

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Farmacia

Curso 2023/24

DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO VIBRIO Y OTRAS BACTERIAS EMERGENTES EN AGUAS DE BAÑO



Alumna: Liz Daihana Galeano Viveros

(alu0101328645@ull.edu.es)

Tutora: Cintia Hernández Sánchez

Co-tutora: María de los Ángeles Arias Rodríguez

Área de Medicina Preventiva y Salud Pública

Índice



Facultad de Farmacia

Universidad de La Laguna

Datos referidos a la memoria:	3
Resumen	4
Abstract	5
1. Introducción.....	6
2. Objetivos	8
3. Material y métodos	9
3.1. Muestreo.....	9
3.2. Análisis microbiológico	12
4. Resultados y Discusión	14
5. Conclusiones	25
6. Referencias bibliográficas	26

Datos referidos a la memoria:

Número de páginas de la memoria	30
Número de palabras totales de la memoria sin contar resumen, abstract, pie de tablas o figuras y referencias.	3416
Número de palabras del resumen	185
Número de palabras del abstract	162

Resumen

La calidad del agua en las zonas de baño es un indicador clave de la salud ambiental, es por ello por lo que la normativa obliga su vigilancia y control. En este trabajo, se analizaron aguas de baño de 9 playas de la isla de Tenerife, con la finalidad de determinar bacterias del género *Vibrio* y otras emergentes. En cada una de ellas se realizaron 2 muestreos en distintos días. Se determinó la presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal integradas en la normativa actual y también se analizaron bacterias del género *Vibrio* y otras emergentes como *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium difficile* y *Escherichia coli* resistente a los antibióticos carbapenémicos.

Los resultados señalan la presencia de *Vibrio spp.* en todas las playas examinadas, así como la identificación de otras bacterias emergentes como *Photobacterium damsela* y *Shewanella algae*, que pueden afectar al medio marino y a la salud de los bañistas.

Considerando el posible impacto de estas bacterias en los organismos marinos y en la salud humana, es esencial seguir investigando su presencia y comportamiento en el medio ambiente marino para garantizar la seguridad de los bañistas.

Abstract

The quality of the water in bathing areas serves as a critical indicator of environmental health, prompting regulations mandating its monitoring and control. This study investigated the presence of *Vibrios pp.* and other emerging bacteria in waters from 9 beaches across the island of Tenerife. Two samples were taken at each beach on different days. The analysis encompassed both fecal indicator bacteria, as mandated by current regulations, and bacteria of the *Vibrio* genus alongside other emerging pathogens including *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium difficile*, and carbapenem-resistant *Escherichia coli*.

Results revealed the presence of *Vibrio spp.* at all examined beaches, along with the identification of additional emerging bacteria such as *Photobacterium damsela* and *Shewanella algae*. These bacteria have the potential to adversely impact both the marine environment and the health of bathers.

Given the potential consequences of these bacteria on marine organisms and human health, continued researching into their presence and behavior within the marine environment is essential to guarantee the safe of bathers.

1. Introducción

La calidad de las aguas de baño es un indicador de la salud ambiental de las aguas recreativas en España. El Real decreto 1341/2007 sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño, define aguas de baño “como cualquier elemento de aguas superficiales donde se prevea que puedan bañarse un número importante de personas o exista una actividad cercana relacionada directamente con el baño y en el que no exista una prohibición permanente de baño ni se haya formulado una recomendación permanente de abstenerse del mismo y donde no exista peligro objetivo para el público” **(1)**.

Anualmente, la dirección general de Salud Pública lleva a cabo la vigilancia sanitaria de las áreas de baño de Canarias, conforme a lo establecido en el Real Decreto 1341/2007, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. Esta vigilancia consiste en la realización de visitas periódicas de inspección sanitaria por parte de los inspectores de salud pública para comprobar el estado de la arena y agua. La legislación establece los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de baño, para garantizar su calidad con el fin de proteger la salud humana de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación. Además de conservar y mejorar la calidad del medio ambiente, así como suministrar la información al público, en la página web de NAYADE (Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño) **(1,2)**.

Uno de los principales problemas de la calidad de las aguas de baño son los vertidos de descargas de aguas residuales depuradas, que en ocasiones presentan un tratamiento deficiente. En Canarias, son conocidos estos episodios de contaminación periódica en las aguas de baño, debido principalmente a vertidos incontrolados de aguas residuales urbanas, representado el 62%, seguido de los vertidos de agua salada (20%) contaminadas de material fecal. Por ello, es importante destacar que, en la isla de Tenerife del total de los puntos censados, el 34% está autorizado, el 20% en trámite de autorización y el 37% de los vertidos carece de autorización. (GRAFCAN) **(3)**. Según datos del censo nacional de vertidos en su resumen ejecutivo del 2022, en las aguas de las Islas Canarias se vierte un total de 148.150.639 m³/año de aguas residuales urbanas **(4)**, a esto habría que sumarle el resto de los vertidos industriales junto a los vertidos que carecen de autorización y los que están en trámite o con la autorización vencida **(3)**.

Por otra parte, el cambio climático y la globalización están afectando a la contaminación microbiana de las playas, a través de las variaciones de la temperatura del agua, el nivel del mar y la salinidad. Este problema se está viendo agravado cada vez más, debido a la presencia de bacterias procedentes de otras zonas costeras con aguas más cálidas. Por tanto, es probable que en un futuro más cálido sea necesario ampliar el enfoque más allá del uso de indicadores tradicionales de calidad del agua para proteger la salud humana, a fin de garantizar que las aguas sean seguras para el baño y la recreación (5-7).

Dentro de las bacterias emergentes que pueden afectar a la salud humana se encuentra, entre otros, el género *Vibrio*, perteneciente a la familia *Vibrionaceae*, que se halla comúnmente en ambientes marinos. Estas bacterias son gram negativas, con forma de bacilo y móviles gracias a la presencia de flagelos. Se han identificado más de 150 especies de *Vibrio*, abarcando tanto cepas patógenas como no patógenas. Entre las más conocidas dentro del género se incluyen: *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*. Sin embargo, esta familia de bacterias es muy diversa y ubicua representando así un riesgo para la salud humana (5,6).

