
TRABAJO DE FIN DE MÁSTER



TÍTULO

Vibrio parahaemolyticus en los productos marinos

AUTORA

M^a Ángeles Martín del Burgo Rabadán

TUTORA

Prof. Dra. Ángeles Arias Rodríguez

Máster en Seguridad y Calidad de los Alimentos 2019/2020

ULL | Universidad
de La Laguna



AGRADECIMIENTOS

Entre emociones, sobresaltos, miedos, silencios, aplausos y lágrimas, siempre surgen experiencias positivas, palabras, confianzas, amigos y amigas, acompañantes y compañeros en una etapa de tu vida especial y difícil como ha sido esta. Entre medias de todo, a retales, he podido ir construyendo este trabajo, aprendiendo y cobijada con el cariño, en primer lugar, de mis chicos Ricardo, Óscar y Yago, que me han acompañado, apoyado y entendido compartiendo la vida más juntos que nunca.

Quiero agradecer también a mis compañeros de máster con los que he pasado estos meses combinando diferentes formas de ver el mundo, aprendiendo de ellos, agradezco sus ánimos, sus explicaciones, sus dudas y sus respuestas, bebiendo vino o debatiendo el sentido o el sinsentido de la estadística, a vosotros: Nicoletta, Niebla, Sara...

A mi gente que, a pesar de estar lejos, han compartido mi día a día y yo intenté seguir el suyo, en especial a mi madre, mi ejemplo, mi mayor apoyo y maestra de paciencia, humildad, cariño, trabajo y dedicación. Este trabajo y cualquier otro siempre será por ti.

A Antonio por su extrema paciencia, a Javi a tía Pi y a tía Mari por sus trucos, consejos, siempre aprovechándome de ellos, que sigamos siempre así, confidentes, riendo, discutiendo y queriéndonos.

A Gustavo por todo lo que me enseñó, sobre todo a amar a la ciencia y a replanteármela y por lo bueno que es trabajar a su lado, un lujo.

A mis amigas enfermeras.... sobran las palabras... ellas sí que han hecho un gran trabajo, día a día delante del ordenador las he seguido muy de cerca desde el corazón.

En último lugar a mi tutora que me ha orientado, enseñado y ayudado, entendiendo mis circunstancias personales y las dificultades que estos meses a todos nos tocó vivir.

RESUMEN

Vibrio parahaemolyticus es la principal causa a nivel mundial de enfermedades diarreicas transmitidas por los alimentos de origen marino. Los factores de virulencia han sido profundamente estudiados pero siguen existiendo muchas dudas acerca de su rol en la patogenicidad y en los desencadenantes que determinan su activación. Se sabe que los factores climáticos y ambientales influyen en el desarrollo de la patogenicidad así como en su expansión a lugares donde previamente no se habían reportado casos. De hecho, el calentamiento global asociado al cambio climático se ha relacionado con dicha expansión. La aparición de cepas multirresistentes a antibióticos de uso habitual en medicina humana acompañado de la expansión global mencionada, ha levantado un mayor interés a nivel mundial en la vigilancia epidemiológica de su distribución y en el estudio y desarrollo de diferentes estrategias para su prevención y control.

Palabras claves: *Vibrio parahaemolyticus*, epidemiología, enfermedad, cambio climático, alimentos marinos, prevención y control.

SUMMARY

Vibrio parahaemolyticus is the major cause of seafood-borne diarrheal disease in humans worldwide. The virulence factors have been thoroughly studied although many doubts remain about their role in pathogenicity and in the mechanisms that determine their activation. It is known that climatic and environmental factors influence the development of pathogenicity as well as its spread to places where previously no cases have been reported. In fact, global warming associated with climate change has been associated to this expansion. The emergence of multiresistant strains of antibiotics commonly used in human medicine accompanied by the global expansion mentioned, has raised greater interest worldwide in epidemiological surveillance of their distribution and in the study and development of different strategies for their prevention and control.

Key words: *Vibrio parahaemolyticus*, epidemiology and food, disease and illnesses climate change, seafood, prevention and control

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4.1. Epidemiología y alimentos implicados.....	9
4.2. Influencia del cambio climático	16
4.3. Prevención y control	18
5. CONCLUSIONES.....	22
6. BIBLIOGRAFÍA.....	23

1. INTRODUCCIÓN

Vibrio parahaemolyticus es una bacteria perteneciente al Género *Vibrio*, Gram negativa, halófila, anaerobia facultativa, curva y móvil ampliamente difundida en entornos marinos y costeros, libre o asociada a zooplancton, peces y mariscos (1). Es un patógeno zoonótico principal agente implicado en gastroenteritis aguda asociada a alimentos marinos (1), aunque también afecta a otros hospedadores como el camarón (2).

Es una bacteria predominante del aparato digestivo de moluscos bivalvos que, al alimentarse por filtración, acumulan y concentran contaminantes naturales o antropogénicos, lo que hace que sea uno de los principales alimentos asociados a intoxicación alimentaria por *V. parahaemolyticus* (1)

Su distribución está determinada por factores de salinidad y de temperatura de las aguas (3). Asimismo, la enfermedad asociada con *V. parahaemolyticus* tiene un marcado carácter estacional, generalmente son los países de aguas templadas y los meses de calor donde se reportan más casos (4). Aunque el consumo de moluscos, crustáceos y pescados crudos o insuficientemente cocinados es la fuente más importante de la enfermedad también se han descrito casos asociados a una mala manipulación o por cocinado con agua de mar contaminada (5).

V. parahaemolyticus se clasifica en serotipos basados en la combinación de antígenos somático O y capsular K. Se han descrito una gran variedad de serotipos tanto clínicos como ambientales (3).

V. parahaemolyticus causa tres tipos de síndromes: un cuadro gastrointestinal generalmente autolimitado que, en ocasiones, se complica con septicemia que puede ser mortal en pacientes inmunocomprometidos o con una condición médica subyacente (6). También, se ha descrito en bañistas o pescadores, un tercer cuadro asociado a infección de heridas (7).

V. parahaemolyticus se aisló por primera vez en 1950 en Japón. Desde entonces su incidencia ha ido en aumento asociado al surgimiento de serotipos pandémicos que se han expandido de forma rápida ocasionando grandes brotes en Asia, América y África y a la aparición de múltiples variantes consecuencia de la gran variabilidad génica de la bacteria (1).

En países asiáticos y en los Estados Unidos es la causa principal de gastroenteritis asociada

a alimentos marinos (8, 9) pero las infecciones en Europa son más esporádicas, aunque, como ocurre con otras enfermedades transmitidas por alimentos, son los casos más graves los que se notifican con mayor frecuencia y al no incluirse en la Lista de Enfermedades de Declaración Obligatoria su prevalencia podría estar subestimada (6, 10).

Tradicionalmente se ha vinculado la virulencia a la presencia de la hemolisina directa termoestable (TDH) y la hemolisina relacionada con la TDH (TRH). La TDH tiene una actividad hemolítica (fenómeno Kanagawa) es enterotóxica, citotóxica y cardiotóxica y la TRH es negativa al fenómeno Kanagawa y es citotóxica. Aunque la mayoría de las cepas clínicas presentan uno o los dos genes *tdh* o *trh*, el aislamiento de cepas negativas asociadas a brotes ha dirigido la investigación a estudiar nuevos marcadores de patogenicidad (3).

