. Epub 2020 Jan 14. PMID: 31937947.
- 18.** Marathe, Nachiket Prakash, and Michael Bank. The Microplastic-Antibiotic Resistance Connection. 2021. [Internet]. Disponible en: <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/handle/11250/2825038>
- 19.** Baztan, J., Carrasco, A., Chouinard, O., Cleaud, M., Gabaldon, J.E., Huck, T., Jaffrès, L., Jorgensen, B., Miguelez, A., Paillard, C., Vanderlinden, J.P. (2014) Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the canary current. *Marine Pollution Bulletin*. 80 (1–2), pp. 302-311. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.12.052
- 20.** Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño, Real Decreto nº 1341/2007, 11 de octubre de 2007, Boletín Oficial del Estado [Internet], 26 de octubre de 2007;(257) (España).
- 21.** Abaroa-Pérez B, Ortiz-Montosa S, Hernández-Brito JJ, Vega-Moreno D. Yellowing, Weathering and Degradation of Marine Pellets and Their Influence on the Adsorption of Chemical Pollutants. *Polymers (Basel)*. 2022 Mar

24;14(7):1305. doi: 10.3390/polym14071305. PMID: 35406179; PMCID: PMC9003515.

22. Duan J, Bolan N, Li Y, Ding S, Atugoda T, Vithanage M, et al. Weathering of microplastics and interaction with other coexisting constituents in terrestrial and aquatic environments. *Water Res* [Internet]. 2021;196(117011):117011.

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135421002098>

23. Hernández-Sánchez C, Pestana-Ríos ÁA, Villanova-Solano C, Domínguez-Hernández C, Díaz-Peña FJ, Rodríguez-Álvarez C, et al. Bacterial colonization of microplastics at the Beaches of an oceanic island, Tenerife, Canary Islands. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2023 [citado el 24 de junio de 2023];20(5):3951. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/5/3951>

24. Rodrigues A, Oliver DM, McCarron A, Quilliam RS. Colonisation of plastic pellets (nurdles) by *E. coli* at public bathing beaches. *Mar Pollut Bull*. 2019 Feb;139:376-380. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.01.011. Epub 2019 Jan 11. PMID: 30686440.

25. Lacerda ALDF, Taylor JD, Rodrigues LDS, Kessler F, Secchi E, Proietti MC. Floating plastics and their associated biota in the Western South Atlantic. *Sci Total Environ*. 2022 Jan 20;805:150186. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150186. Epub 2021 Sep 9. PMID: 34818771.

26. Bernshteyn M, Ashok Kumar P, Joshi S. *Shewanella* algae - A Novel Organism Causing Bacteremia: A Rare Case and Literature Review. *Cureus*. 2020 Sep 27;12(9):e10676. doi: 10.7759/cureus.10676. PMID: 33133842; PMCID: PMC7592632.

27. Yan Y, Chai X, Chen Y, Zhang X. The Fulminating Course of Infection Caused by *Shewanella algae*: A Case Report. *Infect Drug Resist*. 2022 Apr 8;15:1645-1650. doi: 10.2147/IDR.S357181. PMID: 35422640; PMCID: PMC9005229.

28. Zhu D, Ma J, Li G, Rillig MC, Zhu YG. Soil plastispheres as hotpots of antibiotic resistance genes and potential pathogens. *ISME J*. 2022

Anexos

27/02/2023	Muestras de deriva marina								
Microorganismo	Arena	Cangrejo	Pomez	Alga	P. N	P. V	F. N	F.V	Foam
<i>E.coli</i>	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>E. faecalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. aureus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vibrio spp.</i>	+	+	+	+	-	-	-	+	+

Tabla A. Resultados del primer muestreo.

15/03/2023	Muestras de deriva marina								
Microorganismo	Arena	Cangrejo	Pomez	Alga	P. N	P. V	F. N	F.V	Foam
<i>E.coli</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>E. faecalis</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>S. aureus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vibrio spp.</i>	+	+	-	+	+	+	-	+	-

Tabla B. Resultados del segundo muestreo.

30/03/2023	Muestras de deriva marina								
Microorganismo	Arena	Cangrejo	Pomez	Alga	P. N	P. V	F. N	F.V	Foam
<i>E.coli</i>	+	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>E. faecalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. aureus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vibrio spp.</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	-

Tabla C. Resultados del tercer muestreo.

17/04/2023	Muestras de deriva marina								
Microorganismo	Arena	Cangrejo	Pomez	Alga	P. N	P. V	F. N	F.V	Foam
<i>E.coli</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>E. faecalis</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>S. aureus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vibrio spp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla D. Resultados del cuarto muestreo.

22/05/2023	Muestras de deriva marina								
Microorganismo	Arena	Cangrejo	Pomez	Alga	P. N	P. V	F. N	F.V	Foam
<i>E.coli</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>E. faecalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. aureus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vibrio spp.</i>	+	+	+	+	-	+	+	-	-

Tabla E. Resultados del quinto muestreo.