



Presencia de *Escherichia coli* en la playa Pucusana, Lima, y su potencial efecto en la salud pública

Presence of by *Escherichia coli* in Pucusana Beach, Lima and its potential effect on public health

Cynthia M. Huayanay - Quevedo ^{1a}, Veronica Aldoradin Basilio ^{1b}, Alcides Guerra Santa Cruz ^{1c}

¹ Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
^a Biólogo microbiólogo; ^b Egresada en Biología; ^c Licenciado en Biología.

Correspondencia

Cynthia M. Huayanay Quevedo
charmingcynthita@hotmail.com

Recibido: 10/01/2022

Arbitrado por pares

Aprobado: 04/04/2022

Citar como: Huayanay-Quevedo C, Aldoradin-Basilio V & Guerra-Santa Cruz A. Presencia de *Escherichia coli* en la playa Pucusana, Lima y su potencial efecto en la Salud Pública. *Acta Med Peru.* 2022; 39(1): 031-9. doi: <https://doi.org/10.35663/amp.2022.391.2305>

Este es un artículo Open Access publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 Internacional. (CC-BY 4.0)



RESUMEN

Objetivo: Determinar los valores de la bacteria e indicador fecal *Escherichia coli* (EC) para aguas de mar de uso seguro y recreacional de la playa Pucusana, Lima. **Materiales y Métodos:** Las campañas de muestreos se realizaron una vez por semana en el estío del 2019 y fueron procesados en el Laboratorio de Microbiología de la FCB de la Universidad Ricardo Palma mediante colimetría y el método del número más probable (NMP). **Resultados:** Se comprobó la presencia de EC en todas las muestras analizadas, con valores promedio superiores a 1000 NMP/100 ml. en todas las muestras recogidas. Diez cepas fueron enviadas al INS que determinó que no existe ningún serotipo patogénico, y de acuerdo con regulación peruana la calificación es inaceptable. **Conclusiones:** Se demuestra la carencia de salubridad ambiental y su relevancia en salud pública. Los factores de riesgo son producidos principalmente por la producción y vertido de las aguas residuales llevados por los colectores al mar y aunque una importante proporción de estas aguas son procesadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Pucusana se identificaron vertimientos domésticos y municipales que descargan al Pacífico, problemática que debe tener un buen manejo y fiscalización ambiental porque deteriora el medio ambiente sobre todo los mares.

Palabras claves: *Escherichia coli*; Salud Pública; Salubridad Ambiental; Disentería; Aguas Residuales; Colectores; Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. (Fuente: DeCS BIREME).

ABSTRACT

Objective: To determine the values of the bacteria and fecal indicator *Escherichia coli* (EC) for seawater of safe and recreational use of the Pucusana beach, Lima. **Materials and Methods:** The campaigns of samplings were carried out once a week in the summer of 2019 and were processed in the microbiology laboratory of the Faculty of Biological Sciences (FCB) of the Ricardo Palma University using colimetry and the method of the most probable number (NMP). **Results:** The presence of EC was verified in all the analyzed samples, with average values higher than 1000 MPN/100 ml. in all collected samples. **Conclusions:** The lack of environmental health and its relevance in public health is demonstrated. The risk factors are produced mainly by the production and discharge of wastewater. residuals carried by the collectors to the sea and although an important proportion of these waters are processed at the PTAR Pucusana Wastewater Treatment Plant. Domestic and municipal discharges that discharge into the Pacific were identified, a problem that must have good management and environmental control because it deteriorates the environment and the seas.

Key words: *Escherichia coli*; Public Health; Environmental Salubrity; Disentería; Waste Water; Sewers Collectors; Wasterwater Treatment Plants. (Source: MeSH NLM).

INTRODUCCIÓN

En el Perú las playas de su litoral están siendo contaminadas por diversas actividades humanas y la contaminación fecal no solo constituye riesgo en la salud de las personas, también en los recursos pesqueros y el medio ambiente. La insuficiente infraestructura de saneamiento y las inadecuadas condiciones higiénico – sanitarias, así como los hábitos de los veraneantes pueden ser consideradas dentro del conjunto de los determinantes de la salud, nombre designado a diversos factores por Marc Lalonde en su informe de gran influencia mundial en la salud pública que señala que cualquier dificultad en salud puede rastrearse a uno o a la combinación de los cuatro elementos: biología humana, medio ambiente, estilos de vida y atención sanitaria.^[1] La playa Pucusana, conocida por su uso recreativo y turístico, nos proporciona recursos hidrobiológicos y es muy concurrida en los meses de verano, se encuentra en constante presión por la contaminación. En general, esta polución es producida por tres fuentes principales que impactan en aguas de mar de uso recreativo, las cuales son desagües domésticos e industriales no tratados, descargas de ríos y otros cursos de agua, y las que provienen directamente de los bañistas.^[2] La población desconoce los vertidos y estos presentan un efecto directo sobre los seres vivos porque existe cercana relación entre esta polución y la salud de los habitantes. Variadas formas de contaminación fecal transmiten diversas bacterias, y según investigaciones *Escherichia coli* puede representar el microorganismo más estudiado. Lima genera aproximadamente 1 202 286 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado, solo el 20,5 % de estas recibe tratamiento y cada habitante en Lima produce 145 litros de este tipo de agua al día.^[3] El estudio de la calidad microbiológica de las aguas marinas que bañan las playas de cualquier ciudad es de vital importancia para conocer los potenciales impactos que tendrá sobre la salud pública de la población que usa las franjas costeras como zonas de esparcimiento.^[4] Esta contaminación es frecuente