Otros patógenos como *Clostridium difficile*, *Pseudomonas aeruginosa* y enterobacterias multirresistentes se consideran posibles patógenos emergentes en aguas de playa que pueden estar contaminadas a partir de efluentes de vertidos de aguas residuales.

Por lo general, estas bacterias son conocidas por causar infecciones en entornos nosocomiales, lo que ha llevado a que pocos informes se centren en su presencia en el ambiente marino. Sin embargo, en los últimos años, grandes cantidades de aguas residuales sin tratar o con un tratamiento deficiente terminan en el mar, ocasionando una masiva contaminación antropogénica de las aguas costeras, resultando en un aumento de la proliferación bacteriana, por lo que es de interés en salud pública conocer la presencia de las mismas en aguas recreativas (7-12).

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo ha sido estudiar la presencia de microorganismos emergentes en aguas de playas de la Isla de Tenerife.

Para alcanzar dicho objetivo, se ha establecido los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Conocer las características de las playas estudiadas, así como los posibles vertidos de la zona.
- ✓ Estudiar la presencia de indicadores de contaminación fecal incluidos en la legislación vigente (*Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis*).
- ✓ Determinar la presencia e identificar la especie de *Vibrio spp.*
- ✓ Determinar la presencia de otras bacterias emergentes.
- ✓ Estudiar si existe diferencia en la presencia de bacterias según las características de las diferentes playas muestreadas.

3. Material y métodos

3.1. Muestreo

Se llevaron a cabo dos muestreos en nueve playas de Tenerife. El primer muestreo se realizó en el mes de febrero y el segundo en marzo. Las playas estudiadas fueron playa de Las Teresitas, Valleseco, Radazul, Mesa del Mar, Caletillas, Fasnia, Puertito de Güímar, Buenavista y los Silos. La distribución de las playas en la isla de Tenerife se observa en la **Figura 1**.

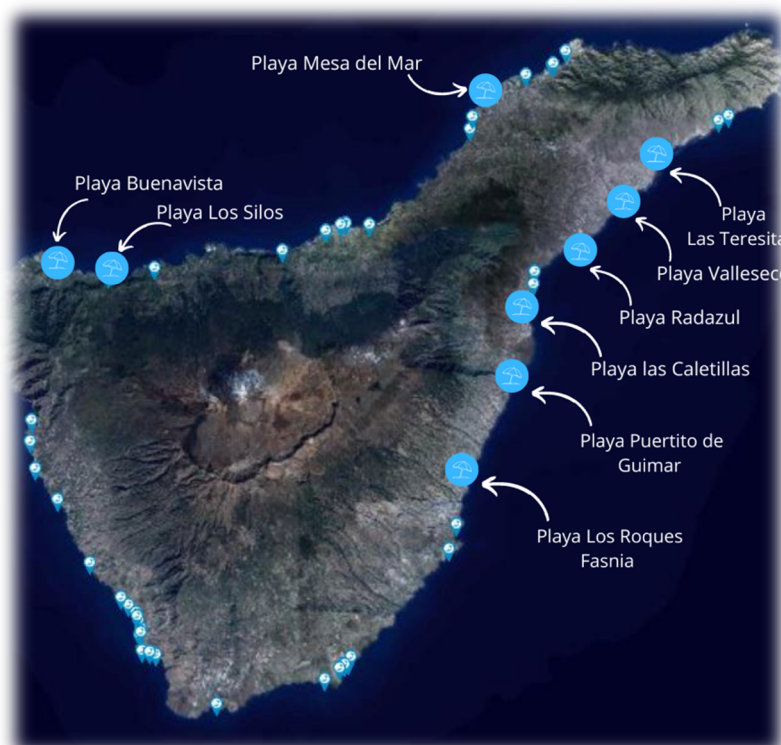


Figura 1. Distribución de playas muestreadas en la isla de Tenerife.

Nota. Adaptado del Perfil Sanitario de zonas de aguas de Baño de Canarias. Servicio Canario de Salud. Dirección General de Salud Pública.

(<https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/mapa.jsp?idDocument=e200513a-a2fa-11e0-9610-f1717f4d08a3&idCarpeta=c60bd3e4-a9a3-11dd-b574-dd4e320f085c>)

Las características de cada playa fueron extraídas de la plataforma NAYADE (3,13) y para comprobar el estado sanitario de las playas y los posibles focos de contaminación, se consultó el Mapa Sanitario del Gobierno de Canarias y la página web GRAFCAN donde se muestra el censo de vertidos desde tierra al mar (3).

Las muestras de agua se recogieron en botellas de vidrio de 1L, esterilizadas en autoclave (121°C, 15 minutos) **(2)**.

De acuerdo con la legislación vigente se llevó a cabo la siguiente metodología de muestreo:

1. La recolección de muestras se realizó a una profundidad de 30 centímetros por debajo de la superficie del agua.
2. Durante el transporte, se garantizó que las muestras estuvieran protegidas contra la exposición directa al sol y se conservaron a una temperatura de 4 grados.
3. Además, las muestras se analizaron el mismo día de la obtención o, como máximo, dentro de las 24 horas siguientes.

La toma de muestras se realizó en su mayoría en playas definidas como aguas de baño por la autoridad competente, como Las Teresitas, Valleseco, Caletillas, Puertito de Güimar y Mesa del Mar. Es decir, se trata de playas donde existe un control sanitario porque existe gran afluencia de bañistas y podría existir un riesgo de contaminación. Estas playas son controladas periódicamente y denominan según el perfil de las aguas de baño, **punto de muestreo (PM) (1)**. Además, también se tomaron muestras en playas donde hay comúnmente bañistas, pero no están definida como aguas de baño por la autoridad competente, como es el caso de las playas de Radazul, Fasnía, Buenavista y Los Silos.

