

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA



Proyecto Congreso Científico Juvenil 2024

Informe Final

Área de Química / Área de Biología / Área de Física

Tema:

Incidencia de los químicos presentes en el río Ozama y las consecuencias sanitarias que suponen para la población del Distrito Nacional, República Dominicana.

Sustentantes:

1. **Nombre:** Roseline Guzmán, **Matrícula:** 24-0643. **Correo/ teléfono:**
rguzman9@est.unibe.edu.do/829-985-8440.
2. **Nombre:** Leidy Cristal Caraballo. **Matrícula:** 24-0660. **Correo/ teléfono:**
lcaraballo3@est.unibe.edu.do /829-862-9126.
3. **Nombre:** Emil Rodriguez. **Matrícula:** 24-0805. **Correo/ teléfono:**
Erodriguez51@est.unibe.edu.do/809- 972-7024.
4. **Nombre:** Taysha Núñez. **Matrícula:**24-0769. **Correo/ teléfono:**
tnunez2@est.unibe.edu.do/809- 975-5024.

Carrera:

Medicina

Prof. Sharon del Pilar Garcia Jáquez, Prof. Joanna Morey, Prof. Jessica Ramirez y Prof.

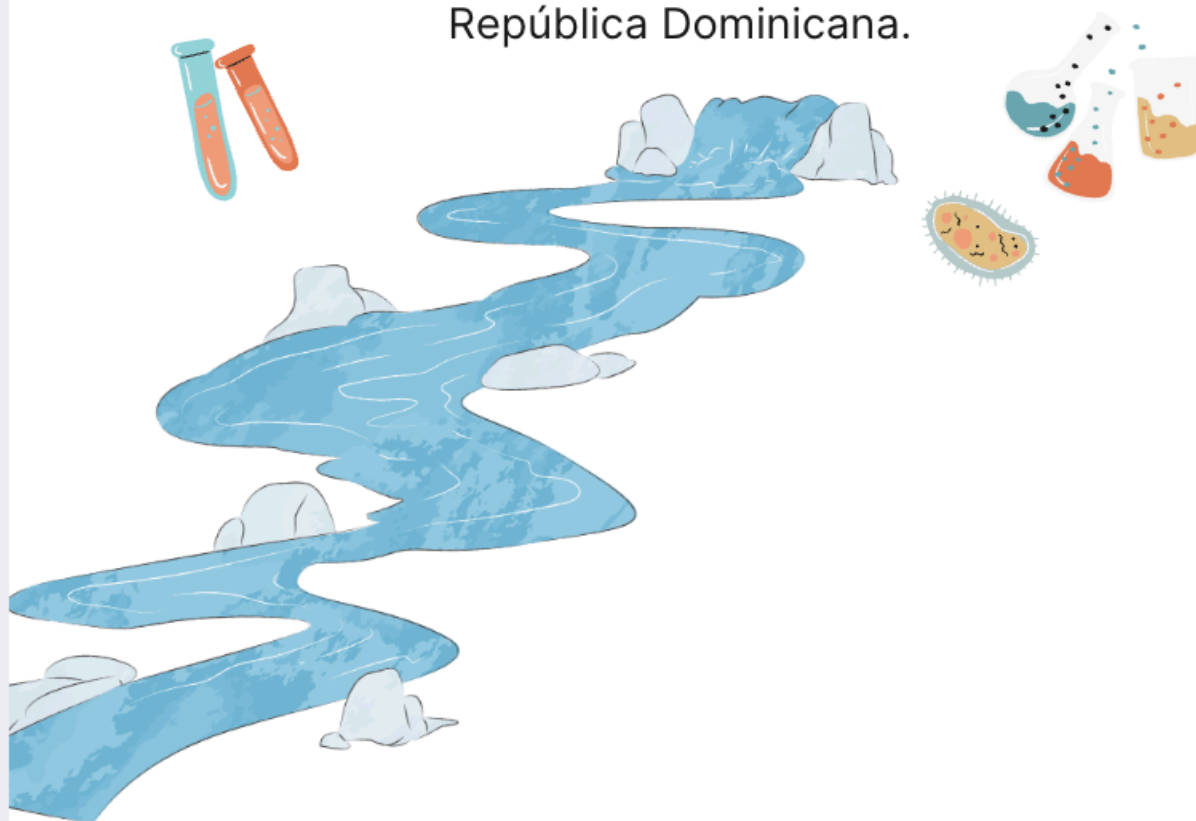
Hamlet Herrea

Domingo 23 de Junio 2024. Distrito Nacional, Rep. Dom.

Índice

Introducción.....	4
Antecedentes.....	5
Planteamiento del problema.....	7
Objetivos.....	8
Justificación del proyecto.....	9
Fundamentación teórica.....	11
Metodología.....	12
-Materiales.....	14
Parte experimental.....	16
Resultados.....	21
Análisis de Resultados.....	27
Conclusión.....	29
Recomendaciones.....	31
Referencias.....	33
Anexos.....	37

Incidenca de los químicos presentes en el río Ozama y las consecuencias sanitarias que suponen para la población del Distrito Nacional, República Dominicana.



