

MENTOR

Revista de Investigación Educativa y Deportiva

Volumen 3

Número 8

2024

Director: Ph.D. Richar Posso Pacheco

Email: rjposso@revistamentor.ec

Web: <https://revistamentor.ec/>

Editora en Jefe: Ph.D.(c) Susana Paz Viteri

Coordinador Editorial: Ph.D. (c) Josue Marcillo Ñacato

Coordinadora Comité Científico: Ph.D. Laura Barba Miranda

Coordinadora Comité de Editores: Msc. María Gladys Córdor Chicaiza

Coordinador del Consejo de Revisores: Msc. José Julio Lara Reimundo

Original

Análisis comparativo de niveles físico químico de contaminación en el río Ozama utilizando la técnica de fluorescencia de rayos x

Comparative analysis of physical and chemical contamination levels in the Ozama River using the x-ray fluorescence technique

* Doris del C. De la Cruz Mena
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3159-0229>
** María Cristina Arnaut Agramonte
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1030-912X>
*** Wanda Marina Román Santana
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9205-3200>
**** Judith Marcela Martínez Alonzo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8313-3356>

* Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana

Contacto:

* doriscm@hotmail.com
** mariacristina@hotmail.com
*** wandaroman2975@gmail.com
**** judithalonzom@gmail.com

Recibido: 05-03-2024
Aceptado: 12-05-2024

Resumen

El propósito principal de la presente investigación fue analizar de forma comparativa los niveles físico químico de contaminación en el río Ozama utilizando la técnica de fluorescencia de rayos x, en el periodo 2012 con el 2024. Estuvo imbuida en el paradigma cuantitativo lo que permitió la ejecución de cálculos y tratamientos numéricos necesarios en su desarrollo, el estudio fue de tipo explicativa, descriptiva y correlacional. En los resultados destacan la presencia de 17 elementos químicos además de restos humanos, la aplicación de la correlación de Pearson dio un valor de 0, 87 que indica el alto grado de asociación entre las observaciones ejecutadas en el 2012 y 2024 respectivamente, la presencia d aluminio fue de 49, 802 y de Silicio 312,808 ppm respectivamente. En las conclusiones destacan que los niveles de contaminación de los cuerpos de agua del río Ozama presentan un nivel importante, lo que afecta directamente a los ecosistemas presentes en sus corrientes poniendo en riesgo a las personas que viven en sus riveras. El Río Ozama históricamente en el periodo 2012 hasta 2024 presenta un comportamiento de aumento de niveles de contaminación debido a las repeticiones de sus numeraciones hacía un mismo elemento en su mayoría.

Palabras clave: Contaminación del agua, desechos sólidos, elementos químicos, niveles fisicoquímicos, río Ozama.

Abstract

The main purpose of this research was to comparatively analyze the physical and chemical levels of contamination in the Ozama River using the x-ray fluorescence technique in

the period 2012 to 2024. It was imbued in the quantitative paradigm which allowed the execution of calculations and numerical treatments necessary in its development, the study was of an explanatory, descriptive and correlational type. The results highlight the presence of 17 chemical elements in addition to human remains, the application of Pearson's correlation gave a value of 0, 87 which indicates the high degree of association between the observations made in 2012 and 2024 respectively, the presence of aluminum was 49, 802 and silicon 312,808 ppm respectively. The conclusions highlight that the contamination levels of the water bodies of the Ozama River present an important level, which directly affects the ecosystems present in its currents, putting at risk the people who live along its banks. The Ozama River historically in the period from 2012 to 2024 presents a behavior of increased levels of contamination due to the repetition of its numbering towards the same element in its majority.

Keywords: Water pollution, solid waste, chemical elements, physicochemical levels, Ozama River.

Introducción

Los cambios vertiginosos que se experimentan en el ambiente que devienen de las alteraciones que sufren las condiciones de la naturaleza, dan cuenta de una realidad que debe ser atendida en el sentido de que sus anomalías en un tiempo cercano, puede convertir al planeta en un sitio inhóspito donde las condiciones de vida sean escasas. Estas realidades que forman parte de la poca sensibilización de la raza humana puede entenderse como una

desviación de los principios de convivencia con el entorno (Goenechea y Valero-Franco, 2024).