Como consecuencia del cambio climático se está produciendo un aumento constante de la temperatura oceánica con mayor repercusión en zonas costeras asociándose a una mayor presencia de *V. parahaemolyticus* (4). Esto ha llevado a considerar a *V. parahaemolyticus* un patógeno emergente (11) que requiere una intensa vigilancia y control.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La ecología y patogenicidad de *V. parahaemolyticus* hace que sea considerado un patógeno emergente de especial relevancia en los alimentos de origen marino, así como un indicador del impacto de los fenómenos climáticos en el medio marino.

Objetivo general:

Estudiar la importancia en salud pública de la enfermedad de transmisión alimentaria producida por *Vibrio parahaemolyticus*.

Objetivos específicos:

1. Conocer la epidemiología y los principales alimentos implicados.
2. Conocer la influencia del cambio climático en la difusión de este microorganismo.
3. Estudiar las medidas de prevención y control en la cadena alimentaria para evitar la infección por *V. parahaemolyticus*.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica de los estudios sobre *V. parahaemolyticus* como patógeno de transmisión alimentaria.

La base de datos consultada fue Medline a través del PubMed y Google Scholar.

Los criterios de inclusión fueron: Artículos publicados desde 2010 a la actualidad, en inglés y español, que pudiésemos disponer del texto completo.

Los criterios de exclusión fueron: Artículos repetidos en más de una búsqueda, no tuviésemos el texto completo y aquellos a los que al leer el resumen no consideramos de interés para incluirlo en la revisión.

Se utilizaron los términos del Medical Subject Headings (MeSH), utilizando como filtros:

Para objetivo 1: *V. parahaemolyticus and epidemiology and food, epidemiology disease and illnesses.*

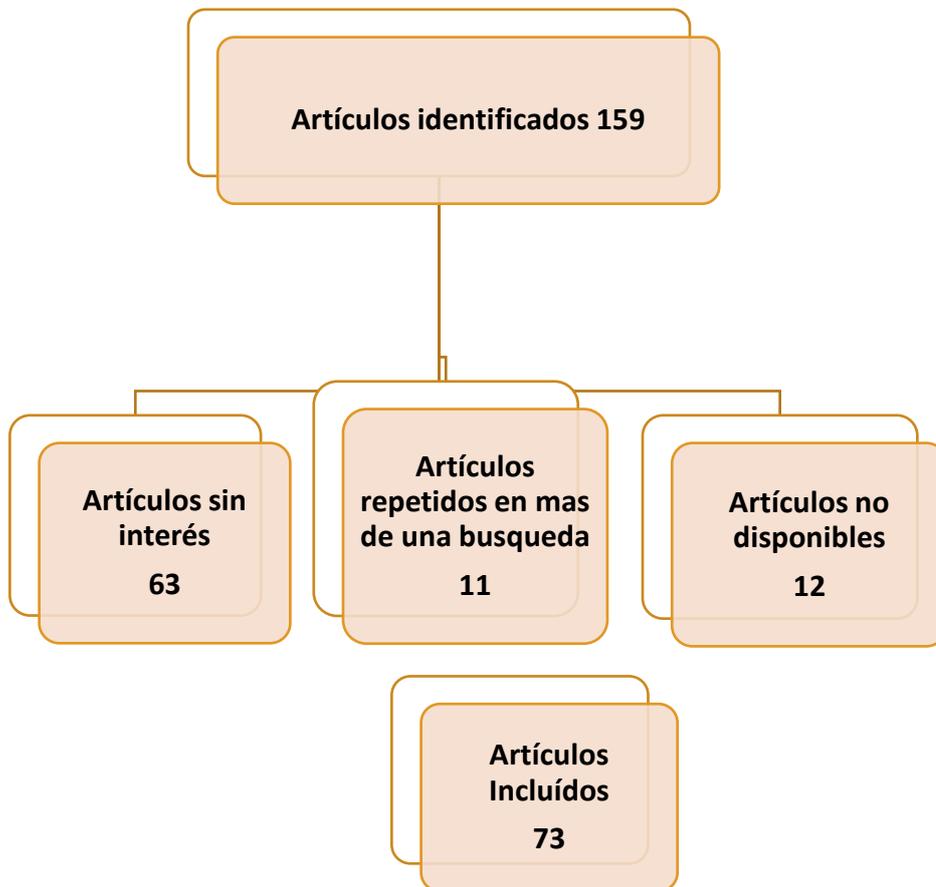
Para objetivo 2: *Vibrio, climate change and epidemiology.*

Para objetivo 3: *Vibrio parahaemolyticus and seafood and prevention and control.*

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Figura 1** se muestran los resultados de la búsqueda bibliográfica.

Fig. 1: Resultados de la búsqueda bibliográfica



4.1. Epidemiología y alimentos implicados

Reservorio y mecanismo de transmisión

El hábitat natural de esta bacteria se encuentra en las aguas marinas costeras, especialmente en los estuarios, que representan su principal reservorio. El patógeno se asocia a los copépodos del plancton lo que le permite invernar en los sedimentos en un estado de inactividad "viable pero no cultivable" (VBNC) aumentando su presencia en la columna de agua y en los moluscos cuando la temperatura es más cálida (12) Esta unión al zooplancton le permite desplazarse aprovechando las corrientes marinas y establecer relaciones con la microbiota lo que favorece el intercambio de genes por transferencia horizontal (2).

La **Tabla 1** muestra que la presencia de *V. parahaemolyticus* en el medio marino y en entornos de acuicultura y recogida de marisco es generalizada formando parte de la flora comensal de peces, adheridos a la superficie de quitina de crustáceos (13), o colonizando moluscos donde alcanza elevadas concentraciones (6).

Tabla 1. Fuentes de aislamientos de *V. parahaemolyticus* en el medio marino.

País de estudio	Fuente de Aislamiento	Muestras positivas <i>V. parahaemolyticus</i> (%)	Autor (año)	
Corea del Sur	Agua	68	Lee et al (2019)	
Tailandia	Ostras	70-100	Changchai et al. (2014)	
	Berberechos	100	Yingkajorn et al. (2014)	
Japón	Almejas	81-95	Hara-Kudo et al. (2012)	
	Jurel	86		
	Vieira	24		
Vietnam	Camarones	87.5	Yen et al. (2020)	
China	Camarones	32.6	Lei et al. (2020)	
	Pescado	22		
Estados Unidos	Nutrias marinas	19	Miller et al. (2010)	
	Ostras	32	Velázquez-Román et al. (2014)	
	Cangrejos	100	Rodgers et al. (2014)	
	Agua	100		
	Sedimento	100		
Brasil	Ostras	99.2-100	Velázquez-Román et al. (2014)	
	Mamíferos marinos: león marino ballenas, delfines.	(En lesiones)	Raszl et al. (2016)	
Marruecos	Mejillones	7.7	Mannas et al. (2014)	
Costa de Marfil	Crustáceos (camarones, cangrejos y langostinos)	2.8	Traoré et al (2012)	
Jordania	Peces	49	Alaboudi et al. (2016)	
	Agua	48		
	Sedimento	40		
Mar del Norte y Mar Báltico	Mejillones (Mar del Norte)	40	Huehn et al. (2014)	
	Agua	Mar del Norte		44
		Mar Báltico		1
	Sedimento	Mar del Norte		67
		Báltico		7
España	Agua estuárica	35.5	Castro (2013)	
	Agua oceánica	12		
	Zooplancton	80		
	Mejillones	64.6		
	Ostras	44		

Los factores ambientales son determinantes en la distribución de *V. parahaemolyticus* en los ambientes marinos. La bacteria rara vez se detecta en la columna de agua a temperaturas inferiores a 15°C y temperaturas cálidas se asocian a una mayor presencia en el medio y un mayor riesgo de enfermedad (4, 27).