a nivel mundial, aunque el medio ambiente tiene una capacidad natural de absorción y de autolimpieza, si se la sobrepasa, la biodiversidad se pierde, las fuentes naturales de alimentos por ejemplo los peces se deterioran y se generan costos de limpieza extremadamente elevados.^[5] La problemática de los desechos domésticos e industriales se produce porque estos se descargan a nuestros mares sin tratamientos previos o mecanismos insuficientes, generando impacto en los ecosistemas, sus recursos hidrobiológicos y en sus principales visitantes que conlleva a la preocupación pública en salud. En el Perú se emplea tres criterios de evaluación para considerar una playa saludable: la calidad microbiológica de las aguas de mar, la limpieza de las playas y recipientes para residuos sólidos, y el control de servicios higiénicos^[6], en esta investigación aplicaremos principalmente el primer componente. La alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido de la calidad microbiana del agua es el uso de indicadores de contaminación fecal.^[7] La calidad de las aguas del mar del litoral peruano según las densidades de coliformes termo tolerantes indica si la playa es propia o impropia.^[8] La OMS establece que la presencia de *Escherichia coli* y *Streptococcus fecales* son indicadores de la contaminación fecal en aguas costeras, por consiguiente, se deben realizar constantes estudios para conocer la magnitud de la calidad bacteriana de las playas de nuestro litoral. La gestión de este recurso esencial es clave en el futuro sostenible.

Existen protocolos y manuales para identificar cada tipo de bacteria fecal, la presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición^[9], los coliformes termo tolerantes son muy utilizados en los estudios, entre estos el principal indicador de contaminación fecal reciente es *Escherichia coli* que presenta relación específica con este tipo de desechos por persistir por largos períodos de tiempo en el agua; y por demostrar resistencia a diversas concentraciones de antibióticos Cefalosporinas de tercera generación.^[10, 11] La natación es

un factor de riesgo para las infecciones del tracto urinario causadas por *Escherichia coli* productora de Betalactamasas de Espectro Extendido BLEE que ha logrado producir resistencia a los antimicrobianos.^[11, 12] Patógeno que se puede encontrar en las aguas de mar no aptas para los bañistas y que podrían perjudicar la salud siendo de relevancia en la salud poblacional de la capital peruana. Una bacteria fecal presenta importancia en la salud pública por su impacto en la morbi-mortalidad de la población principalmente en la infantil.^[13] En nuestro medio son tres los patógenos más prevalentes a nivel comunitario en niños, entre ellos la especie *Escherichia coli* diarrogénica, siendo la diarrea la tercera causa de muerte en niños menores de cinco años.^[13] No obstante, según análisis moleculares del INS revelan que las cepas de Pucusana que previamente analizamos en colimetrano presentan alta patogenicidad para el bañista porque no pertenecen a ninguna variedad peligrosa, resolución favorable porque la diarrea humana causada por *Escherichia coli* Enterotoxigénica ETEC resulta en casi 800 000 muertes cada año, la mayoría de estos casos ocurren en países subdesarrollados y estas cepas son adquiridas por la ingestión o manipulación de agua y comida contaminadas.^[14]

Uno de los problemas sanitarios más críticos en los países de América Latina es la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento, las cuales contaminan los recursos hídricos superficiales, subterráneos y las zonas costeras^[7] donde permanecen coliformes totales y fecales. Los resultados de muestreos obtenidos el año 2019 en la Playa Pucusana exceden los límites permitidos según el MINSA, pudiendo generar infecciones intestinales en los veraneantes. Y muchas de las enfermedades más mortíferas son las diarreas y es de prever que se agravarán con el cambio climático debido a la falta de recursos naturales como el agua y la carencia de saneamiento. Las playas del litoral son bienes de uso público, inalienables e imprescriptibles^[15], y el baño en el agua puede representar un riesgo para la salud por ello es necesario determinar su calidad

