



Identificación de bacterias patógenas para el ser humano en los ríos Pindo (sector camal) y Puyo (sector malecón) de la provincia de Pastaza

Identification of pathogenic bacteria for humans in the Pindo (camal sector) and Puyo (malecón sector) rivers of the province of Pastaza

Identificação de bactérias patogênicas para humanos nos rios Pindo (setor camal) e Puyo (setor malecón) da província de Pastaza

Lesly Mishell Moya-Freire ^I
leslymoya7@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-7889-5708>

Cesar David Guerra-Naranjo ^{II}
dnaranjo@clonallyxcorporation.org
<https://orcid.org/0000-0001-6651-9591>

Correspondencia: leslymoya7@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 22 de julio de 2024 * **Aceptado:** 14 de agosto de 2024 * **Publicado:** 06 de septiembre de 2024

- I. Laboratorio de Biología Molecular, Departamento de Biología Molecular y Funcional, Centro de Biociencias Clonallyx Corporation, Quito, Ecuador.
- II. Laboratorio de Biología Molecular, Departamento de Biología Molecular y Funcional, Centro de Biociencias Clonallyx Corporation, Quito, Ecuador.

Resumen

Cuando se trata de microbiología clínica y ambiental, uno de los procedimientos más importantes es el aislamiento e identificación de bacterias peligrosas en individuos. Esta es una técnica crítica necesaria para proteger la salud pública y gestionar los recursos naturales. El objetivo de esta revisión bibliográfica fue describir las principales bacterias patógenas presentes en los ríos Pindo (sector Camal) y Puyo (Sector Malecón).

Para su ejecución, empleamos la búsqueda de información documental de estudios realizados de hasta 10 años atrás mediante el uso de palabras clave y buscadores científicos. Los resultados obtenidos permitieron determinar que los ríos Pindo y Puyo presentan mayor contaminación por coliformes fecales en la zona urbana, considerando que de acuerdo a la norma INEN 1108:2020 indica que los coliformes fecales deben estar en valores inferiores a 1,1 NMP/100ml para consumo, mientras que para uso recreativo es de 200 NMP/100ml según el libro VI anexo 1 Norma de Calidad Ambiental.

El grupo de bacterias más predominantes fueron del género *Coco* Gram positivo, *Bacillus* corto Gram negativo y *Streptococo* Gram positivo, dentro de los cuales las bacterias principales presentes en el agua son la *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, que son los principales causantes de enfermedades como infecciones de la piel, urinarias, gastrointestinales y diarreicas, entre otros. Los autores concluyen que el comportamiento de contaminación del agua varía en diferentes fechas y puntos de muestreo, sin embargo, la contaminación por coliformes fecales siempre permanece y se ve incrementada en el área urbana, de manera que está expuesto a una latente proliferación de bacterias patógenas.

Palabras clave: bacterias patógenas; calidad del agua; coliformes; enfermedades.

Abstract

When it comes to clinical and environmental microbiology, one of the most important procedures is the isolation and identification of dangerous bacteria in individuals. This is a critical technique necessary to protect public health and manage natural resources. The objective of this bibliographic review was to describe the main pathogenic bacteria present in the Pindo (Camal sector) and Puyo (Malecón Sector) rivers.

For its execution, we use the search for documentary information from studies carried out up to 10 years ago through the use of keywords and scientific search engines. The results obtained allowed us to determine that the Pindo and Puyo rivers have greater contamination by fecal coliforms in the urban area, considering that according to the INEN 1108:2020 standard, it indicates that fecal coliforms must be at values lower than 1.1 NMP/100ml. for consumption, while for recreational use it is 200 NMP/100ml according to book VI annex 1 Environmental Quality Standard.

The most predominant group of bacteria were the genus Gram positive *Coco*, Gram negative short *Bacillus* and Gram positive *Streptococcus*, within which the main bacteria present in the water are *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, which are the main causes of diseases such as skin, urinary, gastrointestinal and diarrheal infections, among others. The authors conclude that the behavior of water contamination varies on different dates and sampling points, however, contamination by fecal coliforms always remains and is increased in the urban area, so that it is exposed to a latent proliferation of pathogenic bacteria. .