V. parahaemolyticus se inactiva con calor por lo que el consumo de alimentos crudos o poco cocinados como sushi, sushimi en Japón, el cebiche de Perú o las ostras en regiones costeras de Estados Unidos, Chile o Canadá, se relaciona con la elevada incidencia de intoxicaciones alimentarias por este microorganismo (7, 27, 28, 29). Estas costumbres gastronómicas se han extendido a otras regiones como Europa donde el riesgo hasta ahora se ha considerado bajo (10) con brotes puntuales fundamentalmente en España y Francia (30).

Alimentos cocinados pueden contaminarse por contacto con agua, materiales o alimentos con microorganismos y ser la causa del brote (5).

Los principales alimentos asociados a brotes por *V. parahaemolyticus* quedan recogidos en la **Tabla 2**. Se observa que existe un número de alimentos que producen brotes y que éstos tienen una distribución internacional.

Tabla 2. Principales alimentos implicados en los brotes por <i>V. parahaemolyticus</i>		
País de estudio	Alimentos implicados	Autor (año)
Australia 1990-2010	Gambas, ostras	FAO (2011)
Japón	Pescado (jurel) crudo (sashimi y sushi) Moluscos bivalvos (Ostras) Cangrejo (cocido) Erizo de mar	Hara-Kudo et al. (2014)
Thailandia 1999	Moluscos bivalvos: Almeja, mejillón; caballa	FAO (2011)
China 2013-2016	Crustáceos Carne de cerdo (contaminación cruzada)	Liu et al. (2018)
China 2010-2014	Camarones, pulpo, almeja, corvina	Chen et al. (2017)
Taiwan 2000-2011	Pescado y marisco	Hsiao et al. (2016)
Corea 2017	Calamar (contaminación cruzada)	Jung et al. (2018)
EEUU 1988-2010	Almejas	Slayton et al. (2014)
	Ostras	DePaola et al. (2010)
EEUU 2010-2012	Almejas, pescado, cangrejo y camarones cocidos (posible contaminación cruzada)	Haendiges et al. (2014)
México 2001-2010	Camarones poco cocidos	Velázquez-Román et al. (2014)
Perú 1993-2007	Pescado, gambas, cebiche (pescado crudo)	Velázquez-Román et al. (2014)
Chile 1998-2013	Almejas, mejillones y pescado	Velázquez-Román et al. (2014)
Canadá 2011-2015	Ostras	Konrad et al. (2017)
Francia 2014-2016	Camarones, crustáceos, mariscos, moluscos	EFSA (2019)
BROTOS EN ESPAÑA		
Hasta 2004	Ostras, Buey de mar	Martínez Urtaza et al. (2018)
2012	Gambas	
2016	Almejas y berberechos	

La epidemiología de *V. parahaemolyticus* ha ido evolucionando en las últimas décadas pasando de ser un patógeno esporádico a extenderse y hacerse endémico en varias regiones del mundo (3). Los análisis filogenéticos han permitido conocer el origen geográfico y temporal de los aislados clínicos. Así se pudo establecer que la cepa O3K6 relacionada con los brotes en España (2004) y Texas (1998) provenía de la suelta de agua de lastre de buques en un puerto cercano y el brote de 2012 por la cepa ST36 en Galicia se vinculó con el comercio desde la costa Pacífica de EEUU de almejas en el año 2000. (37).

Estas actividades humanas asociadas a la globalización han permitido la introducción puntual de cepas en lugares donde previamente no habían sido aisladas y, en ocasiones, favorecidos por unas condiciones de temperatura y salinidad idóneas y por la presencia de hospedadores adecuados, se han instalado, proliferado y ocasionado brotes (38, 39). El salto entre continentes de clones pandémicos se ha atribuido a fenómenos naturales como las corrientes oceánicas y el transporte asociado al zooplancton. De este modo la Oscilación Austral de El Niño (ENSO), fenómeno climático cíclico del Océano Pacífico proporcionó en 1997 unas condiciones de aumento de temperatura, disminución de la salinidad e incremento de nutrientes del mar que permitió la expansión del serotipo O3:K6 desde Asia hasta América del Sur (1) asociado a un incremento marcado en la incidencia de la enfermedad (40). Las cepas del complejo clonal CC3 (serotipo O3:K6 y sus serovariantes) se han hecho endémicas en algunas regiones (3) siendo en China prevalentes en el 50-65% de los brotes y en el medio ambiente (29, 31).

De forma similar se ha descrito que el brote por cepas de *V. parahaemolyticus* en Galicia en 1999 pudo estar favorecida por la llegada de aguas cálidas que permanecieron en la región coincidiendo con la epidemia (37).

Otro suceso de expansión trans e intercontinental se produjo en 2012: el ST36 (serotipo O4:K12) endémico en la costa del Pacífico, fue detectado causando infecciones a lo largo de la costa atlántica de Estados Unidos (9, 41) llegando a Perú y provocando un gran brote en Galicia en 2012 (38, 42).

Sujeto susceptible, cuadro clínico y tratamiento

Cualquier persona puede enfermar por ingerir productos contaminados, pero en pacientes con enfermedades crónicas subyacentes como diabetes o enfermedad hepática, o pacientes inmunocomprometidos por patologías como SIDA o con tratamientos

inmunosupresores como receptores de trasplantes, la infección puede ser más grave e incluso producir septicemia (43). La tasa de mortalidad es baja para la gastroenteritis, pero puede llegar al 5% para las infecciones de heridas y al 44% para la septicemia (32).

La elevada presencia de *V. parahaemolyticus* en las aguas puede suponer un riesgo para los bañistas, recolectores de marisco o pescadores, sobre todo en épocas estivales cuando suelen ser más frecuentes los brotes (4, 21).

La dosis Infecciosa establecida es de 2×10^5 - 3×10^7 bacterias aunque la patogenicidad varía entre cepas (10).

El cuadro gastrointestinal es el más frecuente asociado a la infección cursando con diarrea, en ocasiones sanguinolenta, dolor abdominal, fiebre, náuseas y vómitos (33). Los síntomas son de severidad moderada y autolimitados de duración entre 1 y 7 días (36). El período medio de incubación es de 15h (4-96h) con una duración media de 3 días en pacientes inmunocompetentes (1).

Generalmente el tratamiento es la rehidratación pero un porcentaje de pacientes puede requerir hospitalización. Se ha descrito que el uso previo de antibióticos puede aumentar la susceptibilidad a *V. parahaemolyticus* por alteración de la flora intestinal bacteriana lo que disminuiría la resistencia de los individuos a la infección (44).

Factores de patogenicidad

La patogenicidad de *V. parahaemolyticus* está asociada a la presencia de determinados factores de virulencia como la hemolisina directa termoestable (TDH) y la hemolisina relacionada con la TDH (TRH) presentes en el 90% de las cepas clínicas aisladas (1). Sin embargo, aunque el porcentaje de cepas ambientales con genes *tdh* o *trh* suele ser menor existe gran variabilidad entre áreas geográficas pudiendo representar hasta un 30% de los aislados positivos a *V. parahaemolyticus* en ambiente y alimentos como muestra la **Tabla 3**.

Tabla 3. Presencia de genes de patogenicidad tdh y/o trh en cepas ambientales de *Vibrio parahaemolyticus* (%).