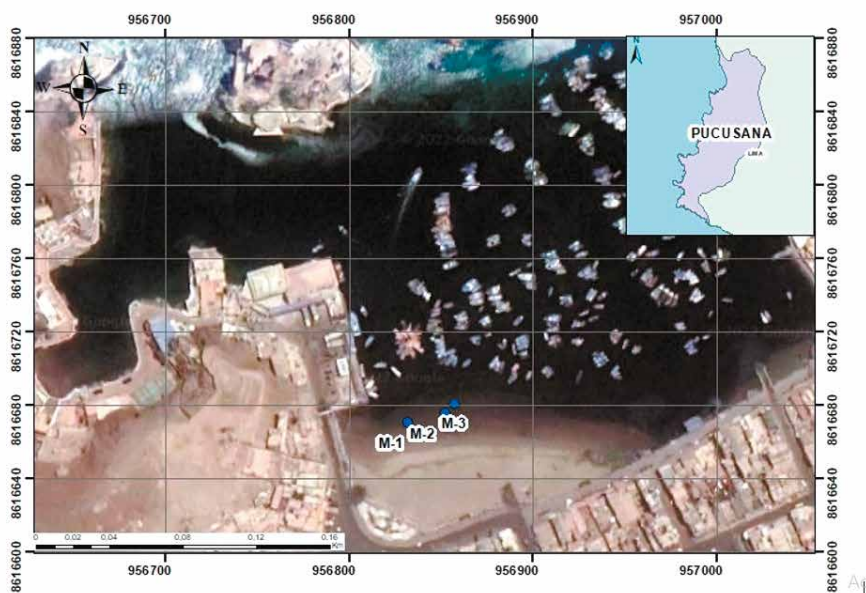
microbiana.^[16] Más del 80 % de las aguas residuales resultantes de actividades humanas se vierten en los ríos o el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación^[17] y cada día alrededor de mil ochocientos niños a nivel mundial mueren debido a enfermedades diarreicas que están relacionadas con el agua, el saneamiento y la higiene.^[18] En el litoral marino de Pucusana existen fuentes contaminantes como los vertimientos de aguas residuales domésticas y municipales vaciadas a través de colectores y conexiones domiciliarias sin tratamiento.

El océano es responsable de todos los seres vivos que habitan el planeta Tierra, nos proporciona agua potable, alimentos, medicación, minerales, oxígeno, absorbe casi el 30 por ciento del dióxido de Carbono producido por los humanos y el perjuicio que le causamos nos perjudica a nosotros mismos.^[19] El Estado Peruano mediante sus autoridades, investigadores, equipo técnico y colaboradores debe hacer uso de la apropiada gestión ambiental, incentivar la relevancia de la investigación, lograr el compromiso de los pobladores, convertir al veraneante en bañista responsable donde participemos todos y así alcanzar un planeta y mares más sanos y sostenibles porque la vida en la Tierra depende de los océanos, en este global sentido y de imperioso menester nuestro objetivo es conocer los valores de la bacteria *Escherichia coli* en las aguas de mar de la playa Pucusana y su posible efecto en la salud pública.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bases Teóricas

Numeración de Coliformes Totales y Fecales: El método de fermentación de tubos múltiples se utiliza desde hace ochenta años como técnica de monitoreo de la calidad de agua⁷ con las consiguientes ediciones corregidas.



Ubicación de Puntos de Muestreo

Fuente: Google Earth 2022

Calidad del Agua

La calidad biológica del agua es un modo de definir la riqueza biológica y el valor ambiental de las comunidades de seres vivos asociados al ecosistema.^[7] Una disminución de su valor disponible provoca efectos negativos graves para los ecosistemas.

La vigilancia de la calidad del agua se efectúa mediante la búsqueda de indicadores de contaminación fecal aprobados por los estándares internacionales y nacionales.^[20]

Área del Lugar de Investigación

La playa Pucusana se encuentra dentro de la Bahía de Pucusana entre los grados de Latitud 12° 28' 54" Sur y la Longitud 76° 47' 51" Oeste. Presenta ocho metros de altitud en Pucusana pueblo, frente al balneario. Esta playa conjuntamente con otras cinco playas turísticas del distrito puede recibir en verano 40 000 visitantes aproximadamente.^[21]

Nuestros puntos de colecta de muestras en la playa Pucusana fueron P1: S 12° 28.840' HO 76° 47.958'; P2: S 12° 28.837' HO 76° 47.947'; P3: S 12° 28.834' HO 76° 47.941'

Muestreo del Agua de Mar

Las campañas de muestreos del agua de mar de la playa Pucusana, de oleaje tranquilo, frente al balneario del mismo nombre, aproximadamente en el kilómetro 60 de la Panamericana Sur, en la zona donde existía más afluencia de bañistas, se realizaron entre los meses de enero a marzo del año 2019, una vez por semana, siendo el día martes la toma en tres puntos de muestreo. Se realizaron mediciones de la temperatura del mar, el pH y la georreferenciación. Se colectó la muestra donde la profundidad del agua llegue a un 1 metro aproximadamente y a 30 cm bajo la superficie del agua^[22], se introdujo un frasco estéril, luego se retiró el frasco con 150 ml de agua de mar, se cerró para la rotulación respectiva y se repitió el proceso en los siguientes puntos de muestreo. Se trasladaron en una caja térmica almacenados a ≤6°C y en oscuridad^[23], conservadas en hielo con gel refrigerante para su traslado al laboratorio, con el fin de evitar que los microorganismos se siguieran reproduciendo^[24] y procesadas antes de las cuatro horas siguientes en el Laboratorio de Microbiología de la FCB de la Universidad Ricardo Palma.