Dentro de las formaciones naturales que son vitales para la subsistencia humana son los ríos, en el sentido de que provee de agua a las distintas comunidades, y cuya importancia es de primer orden, por ello el cuidado de su conservación en condiciones adecuadas, en todos los países Latinoamericanos, en especial en República Dominicana. En este sentido el vital líquido debe ser tratado de manera que no sea nocivo para la salud, por ello tanto los afluentes como la vegetación que está en sus cabeceras deben ser protegidas de manera permanente (Barrionuevo, 2020).

En este orden de ideas algunos de los procedimientos que se utilizan para tener acceso al agua limpia exenta de contaminación, es el monitorio sistemático con toma de muestras de forma organizada y por etapas, que puedan servir de insumos para los estudios ulteriores. En el caso del río Ozama, urge este tipo de estudios, por su importancia dentro de los pueblos dominicanos, el cual nace en la Loma Siete Cabezas, perteneciente a la Sierra de Yamasá, que dentro de la clasificación del país es el cuarto con mayor caudal cubriendo 2.686 kilómetros cuadrados y con un recorrido aproximado de 148 kilómetros, tiene como colindante al Norte las cuencas del río Yuna y Barracote, al oeste la cuenca del río Haina, al este la cuenca de los ríos Higuamo, Brujuela y la cuenca costera de Cabo Caucedo, pero lamentablemente los asentos urbanos y la explotación industrial han contribuido a una contaminación sin precedentes (Gobierno de la República Dominicana, 2021); Gutiérrez, 2014).

A pesar de que este río ofrece de manera efectiva el 60% del agua que consume la provincia de Santo Domingo, es cuestionable el descuido continuado y sistemático tanto de su calidad como de su mantenimiento, por los excesivos niveles de contaminación que en la actualidad presenta, y cuya data es de años anteriores.

... el río Ozama ha incrementado sus niveles de contaminación en las últimas dos décadas, a pesar de los esfuerzos sectoriales realizados por los organismos correspondientes en la elaboración de planes de conservación, mitigación y rescate, desde la década de los 80's. De estos esfuerzos, sin embargo, no se observa una coordinación interinstitucional continua, sostenible y efectiva, a excepción de proyectos puntuales sectoriales redactados en los últimos 5 años (Rodríguez Garabot, 2013, p. 7)

El problema que se destaca con respecto a la contaminación del río tiene como causa específica la no atención de sus afluentes, así como el discriminado crecimiento de la población urbana en la Provincia de Santo Domingo, provocando un desequilibrio en sus ecosistemas casi irreversibles por la intensificación de asentamiento en condiciones precarias en las áreas aledañas a su cuenca, debilitando su protección y fomentando la incorporación de agentes sólidos, químicos que alteran su condición natural (INTEC, 2023). Lo que evidentemente amerita un estudio científico mediante la realización de monitoreos de sus niveles de alteración, aplicando en este caso específico la técnica de fluorescencia de rayos x.

Es por ello que el monitoreo de variables físico-químicas presentes en el agua, precisa del estudio y determinación con cierta periodicidad de estos parámetros en muestras aleatorias o

en sitios donde se sospeche presencia de agentes extraños, lo que se convierte en una metodología que se sugiere para valorar la calidad de los cuerpos de agua y con estas prerrogativas planificar el establecimiento de programas y planes para la prevención de contaminantes (Quinto Castillo, 2024).

Para realizar este procedimiento, se deben considerar en principio, una aproximación integral del ecosistema acuático de interés indagatorio, ejecutando tareas como la apreciación mediante la observación y obtención de muestras. “La verificación de la calidad del agua se logra mediante el uso de programas de monitoreo y en concordancia con los parámetros solicitados para su uso. Todos los parámetros evaluados en el monitoreo dependen del uso final del agua” (Vásquez Aranda, 2023, p. 28).

La observación simple del afluente de esta corriente de agua dulce indica claramente que se deben determinar los parámetros que se encuentran fuera de la normalidad, para así asumir medias profesionales, comunitarias e institucionales, es por ello que el objetivo principal de la presente investigación fue analizar de forma comparativa los niveles físico químico de contaminación en el río Ozama utilizando la técnica de fluorescencia de rayos x, en el periodo 2012 con el 2024.