País de estudio	Fuente de Aislamiento	Presencia de gen tdh y/o trh en aislados positivos (%)		Autor (año)
		tdh	trh	
Thailandia	Ostras	12		Changchai et al. (2014)
Japón	Almejas	1,6-4		Hara-Kudo et al. (2012)
	Jurel	1.5		
China	Camarones	2.83	21.7	Lei et al. (2020)
	Pescado	13.6	9	
Jordania	Peces	8	4	Alaboudi et al (2016)
	Agua	8	0	
	Sedimento	4	0	
Meryland EEUU	Cangrejos	32	36	Rodgers et al. (2014)
	Agua	39	8	
España	Agua estuárica	18	18	Castro (2013)
	Agua oceánica	0	21	
	Zooplankton	17	39	
	Mejillón	9	13	
	Ostras	0.7	3	

El aislamiento de cepas clínicas negativas a tdh y trh (31), indica que existen otros factores determinantes en la patogenicidad. La secuenciación del genoma ha permitido estudiar los genes relacionados con la virulencia, con la capacidad de invadir la célula huésped y los mecanismos que le permiten sobrevivir en el ambiente. Se han descrito factores como la motilidad flagelar, factores de adhesión bacteriana, proteasas, y una serie de proteínas efectoras ligadas a los sistemas de secreción de tipo III (T3SS) implicado en evadir el sistema inmunológico del huésped e invadir, sobrevivir y replicarse en células huésped no fagocíticas y sistemas de secreción de tipo VI (T6SS) implicado en la aptitud ambiental (3). Es una bacteria de gran variabilidad génica considerada reservorio ambiental de genes de virulencia, aptitud e incluso de resistencia a antibióticos (3) lo que supone una amenaza para la salud pública ya que se ha detectado la presencia en alimentos marinos de cepas con genes de resistencia a antibióticos de uso habitual en medicina humana, tal y como muestra la **Tabla 4** sobre todo en regiones asiáticas y en entornos de acuicultura.

Tabla 4. Presencia en el medio marino de cepas de *V. parahaemolyticus* resistentes a antibióticos.

	China (Jiang et al 2019 , Lei et al 2020)	Vietnam (Yen et al 2020)	Corea (Mok et al 2019)	EEUU (Shaw et al 2014)
	Marisco, camarones	Camarones	Marisco	Agua
Cefalosporinas	CFZ 83 % CXM 20 %	CFD 15.6 % CFX 31.3 %	CFD 62.9% CXM 0 %	CFD 0 % FX 0 %
Penicilina				68 %
Ampicilina	82.2-95 %	100 %	87.6 %	53 %
Amikacina	30 %		< 5 %	0 %
Aminoglucósidos	GEN 19.6 %	GEN 16.7 % TOB 7.8 %	GEN < 5 %	GEN 0%
Tetraciclina	14.11-17 %	11%		
Sulfametoxazol/ Trimetoprim	SFX 17 %	26.5 %	TRP 20.6 %	0 %
Estreptomina	14 %		40.2 %	4 %
Cloranfenicol	4.39 %			0 % (96 % Intermedia)
Quinolonas	CIP 4.9 % LEV 4.9 %	CIP 11 % OFX 9.3 %		0 %
MDR*	44.4 %	28.1 %	42.3 %	

Nota: * La resistencia a múltiples fármacos (MDR) se definió como la no susceptibilidad a al menos un agente en tres o más categorías de antimicrobianos.

Cefazolina (CFZ), Cefuroximesodium (CXM), Ceftazidima (CFD), Cefotaxima (CFX), Gentamicina (GEN), Tobramicina (TOB), Sulfametoxazol (SFX), Trimetoprim (TRP), Ciprofloxacino (CIP), Levofloxacino (LEV), Ofloxacino (OFX).

El uso de antibióticos en acuicultura ([18](#)) y la exposición de las bacterias a entornos costeros cercanos a vertidos de aguas residuales o de lastre de buques que favorece el intercambio génico entre bacterias ([48](#)) son los principales factores que se han vinculado a la aparición de cepas resistentes en alimentos marinos.

4.2. Influencia del cambio climático

Los modelos de cambio climático proyectan una serie de fenómenos climáticos extremos de temperaturas y precipitaciones que podrían repercutir en la epidemiología de las enfermedades infecciosas, especialmente las intoxicaciones alimentarias de patógenos

marinos como *V. parahaemolyticus* (49, 50).

El aumento de la temperatura del mar se considera el impacto más grave y generalizado del cambio climático siendo las regiones templadas marinas y costeras las más afectadas (11). El estudio de muestras de plancton recogidas desde la segunda mitad del siglo XX en el Mar del Norte y el Atlántico Norte ha mostrado que este incremento de la temperatura oceánica ha ido asociado a un aumento en la población de vibrios y a un cambio en la población de copépodos, predominando especies más tropicales indicando un desplazamiento de masas de agua hacia altas latitudes. Estos cambios se han correlacionado con un aumento de brotes en la región por *V. parahemolyticus* (51, 52).

El calentamiento global aumentará la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor y los veranos anormalmente calurosos (52) lo que favorece tanto la proliferación como la expresión de rasgos de virulencia de la bacteria (12).

El aumento del nivel del mar asociado al cambio climático está provocando una expansión de las zonas costeras bajas por la inundación por aguas oceánicas creando un ambiente salobre y templada favorecedor a *V. parahaemolyticus* (11). Estas regiones también se ven afectadas por el cambio de patrón de las precipitaciones: en épocas de sequía penetran aguas oceánicas con plancton y vibrios en las bahías por el bajo caudal de los ríos (53) y en época de lluvias, la escorrentía de los ríos proporciona nutrientes y modifica la salinidad favoreciendo el crecimiento del plancton y del patógeno (54).

En los últimos años se está viendo un cambio en las pautas de circulación oceánica que ha favorecido la llegada de aguas cálidas y la aparición de brotes por *V. parahaemolyticus* (37) incluso a regiones de aguas frías donde previamente no se habían descrito como Alaska y el Sur de Chile, (4). Por otro lado, el derretimiento de los hielos marinos del Ártico ha generado una conexión entre el Océano Pacífico y Atlántico permitiendo el paso de aguas y potencialmente de plancton con vibrios, lo que podría estar implicado en brotes en la costa este de EEUU con cepas endémicas del Pacífico (38)

Este cambio de las pautas de la circulación oceánica afecta también a elementos abióticos como los microplásticos: se ha detectado la presencia de *V. parahaemolyticus* en la plastisfera (50) lo que podría contribuir a la expansión de la bacteria.

Se espera que con el cambio climático se intensifiquen en frecuencia y gravedad eventos como la Oscilación Austral de El Niño (ENSO) en el Océano Pacífico que cursa con aumento

de temperatura, disminución de la salinidad e incremento de nutrientes del mar vinculado a la expansión de cepas pandémicas (1) y con el aumento de la incidencia de *V. parahaemolyticus* en las regiones afectadas (40, 55).

Estudios recientes en Corea y EEUU muestran como en las últimas décadas los cambios en la temperatura y las precipitaciones asociadas al cambio climático han ido en paralelo con el aumento en la incidencia de *V. parahaemolyticus* (40).

4.3. Prevención y control

La elevada prevalencia de *V. parahaemolyticus* en el medio marino y el incremento en el consumo por su alto valor nutricional de alimentos procedentes del mar, especialmente de acuicultura, hace imprescindible establecer unas adecuadas medidas de prevención y control a lo largo de toda la cadena alimentaria (56) con el objetivo de controlar los factores que determinan la exposición (8): el nivel del microorganismo en el producto en el momento de la cosecha, el efecto de la manipulación y elaboración posteriores a la cosecha y el número de microorganismos consumido. La mejora de las medidas higiénicas en productos de la pesca basadas en cambios en la reglamentación en Japón, se tradujeron en un descenso marcado de los brotes (17).