Se puede observar ejemplos de puntos de muestreo en las **figuras 2,3 4 y 5** de las playas que existían datos. En caso de la playa de las Teresitas, con más de un punto de muestreo, se recogió del punto más cercano a la zona urbanizada de la playa, que como se observa en la **Figura 2** es el PM1.



Figura 2. Puntos de muestreo playa Las Teresitas.

Nota. Adaptado del SCS Mapa Sanitario, Gobierno de Canarias y del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño.
<https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/mapa.jsp?idDocument=e200513a-a2fa-11e0-9610-f1717f4d08a3&idCarpeta=c60bd3e4-a9a3-11dd-b574-dd4e320f085c>



Figura 3. Punto de muestreo playa Valleseco.

Nota. Adaptado del SCS Mapa Sanitario, Gobierno de Canarias y del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño.
<https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/mapa.jsp?idDocument=e200513a-a2fa-11e0-9610-f1717f4d08a3&idCarpeta=c60bd3e4-a9a3-11dd-b574-dd4e320f085c>



Figura 4. Punto de muestreo playa Las Caletillas.

Nota. Adaptado del SCS Mapa Sanitario, Gobierno de Canarias y del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño.
<https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/mapa.jsp?idDocument=e200513a-a2fa-11e0-9610-f1717f4d08a3&idCarpeta=c60bd3e4-a9a3-11dd-b574-dd4e320f085c>

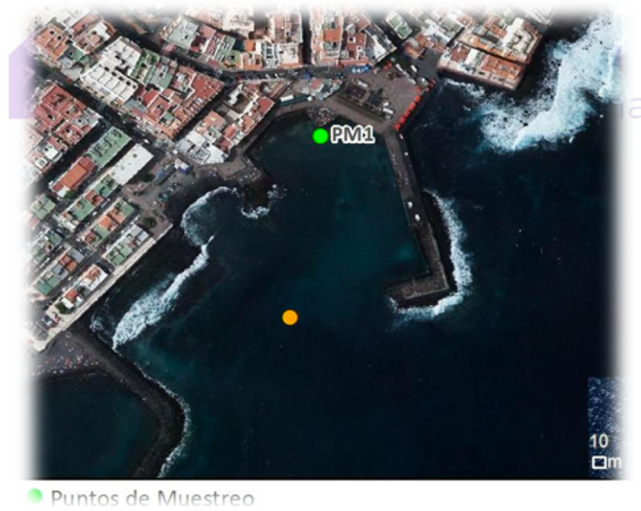


Figura 5. Punto de muestreo Puertito de Guimar.

Nota. Adaptado del SCS Mapa Sanitario, Gobierno de Canarias y del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño. (<https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/mapa.jsp?idDocument=e200513a-a2fa-11e0-9610-f1717f4d08a3&idCarpeta=c60bd3e4-a9a3-11dd-b574-dd4e320f085c>)

3.2. Análisis microbiológico

El método utilizado para el análisis microbiológico fue el de filtración por membrana seguido de incubación en diferentes medios de cultivo.

Este método implica pasar un volumen de agua, en este caso 100ml, a través de un filtro de membrana de 47 mm de diámetro con un tamaño de poro de $0,45\mu$, con el objetivo de retener en la superficie del filtro todos los microorganismos presentes en la muestra filtrada. Posteriormente, el filtro se colocaba sobre diferentes medios de cultivo apropiados y se incubaba en condiciones de temperatura y tiempo específicos, para finalmente realizar la lectura de los resultados.

En cuanto a la determinación de los indicadores de contaminación fecal se utilizaron los criterios y métodos establecidos en la legislación de aguas de mar, es decir, la determinación de *Escherichia coli* (*E. coli*), UNE EN ISO 9308-1 y de *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*), UNE EN ISO 9308-1.

Para la identificación de *E. coli* se utilizó el medio Tergitol® 7 Agar OXOID, y se consideró positivo cuando se formaban colonias redondeadas de color amarillo-naranja. Se incubó a 44°C durante 24 horas. Posteriormente se confirmaban mediante las pruebas

de oxidasa. Para el aislamiento de *E. faecalis* se utilizó el medio Slanetz-Bartley Agar Base (Scharlau, Sentmenat, Spain) que se consideraba positivo cuando aparecían colonias de color rojo oscuro después de una incubación de 24 h a 37°C.

Por otro lado, el aislamiento de *Vibrio spp.* se realizó mediante un medio de cultivo altamente selectivo y diferencial para estas bacterias, el Agar tiosulfato-citrato-bilisacarosa (TCBS) OXOID® y la identificación de las especies se llevó a cabo mediante el sistema automatizado MALDI-TOF (VITEK MS v3.0, BioMérieux®, Marcy l'Etoile, France®).

Para el aislamiento e identificación de *Pseudomonas aeruginosa* se utilizó el medio Ceftrimide Agar® (Sigma, Aldrich S. Louis, USA) que se incubaba a 37°C durante 24 horas y para *Clostridium difficile* se empleó el medio de cultivo CLO, (CLO plates Agar (BioMérieux, Marcy l'Etoile, France®) con cefoxitina y cicloserina incubado a 37°C durante 48 en condiciones anaerobias, siendo este un medio selectivo para esta bacteria.

Por último, se estudiaron la presencia de *Escherichia coli* resistente a los antibióticos carbapenémicos, para lo cual se utilizó en primer lugar el medio Agar MacConkey (BioMérieux Marcy l'Etoile, France®), donde se sembraron las placas positivas para *E. coli* para conseguir colonias aisladas y después resembrar las colonias en placas de (CARB/OXA) Agar, BioMérieux Marcy l'Etoile, France®, que es un medio cromogénico y selectivo para el cribado de las Enterobacterias productoras de carbapenemas (EPC). En ambos casos se incubaron a 37°C durante 24 horas.