Keywords: pathogenic bacteria; water quality; coliforms; diseases.

Resumo

Quando se trata de microbiologia clínica e ambiental, um dos procedimentos mais importantes é o isolamento e identificação de bactérias perigosas em indivíduos. Esta é uma técnica crítica necessária para proteger a saúde pública e gerir os recursos naturais. O objetivo desta revisão bibliográfica foi descrever as principais bactérias patogênicas presentes nos rios Pindo (setor Camal) e Puyo (setor Malecón).

Para a sua execução utilizamos a pesquisa de informação documental de estudos realizados até há 10 anos através da utilização de palavras-chave e motores de busca científicos. Os resultados obtidos permitiram constatar que os rios Pindo e Puyo apresentam maior contaminação por coliformes fecais na zona urbana, visto que segundo a norma INEN 1108:2020 indica que os coliformes fecais devem estar em valores inferiores a 1,1 NMP /100ml para consumo, enquanto para uso recreativo é de 200 NMP/100ml conforme livro VI anexo 1 Norma de Qualidade Ambiental.

O grupo de bactérias mais predominante foi o gênero *Coco* Gram positivo, *Bacillus* curto Gram negativo e *Streptococcus* Gram positivo, dentro dos quais as principais bactérias presentes na água são *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, que são as principais causas de doenças

como infecções cutâneas, urinárias, gastrointestinais e diarreicas, entre outras. Os autores concluem que o comportamento da contaminação da água varia nas diferentes datas e pontos de amostragem, porém, a contaminação por coliformes fecais sempre permanece e é aumentada na área urbana, de modo que fica exposta a uma proliferação latente de bactérias patogênicas.

Palavras-chave: bactérias patogênicas; qualidade da água; coliformes; doenças.

Introducción

El aislamiento e identificación de bacterias perjudiciales para los seres humanos, es un procedimiento esencial en la Microbiología Clínica y Ambiental, ya que son vitales para salvaguardar la salud pública y gestionar los recursos naturales. Este procedimiento permite identificar y describir bacterias que tienen el potencial de causar enfermedades graves en las personas, ya sea en instalaciones médicas o en hábitats naturales como ríos, donde la existencia de microorganismos nocivos representa un peligro sustancial (Ríos-Tobón et al., 2017).

En entornos clínicos, las bacterias patógenas se aíslan de muestras biológicas, incluida sangre, orina, tejidos infectados o secreciones, recolectadas de individuos que presentan signos de enfermedades infecciosas. Las muestras se procesan en laboratorios especializados utilizando métodos de cultivo en medios seleccionados que facilitan la proliferación de determinadas bacterias dañinas. Posteriormente, se realizan pruebas bioquímicas, serológicas y moleculares para identificar y describir las bacterias aisladas. Esto ayuda a determinar la causa específica de la enfermedad y su resistencia a los antibióticos, lo que a su vez ayuda a orientar la terapia médica adecuada (Vergara, 2015).

Aislar bacterias patógenas en hábitats naturales como ríos, lagos y aguas residuales es esencial para evaluar la calidad del agua y el posible daño a la salud humana. El aislamiento bacteriano de muestras de agua se logra mediante técnicas de concentración y filtrado, que separan y extraen eficazmente las bacterias que existen en pequeñas cantidades. Las bacterias se cultivan en medios de cultivo adecuados y se someten a pruebas de identificación similares a las realizadas en microbiología clínica. Se emplean técnicas moleculares y bioquímicas para verificar la existencia de patógenos particulares, como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Vibrio cholerae*, y entre otros (Ghazali et al., 2018).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha resaltado la importancia de monitorear y gestionar la calidad del agua para prevenir enfermedades transmitidas por el agua, ya que la contaminación

de los cuerpos de agua por bacterias patógenas es un problema de salud pública significativo en América Latina. Por lo tanto, es importante conocer e identificar los agentes microbianos patógenos presentes en el agua con la finalidad de definir posibles indicadores microbiológicos de calidad (Ríos-Tobón et al., 2017).