Introducción

La contaminación del río Ozama en la República Dominicana ha alcanzado niveles alarmantes debido a la descarga indiscriminada de desechos industriales y domésticos. Esta problemática, respaldada por estudios de la Fundación Sur Futuro y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ha revelado la presencia de metales pesados, bacterias dañinas y sustancias químicas peligrosas, según informes de la Agencia de Protección Ambiental (ARPA). Estos químicos presentes en el río Ozama representan una grave amenaza para la salud de la población del Distrito Nacional, generando consecuencias sanitarias significativas.

Para lograr esto, es fundamental monitorear la calidad del agua del río Ozama y evaluar sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con la normativa ambiental vigente para la calidad del agua y el control de vertimientos (2017, Vargas). Esta investigación exhaustiva permitió obtener datos precisos que orienten acciones concretas para mitigar la contaminación y proteger la salud de la población afectada.

Lamentablemente sí se encontró metales, bacterias y químicos, y si no se hace algo para disminuir la contaminación los parámetros van a seguir aumentando. Dada la gravedad de la situación ambiental evidenciada a lo largo de los años y el riesgo potencial que representa para la salud humana y la biodiversidad del ecosistema acuático, es imperativo que se dediquen recursos y esfuerzos a abordar este problema de manera integral. Solo a través de una intervención coordinada y basada en datos científicos podremos revertir la situación y garantizar un futuro sostenible para el río Ozama y sus comunidades circundantes (INTEC, 2023).

Antecedentes

El río Ozama, situado en la República Dominicana, ha experimentado un aumento significativo en los niveles de contaminación en los últimos años. Según varios estudios realizados por organizaciones de la República Dominicana, factores como la descarga de desechos industriales y domésticos sin tratamiento adecuado han contribuido a la degradación de la calidad del agua en el Ozama.

“En el año 1992, el entonces presidente Joaquín Balaguer lanzó el proyecto de rescate al río Ozama, denominado Programa de Rescate Social, Urbano y Ecológico (Resure). Desde entonces, se han anunciado decenas de proyectos sin que ninguno haya dado solución a la contaminación imperante en el río” (Batista, 2012).

Han pasado más de 20 años desde el anuncio del programa Resure y más de ocho períodos gubernamentales, y parece que no han sido suficientes para solucionar los problemas de hacinamiento, contaminación, insalubridad y otros males que padece el río Ozama. “La causa es la instalación de empresas públicas y privadas que están matando lentamente una de las reservas acuíferas más importantes del país y el asentamiento de más de doce mil familias a orillas del río que vierten todos sus desechos en el afluente sin ningún tipo de control” (Vargas, 2017).

Muchos años después, la situación no ha cambiado, pese a los intentos de limpiar la margen del Ozama y a los observatorios, encuentros y reuniones de las principales autoridades en busca de soluciones. El problema crece cada día.

Se ha tomado como base dos investigaciones realizadas en el país, una en el año 1993 por el Instituto Tecnológico (INTEC) y la otra en el año 2017 por la Autoridad Nacional de

Asuntos Marítimos (ANAMAR). Ambas con objetivos y temáticas similares, con el fin de contextualizar y fundamentar los hallazgos actuales en un marco histórico y comparativo.

Espinal, G., Mendoza, L., Contreras, J., & Vásquez, J. (INTEC 1993).

**CONTAMINACIÓN QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LOS RÍOS
OZAMA E ISABELA [Conjunto de datos].**

La investigación se planteó con el objetivo de estudiar la condición microbiológica de las aguas de los ríos Ozama e Isabela, así como de las aguas costeras de Santo Domingo. Se realizaron varios estudios que abordan tanto el aspecto químico como el bacteriológico de estas aguas.

Los resultados de los estudios revelaron varios hallazgos importantes. En la parte más al norte de los ríos, donde no existen instalaciones industriales, la situación varía en dirección al sur, donde se encuentran fábricas de cemento, astilleros navales, plantas procesadoras de alimentos y plantas eléctricas. En la desembocadura de las aguas del mar Caribe en el río, se pueden observar valores altos de dureza debido a la concentración de sales. Además, se encontraron microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter cloacae*, *Proteus sp.*, *Salmonella*, entre otros.

El recuento total de microorganismos aerobios mesófilos fue alto en la confluencia de los dos ríos, en La Zurza y hacia la desembocadura. En todos los puntos de muestreo, el recuento total de microorganismos estuvo por encima del valor máximo permitido para aguas de recreación. El número más probable de coliformes por cada 100 ml presentó la misma tendencia que el recuento total, mostrando también un máximo en la confluencia de los ríos Ozama e Isabela. Se presentaron todos los resultados en tablas y gráficos.

Vargas M., E. D. (2017). Análisis de los niveles contaminantes en zonas costeras mediante la determinación de concentraciones de isótopos estables caso estuario río Ozama. [Conjunto de datos].

Esa investigación se enfoca en la importancia de conservar las fuentes hídricas en la República Dominicana y en la evaluación de su calidad a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, utilizando la Norma Ambiental Sobre Calidad del Agua y Control de Descargas (NA_AG_001_03) como referencia. Se aborda la contaminación por fuente lineal y difusa, así como el uso de isótopos para identificar fuentes de contaminación en el Estuario Río Ozama.