1. Nivel de *V. parahaemolyticus*

Los niveles de la bacteria en el momento de la recogida del marisco suelen ser bajos pero las condiciones ambientales y de manipulación van a ser determinantes en la concentración final en el alimento (57). Mediante el cultivo y la identificación por pruebas bioquímicas o PCR se realiza la detección y cuantificación del microorganismo total y, aunque, tradicionalmente la presencia de cepas patógenas se ha determinado por la observación del fenómeno Kanagawa, actualmente se usan técnicas más precisas como la PCR que amplifica los genes *tdh/trh* o métodos inmunológicos (ELISA) o inmunocromatográficos para la detección de las toxinas (58, 59).

2. Medidas de Prevención en la Producción

Control microbiológico

La contaminación por *V. parahaemolyticus* de los alimentos está determinada por su presencia en el medio marino, por lo que es fundamental realizar una vigilancia ambiental a través de la monitorización de la bacteria en las aguas (especialmente en áreas de recolección de marisco principal alimento asociado a los brotes) (10, 56) y de los

parámetros que condicionan su concentración como temperatura, salinidad y turbidez del mar (60). La teledetección por satélite se utiliza en algunas regiones para la vigilancia de condiciones ambientales favorables para el crecimiento de *V. parahaemolyticus* permitiendo así tomar medidas como el cierre de las áreas de cosecha de marisco en épocas estivales o el control del baño en zonas recreativas (11, 36).

En Europa no existe una normativa para la monitorización de la bacteria en las áreas de cultivo de marisco, el criterio microbiológico que determina que los productos sean aptos para el consumo o bien tengan que ser sometidos a un tratamiento posterior es la presencia de *Escherichia coli* (61), pero se ha descrito que la presencia de *V. parahaemolyticus* no se correlaciona con la contaminación fecal, y las estrategias que reducen la contaminación por coliformes deben ser adaptadas para ser eficaces contra *V. parahaemolyticus* (56).

Los moluscos cosechados que no cumplen los criterios microbiológicos pueden ser reubicados en zonas de aguas no contaminadas (Reinstalación) o tanques con agua de mar recirculante que se va desinfectando por ozono, cloro o luz ultravioleta (Depuración) donde a medida que filtran el agua se reduce la contaminación microbiana.

El éxito de la reinstalación va a depender de la comunidad microbiana y de factores ambientales como la elevada salinidad del sitio de instalación que favorece la reducción microbiana (62, 63). La depuración, combinada con temperaturas de 15°C limita la proliferación de la bacteria sin afectar a la capacidad de filtrado de las ostras reduciendo su nivel hasta 3 log (64, 65).

Se han descrito otros métodos para reducir la población microbiana en acuicultura como el uso de organismos probióticos (66) o la aplicación de bacteriófagos durante la depuración de ostras (67, 68).

El uso de antibióticos en acuicultura es controvertido ya que se ha señalado como una de las posibles causas de aparición de resistencias en bacterias ambientales (18).

Control de la Temperatura

El control de la temperatura desde la cosecha hasta el consumo es crítico para controlar el crecimiento del microorganismo. (8, 69). Los moluscos cosechados deben enfriarse de forma rápida y evitar la exposición a temperaturas ambientales cálidas que favorecen una rápida proliferación de la bacteria. La refrigeración mediante lechadas de hielo consigue alcanzar temperaturas internas de 10°C rápidamente, aunque debe evitarse que las ostras

vivas permanezcan en el hielo fundido periodos largos de tiempo porque la filtración de agua contaminada reintroduciría los microorganismos (70)

Métodos de Intervención postcosecha

Existen diferentes métodos que permiten reducir, eliminar o controlar la carga microbiana con diferente grado de afectación de las características nutricionales y organolépticas del alimento y con mayor o menor coste.

La **Figura 2** muestra de forma esquemática las medidas de prevención y control a lo largo de la cadena alimentaria desde la producción y cosecha del marisco hasta el consumo señalando los métodos de procesado más habituales y los puntos críticos en la industria y la comercialización (17, 43, 66, 71, 72, 73). El mantenimiento de la cadena del frío y las buenas prácticas de higiene por parte de los manipuladores de alimentos son fundamentales para garantizar la inocuidad del producto (69).

Fig. 2: Medidas de Prevención y Control en la cadena alimentaria



3. Número de microorganismos patógenos consumidos.

No existe una normativa uniforme a nivel internacional que establezca los límites microbiológicos en los alimentos, además la dosis infectiva puede variar entre cepas (27). De forma general se considera que niveles inferiores a 100 NMP/g (Número más probable por gramo) en alimentos crudos y ausencia en 25 g en productos cocidos listos para el consumo son seguros (10, 17).

La **Figura 3** muestra las recomendaciones para el consumidor para reducir el riesgo de infección (28)

Fig. 3: Directrices y recomendaciones para el consumidor para reducir la exposición a *V. parahaemolyticus*



Cocinado de los alimentos.

Refrigeración del pescado y el marisco a $T^{\circ} < 10^{\circ}\text{C}$ y consumirlos dentro de las dos horas siguientes de su extracción del refrigerador.

Lavado de manos.

Agua limpia para el lavado, cocinado de los alimentos y para enfriar crustáceos hervidos.

Evitar la contaminación del pescado con las vísceras y branquias.

Evitar la contaminación cruzada por contacto con superficies o alimentos contaminados sobre todo entre marisco contaminado y carne consumida poco cocinada o preparada en salazón.

Concienciación de la población más susceptible sobre los riesgos de los mariscos y la carne poco cocinados.

Consumo de marisco procedente de proveedores o establecimientos autorizados.