La provincia de Pastaza, ubicada en la región amazónica del Ecuador, es una zona rica en recursos hídricos y biodiversidad. Que tiene como principal fuente hídrica el río Puyo, el cual presenta influencia en el cantón Pastaza a 33.550 habitantes de la zona urbana de acuerdo con las proyecciones al año 2015. El río Puyo presenta dos ramales principales, conocidos como Puyo y Pindo los cuales se unen en el sector Unión Base. Sin embargo, la creciente urbanización y las actividades humanas han generado preocupaciones sobre la calidad del agua en los ríos mencionados, mismos que son cruciales para la vida y la economía local. El sector Camal y el Malecón son puntos estratégicos donde las influencias humanas son particularmente notorias, haciendo necesario el estudio de la calidad microbiológica del agua en estas áreas (Abril et al., 2021).

El objetivo de esta investigación fue describir las principales bacterias patógenas presentes en los ríos Pindo (sector Camal) y Puyo (Sector Malecón), mediante una revisión bibliográfica para determinar los riesgos microbiológicos existentes en el agua mediante publicaciones originales en la literatura sobre las bacterias patógenas identificadas en el lugar de estudio. Entre ellos se encontraron artículos y tesis publicadas desde el año 2014 en adelante.

La búsqueda de los artículos se realizó en las bases de datos Sciece Direct, Scielo, Pubmed mediante términos de búsqueda y palabras clave “bacterias” unidas por el conector AND con términos como: *water pollution* y *pollution indicators*. Para la búsqueda de tesis se realizó mediante el buscador nacional *rraae*.

Resultados y discusiones

El río Pindo es uno de los principales ríos de la ciudad de Puyo con una temperatura aproximada de 22 °C, se caracteriza por ser medianamente caudaloso y atraviesa por la parte sur de la ciudad; debido a su topografía favorable las poblaciones se han establecido en sus cercanías (López Silva, 2015).

A su vez, el río Puyo es un curso de agua perenne de 37 kilómetros de longitud, comienza en el cantón Mera y converge con el río Pastaza en la provincia de Pastaza, ubicada en la zona amazónica

del Ecuador. El río Puyo es un afluente que desemboca en la margen izquierda del río Pastaza y crea una subcuenca que cubre un área de aproximadamente 370 km². La ruta atraviesa las parroquias de Fátima, Puyo, Tarqui, Veracruz y Pomona dentro del cantón Pastaza (Abril et al., 2021).

En la Tabla 1 se observa el estudio realizado por De la Cruz Shingon (2015), que refleja los tres puntos de muestreos analizados en el afluente, exactamente la unión del río Pambay con el río Puyo, indicando que están fuertemente contaminadas con un 14% de agua de mala calidad, el cual presenta valores elevados de coliformes fecales de 740 UFC/100 mL, a temperatura de 23°C y pH = 8.

Abril et al. (2017) realizó análisis de aguas en 15 puntos sobre la subcuenca del río Puyo, los correspondientes a la zona urbana presentan mayor concentración de coliformes fecales, mismos que sobrepasaron los límites máximos permisibles, reflejando valores de (108 NMP/100 ml) en el afluente del estero Citayacu y (912 NMP/100 ml) en el afluente Pambay. La Norma Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020, indica que los límites máximos permisibles de coliformes fecales para agua de consumo es de (<1,1 NMP/100 ml), y el libro IV Anexo 1 del texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua es de 200 NMP/100ml (Ministerio del Ambiente, 2015).

A las investigaciones anteriormente citadas se suma la realizada por Abril (2021) el cual realizó un estudio sobre la caracterización de la calidad del agua en el río Puyo, entre los años 2015 y 2018 reflejando como resultados que los valores de coliformes fecales sobrepasan el límite máximo permisible, en el curso principal y afluentes, excepto en determinadas fechas como abril del 2015; septiembre de 2018 y octubre de 2018. Además, el estudio identificó que las concentraciones de coliformes totales y fecales incrementan de forma exponencial a partir del paso del curso hídrico por la zona urbana sobrepasando los 10.000 NMP/100 ml.