En este caso se realizaron mediciones de los parámetros físico-químico: para precisar los elementos químicos presentes en los cuerpos de agua, en el 2012 y en el 2024, como una forma de identificar sus variaciones composicionales tanto espaciales como temporales, resultantes de cambios en factores naturales como la litología, relieve, vegetación y clima del

rio. Además, son útiles para determinar el grado de contaminación tanto orgánica como inorgánica (Acosta y Salvadori, 2017; Atencio, 2018).

Metodología

En la presente investigación por sus características que requirieron ejecutar mediciones y cálculos específicos en las variables, se asumió el paradigma cuantitativo. El paradigma positivista como también se le conoce en el ámbito académico, permite ejecutar y desarrollar estamentos y principios numéricos e interpretaciones estadísticas, con el objeto de explicar de manera clara y científica los efectos de las variables o patrones en las realidades que se indagan (Ibarra et al., 2023).

El tipo de investigación tiene las siguientes características, desde las cuales se ejecutaron los tratamientos, cálculo e interpretaciones en función de los resultados que se obtuvieron, a saber:

- a. Explicativa: Porque se deben exponer de maneja justificada los resultados de las comparaciones de los niveles físico-químico de los niveles de contaminación del río Ozama con la aplicación de la técnica de fluorescencia. La investigación explicativa tiene la virtud de buscar el porqué de los hechos o fenómenos, estableciendo para ello la relación causa-efecto que lo caracteriza y tipifica como tal (Arias, 2006).

- b. Descriptiva: Una vez realizada las explicaciones basados en los datos obtenidos y de las interrelaciones concurrentes, se trata de caracterizar la fenomenología asociada. “La investigación descriptiva se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad” (Guevara et al., 2020).
- c. Correlacional: porque se debieron establecer los niveles de asociación entre los niveles de contaminación y la presencia de factores extraños en los cueros de agua del río Ozama. “el enfoque correlacional, este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra (Gómez Chipana, 2020, p. 479).

En la presente investigación se hizo un análisis físico-químico para determinar la presencia de elementos contaminantes en las aguas del río Ozama, en ese sentido se realizó una primera lectura en el año 2012 y la otra en el año 2024, amabas actividades se ejecutaron en los laboratorios de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, como un apoyo en el presente estudio.

Los análisis de laboratorio de las muestras de agua tomadas del río Ozama se ejecutaron los años 2012 y 2024, respectivamente, para ello se cubrieron en ambas fechas las siguientes actividades:

- 1) Primera muestra tomada en la confluencia

- 2) Segunda muestra tomada después de la confluencia
- 3) Tercera muestra tomada después de la confluencia

Los parámetros son unos indicadores de lo que se quieren demostrar, es decir, sirven de límites superior e inferior de los elementos a tratar, y que se concentran en los monitoreos de los cuerpos de agua del río Ozama en los años 2012 y 2024 respectivamente. A los efectos del presente estudio se utilizaron los indicados en la tabla 1, y que concentra los elementos contaminantes de sus corrientes.

Tabla 1

Parámetros utilizados en los índices fisicoquímicos de calidad de aguas

Parámetros	
Parámetros Organolépticos	Color Turbidez Olor Sabor
Parámetros físicos	Sólidos totales (residuo seco) Temperatura Conductividad
Parámetros químicos	Radioactividad Salinidad Dureza pH

Otros compuestos	Alcalinidad Acidez Oxígeno disuelto Materia orgánica Metales pesados
Parámetros microbiológicos	Aniones y Cationes Sustancias indeseables Sustancias tóxicas Coliformes (totales y fecales) Estreptococos fecales Enterococos fecales Ensayos específicos (Salmonela, legionela...)

Nota. Aguilar-Ucán, C. (2009). Metales pesados en sedimentos del arroyo “La Caleta” de Ciudad del Carmen, Campeche, México: Estudio preliminar.