Análisis Microbiológico

Pruebas Presuntivas y Confirmatorias para Coliformes

Los análisis se realizaron cada semana utilizando el método de fermentación de tubos múltiples (FTM)^[25] y se expresan en términos del número más probable de microorganismos presentes⁷, se desarrolló esta técnica inoculando la muestra de agua de mar en una serie de 5 tubos en diluciones decrecientes de 10ml doble concentración, 1 ml y 0,1 ml de simple concentración en caldo E.C., Lauril, LB y otros medios de cultivo que se incubaron en la estufa durante 24 horas a 37° C,

estos tubos presumiblemente positivos fueron sometidos a las pruebas confirmatorias siguientes. Los tubos con caldo Verde Brilla Brillante y campanas de Durham, a concentraciones como las anteriores fueron inoculados con las muestras sospechosas de los tubos positivos anteriores de la prueba presuntiva incubados en baño María a 44,5°C por 24 horas. Se realizaron repeticiones en estos procedimientos. Para confirmar el crecimiento de bacterias se observó la positividad de las burbujas y la fermentación del medio de cultivo en los grupos con tubillos de Durham que se encontraban invertidos en los respectivos tubos, estos resultados se denotan en la tabla de Hoskins de cálculo NMP y se expresan en NMP/ 100ml.

Prueba de Aislamiento. Siembra de *Escherichia coli* en medios de cultivo de Enriquecimiento Selectivo: Mac Conkey, EMB

Se inoculó de las muestras positivas de las pruebas confirmatorias para sembrarlas en forma de estrías en la superficie del agar Mac Conkey y agar EMB de los platos Petri, y se observó las colonias del coliforme fecal después de 24 horas de incubadas. Con la técnica Gram, tinción rápida para observar mejor microorganismos bajo el lente, se confirmó en el microscopio óptico la presencia de *Escherichia coli* por su morfología en las colonias.

Pruebas Bioquímicas

Las cepas presuntivas fueron testeadas mediante pruebas bioquímicas utilizando la colonia sospechosa en el Agar Mc Conkey e inoculando en estría en medios diferenciales como TSI, LIA en la parte inclinada e incubando según protocolo.^[26] Y se utilizaron otros medios como Caldo lactosado, Citrato, SIM, Urea, sembrando 30 a 50 tubos para cada medio. Se comprobó el crecimiento bacteriano después de 24 horas.

RESULTADOS

Los coliformes fecales o termo tolerantes están representados por *Escherichia colicuya* fórmula es $CF = \frac{NMP}{100 \text{ ml}}$ y el rango de valor permitido es 0 – 200^[27], y si es mayor a 1000 NMP/100 ml la calificación es mala^[6].

Los análisis demuestran en todos los puntos de muestreo tomados semanalmente la presencia de *Escherichia coli* sp en las concentraciones de 10, 1 y 0,1 ml, presentando elevados recuentos; se comparó con la Tabla de Hoskins de cálculo NMP para el uso de diversas combinaciones, es decir en la serie de cinco tubos de resultados positivos, contaminación que excede los límites máximos permisibles según lo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, excedieron los valores permitidos por los ECA. En el 30,6 % (Tabla 1) se obtuvieron los valores más altos durante los recuentos, el promedio más bajo de los análisis con límites no permitidos con 213,33 NMP /100 ml (Tabla 2). El mayor recuento de este coliforme fue 3000 NMP / 100 ml, punto más crítico, y en los restantes tubos el valor menor encontrado 170 NMP / 100 ml

Tabla 1. Recuento de *Escherichia coli* de acuerdo a la Tabla de Hoskins y según la fórmula correspondiente, en la Playa Pucusana

Punto de Muestreo	P1 Valores NMP/100 ml	P2 Valores NMP/100 ml	P3 Valores NMP/100 ml	N° Repeticiones
	3000	3000	3000	2
	3000	3000	3000	2
	3000	3000	3000	2
	1300	1300	3000	2
	340	1100	330	2
	1300	2200	3000	2
	1100	300	300	2
	220	170	170	2
	220	170	300	2
	2200	170	1400	2
	800	170	600	2
	2200	170	340	2
	1556,66	1229,16	1536,66	24

El valor resaltado es el único por debajo de los LMP según los ECA para Agua 2017 del MINAM

muy distante al resultado grave obtenido. La media de ambos cuadros, de recuento y de promedios presenta valores cercanos denotando el grado de contaminación de este ecosistema costero. Todos los promedios excedieron los LMP y concomitante a las otras variables que indica el MINSa, Pucusana no puede considerarse como una playa saludable. Criterios en la Tabla 3.

Se realizó la inspección ocular de colectores terrestres en los acantilados, mediante una embarcación, uno de estos puntos de vertimientos se encuentra en la parte sur de la playa Figura 1; y detrás de la zona turística denominada Boquerón del Diablo, que son fuentes contaminantes en el litoral marino de la jurisdicción de Pucusana^[28] que no cuentan con la autorización de descargas, demostrándose la presencia de colectas humanas y de otras índoles que contaminan la mencionada playa. Se evidenció un curso de agua residual proveniente del desembarcadero Figura 2. Se puede

Tabla N° 3. Cálculo para el Índice de Calificación Sanitaria de la Playa Pucusana

Variables	Rango de Valor	Puntuación Max	Puntaje	Calificación
Coliformes Fecales	>1000	0,50	0	Mala
Control de Calidad de Limpieza	Limpieza de Playas	0,40	0,20	Regular
	Recipientes para Residuos	0,05	0,05	Presencia
Presencia S.H.		0,05	0	Ausencia
		1,00	0,25	No Saludable

Directiva Sanitaria N° 38-MINSA/ DIGESA, herramienta técnica para la puntuación de la calidad sanitaria de las playas del litoral peruano y de uso obligatorio por el personal de salud

Tabla N° 2. Concentración promedio de *E. coli* de un muestreo y dos repeticiones de cada punto de toma de muestra. Valores NMP/100 ml

	P1	P2	P3
Fecha 1	1733,33	170	780
Fecha 2	3000	3000	3000
Fecha 3	980	1833,33	2100
Fecha 4	513,33	213,33	256,66
Promedio	1556,66	1312,33	1534,16

Media aritmética de tres series de muestreos. Cada grupo de muestreo se repitió con diferentes medios de cultivo

atribuir también relación directa entre la afluencia de bañistas por semanas concurridas y los valores encontrados, no obstante, estos descubrimientos pueden motivarse por las variables ya mencionadas.