Según (McGregor, 2018), en su investigación realizada en el río Puyo curso principal en el año 2018, muestra que el río tiene más coliformes en general (496), 5 números de colonias de bacterias *E. coli* y (491) de otros coliformes. En este estudio los autores concluyen que las fuentes de contaminación no son conocidas, sin embargo, presumen que estas llegan a las fuentes a través de aguas residuales sin previo tratamiento. Cabe mencionar que, un estudio realizado por Gómez-Duarte (2018) afirma que las principales fuentes de contaminación pueden provenir de bacterias, virus, hongos, parásitos y productos químicos, todos los cuales tienen un impacto perjudicial en la

calidad de vida en general. Por otra parte, Mendoza Chancay (2019) y Corrales Ramírez et al. (2018) sostienen que una parte importante de las enfermedades bacterianas y virales causadas por agentes infecciosos, que se transmiten a los humanos, resultan del consumo de agua inadecuada. En consecuencia, existe una deficiencia en el manejo de este recurso, lo que expone el riesgo de contaminación fecal.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), el agua contaminada puede propagar enfermedades como diarrea, cólera, disentería, hepatitis A, esquistosomiasis, fiebre tifoidea y poliomielitis. Como resultado, se estima que la diarrea causada por esto causa más de 502.000 muertes al año y que aproximadamente 2 mil millones de personas tienen acceso a un suministro de agua contaminado con excrementos.

El análisis microbiológico puede identificar organismos peligrosos como bacterias coliformes, cuya presencia es un signo de contaminación; es uno de los parámetros más cruciales en la evaluación de la calidad del agua. *Escherichia coli* y *Klebsiella* comprende alrededor del 95% del subgrupo conocido como coliformes fecales en el total de coliformes, que pueden ser extremadamente peligrosos para la salud humana (López Silva, 2015)

En base a lo mencionado anteriormente, estudios realizados por el Botánico Chriss Canaday y otros indican que los ríos Pindo (sector Camal) y Puyo (sector Malecón) están contaminados con niveles significativos de coliformes totales por encima del límite máximo según la legislación internacional y ecuatoriana, entre las más habituales la bacteria con mayor presencia es la *Escherichia coli* debido a la influencia directa de las actividades humanas, ya que esta bacteria está en las heces humanas y animales (Rowe, 2014).

Curso principal						
Ramal	Puntos	Autores	Años			
			2015	2016	2017	2018
Puyo	Barrio la isla	Abril et al. 2021	-	-	-	1 NMP
	Curso principal (río Puyo)	McGregor (2018).	-	-	-	496 números de colonias de todos los coliformes en 48 horas. 491 números de colonias de otros coliformes.

							5 números de colonias de bacterias E. coli.
Pindo	Camal municipal	Abril et al 2017	110 ufc/100ml	890 ufc/100ml	900 ufc/100ml	>10000NMP/100ml	
Afluentes							
Ramal	Puntos	Autores	Años				
			2015	2016	2017	2018	
Puyo	Rio Pambay	Abril et al. 2021	-	-	-	1 NMP	
		Abril et al. 2017	110 ufc/100ml	800 ufc/100ml	912 NMP/100ml	900 ufc/100ml	
		Cruz, 2015	740 ufc/100ml	-	-	-	
Pindo	Estero Citayacu	Abril et al 2017	-	-	108 NMP/100ml	-	

Tabla 1. Estudios microbiológicos de coliformes fecales realizados en los ríos Puyo y Pindo curso principal y afluentes años 2015-2018

Ante lo descrito anteriormente, cabe resaltar lo mencionado por (Rowe, 2014) quien indica que existe una combinación de aguas residuales de hogares, negocios y fabricas que son vertidas directamente a afluentes como Citayacu, mismo que se unen al curso principal río Puyo y Pindo. Es por ello que Rodríguez (2016) en su estudio realizado sobre el río Puyo sector malecón, la calidad del agua es moderadamente contaminada encontrándose 67 individuos de macroinvertebrados de los cuales en su estudio se recolectaron 32 insectos (HALIPLIDAE), 26 de (PHYSIDAE) y (LIBELLULIDAE); 23 (BAETIDAE) y 18 (CHIRONOMIDAE) mismos que corresponde a un indicador de muy mala calidad de agua debido a que aceptan mayor cantidad de contaminantes. Así mismo en su estudio realizado en los dos puntos de muestreo del río Puyo sector malecón Boayacu, sus resultados respecto a los coliformes fecales cumplía con los límites máximos permisibles establecidos en la norma INEN con (560 UFC/100 ml), no obstante, en las zonas con mayor presencia antropogénica sobrepasaba los límites máximos permisibles (960 UFC/100 ml). Por otra parte (Maita, 2017), con a un estudio más profundo sobre el aislamiento e identificación de bacterias patógenas en el río Puyo las bacterias más predominantes en base a las muestras de agua fue coco Gram positivo y Bacillus corto Gram negativo con una presencia de 33% y 22%