4. Resultados y Discusión

En la **Tabla 1** se reflejan las características de las distintas playas muestreadas, así como los vertidos próximos a las distintas zonas de muestreo (**Figuras 6**). Como podemos observar, todas las playas tienen punto de vertido cercanos y en su mayoría el vertido es de aguas residuales urbanas.

PLAYAS	COORDENADAS UTM (CUTM)	PUNTO DE MUESTREO	LONGITUD	TIPO DE PLAYA	PROCEDENCIA, LOCALIZACIÓN Y TIPO DE VERTIDO
Las Teresitas	X: 383770.84 Y: 3153936.81	4	1260m	Arena y barra de protección	Aliviadero EBAR San Andrés Vertido no autorizado de aguas residuales urbanas.
Valleseco	X:379271.03 Y:3151695.14	1	100m	Muelle	Capitanía Marítima Vertido no autorizado-Vencida de aguas residuales industriales.
Radazul	X: 370888.8 Y:3142672.9	No se integra en el programa de vigilancia Sanitaria de zonas de aguas de baño de Canarias.	275m	Arena	Aliviadero EBAR Puertito de Radazul Vertido no autorizado de agua residual urbana.
Caletillas	X:366715.4 Y:3140001.04	1	60m	Arena	Aliviadero EBAR Las Caletillas Vertido no autorizado-En trámite de agua residual urbana.
Puertito de Güimar	X:365317.74 Y:3130696.69	1	100m	Muelle	EBAR Puertito de Güimar Vertido de agua residual urbana no autorizado.
Mesa del Mar	X:360606.63 Y:3153484.8	1	250m	Arena y callados	Edificios Mar y Sol y el Roque Vertido de agua residual urbana no autorizado.
Fasnía	X: 28.219795 Y:16.414193	No se integra en el programa de Vigilancia Sanitaria de zonas de aguas de baño de Canarias.	70m	Arena y callados	Los Roques de Fasnía Vertido de agua residual urbana no autorizado.
Buenavista	X: 28.370997 Y: 16.871176	No se integra en el programa de Vigilancia Sanitaria de zonas de aguas de baño de Canarias.	330m	Arena y callados	EDAR-Buenavista Vertido de agua residual urbana no autorizado.
Los Silos	X:28.219795 Y:16.414193	No se integra en el programa de Vigilancia Sanitaria de zonas de aguas de baño de Canarias.	200m	Arena	Piscinas Municipales Vertido de agua salada no autorizado.

Tabla 1. Características de playas muestreadas y puntos de vertido cercanos a la zona de muestreo.

Nota. Adaptado del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño y Censo de Vertidos desde Tierra al Mar.

(https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/S_Info_nayade.htm)

(<https://visor.grafcan.es/?svc=svcVertidos&srId=EPSG:4326&lat=28.29330833755244&lng=-16.428388726433052&zoom=10#>)

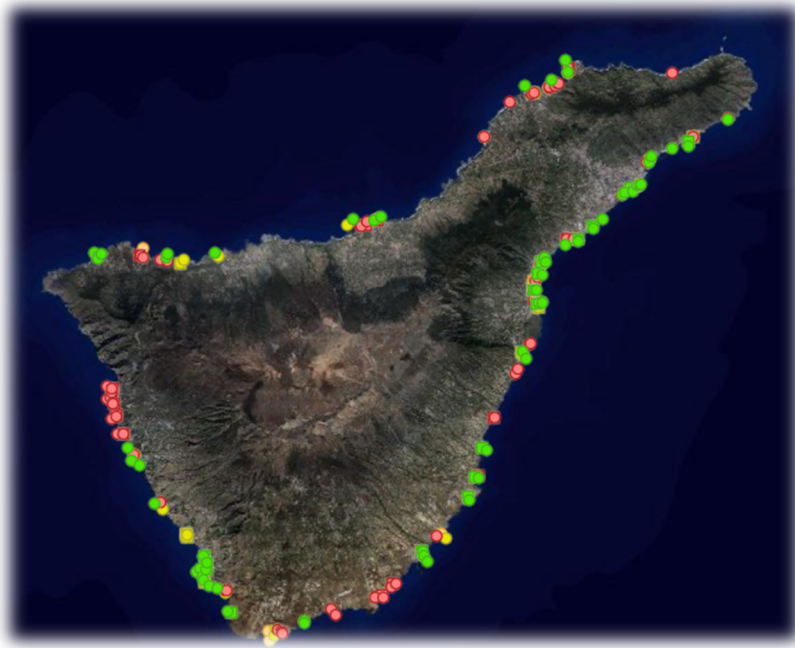


Figura 6. Censo de vertidos desde Tierra al Mar en Tenerife.

GRAFCAN-Visor IDECanarias

(<https://visor.grafcan.es/?svc=svcVertidos&srId=EPSG:4326&lat=28.29330833755244&lng=-16.428388726433052&zoom=10#>)



Figura 7. Censo de vertidos Autorizados.

(<https://visor.grafcan.es/?svc=svcVertidos&srId=EPSG:4326&lat=28.29330833755244&lng=-16.428388726433052&zoom=10#>)



Figura 8. Censo de vertidos No Autorizados.

(<https://visor.grafcan.es/?svc=svcVertidos&srid=EPSG:4326&lat=28.29330833755244&lng=-16.428388726433052&zoom=10#>)



Figura 9. Censo de vertidos No Autorizados- En Trámite.

(<https://visor.grafcan.es/?svc=svcVertidos&srid=EPSG:4326&lat=28.29330833755244&lng=-16.428388726433052&zoom=10#>)



Figura 10. Censo de vertidos No Autorizados-Venceda.
(<https://visor.grafcan.es/?svc=svcVertidos&srid=EPSG:4326&lat=28.29330833755244&lng=-16.428388726433052&zoom=10#>)

El análisis microbiológico en aguas de baño es de suma importancia ya que aportan información crucial para evaluar la calidad de las aguas de baño y garantizar la seguridad de los usuarios y preservar la salud pública. Este proceso implica la obtención de muestras de agua en diferentes puntos, seguida de su análisis en laboratorio con el fin de detectar la presencia de microorganismos indicadores y patógenos. Con respecto al análisis microbiológico de los parámetros incluidos, en la **Figura 11** se pueden observar los distintos medios de cultivo con sus correspondientes crecimientos realizados en uno de los muestreos.