La calificación sanitaria que establece el MINSa para las playas indica tres criterios: la calidad microbiológica del mar, la limpieza de playas y la presencia de servicios higiénicos. En nuestra visita semanal a Pucusana determinamos los otros valores mediante la observación con una calificación mala según directriz del MINSa. Tabla N° 3. La playa no estaba limpia, se observaba restos de alimentos y envolturas. Existieron baños portátiles en los meses de febrero y marzo, sin embargo, la mayoría de semanas estos cubículos presentaban candados evitando su uso por los veraneantes. En uno de los ingresos de concreto hacia la playa observamos cuatro recipientes para residuos cerca a la estación del salvavidas, única variable cumplida de los cuatro criterios según el Índice de Calidad Sanitaria de Playas de la Directiva Sanitaria de la DIGESA.

DISCUSIÓN

Numerosas investigaciones se realizan para determinar la calidad del agua para usos recreativos, este conocimiento es indispensable. Nuestro estudio se realizó en los meses de verano, en la zona de bañistas. Las concentraciones más críticas de *Escherichia coli* fueron de 3000 NMP /100 ml, y aunque sólo



Figura 1. Tubería que descarga aguas residuales en el mar de Pucusana. La presencia de estos elementos es evidente en esta playa.

el 16,7 % alcanzó 170 NMP / 100ml, la diferencia es notable. Los datos son significativos y el resultado es preocupante, que pueden generar patologías en los bañistas por contacto primario como natación, sumersión recreacional en el agua o deportes como moto acuática. En todos los muestreos evaluados existe la presencia de esta bacteria que puede ser inocua o patógena. Por los valores críticos encontrados de este indicador fecal podemos decir que se relacionan principalmente con las descargas residuales municipales derivadas de la población, así como del desembarcadero artesanal que descargan en el océano, tubos de desagüe doméstico en el continente que se observan desde el mar y desembocan en él; y a las seis tuberías de PVC provenientes de viviendas colindantes con la zona del Boquerón del Diablo, las cuales desembocan en el mar de Pucusana [29], y otros agentes como uso indebido de los veraneantes en el mar como sanitario, presencia de mascotas, entre otras actividades. Debido a la pobreza monetaria cierta parte de la misma población no cuenta con servicios básicos de saneamiento. El vertido de aguas residuales sin tratar continúa siendo una práctica habitual, especialmente en países en desarrollo, porque no cuentan con la infraestructura, capacidades técnicas e institucionales y financiamientos necesarios [30], como siempre, las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, con un 50 % de la población de los países en desarrollo expuesta a fuentes de aguas contaminadas. En América Latina y el Caribe solo alrededor del 60 % de la población está conectada a un sistema



Figura 2. Descarga residual proveniente del desembarcadero

de alcantarillado y solo un 30 % a 40 % de las aguas residuales de la región que se captan se tratan y tienen implicaciones en la salud pública, la sostenibilidad ambiental y equidad social. [31]

Vergaray *et al* [16] indicaron que en Lima 7 playas fueron inaceptables utilizando Coliformes Totales y Coliformes Fecales, de las 21 estudiadas, y 10 con el indicador fecal *Escherichia coli* relacionando cinco con descargas residuales por medio de inspección ocular; en congruencia con nuestros análisis, la cercanía a los puntos de descarga se relaciona con los recuentos altos de *Escherichia coli*, y aunque no todas las cepas de esta bacteria son patógenas, los estudios llevados a cabo han demostrado que las concentraciones de *Escherichia coli* son el mejor indicador de enfermedades gastrointestinales asociadas a la natación. [32]. Aunque la mayoría no causa problemas, algunos



Figura 3. La presencia de mascotas en la Playa Pucusana pueden contribuir al incremento de riesgo de transmisión de *E. coli*

tipos pueden producir enfermedades y diarrea y una de estas especies origina diarrea hemorrágica, la mayoría de los casos de infección por *Escherichia coli* mejoran sin tratamiento en cinco a diez días.^[33]

Nuestros resultados demuestran que todas las actividades antrópicas: las provenientes directamente de los bañistas las ingentes como las descargas residuales pueden causar indicadores elevados de contaminación microbiológica. El índice de tratamiento de aguas residuales en el Perú, hace una década, era de 35 %, el restante 65 % era volcado sin tratamiento a ríos, lagos y mar.^[34]

Los análisis evidencian que estos hechos continúan afectando desde años esta concurrida bahía, muy visitada en épocas pretéritas. El objetivo de la PTAR Pucusana es el mejoramiento de las condiciones ambientales y sanitarias de la localidad de Pucusana ^[35], la planta cuenta con cuatro lagunas de estabilización, el efluente de la PTAR viene siendo utilizada para riego de áreas verdes, no efectuándose vertimiento alguno al mar^[36]. La desinfección de aguas residuales es importante para la continuidad de actividades productivas entre ellas la agricultura y la recreación en las playas muy populares como es el caso de las playas del distrito de Pucusana. Según Rodríguez *et al* ^[37] en el área natural protegida Humedales de Ventanilla, cercana a la playa más concurrida del distrito, los resultados evidencian que las actividades humanas están alterando los cuerpos de agua, pudiendo convertirlos en un reservorio de microorganismos patógenos para la salud de la población que los utiliza.