respectivamente, además se obtuvo bacterias tipo *Bacillus* corto Gram positivo, *Bacillus* Largo Gram positivo, *Streptococo* Gram positivo y *Coco* *Bacillus* Gram positivo con un porcentaje del 11%. Por otra parte, las bacterias más predominantes identificadas en la muestra de sedimento fueron *Coco* Gram positivo y *Bacillus* corto Gram positivo con un 30% cada bacteria, el 20% para *Bacillus* Gram positivo y finalmente un 10% para cada colonia de tipo *Coco* Gram positivo agrupado en racimos y *Bacillus* Gram negativo.

Ríos-Tobón et al, (2017) menciona que las bacterias patógenas que contaminan el agua son predominantemente gram-negativas, comúnmente originarias de la microbiota intestinal. Según los expertos, las bacterias gram-positivas son menos habituales en ambientes acuáticos; sin embargo, algunos géneros como *Enterococcus* pueden indicar contaminación fecal.

Indicadores microbiológicos de calidad del agua

Los indicadores microbiológicos de calidad del agua son organismos cuyo origen, concentración, hábitat y respuesta a estímulos externos son similares a los de la mayoría de las bacterias patogénicas. Su presencia establece la existencia de patógenos y permite comparar sus respuestas a las variaciones de temperatura y pH, así como el uso de técnicas de desinfección química o física (Berenise, 2014).

Entre los organismos más comunes usados como indicadores microbiológicos son las bacterias coliformes fecales entre estas la *Escherichia coli*. Su presencia puede ser un indicativo de la contaminación con otras bacterias, virus y protozoos. Las cepas patogénicas de esta bacteria se categorizan en distintos patotipos que pueden ser causales de enfermedades graves.

Algunos de los tipos dañinos de *E. coli* se clasifican en los siguientes grupos: Enterotoxigénico (ETEC), Enteropatógenos (EPEC), Enterohemorrágico (EHEC) y Entero invasivo (EIEC). ETEC, EPEC y EIEC son transmitidos generalmente a través de alimentos y agua contaminada, siendo productoras de citotoxinas, neurotoxinas y enterotoxinas. El crecimiento y sobrevivencia de *E. coli* es de 7–8 °C a 46 °C, siendo su temperatura óptima 35–40 °C, crece en un amplio rango de pH entre 4.4–10.0, con un pH óptimo de 6–7 (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Estos indicadores son más fáciles y económicos de cultivar e identificar que los patógenos directos. Su detección y cuantificación mediante índices de diversidad adaptados permite evaluar la calidad del agua de manera efectiva. Aunque no reemplazan los análisis fisicoquímicos, proporcionan

información valiosa que ayuda a reducir costos y mejorar el monitoreo continuo de la calidad del agua (Vásquez et al., 2006).

Estos indicadores deben cumplir ciertos criterios para ser reconocidos como tales: deben estar ausentes en agua no contaminada y mostrar una correlación significativa en su presencia con la de los patógenos, siendo predominantemente más abundantes. Además, deben tener una mayor capacidad de supervivencia en el agua y ser igual o más resistentes que los patógenos a factores ambientales externos, aunque no deben ser patógenos ellos mismos. Es crucial que no puedan reproducirse en animales de sangre fría (Vásquez et al., 2006).