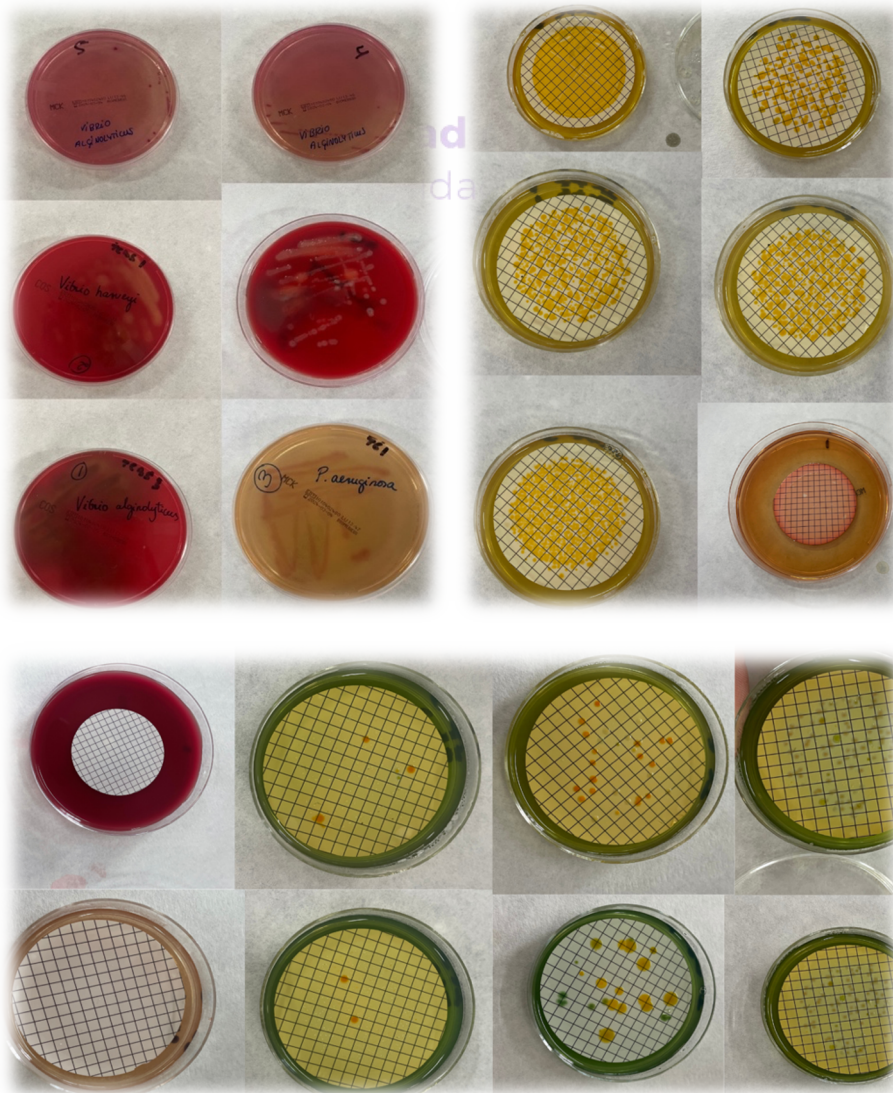


Figura 11. Crecimientos bacterianos en los diferentes medios de cultivo.

En la **Tabla 2** se observan los resultados del análisis microbiológico de las aguas del primer muestreo en las playas estudiadas.

PLAYAS	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Vibrio spp.</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Clostridium difficile</i>
Las Teresitas	+	-	+	-	-
Valleseco	+	-	+	+	-
Radazul	-	-	+	+	-
Mesa del Mar	-	-	+	+	-
Buenavista	-	-	+	+	-
Los Silos	+	-	+	+	-
Fasnia	+	-	+	-	-
Caletillas	-	-	+	+	-
Puertito de Guimar	+	-	+	-	-
% de positividad del total de playas	55,56	0	100	66,7	0

Tabla 2. Resultados del análisis microbiológico del primer muestreo

En el primer muestreo se puede observar la presencia de *Vibrio spp.* en todas las playas, independientemente de zona geográfica del muestreo o características de la misma. Esto se debe a su naturaleza autóctona en el medio acuático, así como a su condición de especie halófila y su alta tolerancia a temperaturas elevadas (14).

Escherichia coli, es el principal indicador de contaminación fecal reciente y fue identificado en cinco playas: Las Teresitas, Valleseco, Los Silos, Fasnia y Puertito de Güimar. Pero no se puede afirmar que supere los límites descritos en la legislación, ya que no se realizó la cuantificación del número de UFC/100 ml. El posterior análisis para detectar la presencia de *E. coli* productor de carbapenemasas dio un resultado negativo.

Con respecto a *Pseudomonas aeruginosa*, se aisló e identificó en el 66,7% de las playas muestreadas, es decir, en seis playas. Esta bacteria puede producir en los bañistas, enfermedades en la piel, oído y enfermedad respiratoria aguda, entre otras afecciones (15). Se ha demostrado que *Pseudomonas aeruginosa*, un patógeno oportunista, después de la evaporación natural del agua de mar, queda atrapada en cristales de sal marina y

permanece viable durante años. Recientemente, se ha evidenciado la aparición de nuevos fenotipos de esta bacteria, con mayor resistencia a las altas concentraciones de sal en comparación con la cepa original (16).

Cabe resaltar, que en ninguno de los análisis realizados en las nueve playas se detectó la presencia de *E. faecalis*, bacteria de origen fecal que indica contaminación menos reciente. Tampoco se encontró el anaerobio *Clostridium difficile*. Esta última, denominada recientemente como *Clostridioides difficile*, es ubicuo y se encuentra en humanos, animales y en una variedad de ambientes, entre los que se incluye el agua, sedimentos de aguas residuales y aguas de mar. El aspecto más importante de los animales y el medio ambiente es su papel en su transmisión y conocer su potencial como fuente de infección humana (17).