Osores *et al* ^[4] reportaron alta contaminación por enterobacterias incluyendo *Escherichia coli* en el río Surco y la playa La Chira, Lima, debido a su cercanía al colector Surco todos los tubos colectados analizados resultaron positivos. En nuestros estudios, reiteramos, en el 100 % de muestras analizadas se encontró esta bacteria, coincidiendo ambos resultados elevados en las playas La Chira y Pucusana por la relación directa entre proximidad a los vertimientos de aguas residuales y los escasos o ausentes tratamientos de sus emisiones; en Chorrillos y en Pucusana existía la masiva visita de veraneantes por contacto primario los hábitos de los bañistas impactaban en la zona de playa de ambos balnearios. Con estas evidencias y resultados desbordados se sugiere a los responsables una solución técnica para una adecuada disposición final de las aguas servidas, evitar el continuo deterioro del mar y utilizar programas para garantizar la salud de la población y la conservación del medio ambiente. Parte de las aguas residuales son descargadas a las plantas de tratamiento, las que no son derivadas carecen de desinfección alguna o son tratadas inadecuadamente y contaminan los cuerpos de agua natural, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como la flora y la fauna del lugar.^[3] En el Perú, el saneamiento es dependencia del sector público por consiguiente es necesaria la participación multisectorial de autoridades competentes vinculadas al control de las aguas servidas en el Perú, con el fin de establecer que los tratamientos biológicos de las aguas cloacales son una necesidad imperativa en la protección de la salud pública y el medio

ambiente. Para una agricultura sostenible, productiva y saludable es necesario reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando su reutilización sin riesgos tanto para la salud humana como para el medio ambiente a nivel mundial de este recurso no convencional ^[38], puesto que la volcadura de estas aguas sin desinfección previa es una fuente de contaminación que perjudica nuestros ecosistemas como los océanos.

La presencia constante de *Escherichia coli* en todas las aguas de muestras analizadas si se considera el límite 200 NMP/100 ml, para Coliformes Termo tolerantes: 83,35 % sobrepasan los LMP, 30,6 %, alcanzó los 3000 NMP / 100 ml. El Ministerio de Salud durante 24 semanas epidemiológicas de evaluación calificó a la playa Pucusana No Saludable en el 100 % de semanas ^[39] e indicaba peligro inminente en la salud pública. Las diferentes cepas patógenas de *Escherichia coli* muestran especificidad de huésped y poseen atributos de virulencia distintos. Cuando ocurren incrementos repentinos de la concentración de patógenos, aumenta de forma considerable el riesgo o se desencadenan brotes de enfermedades ^[14], y aunque la mayoría de las cepas de *Escherichia coli* son inocuas ^[40], por el continuo ingreso al mar de la población en los meses de verano puede originar en los bañistas cuadros clínicos que incluyen síntomas gastrointestinales: náusea, vómito, diarrea y fiebre. La diarrea humana es una dificultad de salud que está conectada al agua y al saneamiento por lo tanto puede ser por transmisión por el agua o falta de higiene.^[41] Debido a la prevalencia alta de este patógeno y a la evidencia de descargas residuales, es necesaria la continuación de estudios con otros indicadores microbiológicos para alcanzar estrategias en salud en nuestro país y así podamos utilizar con fines recreativos los mares, aprovechar en forma responsable sus recursos sin perjudicar sus ecosistemas e interactuar en un ambiente saludable con el propósito de una buena convivencia sin poner en riesgo la salud de los veraneantes.

CONCLUSIONES

La presencia de *Escherichia coli* en niveles elevados de 83,35 % de las muestras analizadas aisladas en medios de cultivo diferencial y selectivo pueden indicar relación directa entre los vertimientos de aguas residuales observadas sin tratamiento y la calidad microbiológica de las aguas y por consecuencia impacto en la salud pública.

Las aguas muy contaminadas del mar de esta playa pueden perjudicar la salud de los bañistas que la visitan, siendo alta la acogida en los meses de verano, estos niveles proponen evaluaciones periódicas no sólo en esta zona de mar muy concurrida sino en el litoral de la capital, para evitar o disminuir el número de pacientes con trastornos intestinales, y de ellos con mayor prevalencia en la población infantil porque cada año se modifican los reportes casuísticos debido al aumento de la población por natalidad o migración a la capital.

Los resultados microbiológicos, bioquímicos y moleculares evidencian la contaminación fecal de las aguas marinas de

la playa Pucusana demostrando la necesidad de una mejor intervención de la gestión pública oportuna y sostenible de los vertimientos de las aguas residuales domésticas y municipales para evitar el riesgo de transmisión mediante la sumersión de los veraneantes.