Mediante esta orientación metódica se establecieron los estudios de laboratorio para determinar la presencia de cuerpos extraños. Los elementos presentes en las muestras de agua se exponen en la tabla 2, donde se describe tanto el elemento químico como su simbología, a saber

Tabla 2

Elementos químicos encontrados en las muestras de agua del río Ozama en los años 2012 y 2024

Elemento	Símbolo
Aluminio	(Al)
Silicio	(Si)
Fósforo	(P)
Potasio	(K)
Calcio	(Ca)
Titanio	(Ti)
Cromo	(Cr)
Manganeso	(Mn)
Hierro	(Fe)
Nitrógeno	(Ni)
Cobre	(Cu)
Zinc	(Zn)

Arsénico	(As)
Bromo	(Br)
Estroncio	(Sr)
Mercurio	(Hg)
Plomo	(Pb)

En la investigación se utilizó la técnica de fluorescencia de rayos X que permitió determinar la composición química tanto de los elementos descritos como residuos de origen humano que son nocivos para la conservación natural del río Ozama, la cubre muestras sólidas, líquidos, lodos y polvos sueltos (Arocena, 2016; Yungán, 2010).

Espectrómetro de fluorescencia de rayos x

Espectrómetro EDX 3600B, fecha de calibración 11/06/2013 certificado 10036000J-0000K.

Este sistema de dispersión de longitudes de onda, llamado así porque el espectro de fluorescencia policromático, emitido por la muestra al ser excitada por una de radiación producido por un tubo de rayos X, es descompuesto en sus componentes monocromáticas en función de sus longitudes de onda, al difractarse en un monocristal de espaciado conocido (Ccama, 2020; Quintero, 2019). El haz difractado para cada posición angular incide sobre un detector de gas proporcional de flujo o centelleo, que convierte los fotones en impulsos eléctricos (Mayca, 2019).

Figura 1

Espectrómetro de fluorescencia de rayos x



La mínima cantidad de muestra para usar en el equipo es de 150mg. Marca (trade Mark) SKYRAY. Fue aceptado como una muestra estándar en mayo 2007 (Calderón, 2019).

Tabla 3

Ventajas y desventajas del espectrómetro de fluorescencia de rayos X.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Sirve para cualquier elemento de número atómico mayor que 4 (berilio). - Es sencillo de obtener e interpretar. - La muestra no sufre daño. El método no es destructivo. - Las muestras pueden presentarse en una gran variedad de formas, tales como sólidos pastillas, polvos, líquidos, películas finas e incluso gases. El material puede ser metal, mineral, cerámico, vidrio, plástico, tela, papel etc. - La sensibilidad es mayor cuanto mayor es el número atómico del elemento presente y menores, los números atómicos de los que forman la matriz. 	<ul style="list-style-type: none"> Ciertos materiales cuando son sometidos por largos periodos de radiación se deterioran. Cita la necesidad de disponer de patrones generalmente caros. Como la penetración es baja, pueden influir efectos de microheterogeneidad por el tamaño de partícula y textura de la superficie, lo que supone una vanación de una muestra a otra. Efectos de absorción y refuerzo. Esto da problema a la hora de determinar la concentración de un elemento. Problemas de los elementos ligeros (menores de 14 Si).

Rango de concentraciones: aplicable desde el 100% al 0,0001% en los casos más comunes.	Absorción baja sensibilidad. Penetración baja (Tamaño de partículas y textura de la superficie. Error y tedio. En función del tipo de espectrómetro: secuencial, multicanal, con ordenador. (Impredecible para un análisis multielemental).
--	---

Nota. Cava y Ramos, 2016.

Resultados y Discusión

El trabajo realizado en el laboratorio da cuenta de la presencia de 17 elementos químicos contaminantes de las aguas del río Ozama, hecho este que afecta el ecosistema, la biodiversidad que se desarrolla en su seno además de los peligros que representa para las personas que puedan consumir estos líquidos. Las muestras de agua presentaron una carga importante de elementos extraños, los cuales se expresan en miligramos utilizando, para convertir las unidades de los datos que sirven de parámetro a las unidades, a saber:

Ejemplo: En 400mg/L a la unidad de ppm.

$$400\text{mg/L} = 400.45692122 \text{ ppm.}$$

En este sentido en la tabla 4 se expresan los valores que se determinaron en el laboratorio correspondiente a las tomas ejecutadas en el año 2012, donde se expresan las cantidades en términos de elementos contaminantes.