En la **Tabla 3** se observan los resultados del segundo muestreo. En ella observamos que también el 100% de las muestras recogidas de las distintas playas fueron positivas para *Vibrio spp.* y tanto *E. faecalis* y como *Clostridium difficile* mantuvieron los mismos resultados que en el primer muestreo.

Pero se observa que *E.coli*, y *Pseudomonas aeruginosa*, a diferencia del primer muestreo, aumentaron su porcentaje de positividad.

Por otro lado, también se obtuvieron resultados negativos en la presencia de *E. coli* resistente a Carbapenemasas.

PLAYAS	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Vibrio spp.</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Clostridium difficile</i>
Las Teresitas	+	-	+	+	-
Valleseco	+	-	+	+	-
Radazul	+	-	+	+	-
Mesa del Mar	-	-	+	+	-
Buenavista	-	-	+	+	-
Los Silos	+	-	+	+	-
Fasnia	+	-	+	-	-
Caletillas	-	-	+	+	-
Puertito de Guimar	+	-	+	-	-
% de positividad del total de playas	66,7	0	100	77,78	0

Tabla 3. Resultados del análisis microbiológico del segundo muestreo

Como se observa en los resultados de ambos muestreos, no se ha obtenido diferencia en la presencia de microorganismos según tipo de playa. De hecho, en el 100% de las muestras analizadas destacó la presencia de bacterias del género *Vibrio*. Es verdad, que una limitación del estudio fue no haber realizado un mayor número de muestreos, en distintas épocas del año y en todas las zonas de baño de la isla.

Los resultados obtenidos de la identificación de las especies de *Vibrio* spp. aislados en las distintas muestras del medio TCBS mediante el sistema MALDI-TOF, indican que las especies de *Vibrio* identificadas se repitieron en ambos muestreos en todas las playas, ya que en todas las muestras se identificó *Vibrio alginolyticus*, salvo en las de Valleseco, que se identificó en los dos muestreos a *Vibrio harveyi*.

La especie más aislada fue *Vibrio alginolyticus* (88,87%). Esta bacteria se encuentra especialmente en aguas costeras cálidas y en sedimentos marinos y puede formar parte de la microbiota normal de animales marinos, como moluscos y crustáceos.

Se ha identificado como patógeno humano, especialmente en individuos con

sistema inmunológico comprometido, que presenten heridas abiertas o cortes en la piel. Por tanto, está asociado, con infecciones de la piel y de tejidos blandos, así como infecciones del oído, como otitis media y otitis externa e infecciones alimentarias. Las causas de enfermedad en las personas son principalmente debido a la ingesta de productos marinos crudos o insuficientemente cocidos y al baño en aguas en donde esté presente este microorganismo **(18–20)**.

También se identificó en dos muestras *Vibrio harveyi*, que es una especie más prevalente en aguas cálidas de zonas tropicales y subtropicales. Es un patógeno oportunista que puede causar infecciones a la fauna marina tanto en ambientes acuáticos naturales como en sistemas de cultivos marinos. Es decir, esta especie se ha estudiado principalmente en relación con su papel en la industria acuícola, ya que puede causar enfermedades para una variedad de organismos marinos, peces, camarones y moluscos, pudiendo provocar pérdidas económicas para los productores de mariscos y pescados **(19,23,24)**. Además, se ha visto, que también tiene un riesgo potencial para la salud humana si se ingieren o entran en contacto con heridas abiertas o cortes en la piel, llegando a causar septicemia y necrosis tisular **(25)**.

Vibrio harveyi se considera un patógeno emergente. Se ha estudiado que ha adquirido una elevada capacidad de adaptación para prosperar en entornos acuáticos naturales y artificiales, ya que pueden adquirir fácilmente algunos mecanismos de adaptación debido a la transferencia horizontal eficiente de genes y la elevada tasa de mutación. Montánchez et al. destacan la necesidad de estudios futuros capaces de abordar el impacto conjunto de los factores ambientales y antropogénicos en la dinámica a largo plazo y la virulencia de las poblaciones de *Vibrio harveyi* a escala global **(24)**.

En España se ha reportado un caso grave de infección por esta bacteria. Los autores del estudio exponen que es el primer caso *Vibrio harveyi* adquirida en España y la segunda infección adquirida en el mar Mediterráneo, sugiriendo que clínicos y microbiólogos deben ser conscientes de la posibilidad de infecciones de heridas causadas por *Vibrio spp.* en el medio marino, especialmente durante los calurosos meses de verano. El calentamiento global es responsable de la abundancia de estas bacterias en las aguas costeras y probablemente conducirá a un aumento mundial de informes de enfermedades asociadas a *Vibrio* en el futuro **(26)**.

En el segundo muestreo, se identificaron, además de *Vibrio*, en el caso de la playa de Radazul la bacteria *Photobacterium damsela* (*P. damsela*) y en la de los Silos la bacteria *Shewanella algae* (*S. algae*).

Photobacterium damsela, antiguamente denominado *Vibrio damsela*, es una bacteria marina gramnegativa que pertenece al género *Photobacterium*. Se encuentra comúnmente en ambientes marinos, especialmente en aguas cálidas. Esta bacteria puede ser patógena para una variedad de organismos marinos, incluidos peces, crustáceos y moluscos, así como en casos raros, puede causar infecciones en humanos, especialmente en personas con sistemas inmunológicos debilitados, provocando enfermedades como septicemia, necrosis tisular y lesiones cutáneas (27,28).

Debido a su capacidad para causar enfermedades en peces y otros organismos marinos, *Photobacterium damsela* puede tener un impacto significativo en la industria acuícola (23,29).