5. CONCLUSIONES

1. *V. parahaemolyticus* es una bacteria ambiental de distribución global cuya elevada presencia en los alimentos marinos supone un riesgo para la seguridad alimentaria, especialmente cuando éstos se consumen crudos o poco cocinados.
2. El aislamiento de cepas resistentes a antimicrobianos en el entorno marino hace que sea considerado un reservorio ambiental de genes de resistencia bacterianos que podrían llegar al hombre a través de los alimentos.
3. La aparición de cepas pandémicas ha supuesto un incremento de la prevalencia de la enfermedad siendo necesaria una vigilancia tanto de la presencia del microorganismo en las aguas como de los factores ambientales que determinan su presencia y patogenicidad.
4. El cambio climático está afectando a la epidemiología de la bacteria aumentando el riesgo de enfermedad en determinadas regiones costeras más afectadas por los cambios climatológicos y provocando una expansión hacia otras regiones hasta ahora no consideradas de riesgo, por lo que *Vibrio parahaemolyticus* puede ser considerado un patógeno emergente.
5. La notificación de la enfermedad no es obligatoria en la mayoría de los países de nuestro entorno, por lo que se considera que la prevalencia está subestimada, lo que impide una adecuada vigilancia epidemiológica de la enfermedad.
6. Las medidas de prevención y control en la producción y comercialización han mostrado ser efectivas para la reducción de la prevalencia de la enfermedad, por lo que es preciso establecer una reglamentación a nivel europeo uniforme que garantice su cumplimiento.
7. Las autoridades y la industria sanitaria deben informar a los consumidores y formar a los manipuladores de alimentos sobre las correctas medidas de higiene y de elaboración de los productos de origen marino para garantizar su inocuidad.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Velázquez-Román, J., León-Sicaños, N., de Jesus Hernández-Díaz, L., & Canizalez-Roman, A. (2014). Pandemic *Vibrio parahaemolyticus* O3:K6 on the American continent. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 3, 110. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.3389/fcimb.2013.00110>
2. Fu, S., Wei, D., Yang, Q., Xie, G., Pang, B., Wang, Y., Lan, R., Wang, Q., Dong, X., Zhang, X., Huang, J., Feng, J., & Liu, Y. (2020). Horizontal Plasmid Transfer Promotes the Dissemination of Asian Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease and Provides a Novel Mechanism for Genetic Exchange and Environmental Adaptation. *MSystems*, 5(2). <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1128/mSystems.00799-19>
3. Ceccarelli, D., Hasan, N. A., Huq, A., & Colwell, R. R. (2013). Distribution and dynamics of epidemic and pandemic *Vibrio parahaemolyticus* virulence factors. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 3, 97. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.3389/fcimb.2013.00097>
4. Baker-Austin, C., Trinanes, J., Gonzalez-Escalona, N., & Martinez-Urtaza, J. (2017). Non-Cholera Vibrios: The Microbial Barometer of Climate Change. *Trends in Microbiology*, 25(1), 76–84. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.tim.2016.09.008>
5. Hara-Kudo, Y., & Kumagai, S. (2014). Impact of seafood regulations for *Vibrio parahaemolyticus* infection and verification by analyses of seafood contamination and infection. *Epidemiology and Infection*, 142(11), 2237–2247. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1017/S0950268814001897>
6. Raszl, S. M., Froelich, B. A., Vieira, C. R. W., Blackwood, A. D., & Noble, R. T. (2016). *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in South America: water, seafood and human infections. *Journal of Applied Microbiology*, 121(5), 1201–1222. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/jam.13246>
7. Jones, E. H., Feldman, K. A., Palmer, A., Butler, E., Blythe, D., & Mitchell, C. S. (2013). *Vibrio* infections and surveillance in Maryland, 2002–2008. *Public Health Reports (Washington, D.C. : 1974)*, 128(6), 537–545.
8. FAO/WHO [Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization]. 2011. Risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in seafood: Interpretative summary and Technical report. Microbiological Risk Assessment Series No. 16. Rome. 193pp
9. Newton, A., Garrett, N., Stroika, S., Halpin, J., Turnsek, M., & Mody, R. (2014). Increase in *Vibrio parahaemolyticus* Infections Associated with Consumption of Atlantic Coast Shellfish — 2013. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 63(15), 335–336.
10. Buelga, J. Á. S., Pons, R. M. G., Fandos, M. E. G., Guix, S., Gómez, A. P., & Lázaro, D. R. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre la prospección de peligros biológicos de interés en seguridad alimentaria en España. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, (28), 11–67.
11. Semenza, J. C., Trinanes, J., Lohr, W., Sudre, B., Löfdahl, M., Martinez-Urtaza, J., Nichols, G. L., & Rocklöv, J. (2017). Environmental Suitability of *Vibrio* Infections in a Warming Climate: An Early Warning System. *Environmental Health Perspectives*, 125(10), 107004. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1289/EHP2198>
12. Vezzulli, L., Pezzati, E., Brettar, I., Höfle, M., & Pruzzo, C. (2015). Effects of Global Warming on *Vibrio* Ecology. *Microbiology Spectrum*, 3(3). <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1128/microbiolspec.VE-0004-2014>
13. Robert-Pillot, A., Copin, S., Himber, C., Gay, M., & Quilici, M.-L. (2014). Occurrence of the three major *Vibrio* species pathogenic for human in seafood products consumed in France using real-time PCR. *International Journal of Food Microbiology*, 189, 75–81. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.014>

14. Lee, S. H., Lee, H. J., Myung, G. E., Choi, E. J., Kim, I. A., Jeong, Y. I., Park, G. J., & Soh, S. M. (2019). Distribution of Pathogenic *Vibrio* Species in the Coastal Seawater of South Korea (2017-2018). *Osong Public Health and Research Perspectives*, 10(6), 337–342. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.24171/j.phrp.2019.10.6.03>
15. Changchai, N., & Saunjit, S. (2014). Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in retail raw oysters from the eastern coast of Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 45(3), 662–669.
16. Yingkajorn, M., Sermwitayawong, N., Palittapongarnpimp, P., Nishibuchi, M., Robins, W. P., Mekalanos, J. J., & Vuddhakul, V. (2014). *Vibrio parahaemolyticus* and its specific bacteriophages as an indicator in cockles (*Anadara granosa*) for the risk of *V. parahaemolyticus* infection in Southern Thailand. *Microbial Ecology*, 67(4), 849–856. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1007/s00248-014-0382-9>
17. Hara-Kudo, Y., Saito, S., Ohtsuka, K., Yamasaki, S., Yahiro, S., Nishio, T., Iwade, Y., Otomo, Y., Konuma, H., Tanaka, H., Nakagawa, H., Sugiyama, K., Sugita-Konishi, Y., & Kumagai, S. (2012). Characteristics of a sharp decrease in *Vibrio parahaemolyticus* infections and seafood contamination in Japan. *International Journal of Food Microbiology*, 157(1), 95–101. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.04.019>
18. Yen, N. T. P., Nhung, N. T., Van, N. T. B., Cuong, N. V., Tien Chau, L. T., Trinh, H. N., Tuat, C. V., Tu, N. D., Phu Huong Lan, N., Campbell, J., Thwaites, G., Baker, S., & Carrique-Mas, J. (2020). Antimicrobial residues, non-typhoidal *Salmonella*, *Vibrio* spp. and associated microbiological hazards in retail shrimps purchased in Ho Chi Minh city (Vietnam). *Food Control*, 107, 106756. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.foodcont.2019.106756>
19. Lei, T., Jiang, F., He, M., Zhang, J., Zeng, H., Chen, M., Pang, R., Wu, S., Wei, L., Wang, J., Ding, Y., & Wu, Q. (2020). Prevalence, virulence, antimicrobial resistance, and molecular characterization of fluoroquinolone resistance of *Vibrio parahaemolyticus* from different types of food samples in China. *International Journal of Food Microbiology*, 317, 108461. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108461>
20. Miller, M. A., Byrne, B. A., Jang, S. S., Dodd, E. M., Dorfmeier, E., Harris, M. D., Ames, J., Paradies, D., Worcester, K., Jessup, D. A., & Miller, W. A. (2010). Enteric bacterial pathogen detection in southern sea otters (*Enhydra lutris nereis*) is associated with coastal urbanization and freshwater runoff. *Veterinary Research*, 41(1), 1. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1051/vetres/2009049>
21. Rodgers, C., Parveen, S., Chigbu, P., Jacobs, J., Rhodes, M., & Harter-Dennis, J. (2014). Prevalence of *Vibrio parahaemolyticus*, and *Vibrio vulnificus* in blue crabs (*Callinectes sapidus*), seawater and sediments of the Maryland Coastal Bays. *Journal of Applied Microbiology*, 117(4), 1198–1209. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/jam.12608>
22. Mannas, H., Mimouni, R., Chaouqy, N. *et al.* Occurrence of *Vibrio* and *Salmonella* species in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Moroccan Atlantic coast. *SpringerPlus* 3, 265 (2014). <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-265>
23. Traoré, S. G., Bonfoh, B., Krabi, R., Odermatt, P., Utzinger, J., Rose, K.-N., Tanner, M., Frey, J., Quilici, M.-L., & Koussémon, M. (2012). Risk of *Vibrio* transmission linked to the consumption of crustaceans in coastal towns of Côte d'Ivoire. *Journal of Food Protection*, 75(6), 1004–1011. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.4315/0362-028X.JFP-11-472>
24. Alaboudi, A. R., Ababneh, M., Osaili, T. M., & Al Shloul, K. (2016). Detection, Identification, and Prevalence of Pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in Fish and Coastal Environment in Jordan. *Journal of Food Science*, 81(1), M130–M134. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/1750-3841.13151>
25. Huehn, S., Eichhorn, C., Urmersbach, S., Breidenbach, J., Bechlars, S., Bier, N., Alter, T., Bartelt, E., Frank, C., Oberheitmann, B., Gunzer, F., Brennholt, N., Böer, S., Appel, B.,