Tabla 4

Distribución de elementos químicos encontrados en el río Ozama expresado en ppm. Año 2012

Elemento	1ra muestra en la confluencia	%	2da muestra, después de la confluencia	%	3ra muestra, después de la confluencia	%
Silicio (Si)	48,811	11	54,905	12	30,195	7
	310,808	69	322,661	69	307,781	71

Fósforo (P)	9,12	20	1,979	0	10,317	1
Potasio (K)	7,756	2	5,261	1	4,653	2
Calcio (Ca)	5,315	1	7,120	2	9,655	1
Titanio (Ti)	5,103	1	4,688	1	5,088	0
Cromo (Cr)	0,113	0	0,089	0	0,137	0
Manganeso (Mn)	1,557	0	1,634	0	1,469	16
Hierro (Fe)	68,154	15	66,755	14	67,747	0
Nitrógeno (Ni)	0,023	0	0,022	0	0,020	0
Cobre (Cu)	0,054	0	0,051	0	0,062	0
Zinc (Zn)	0,135	0	0,098	0	0,093	0
Arsénico (As)	0,005	0	0,005	0	0,005	0
Bromo (Br)	0,036	0	0,022	0	0,040	0
Estroncio (Sr)	0,080	0	0,079	0	0,093	0
Mercurio (Hg)	2,9	1	2,4	1	4,3	1
Plomo (Pb)	0,048	0	0,039	0	0,045	0
Total	460,018		467,808		441,7	

Como se observa, los resultados de mayor presencia en las muestras estudiadas y que se expresan en la tabla anterior es el aluminio y el silicio, lo cual se repitió en las pruebas ejecutadas.

En el caso del aluminio se trata de un compuesto que afecta a los seres humanos en enfermedades como el Alzheimer además de la afectación en otras enfermedades autoinmunes (CEPAL, 2021). Por otra parte, el Silicio puede afectar de manera puntual las funciones cerebrales, por lo tanto, estos contaminantes deben ser tratados y minimizados en la medida de lo posible.

La presencia del mercurio en la primera toma en 2,9 mg en la segunda 2,4 y en la tercera 4,3 mg, revela un grado sumo de contaminación por los efectos en el sistema nervioso de este elemento químico.

Otro elemento presente en la estructura química de los cuerpos de agua del río Ozama es el hierro, que en los tres eventos se detectaron y que se expresan en la tabla 3, 68,154-66,755-67,747 lo que se repite con un rango de aumento en la tabla 4.

Los resultados de la tabla 5, corrobora la presencia de estos contaminantes químicos, que en la mayoría aumentan, aunque en proporciones pequeñas. Esto se evidencia al calcular el cociente producto momento de Pearson, donde se observa una correlación de 0,89 lo que implica que los contaminantes fluctúan de manera directamente proporcional en cada una de las muestras en los años 2012 y 2024 respectivamente.

Tabla 5

Distribución de elementos químicos encontrados en el rio Ozama expresado en ppm. Año 2024

Elemento	1ra muestra en confluencia	%	2da muestra después de la confluencia	%	3ra muestra, después de la confluencia	%
Aluminio (Al)	49,802	11	55,905	12	35,109	8
Silicio (Si)	312,808	68	326,661	68	307,781	69
Fósforo (P)	11, 12	54	1,979	0	12, 344	28
Potasio (K)	9,756	2	5,561	1	4,998	1
Calcio (Ca)	5,815	1	7,120	1	11,223	3
Titanio (Ti)	5,903	1	5,688	1	6,012	1
Cromo (Cr)	0,193	0	0,089	0	0,176	0
Manganeso (Mn)	1,857	0	1,634	0	1,987	0
Hierro (Fe)	70,004	15	69,755	15	69,744	16
Nitrógeno (Ni)	0,033	0	0,062	0	0,059	0
Cobre (Cu)	0,074	0	0,051	0	0,096	0
Zinc (Zn)	0,155	0	0,098	0	0,098	0
Arsénico (As)	0,025	0	0,005	0	0,011	0
Bromo (Br)	0,066	0	0,022	0	0,048	0
Estroncio (Sr)	0,011	0	0,079	0	0,193	0
Mercurio (Hg)	2,98	1	2,88	1	6,73	2
Plomo (Pb)	0,066	0	0,059	0	0,112	0
Total	459,557		477, 648		491,82	