Dado que hay varios grupos de patógenos que pueden propagarse a través del agua, no existe un único microorganismo que sirva como indicador ideal de la calidad del agua. Estos grupos, que están vinculados a enfermedades transmitidas por el agua, incluyen bacterias, virus, parásitos y, en menor medida, hongos (Silva et al., 2004).

Bacterias presentes en aguas de ríos

Más del 80% de las bacterias descritas en el Manual de Bergey (Bergey's Manual of Systematic Bacteriology) pueden ser aisladas del agua. En su mayoría, son bacterias entéricas provenientes del tracto gastrointestinal de animales y humanos, conocidas como bacterias fecales. Estas bacterias tienen una capacidad limitada para sobrevivir y reproducirse en el agua debido al estrés fisiológico que el medio acuoso les impone. Establecerlas como bioindicadores es complejo debido a las limitaciones diagnósticas que esto implica (Arcos et al., 2005).

Sus características sugieren que su presencia está asociada a infecciones recientes o a la presencia de materia orgánica, así como a condiciones de pH, humedad y temperatura que faciliten su reproducción y supervivencia. Estas bacterias tienen ventajas sobre otros organismos como indicadores debido a la metodología de muestreo estandarizada y bien definida, lo que permite una rápida respuesta a cambios ambientales como la contaminación. Actúan como indicadores de contaminación fecal a corto plazo por descarga de desechos y, a largo plazo, como indicadores de la efectividad de programas de control (Arcos et al., 2005).

Dentro de las bacterias reconocidas como contaminantes del agua, se han aislado Gram negativas, principalmente de los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Gallionella*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Bordetella*, *Neisseria*, *Moraxella* y *Acinetobacter*. Sin embargo, el grupo bacteriano que destaca por su potencial como bioindicador de la calidad del agua es el de las

bacterias coliformes, también conocidas como enterobacterias o Enterobacteriaceae. Estas bacterias son anaerobias facultativas, no forman esporas, producen gas y fermentan la lactosa a través de la vía glucolítica, generando ácidos como productos finales. Constituyen alrededor del 10% de los microorganismos intestinales en humanos y animales, por lo que su presencia en el agua indica contaminación fecal y sugiere tratamientos inadecuados o contaminación posterior (Ríos-Tobón et al., 2017).

Este grupo incluye los géneros *Escherichia*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia* y *Citrobacter*. Es importante mencionar que los cuatro últimos géneros se encuentran en grandes cantidades en fuentes de agua, vegetación y suelos, y no necesariamente están asociados con contaminación fecal, por lo que no siempre representan un riesgo evidente para la salud (Ríos-Tobón et al., 2017).

Patógenos emergentes

En la actualidad, se ha identificado a varios microorganismos emergentes como causas de enfermedades transmitidas por el agua. Entre ellos se encuentran las cianobacterias, tradicionalmente conocidas como algas verde-azules, que son fotosintéticas y productoras de oxígeno. Estas bacterias generan toxinas que causan patologías entéricas y también pueden afectar el sistema nervioso y hepático. Otro microorganismo incluido en esta clasificación es el género *Campylobacter*, la cual es una bacteria que provoca gastroenteritis aguda (Messner et al., 2006).