- Dieckmann, R., & Strauch, E. (2014). Pathogenic vibrios in environmental, seafood and clinical sources in Germany. *International Journal of Medical Microbiology : IJMM*, 304(7), 843–850. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijmm.2014.07.010>
26. Castro, A. M. R. (2013). *Origen, distribución y caracterización de" vibrios" patógenos humanos en el medio ambiente marino de Galicia* (Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela).
 27. DePaola, A., Jones, J. L., Woods, J., Burkhardt, W., 3rd, Calci, K. R., Krantz, J. A., Bowers, J. C., Kasturi, K., Byars, R. H., Jacobs, E., Williams-Hill, D., & Nabe, K. (2010). Bacterial and viral pathogens in live oysters: 2007 United States market survey. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(9), 2754–2768. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1128/AEM.02590-09>
 28. Liu, J., Bai, L., Li, W., Han, H., Fu, P., Ma, X., Bi, Z., Yang, X., Zhang, X., Zhen, S., Deng, X., Liu, X., & Guo, Y. (2018). Trends of foodborne diseases in China: lessons from laboratory-based surveillance since 2011. *Frontiers of Medicine*, 12(1), 48–57. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1007/s11684-017-0608-6>
 29. Zhou, M., Chen, W., Shi, C., Wang, H., & Shi, X. (2018). Combination of Multilocus Sequence Typing and GS-PCR Reveals an Association of Pandemic *Vibrio parahaemolyticus* Clone with Clinical and Seafood Isolates. *Journal of Food Science*, 83(10), 2536–2543. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/1750-3841.14335>
 30. European Food Safety Authority (EFSA) and ECDC. (2019). Scientific report on the European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal*.
 31. Chen, J., Zhang, R., Qi, Xiaojuan, Z., Biao, W., Jikai, Ch., Ying, & Zhang, H. (2017). Epidemiology of foodborne disease outbreaks caused by *Vibrio parahaemolyticus* during 2010–2014 in Zhejiang Province, China. *Food Control*, 77, 110-115.
 32. Hsiao, H.I., Jan, M.-S., & Chi, H.-J. (2016). Impacts of Climatic Variability on *Vibrio parahaemolyticus* Outbreaks in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2), 188. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.3390/ijerph13020188>
 33. Jung, S.-W. (2018). A foodborne outbreak of gastroenteritis caused by *Vibrio parahaemolyticus* associated with cross-contamination from squid in Korea. *Epidemiology and Health*, 40, e2018056. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.4178/epih.e2018056>
 34. Slayton, R. B., Newton, A. E., Depaola, A., Jones, J. L., & Mahon, B. E. (2014). Clam-associated vibriosis, USA, 1988-2010. *Epidemiology and Infection*, 142(5), 1083–1088. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1017/S0950268813001830>
 35. Haendiges, J., Rock, M., Myers, R. A., Brown, E. W., Evans, P., & Gonzalez-Escalona, N. (2014). Pandemic *Vibrio parahaemolyticus*, Maryland, USA, 2012. *Emerging Infectious Diseases*, 20(4), 718–720. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.3201/eid2004.130818>
 36. Konrad, S., Paduraru, P., Romero-Barrios, P., Henderson, S. B., & Galanis, E. (2017). Remote sensing measurements of sea surface temperature as an indicator of *Vibrio parahaemolyticus* in oyster meat and human illnesses. *Environmental Health : A Global Access Science Source*, 16(1), 92. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1186/s12940-017-0301-x>
 37. Martinez-Urtaza, J., Trinanes, J., Abanto, M., Lozano-Leon, A., Llovo-Taboada, J., Garcia-Campello, M., Pousa, A., Powell, A., Baker-Austin, C., & Gonzalez-Escalona, N. (2018). Epidemic Dynamics of *Vibrio parahaemolyticus* Illness in a Hotspot of Disease Emergence, Galicia, Spain. *Emerging Infectious Diseases*, 24(5), 852–859. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.3201/eid2405.171700>
 38. Martinez-Urtaza, J., van Aerle, R., Abanto, M., Haendiges, J., Myers, R. A., Trinanes, J., Baker-Austin, C., & Gonzalez-Escalona, N. (2017). Genomic Variation and Evolution of *Vibrio parahaemolyticus* ST36 over the Course of a Transcontinental Epidemic Expansion. *MBio*, 8(6). <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1128/mBio.01425-17>

39. Gonzalez-Escalona, N., Jolley, K. A., Reed, E., & Martinez-Urtaza, J. (2017). Defining a Core Genome Multilocus Sequence Typing Scheme for the Global Epidemiology of *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal of Clinical Microbiology*, 55(6), 1682–1697. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1128/JCM.00227-17>
40. Logar-Henderson, C., Ling, R., Tuite, A. R., & Fisman, D. N. (2019). Effects of large-scale oceanic phenomena on non-cholera vibriosis incidence in the United States: implications for climate change. *Epidemiology and Infection*, 147, e243. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1017/S0950268819001316>
41. Xu, F., Gonzalez-Escalona, N., Drees, K. P., Sebra, R. P., Cooper, V. S., Jones, S. H., & Whistler, C. A. (2017). Parallel Evolution of Two Clades of an Atlantic-Endemic Pathogenic Lineage of *Vibrio parahaemolyticus* by Independent Acquisition of Related Pathogenicity Islands. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(18). <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1128/AEM.01168-17>
42. Abanto, M., Gavilan, R. G., Baker-Austin, C., Gonzalez-Escalona, N., & Martinez-Urtaza, J. (2020). Global Expansion of Pacific Northwest *Vibrio parahaemolyticus* Sequence Type 36. *Emerging Infectious Diseases*, 26(2), 323–326. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.3201/eid2602.190362>
43. Liao, Y., Li, Y., Wu, S., Mou, J., Xu, Z., Cui, R., Klena, J. D., Shi, X., Lu, Y., Qiu, Y., Lin, Y., Xie, X., Ma, H., Li, Z., Yu, H., Varma, J. K., Ran, L., Hu, Q., & Cheng, J. (2015). Risk Factors for *Vibrio parahaemolyticus* Infection in a Southern Coastal Region of China. *Foodborne Pathogens and Disease*, 12(11), 881–886. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1089/fpd.2015.1988>
44. Yan, W. X., Dai, Y., Zhou, Y. J., Liu, H., Duan, S. G., Han, H. H., & Chen, Y. (2015). Risk factors for sporadic *Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis in east China: a matched case-control study. *Epidemiology and Infection*, 143(5), 1020–1028. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1017/S0950268814001599>
45. Jiang, Y., Chu, Y., Xie, G., Li, F., Wang, L., Huang, J., Zhai, Y., & Yao, L. (2019). Antimicrobial resistance, virulence and genetic relationship of *Vibrio parahaemolyticus* in seafood from coasts of Bohai Sea and Yellow Sea, China. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 116–124. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.10.005>
46. Mok, J. S., Ryu, A., Kwon, J. Y., Park, K., & Shim, K. B. (2019). Abundance, antimicrobial resistance, and virulence of pathogenic *Vibrio* strains from molluscan shellfish farms along the Korean coast. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110559. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.marpolbul.2019.110559>
47. Shaw KS, Goldstein RER, He X, Jacobs JM, Crump BC, Sapkota AR (2014) Antimicrobial susceptibility of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* recovered from recreational and commercial areas of Chesapeake Bay and Maryland Coastal Bays. *PLoS One* 9:1–11
48. Yang, C., Zhang, X., Fan, H., Li, Y., Hu, Q., Yang, R., & Cui, Y. (2019). Genetic diversity, virulence factors and farm-to-table spread pattern of *Vibrio parahaemolyticus* food-associated isolates. *Food Microbiology*, 84, 103270. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.fm.2019.103270>
49. Schijven, J., Bouwknegt, M., de Roda Husman, A. M., Rutjes, S., Sudre, B., Suk, J. E., & Semenza, J. C. (2013). A decision support tool to compare waterborne and foodborne infection and/or illness risks associated with climate change. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 33(12), 2154–2167. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/risa.12077>
50. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Climate change: Unpacking the burden on food safety. Food safety and quality series No. 8. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8185en>
51. Vezzulli, L., Grande, C., Reid, P. C., Hélaouët, P., Edwards, M., Höfle, M. G., Brettar, I., Colwell, R. R., & Pruzzo, C. (2016). Climate influence on *Vibrio* and associated human

- diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113(34), E5062–E5071. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1073/pnas.1609157113>
52. Ebi, K. L., Ogden, N. H., Semenza, J. C., & Woodward, A. (2017). Detecting and Attributing Health Burdens to Climate Change. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 085004. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1289/EHP1509>
 53. Levy, S. (2015). Warming trend: how climate shapes *Vibrio* ecology. *Environmental Health Perspectives*, 123(4), A82–A89. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1289/ehp.123-A82>
 54. Sterk, A., Schets, F. M., de Roda Husman, A. M., de Nijs, T., & Schijven, J. F. (2015). Effect of Climate Change on the Concentration and Associated Risks of *Vibrio* Spp. in Dutch Recreational Waters. *Risk Analysis : An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 35(9), 1717–1729. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/risa.12365>
 55. Galanis, E., Otterstatter, M., & Taylor, M. (2020). Measuring the impact of sea surface temperature on the human incidence of *Vibrio* sp. infection in British Columbia, Canada, 1992-2017. *Environmental Health : A Global Access Science Source*, 19(1), 58. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1186/s12940-020-00605-x>
 56. World Health Organization (WHO). (2010). Safe management of shellfish and harvest waters. Edited by G. Rees, K. Pond, D. Kay, J. Bartram and J. Santo Domingo.
 57. Jones, J. L., Lydon, K. A., Kinsey, T. P., Friedman, B., Curtis, M., Schuster, R., & Bowers, J. C. (2017). Effects of ambient exposure, refrigeration, and icing on *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* abundances in oysters. *International Journal of Food Microbiology*, 253, 54–58. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.04.016>
 58. Zhang, H., & Chen, M. (2018). Comparison of Different Methods to Identify tdh-Positive Pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* Isolates. *Current Microbiology*, 75(1), 1–5. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1007/s00284-017-1332-9>
 59. Wang, H., Tang, X., Su, Y.-C., Chen, J., & Yan, J. (2017). Characterization of clinical *Vibrio parahaemolyticus* strains in Zhoushan, China, from 2013 to 2014. *PloS One*, 12(7), e0180335. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1371/journal.pone.0180335>
 60. Flynn, A., Davis, B. J. K., Atherly, E., Olson, G., Bowers, J. C., DePaola, A., & Curriero, F. C. (2019). Associations of Environmental Conditions and *Vibrio parahaemolyticus* Genetic Markers in Washington State Pacific Oysters. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2797. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.3389/fmicb.2019.02797>
 61. Reglamento (CE) Nº 853/2004 Del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32004R0853>
 62. Taylor, M. A., Yu, J. W., Howell, T. L., & Jones, S. H. (2018). Varying Success of Relaying To Reduce *Vibrio parahaemolyticus* Levels in Oysters (*Crassostrea virginica*). *Journal of Food Protection*, 81(4), 659–669. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.4315/0362-028X.JFP-17-363>
 63. Parveen, S., Jahncke, M., Elmahdi, S., Crocker, H., Bowers, J., White, C., Gray, S., Morris, A. C., & Brohawn, K. (2017). High Salinity Relaying to Reduce *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in Chesapeake Bay Oysters (*Crassostrea virginica*). *Journal of Food Science*, 82(2), 484–491. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/1750-3841.13584>
 64. Shen, X., Hou, Y., Su, Y.-C., Liu, C., Oscar, T., & DePaola, A. (2019). Efficacy of *Vibrio parahaemolyticus* depuration in oysters (*Crassostrea gigas*). *Food Microbiology*, 79, 35–40. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.fm.2018.10.005>
 65. Su, Y.-C., Yang, Q., & Häse, C. (2010). Refrigerated seawater depuration for reducing *Vibrio parahaemolyticus* contamination in pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal of Food Protection*, 73(6), 1111–1115.

66. Wang, W., Li, M., & Li, Y. (2015). Intervention strategies for reducing *Vibrio parahaemolyticus* in seafood: a review. *Journal of Food Science*, 80(1), R10–R19. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/1750-3841.12727>
67. Zhang, H., Yang, Z., Zhou, Y., Bao, H., Wang, R., Li, T., Pang, M., Sun, L., & Zhou, X. (2018). Application of a phage in decontaminating *Vibrio parahaemolyticus* in oysters. *International Journal of Food Microbiology*, 275, 24–31. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.03.027>
68. Jun, J. W., Kim, H. J., Yun, S. K., Chai, J. Y., & Park, S. C. (2014). Eating oysters without risk of vibriosis: application of a bacteriophage against *Vibrio parahaemolyticus* in oysters. *International Journal of Food Microbiology*, 188, 31–35. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.007>
69. Love, D. C., Lane, R. M., Davis, B. J. K., Clancy, K., Fry, J. P., Harding, J., & Hudson, B. (2019). Performance of Cold Chains for Chesapeake Bay Farmed Oysters and Modeled Growth of *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal of Food Protection*, 82(1), 168–178. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.4315/0362-028X.JFP-18-044>
70. Lydon, K. A., Farrell-Evans, M., & Jones, J. L. (2015). Evaluation of Ice Slurries as a Control for Postharvest Growth of *Vibrio* spp. in Oysters and Potential for Filth Contamination. *Journal of Food Protection*, 78(7), 1375–1379. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.4315/0362-028X.JFP-14-557>
71. Martinez-Urtaza, J., Powell, A., Jansa, J., Rey, J. L. C., Montero, O. P., Campello, M. G., López, M. J. Z., Pousa, A., Valles, M. J. F., Trinanés, J., Hervio-Heath, D., Keay, W., Bayley, A., Hartnell, R., & Baker-Austin, C. (2016). Epidemiological investigation of a foodborne outbreak in Spain associated with U.S. West Coast genotypes of *Vibrio parahaemolyticus*. *SpringerPlus*, 5, 87. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1186/s40064-016-1728-1>
72. Malcolm, T. T. H., Chang, W. S., Loo, Y. Y., Cheah, Y. K., Radzi, C. W. J. W. M., Kantilal, H. K., Nishibuchi, M., & Son, R. (2018). Simulation of improper food hygiene practices: A quantitative assessment of *Vibrio parahaemolyticus* distribution. *International Journal of Food Microbiology*, 284, 112–119. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.012>
73. Vu, T. T. T., Alter, T., Braun, P. G., Dittrich, A. J., & Huehn, S. (2018). Inactivation of *Vibrio* sp. in pure cultures and mussel homogenates using high hydrostatic pressure. *Letters in Applied Microbiology*, 67(3), 220–225. <https://doi-org.accedys2.bbtck.ull.es/10.1111/lam.13044>