La presencia de estos 17 elementos químicos además de los residuos humanos que se detectaron en los estudios de laboratorio realizados en la UASD, indican la gravedad del grado de asociación de contaminantes del rio Ozama, y en este caso se demuestra la correlación directa entre las variables observadas. En la tabla 5 se puede apreciar la presencia muy exagerada de

los elementos aluminio y Silicio, con mayor ponderación este último, los cuales tienen una relación positiva en cuanto a la aplicación del coeficiente de Pearson que da cuenta de sus efectos (Mera y Vásquez, 2017; Quispe, 2018).

En este caso sobresale la presencia del calcio como contaminante de mayor presencia y que corresponde a estudios referenciales que son basales a través de la técnica en el presente estudio (Reyes, 2020; Valles, et al., 2017). Las comparaciones tanto porcentuales como correlacionales, evidencian que los niveles físico-químicos sobre la contaminación del río Ozama de fluorescencia de rayos x, en los años 2012 y 2024, dan cuenta de la gravedad de sus condiciones, pudiendo convertirse en un centro de contaminación por el deterioro progresivo demostrado en los resultados de las tablas 4 y 5.

Otros elementos detectados fluorescencia de rayos x se pudo constatar residuos y condiciones de los cuerpos de agua del río Ozama, a saber:

- Turbidez de las aguas con cambios sustanciales entre los años 2012 y 2024, incrementado esta característica.
- Color verdoso en la mayoría de las muestras y observaciones ejecutadas.
- Olor: En las muestras del 2012 expulsaban ciertos olores que en el 2024 aumentaron y a veces se percibe como de restos de animales y residuos fecales nauseabundos.
- Sabor: El sabor es salinizado y con tendencia hacia la acidez, que materialmente la convierten en aguas no aptas para el consumo humano.

La presencia de químicos y de restos de origen humano en los cuerpos de agua, deterioran de manera progresiva la calidad, que debe mantenerse y en función de los principios humanos y sociales que son parte del quehacer social (Cosme Fustamante, 2023; Costa, 2021).

Conclusiones

Los niveles de contaminación de los cuerpos de agua del río Ozama presentan un nivel, lo que afecta directamente a los ecosistemas presentes en sus corrientes poniendo en riesgo a las personas que viven en sus riveras. El Río Ozama históricamente en el periodo 2012 hasta 2024 presenta un comportamiento de aumento de niveles de contaminación debido a las repeticiones de sus numeraciones hacía un mismo elemento en su mayoría. Donde se atribuye en la época de lluvias un arrastre de sedimento que coyunturalmente bajan los niveles de químicos y restos sólidos en sus aguas, pero que al pasar estas épocas el problema persiste y se agudiza.

Los niveles de aluminio (48,811 ppm) y silicio (310,808) fueron los elementos de mayor presencia en la 1ra muestra del 2012, y para el 2024 en el mismo evento aumentaron a 49,802 y 312,808 ppm respectivamente, lo que indica que la profundización de estas anomalías es una realidad en las aguas del río Ozama. En cuanto al color de las aguas la mayoría de las muestras evidencia la profundización de la turbidez, los olores su putrefactos y el sabor es ácido y salinizado, tanto en las tomas del 2012 como en las del 2024.

Con respecto a la presencia del mercurio detectado en los estudios realizados en el 2024 se evidencio que en las 3 tomas los resultados fueron 2,98-2,88-6,73 ppm lo que se constituye en una realidad que agrava la situación de los niveles de contaminación por los impactos

negativos en la salud humana. Los factores que aceleran el proceso de eutrofización son: Los vertidos de los hogares en este caso de agua residuales con detergentes, residuos alimenticios por la basura y los fertilizantes, por estar en las cercanías de la Provincia de Santo Domingo. Al igual se comprobó que en la época de aumento de pluviometría hay variaciones de los niveles de contaminación sin llegar a desaparecer.