Aunque la Organización Mundial de la Salud (OMS) realiza el reporte de enfermedades de transmisión hídrica, dentro de las que se incluyen las causadas por agentes tóxicos, o aquellas en las que los organismos causantes, cumplen alguna parte de su ciclo de vida; la lista la encabezan las causadas por microorganismos, virus y parásitos de transmisión directa (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Es por esto, por lo que el conocimiento de las especies presentes en los cuerpos de agua naturales, seleccionados como fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano, tiene su importancia en la posibilidad de implementar tecnologías costo-eficientes que logren el diagnóstico oportuno de agentes potencialmente patógenos, y, de esta manera, controlar y vigilar la presentación de enfermedades cuyo origen radica en el agua (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Nombre	Morfología	Síntomas	Diagnóstico	Ambiente
<i>Escherichia coli</i>	Bacilo gran negativo	Diarrea, fiebre, cefalea	Variedades patógenas pueden causar infecciones urinarias, gastrointestinales y septicemias. Algunas cepas productoras de toxinas pueden causar enfermedades como la colitis hemorrágica y el síndrome urémico hemolítico.	Intestino humano y animales, aguas contaminadas.
<i>Shigella</i>	Bacilo gran negativo	Diarrea, fiebre	Causa disentería bacilar (shigelosis) con síntomas graves de diarrea sanguinolenta y dolor abdominal. Es altamente contagioso y resistente a ácidos gástricos.	Intestino humano, transmitido por agua o alimentos.
<i>Salmonella typhi</i>	Bacilo gran negativo	Fiebre, vómitos, náuseas y diarrea.	Causa fiebre tifoidea, caracterizada por fiebre alta, malestar general, dolor abdominal y, en casos severos, complicaciones como perforación intestinal y septicemia.	Intestino humano, transmitido por agua o alimentos.
<i>Vibrio Cholerae</i>	Bacilo gran negativo	Deshidratación, diarrea, vómito.	Causa cólera, una enfermedad caracterizada por diarrea acuosa severa y deshidratación rápida debido a la toxina colérica. Puede llevar a epidemias y tiene un alto potencial de mortalidad si no se trata adecuadamente.	Aguas costeras, estuarinas o con gran perturbación antropogénica.
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Bacilo gran negativo	Dolor abdominal, cefalea, náuseas y colitis	Puede causar infecciones en humanos como gastroenteritis aguda, infecciones de heridas y septicemias,	Zonas con climas cálidos, ríos o lagos.

especialmente en personas inmunocomprometidas o con enfermedades subyacentes.

Tabla 2. Principales bacterias transmitidas por el agua

Conclusiones

En este estudio se identificó que en los ríos estudiados no cumplen las normas establecidas hacia los parámetros de descargas de agua en los recursos hídricos, lo cual sugiere una mayor rigidez en las políticas públicas y ambientales, pues no se están ejerciendo un papel más riguroso para el control y mantenimiento de un equilibrio biológico ante la existencia de descargas directas de aguas residuales sin previo tratamiento. Las zonas urbanas tienen mayor incidencia en la contaminación directa de los ríos Puyo y Pindo, por lo que presentan valores elevados de contaminación fecal según lo establecido en la norma, debido a esto el agua analizada no cumple con el parámetro microbiológico representado un riesgo para la salud de la población.

La calidad del agua de los ríos Puyo y Pindo presentan desafíos significativos que requieren atención inmediata y medidas efectivas de mitigación por los organismos de control. Los diferentes estudios analizados indican la presencia de coliformes fecales, entre las más habituales *Escherichia coli*, que son usadas como indicadores de contaminación fecal debido a que pueden permanecer durante mucho tiempo en el agua.

El contacto directo y el consumo de aguas contaminadas genera un gran impacto negativo para la salud pública debido a que los seres humanos están expuestos al riesgo de endotoxinas generadas por los patógenos ya que, estos se pueden esparcir a través de aguas contaminadas, así como de alimentos, trayendo como consecuencias el desarrollo de enfermedades infecciosas y diarreicas que son causadas por bacterias como la *Salmonella* y la *Escherichia coli*.

Referencias

1. Abril, R., Armas, P., Chamorro, W., Salazar, V., Toscano, E., Villalva, D., Sucoshañay, J., Rodríguez, A., & Ríos, F. (2021). Water quality of Puyo river and tributaries. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 12(3), 379–417. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2021-03-10>