Conflicto de interés:

Los autores declaramos no tener ningún conflicto de interés

Fuentes de financiamiento:

Autofinanciado

ORCID

1. Cinthia M. Huayanay – Quevedo, <https://orcid.org/0000-0002-2230-916X>
2. Veronica Aldoradin Basilio, <https://orcid.org/0000-0002-6415-0273>
3. Alcides Guerra Santa Cruz, <https://orcid.org/0000-0002-5130-8190>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lalonde, M. A New Perspective on the Health of Canadians. A Working Document. Ottawa, Canada. 1974. Disponible en <http://www.phac-aspc.gc.ca/ph-sp/pdf/perspect-eng.pdf>.
2. Promoting the healthy, safe use of recreational waters. 2003. Rev Panam Salud Publica. 2003 Nov;14(5):364-9. PMID: 14766038.
3. OEFA. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales, Lima. OEFA, 2014. Disponible en https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
4. Osoreo Plenge F, Roca Reyes J, Rosas Ramos W, Domínguez N. Presencia de Bacterias Patógenas en las Aguas de la Desembocadura del Río Surco y la Playa La Chira, Lima, Perú. 2009. Acta Med Per 26 (4), pp 243- 246. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v26n4/a10v26n4.pdf>.
5. UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Agua Para Todos. Agua Para La Vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Resumen. Paris, France. Ediciones UNESCO; 2003. First Published. Disponible en <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>.
6. MINSA. Ministerio de Salud – Dirección General de Salud. Directiva Sanitaria que Establece el Procedimiento para la Evaluación de la Calidad Sanitaria de las Playas del Litoral Peruano. Directiva Sanitaria N° 038 – MINSA/ DIGESA – 2010. V.01. RM N° 659.. Disponible en http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/Directiva_Sanitaria_playas.pdf.
7. Larrea– Murrell J, Rojas– Badía M, Romeu-Alvarez B, Rojas-Hernández N, Heydrich- Pérez M. Bacterias Indicadoras de Contaminación Fecal en la Evaluación de la Calidad de las Aguas: Revisión de la Literatura. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 2013. Vol 44, N° 3, pp. 24- 34. Dponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>.
8. DIGESA. Dirección General de Salud Ambiental. Calidad Sanitaria del Litoral Peruano. 2017. Disponible en http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw_playas/3.htm
9. Ramos- Ortega L, Vidal L, Vilardy S, Saavedra- Díaz L. Análisis de la Contaminación Microbiológica (Coliformes Totales y Fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta Biol. Colomb.,2008 Vol. 13 N° 3, pp 87 – 98. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028004007>.
10. Leonard, A.F., Zhang, L., Balfour, A. J., Garside, R. and Gaze, W.H. Human Recreational Exposure to Antibiotic Resistant Bacteria in Coastal Bathing Waters, Environment International, 2015. 82, 92 – 100. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412015000409>.
11. Leonard, A.F., Zhang, L., Balfour, A. J., Garside, R., Hawkey, P.M., Murray, A.K., Ukoumunne, O.C., Gaze, W. Exposure to and Colonisation by Antibiotic – Resistant *E.coli* in UK Coastal Water Users: Environmental Surveillance, Exposure Assessment, and Epidemiological Study (Beach Bum Survey). Environmental International 114, 2018, 326 – 333. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412017312345?via%3Dihub>.
12. Soraas, A, Sundsfjord A, Sandven I, Brunborg C, Jenum PA. Risk Factors for Community – Acquired Urinary Tract Infections Caused by ESBL – Producing Enterobacteriaceae – A Case – Control Study in a Low Prevalence Country. Norway. PloS ONE, 2013. 8 (7): e69581. Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0069581>.
13. Riveros M. & Ochoa TJ. Enteropatógenos de Importancia en Salud Pública. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2015; 32(1): 157- 64. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342015000100022.
14. Qadri, F., Svennerholm, A. M., Faruque, A.S. G., Sack, R. B. Enterotoxigenic Escherichia coli in Developing Countries: Epidemiology, Microbiology, Clinical Features, Treatment, and Prevention. 2005. Clin. Microbiol. Rev. 18 (3): 465 – 83.
15. Ley N° 26856. Declaran que las Playas del Litoral son Bienes de Uso Público, Inalienables e Imprescriptibles y Establecen Zona de Dominio Restringido. Fecha de Publicación 08 – 09 – 97.
16. Vargaray U. Germán, Méndez F. Carmen, Morante O. Hilda, Gamboa R. Roger, Fernández S. Frank. Calidad Microbiana del Agua de Playas de Lima y su Relación con Focos de Contaminación. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG- UNMSM, 2011. Vol. 14, N° 27, pp. 73- 79 enero- Junio. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/768/617>.
17. Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 6. Garantizar la Disponibilidad de Agua y su Gestión Sostenible y el Saneamiento para Todos. Establecido el 25 de septiembre del 2015. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.
18. Allí, D. Cada Día Mueren 1800 Niños por Enfermedades Diarreicas Relacionadas con la Falta de Agua, Saneamiento e Higiene. UNICEF, España. 2010. Disponible en <https://www.unicef.es/prensa/cada-dia-mueren-1800-ninos-por-enfermedades-diarreicas-relacionadas-con-la-falta-de-agua>.
19. Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Objetivo 14. Vida Submarina. Establecido el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/>.
20. Robert, M. Microorganismos Indicadores de la Calidad del Agua Potable en Cuba. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 2014 Vol 45, N° 1, pp, 25 – 36. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181230079005>.
21. ANA. Autoridad Nacional del Agua. Informe Técnico N° 004- 2019- ANA- DCERH- AESFRH.