La valoración de los análisis comparativos de los Niveles Físico químico de contaminación en el río Ozama utilizando la técnica de fluorescencia de rayos x, periodo 2020 al 2024, muestran de manera fehaciente el grado alarmante de contaminación de este afluente con el peligro de que se profundice. Por estas realidades que son indicativos fehacientes de la contaminación del río Ozama, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Incorporar una planta de tratamiento, para que las aguas de uso doméstico, agrícola, industrial, empresarial, puedan reutilizarse y revertidas en el cauce natural del río Ozama.
- Redireccionar el depósito de aguas servidas en los cuerpos de agua del río Ozama, por el impacto perverso en su naturaleza y composición.
- Coagulación y la eliminación de la materia orgánica mediante la formación de flóculos, que facilitan la acumulación de arcilla y polímeros en el agua.
- Colocar filtros que se pueda recoger materia de desechos para extraerlos de las aguas del río.
- Planificar y ejecutar un plan de descontaminación del río Ozama, realizando limpiezas periódicas de los desechos y analizando en laboratorios la calidad de sus aguas.

- Campaña de concientización, un trabajo comunitario – gobierno. Mayor empeño de medio ambiente en el rescate del río.
- Promover el detergente sin fosfatos.
- Crear una estación depuradora de aguas residuales.
- Inyectar oxígeno en esta agua de forma artificial.
- Crear una fosa séptica o varias.
- Subvencionar la depuración de aguas residuales.
- Desalineación del agua de un acuífero contaminado.

Estas acciones pueden servir de ideas iniciales para la recuperación del río Ozama como fuente hídrica en la Provincia de Santo Domingo y poblaciones aledañas.

Referencias

- Acosta, J.& Salvadori, J. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para riego mediante el empleo de criterios actualizados* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Pampa]. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/1376>
- Aguilar-Ucán, C. (2009). Metales pesados en sedimentos del arroyo “La Caleta” de Ciudad del Carmen, Campeche, México: Estudio preliminar. *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 5(3), 232-237. Recuperado a partir de <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/176>
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica, 6ta edición*. Editorial episteme. <https://es.slideshare.net/slideshow/arias-f-2016-el-proyecto-de-investigacin-7-ed-caracas-epstemepdf/257243361>

- Arocena, R. ed. 2016. *Principios y métodos de limnología: ejemplos de Uruguay*. DIRAC. Montevideo. 328 pp. de Assis Esteves, F. 2011. *Fundamentos de limnología. Interciencia*. Río de Janeiro. 826 pp.
- Atencio, H. (2018). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y Región Pasco- 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/428>
- Barrionuevo, Y. (2020). *Evaluación de la degradación de plásticos biodegradables y convencionales distribuidos en las principales cadenas de supermercados de la ciudad de Arequipa – 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12163>
- Calderon, F. (2019). *Evaluación microbiológica del agua de riego en épocas de estiaje en Carquín Chico, distrito de Hualmay - 2018*. [Tesis de Maestría, Universidad José Faustino Sanchez Carrión]. <https://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2816>
- Ccama, D. (2020). *Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa—Melgar* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3276099>
- Cava, T., & Ramos, F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/850>
- CEPAL - Naciones Unidas. (2021). *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/ministerio-del-ambienteminam-de-peru>
- Cosme Fustamante, A. (2023). *Determinación del estado trófico utilizando índices numéricos en la laguna la pampa, Humedales de Villa, Lima-Perú. (Trabajo de grado de pregrado)*. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7909>