2. Abril, R., Rodriguez, L., Sucoshañay, D., & Bucaram, E. (2017). Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(2), 59–72. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000200005
3. Arcos, M., Ávila, S., Estupiñan, S., & Gómez, A. (2005). Indicadores Microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Redalyc*, 3, 69–79. <https://www.redalyc.org/pdf/411/41130408.pdf>
4. Berenise Rivera, C. R. (2014). La calidad del agua, E. coli y su salud. *College of agriculture and life sciences*, 1-5. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
5. Cano, J. R. M., Falcón, V. V., & Martínez, B. S. (2021). Diseases transmitted by the consumption of poor quality water. *Universidad y Sociedad*, 13(S2), 513–520. <https://rus.ucf.edu/cu/index.php/rus/article/view/2341/2311>
6. Corrales Ramírez, L. C., Sánchez Leal, L. C., y Quimbayo Salamanca, M. E. (2018). Microorganismos potencialmente fitopatógenos en aguas de riego proveniente de la cuenca media del río Bogotá. *Nova*, 16(29), 71–89. <https://doi.org/10.22490/24629448.2691>
7. De la Cruz Shingon, L. M. (2015). Tesis previa al título de Ingeniera en manejo y conservación del ambiente. Análisis de la calidad del agua del río Pambay mediante la identificación de macroinvertebrados para elaborar una propuesta de plan de manejo ambiental. Universidad Nacional de Loja, Tena.
8. Ghazali, M. F., Adzami, N. S., Tajarudin, H. A., Zainol, M. R. R. M. A., Shoparwe, N. F., & Daud, Z. (2018). Isolation and identification of pathogenic bacteria at Riverbank filtration (RBF) study site: Lubuk Buntar, Kedah, Malaysia. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(9), 60–65. <https://doi.org/10.30880/ijie.2018.10.09.027>
9. Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7-8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>
10. López Silva, J. V. (2015). Las Aguas Residuales domésticas del Barrio El Recreo y su incidencia en la calidad del agua del Río Pindo Grande de la ciudad de Puyo, Provincia de Pastaza [Universidad Técnica de Ambato].

- [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10030/1/Tesis_850 - López Silva Janina Valeria.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10030/1/Tesis_850_-_L%C3%B3pez_Silva_Janina_Valeria.pdf)
11. Maita, L. (2017). Comparación De Comunidades Bacterianas En Ecosistemas Contrastantes De Cuencas Hidrográficas En Los Cantones Puyango Y Puyo, Ecuador [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18527>
 12. McGregor, M. (2018). Water Quality and the Impact on Public Health: An examination of water sources in the Amazon near Puyo, Ecuador and the health of indigenous communities. Independent Study Project (ISP). https://doi.org/https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/2922
 13. Messner, M., Shaw, S., Regli, S., Rotert, K., Blank, V., & Soller, J. (2006). An approach for developing a national estimate of waterborne disease due to drinking water and a national estimate model application. *Journal of Water and Health*, 4(SUPPL. 2), 201–240. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.024>
 14. Mendoza Chancay, C. M. (2019). Aplicación del índice de calidad de agua en las albarradas del recinto Sancán, Comuna Sancán, Manabí. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39660>
 15. Ministerio del Ambiente. (4 de 11 de 2015). Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua. ambiente.gob.ec: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
 16. Organización Mundial de la Salud. (7 de 2 de 2018). E. coli. Who.int: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
 17. Organización Mundial de la Salud. (2013). Agua, saneamiento y salud [ASS], Hojas informativas sobre enfermedades relacionadas con el agua. Organización Mundial de La Salud. <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>
 18. Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Pathogens and microbiological indicators of the quality of water for human consumption. *Revista Facultad Nacional de Salud Publica*, 35(2), 236–247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
 19. Rodríguez, J. (2016). Tesis previo al título de Ingeniero en Manejo y conservación del medio ambiente. Evaluación de la calidad de agua del río puyo (sector malecón)

- buayacu) mediante la identificación de macro invertebrados y el análisis físico-químico, y microbiológico, para proponer un plan de manejo ambiental. Universidad Nacional de Loja, Loja.
20. Rowe, A. A. (2014). River Health in Puyo, Ecuador The Use of Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality and Alternatives to Chlorine for Whitening Clothes in the Puyo River Watershed. Independent Study Project (ISP) Collection, 2014. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection
 21. Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2019). Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=Se%20calcula%20que%20unas%20842,mala%20higiene%20de%20las%20manos>
 22. Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., & Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 24(1–2), 46–49. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562004000100008&lng=es&tlng=es.
 23. Vásquez, G. S., Castro, G. M., Gonzáles, I. M., Pérez, R. R., & Castro, T. B. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, 60, 41–48. <http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>
 24. Vergara, M. y cols. (2015). Las infecciones bacterianas y el laboratorio de bacteriología (Vol. 2). https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/d41_978-950-579-399-0.pdf

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).