22. MINSA. Guía Técnica: "Procedimiento de Toma de Muestra del Agua de Mar en Playas de Baño y Recreación". DIGESA Julio 2010. Pp 1-18. Disponible en http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Gu%C3%ADa%20Tecnica%20Proced_Tom_Muestras_Playas.pdf.
23. ANA. Ministerio de Agricultura y Riego. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. (Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA). Disponible en https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf.
24. Martínez Romero, A, Fonseca Gómez, K, Ortega Sánchez JL, García – Luján, C. Monitoreo de la Calidad Microbiológica del Agua en la Cuenca Hidrológica del Río Nazas, México. Química Viva. 2009; 8(1); 35 – 47. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86311258005>.
25. Baird, R., Eaton, A., Rice, E. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Part 9221 Multiple - Tube Fermentation Technique For Members Of The Coliform Group. Other Escherichia coli Procedure. 23rd Ed. 2017. Disponible <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.192>.
26. INS. Manual de Procedimientos Bacteriológicos en Infecciones Intrahospitalarias. Serie de Normas Técnicas N° 28. Instituto Nacional de Salud. MINSA. Lima, 2005. Disponible en https://antimicrobianos.ins.gob.pe/images/contenido/documentos/nacionales/Manual___Procedimientos__Bacteriologicos__IIH.pdf.
27. MINAM. Ministerio del Ambiente. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Decreto Supremo N° 004 -2017. Disponible en <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>.
28. Ministerio de Agricultura y Riego. Autoridad Nacional del Agua. Administración Local de Agua. Chillón – Rímac – Lurín. Informe Técnico N° 015 – 2019 – ANA – AAA.CF – ALA.CHRL – AT/CLLC. Febrero 2019. Pp. 13.
29. Ministerio de Agricultura y Riego. Autoridad Nacional del Agua. Informe Técnico N° 043 – 2019 – ANA – AAA.CF – ALA. CHRL-AT / RMR.
30. UNESCO. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017. Las Aguas Residuales: El Recurso Desaprovechado. Paris, France. Disponible en https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647_spa.
31. Banco Mundial. Rodríguez, Diego J.; Serrano, Héctor Alexander; Delgado, Anna; Nolasco, Daniel; Saltiel, Gustavo. De Residuo a Recurso: Cambiando Paradigmas para Intervenciones Más Inteligentes para la Gestión de Aguas Residuales en América Latina y el Caribe. World Bank, 2020 Washington, DC. Disponible <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33436/1468235P.pdf>.
32. Rock, Channa & Rivera Berenise. La Calidad del Agua, *Escherichia coli* y su Salud. The University of Arizona – College of Agriculture and Life Sciences – Cooperative Extension. 2014. Disponible en <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>.
33. Medline Plus (Internet). U.S. National Library of Medicine; c 2019. Infecciones por *Escherichiacoli*. 22 de Octubre 2019. Disponible en: <http://medlineplus.gov/spanish/ecoliinfections.html>.
34. FONAM Fondo Nacional del Ambiente en el Perú, en su documento Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú, 2010. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/337683468_Oportunidades_de_Mejoras_Ambientales_por_el_Tratamiento_de
35. Estudio Definitivo y Expediente Técnico: "Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para el Esquema Pucusana". Consorcio Saneamiento Lima Sur. 2014. Disponible en <https://www.coursehero.com/file/66412257/Memoria-Descriptiva1docx/>.
36. SEDAPAL. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. Gerencia de Gestión de Aguas Residuales. Memorando N° 193 – 2020 – GGAR.
37. Rodríguez, R., Retamozo – Chaces, R., Aponte, H., Valdivia, E. Evaluación Microbiológica de Un Cuerpo de Agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su Importancia para la Salud Pública Local. 2017. Ecología Aplicada, 16 (1). Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v16n1/a03v16n1.pdf>.
38. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Editado por Javier Mateo – Sagasta. Reutilización de Aguas para Agricultura en América Latina y el Caribe. Estado, Principio y Necesidades. 2017. Disponible en www.fao.org/3/a-i7748s.pdf.
39. MINISTERIO DE SALUD. Viceministerio de Prestaciones y Aseguramiento en Salud. Dirección de Redes Integradas de Salud Lima Sur. Oficio N° 4228- 2019- DG- DSAIA- DIRIS L.S./MINSA
40. OMS. Organización Mundial de la Salud. *E. coli*. 7 de Febrero del 2018. Disponible en <http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/e-coli>.
41. Nwaoha, A. Ohaeri, C. & Amaechi, E. Prevalence of Diarrhoea, and Associated Risk Factors, in Children Aged 0 – 5 Years, at Two Hospitals in Umuahia, Abia, Nigeria. UNED Research Journal. 2017, Vol. 9 (1): 7 – 14, Junio. Disponible en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00007.pdf>.