- Costa, C. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4126>
- El Instituto Tecnológico de Santo Domingo, INTEC (2023). *El río Ozama transfiere un 90 % de residuos al mar Caribe*. <https://www.intec.edu.do/notas-de-prensa/item/el-rio-ozama-transfiere-un-90-de-residuos-al-mar-caribe-se-determina-en-una-investigacion>
- Gobierno de la República Dominicana. (2021). Medio Ambiente. <https://ambiente.gob.do/informacion-ambiental/ozama/>
- [Goenechea](#), C. y [Valero-Franco](#), C. (2024). Educación e Inteligencia Artificial: Un Análisis desde la Perspectiva de los Docentes en Formación. *REICE Revista Iberoamericana sobre Calidad Eficacia y Cambio en Educación* 22(2), 33-50. https://www.researchgate.net/publication/379670215_Educacion_e_Inteligencia_Artificial_Un_Analisis_desde_la_Perspectiva_de_los_Docentes_en_Formacion
- Gómez Chipana, E. (2020). Análisis correlacional de la formación académico-profesional y cultura tributaria de los estudiantes de Marketing y Dirección de Empresas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 478-483. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n6/2218-3620-rus-12-06-478.pdf>
- Guevara Alban, G., Verdesoto Arguello, A., & Castro Molina, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), <https://doi.org/10.26820/recimundo/4>.
- Gutiérrez, W. (2014). *Recopilación documental de informaciones relacionadas con la cuenca, calidad de sus aguas, saneamiento y rehabilitación del Río Ozama*. <https://es.scribd.com/document/486071393/recopilacion-documentales-sobre-la-cuenca-ozama>
- Ibarra-Sáiz, M. S., González-Elorza, A., y Rodríguez-Gómez, G. (2023). Aportaciones metodológicas para el uso de la entrevista semiestructurada en la investigación

- educativa a partir de un estudio de caso múltiple. *Revista de Investigación Educativa*, 41(2), 501-522. <https://doi.org/10.6018/rie.546401>
- Jiménez García, E., Natalia Orenes-Martínez, N. y López-Fraile, L. (2024). Rueda de la Pedagogía para la Inteligencia Artificial: adaptación de la Rueda de Carrington. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 1-15. <https://www.redalyc.org/journal/3314/331475280006/html/>
- Mayca, G. (2019). *Calidad de agua del Río Rímac sector Chicla, Provincia de Huarochirí, departamento de Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_8af97fe359cbe31efba33cb724c0cc1b
- Martínez, C. (2018). *Investigación descriptiva: definición, tipos y características*. <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva>
- Mera, J., & Vásquez, D. (2017). *Determinación de la calidad de agua para riego en el sistema de conducción, Santa Ana*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Manabí]. <http://repositorio.utm.edu.ec/items/3cf42073-e805-4492-97d8-a455ecf58df6>
- Quintero, J. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. *Siembra*. 6(2), 16–41. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>
- Quinto Castillo, P. A. (2024). *Evaluación del comportamiento de biodegradación de plásticos oxobiodegradables por acción bacteriana de Pseudomona aeruginosa, A NIVEL DE LABORATORIO – 2023*. Trabajo de grado de pregrado. Universidad Nacional Federico Villarreal. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/8531/UNFV_FIGAE_Quinto%20Castillo%20Peter%20Albert_Titulo%20profesional_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quispe, Y. (2018). *Gestión del agua para riego de áreas verdes en el distrito de Pueblo Libre, Lima, Perú* [Tesis de grado - Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11915>

- Reyes, W. (2020). *Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma—AQUAFIL* [Tesis de grado - Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15532>
- Rodríguez Garabot, E. (2013). *Informe Básico sobre Puntos Críticos y Problemática de la Contaminación en las Cuencas Media y Baja del Río Ozama e Isabela en el Gran Santo Domingo. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MIMARENA.*
<https://urbe.gob.do/wp-content/uploads/2023/08/focos-contaminantes.pdf>
- Vásquez Aranda, A. (2023). *Evaluación microbiológica del canal huatica y propuesta de tratamiento con fines de riego en áreas recreativas del distrito de magdalena del mar, 2021.* (Tesis de grado de pregrado). Universidad Nacional Federico Villarreal.
https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/7919/UNFV_FIGAE_Abad_Velasquez_Yoselin_Titulo_profesional_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valles, M., Guerrero, V., Sanchez, E., Ojeda, D., & Prieto, A. (2017). Calidad del agua para riego en una zona Nogalera del estado de Chihuahua. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33(1) 85-97. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.08>
- Yungán, J. L. 2010. *Estudios de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del Río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo.* Tesis. Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. 145 pp. 08. Wetzal, R. G. 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystems.* Third edition. Elsevier. 1006 pp.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.