En general, es poco probable que se encuentre *P. damsela* en concentraciones significativas en aguas de mar, solamente en aguas contaminadas con residuos orgánicos o desechos humanos pueden proporcionar un ambiente más propicio para el crecimiento de esta bacteria. Por consiguiente, es posible que esté relacionado con un vertido no autorizado localizado en el Puertito de Radazul, muy cerca de la zona de recogida de muestras. El efluente, se denomina Aliviadero EBAR puertito de Radazul y consiste en aguas residuales urbanas, que afecta al área de baño (3).



Figura 8. Aliviadero EBAR Puertito de Radazul.
GRAFCAN-Visor IDECanarias

(<https://visor.grafcan.es/?svc=svcVertidos&srid=EPSG:4326&lat=28.29330833755244&lng=-16.428388726433052&zoom=10#>)

Shewanella algae es un bacilo gran negativo, no fermentador, anaerobio facultativo y heterótrofo, que se encuentra en ambientes cálidos de aguas de mar. La fuente más común de infección humana es la exposición al agua de mar y la ingestión de mariscos crudos, por lo que se asocia especialmente con úlceras cutáneas, otitis y una variedad de trastornos con o sin bacteriemia.

Estas infecciones suelen ser benignas, pero pueden llegar a ser fulminantes en pacientes con inmunidad comprometida, ya que se caracteriza por su actividad hemolítica, la formación de biopelículas, actividad enzimática, producción de exotoxinas y la capacidad de adherirse a las células epiteliales humanas contribuyen a la virulencia de esta bacteria **(30,31)**. Aunque la infección causada por *S. algae* en humanos es poco común, la incidencia está aumentando en los últimos años y cada vez está siendo más reconocida como un patógeno humano importante, por los diversos estudios y casos clínicos significativos que han aparecido **(32)**.

5. Conclusiones

1. Todas las playas muestreadas se encuentran próximas a zonas donde existen vertidos de tierra a mar, en su mayoría con aguas residuales urbanas.
2. En todas las muestras de agua de playas analizadas es de destacar la presencia de bacterias del género *Vibrio*, independiente de la zona geográfica o tipo de playa muestreada.
3. La especie de *Vibrio* más aislada fue *Vibrio alginolyticus*, encontrándose en la playa de Valleseco, en ambos muestreos, *Vibrio harveyi*.
4. En ninguna muestra se encontró la presencia de *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* resistente a los carbapenémicos ni *Clostridium difficile*.
5. En el segundo muestreo se detectó la presencia de *Shewanella algae* en la playa de los Silos y *Photobacterium damsela* en la de Radazul, considerados patógenos para los organismos marinos y capaces de producir infecciones en humanos, especialmente en personas inmunodeprimidas.
6. La elevada detección de las bacterias del género *Vibrio*, junto con la presencia de otras bacterias emergentes como *Shewanella algae* y *Photobacterium damsela*, nos puede indicar que el cambio climático está propiciando que estas bacterias procedentes de lugares con aguas más cálidas sean capaces de adaptarse a nuevas zonas geográficas.
7. Se necesitan estudios para evaluar el riesgo real que representa la presencia de microorganismos emergentes en las playas y que relacionen, desde el punto de vista de One-Health, la presencia de estas bacterias en el medio marino con la salud de la población.

6. Referencias bibliográficas

1. Ministerio de Sanidad. Informe Nacional Calidad de las aguas de baño. Informe Anual 2022. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/docs/Informe_Aguas_de_Bano_2022
2. Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. BOE núm. 257, de 26 de octubre de 2007. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-18581>
3. GRAFCAN Visor IDECanarias. Sistema de Información Territorial De Canarias. Gobierno de Canarias. Disponible en: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>
4. De S, De E, Ambiente M. Resumen ejecutivo 2022 censo nacional de vertidos gobierno de españa ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertidos-de-aguas-residuales/informes-sobre-autorizaciones-de-vertido/CNV-Resumen-ejecutivo-2022.pdf>
5. Baker-Austin C, Oliver JD, Alam M, Ali A, Waldor MK, Qadri F, et al. Vibrio spp. infections. Nat Rev Dis Primers. 2018 Dec 1;4(1). doi:10.1038/s41572-018-0005-8.
6. Brandão J, Weiskerger C, Valério E, Pitkänen T, Meriläinen P, Avolio L, et al. Climate Change Impacts on Microbiota in Beach Sand and Water: Looking Ahead. Vol. 19, International Journal of Environmental Research and Public Health. MDPI; 2022. doi: 10.3390/ijerph19031444.
7. Billaud M, Seneca F, Tambutté E, Czerucka D. An Increase of Seawater Temperature Upregulates the Expression of Vibrio parahaemolyticus Virulence Factors Implicated in Adhesion and Biofilm Formation. Front Microbiol. 2022 Mar 8;13. doi: 10.3389/fmicb.2022.840628.

8. Weiskerger CJ, Brandão J, Ahmed W, Aslan A, Avolio L, Badgley BD, et al. Impacts of a changing earth on microbial dynamics and human health risks in the continuum between beach water and sand. Vol. 162, *Water Research*. Elsevier Ltd; 2019. p. 456–70. doi: 10.1016/j.watres.2019.07.006.
9. Pasquale V, Romano VJ, Rupnik M, Dumontet S, Čižnár I, Aliberti F, et al. Isolation and characterization of *Clostridium difficile* from shellfish and marine environments. *Folia Microbiol (Praha)*. 2011 Sep;56(5):431–7. doi: 10.1007/s12223-011-0068-3.
10. Machreki Y, Kouidhi B, Machreki S, Chaieb K, Sáenz Y. Analysis of a long term starved *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 in seawater microcosms. *Microb Pathog*. 2019 Sep 1;134. doi: 10.1016/j.micpath.2019.103595.
11. Mukherjee S, Lekshmi M, Ammini P, Nayak BB, Kumar SH. Survival of the bla_{NDM}-harbouring *Escherichia coli* in tropical seawater and conjugative transfer of resistance markers. *Arch Microbiol*. 2021 Sep 1;203(7):4273–9. doi: 10.1007/s00203-021-02411-6.
12. Lim SC, Hain-Saunders NMR, Imwattana K, Putsathit P, Collins DA, Riley T V. Genetically related *Clostridium difficile* from water sources and human CDI cases revealed by whole-genome sequencing. *Environ Microbiol*. 2022 Mar 1;24(3):1221–30. doi: 10.1111/1462-2920.15821.
13. Ministerio de Sanidad. Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/S_Info_nayade.htm
14. Brumfield KD, Usmani M, Chen KM, Gangwar M, Jutla AS, Huq A, et al. Environmental parameters associated with incidence and transmission of pathogenic *Vibrio* spp. Vol. 23, *Environmental Microbiology*. John Wiley and Sons Inc; 2021. p. 7314–40. doi: 10.1111/1462-2920.15716.
15. Hlavsa MC, Aluko SK, Miller AD, Person J, Gerdes ME, Lee S, et al. Morbidity and Mortality Weekly Report Outbreaks Associated with Treated Recreational

- Water-United States, 2015-2019 [Internet]. 2021. doi: 10.15585/mmwr.mm7020a1.
16. Elabed H, González-Tortuero E, Ibacache-Quiroga C, Bakhrouf A, Johnston P, Gaddour K, et al. Seawater salt-trapped *Pseudomonas aeruginosa* survives for years and gets primed for salinity tolerance. *BMC Microbiol.* 2019 Jun 24;19(1). doi: 10.1186/s12866-019-1499-2.
17. Rodriguez-Diaz C, Seyboldt C, Rupnik M. Non-human *Clostridioides difficile* Reservoirs and Sources: Animals, Food, Environment. In: *Advances in Experimental Medicine and Biology.* Springer; 2024. p. 329–50. doi: 10.1007/978-3-031-42108-2_15.
18. Gomez JM, Fajardo R, Patiño JF, Arias CA. Necrotizing fasciitis due to *Vibrio alginolyticus* in an immunocompetent patient. *J Clin Microbiol.* 2003 Jul 1;41(7):3427–9. doi: 10.1128/JCM.41.7.3427-3429.2003
19. Brauge T, Mougin J, Ells T, Midelet G. Sources and contamination routes of seafood with human pathogenic *Vibrio* spp.: A Farm-to-Fork approach. Vol. 23, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* John Wiley and Sons Inc; 2024. p. 1–25. doi: 10.1111/1541-4337.13283.
20. Brumfield KD, Usmani M, Chen KM, Gangwar M, Jutla AS, Huq A, et al. Environmental parameters associated with incidence and transmission of pathogenic *Vibrio* spp. Vol. 23, *Environmental Microbiology.* John Wiley and Sons Inc; 2021. p. 7314–40. doi: 10.1111/1462-2920.15716.
21. Audemard C, Ben-Horin T, Kator HI, Reece KS. *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* in Oysters under Low Tidal Range Conditions: Is Seawater Analysis Useful for Risk Assessment? *Foods.* 2022 Dec 1;11(24). doi: 10.3390/foods11244065.
22. Stratev D, Fasulkova R, Krumova-Valcheva G. Incidence, virulence genes and antimicrobial resistance of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seafood. *Microb Pathog.* 2023 Apr 1;177. doi: 10.1016/j.micpath.2023.106050.

23. Sampaio A, Silva V, Poeta P, Aonofriesei F. *Vibrio* spp.: Life Strategies, Ecology, and Risks in a Changing Environment. *Diversity* (Basel). 2022 Feb 1;14(2). doi:10.3390/d14020097
24. Montánchez I, Kaberdin VR. *Vibrio harveyi*: A brief survey of general characteristics and recent epidemiological traits associated with climate change. Vol. 154, *Marine Environmental Research*. Elsevier Ltd; 2020. doi: 10.1016/j.marenvres.
25. Crusio WE, Dong H, Radeke HH. *Advances in Experimental Medicine and Biology Series Editors*.
26. Brehm TT, Berneking L, Rohde H, Chistner M, Schlickewei C, Sena Martins M, et al. Wound infection with *Vibrio harveyi* following a traumatic leg amputation after a motorboat propeller injury in Mallorca, Spain: A case report and review of literature. Vol. 20, *BMC Infectious Diseases*. BioMed Central Ltd.; 2020. doi: 10.1186/s12879-020-4789-2.
27. Rivas AJ, Lemos ML, Osorio CR. *Photobacterium damsela* subsp. *Damsela*, a bacterium pathogenic for marine animals and humans. Vol. 4, *Frontiers in Microbiology*. Frontiers Research Foundation; 2013. doi: 10.3389/fmicb.2013.00283.
28. Schwartz JM, Taleghani ER, Natal-Albelo EJ, Chhabra AB, Freilich AM. Successfully Treated Upper-Extremity Necrotizing Fasciitis Caused by *Photobacterium damsela*. *J Hand Surg Glob Online*. 2023 Mar 1;5(2):225–30. doi: 10.1016/j.jhsg.2022.10.004.
29. Terceti MS, Ogut H, Osorio CR. *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, an Emerging Fish Pathogen in the Black Sea: Evidence of a Multiclonal Origin. *Appl Environ Microbiol*. 2016;82(13):3736-3745. doi:10.1128/AEM.00781-16
30. Yan Y, Chai X, Chen Y, Zhang X. The Fulminating Course of Infection Caused by *Shewanella* algae: A Case Report. *Infect Drug Resist*. 2022;15:1645–50. doi: 10.2147/IDR.S357181

31. Tan B, Li Y, Xie H, Dai Z, Zhou C, Qian ZJ, et al. Microplastics accumulation in mangroves increasing the resistance of its colonization Vibrio and Shewanella. *Chemosphere*. 2022 May 1;295. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.133861.
32. Osorio CR, Vences A, Matanza XM, Terceti MS. *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, a generalist pathogen with unique virulence factors and high genetic diversity. *J Bacteriol*. 2018 Aug 1;200(15). doi: 10.1128/JB.00002-18.