Los objetivos de este trabajo incluyen determinar la distribución de parámetros isotópicos, evaluar la contaminación en las zonas estudiadas y establecer las posibles fuentes de contaminación del estuario. La información disponible se centra en la presentación y redacción de resultados de investigaciones en general, pero no proporciona detalles específicos sobre los resultados de la investigación en cuestión. Se podría decir que los resultados preliminares indican una alta incidencia de contaminantes orgánicos en el estuario, con indicativos de contaminación orgánica en lugares de descargas de aguas residuales.

Planteamiento del problema

El río Ozama, uno de los principales ríos de la República Dominicana, se encuentra altamente contaminado debido a diversos factores causantes de estos, como la falta de recursos para su protección, las plantas de generación eléctrica en sus orillas y la cantidad constante de barrios marginados que arrojan desperdicios al río. Esta contaminación no solo afecta de manera negativa al ecosistema marino sino que es una gran amenaza a nivel de salud para las personas que viven a sus alrededores. Resaltando que se han registrado y encontrado diversos contaminantes como químicos y organismos ligados con diversas

bacterias las cuales pueden llegar a causar enfermedades tales como meningitis, amigdalitis y diarreas.

Una posible solución a este crucial problema sería la inversión por parte del gobierno y las autoridades correspondientes para sanear el agua del río Ozama. Esto podría incluir la implementación de multas para las empresas que arrojan desechos al río, programas de educación para concientizar a la población sobre la importancia de cuidar el río y evitar la contaminación, y la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales en las zonas cercanas. Todas estas acciones combinadas forman una estrategia para abordar la problemática de la contaminación de las aguas en el río Ozama. Entre las interrogantes planteadas se encuentran las siguientes preguntas de investigación.

1. ¿Cuáles son los químicos más dañinos para el ser humano que se encuentran en las aguas del río Ozama?
2. ¿Cuáles son algunas de las sustancias desprendidas por la contaminación en el río Ozama?
3. ¿Cuáles son las consecuencias que estos generan a los moradores próximos a la zona?
4. ¿Cuáles son las normativas o leyes presentes como medidas preventivas de enfermedades a consecuencia de la contaminación del río Ozama?
5. ¿Estas leyes son aplicadas?

Objetivos

-Objetivo general

- Determinar los químicos presentes en el río Ozama y las consecuencias sanitarias que suponen para la población del Distrito Nacional, República Dominicana.

-Objetivos específicos

1. Investigar acerca de las sustancias presentes en el río Ozama y sus contaminantes.
2. Identificar los distintos agentes químicos contaminantes en el río Ozama que se encuentran en mayor proporción.
3. Analizar qué sustancias presentes en el río Ozama presentan una mayor tasa de toxicidad en comparación a otras que se pueden hallar dentro del mismo.
4. Investigar las consecuencias que implican los contaminantes del río Ozama a los moradores próximos a la zona.
5. Identificar los distintos agentes bacteriológicos en el río Ozama que se encuentran en mayor proporción.
6. Determinar la concentración de plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y cobre (Cu) en muestras de agua recolectadas en cuatro puntos muestrales estratégicos del río Ozama.
7. Comparar las concentraciones de metales pesados en los diferentes puntos muestrales para identificar las zonas más afectadas por la contaminación y cómo varían según la localización.
8. Evaluar si las concentraciones de metales pesados en el agua del río Ozama superan los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua potable, destacando la mayor toxicidad de metales como el plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) en comparación con otros metales.

Justificación del proyecto

En el corazón de la República Dominicana, el río Ozama, una vez vibrante y lleno de vida, se enfrenta a un problema muy grave: la contaminación. Pero en medio de esta difícil situación, se presenta una oportunidad única para tomar medidas y marcar una gran

diferencia. Este proyecto no es solo una respuesta a una crisis ambiental, sino que también representa un rayo de esperanza en un horizonte sombrío.

La necesidad de restaurar la salud del río Ozama no puede ser subestimada. Según los informes presentados por la Fundación Sur Futuro y respaldados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la situación es realmente preocupante: el río está altamente contaminado con metales pesados y sustancias químicas tóxicas que representan una amenaza tanto para la vida acuática como para la salud de las comunidades que viven cerca de sus orillas. La necesidad de actuar de forma inmediata es evidente, y este proyecto se presenta como una respuesta crucial y oportuna ante este desafío sin precedentes.

Lo que hace que este proyecto sea especial es que aborda de manera integral y multidisciplinaria el problema. En lugar de enfocarse solo en identificar y solucionar las fuentes de contaminación del río Ozama, se busca también sentar las bases para una gestión ambiental más efectiva y sostenible en el futuro.

Cada acción que se toma dentro de este proyecto tiene un impacto significativo. No solo se busca restaurar la salud del río, sino también fortalecer la resiliencia de todo el ecosistema. Es como si se estuvieran brindando al río las herramientas necesarias para que pueda recuperarse y resistir cualquier desafío que se le presente.

Además, este proyecto también tiene en cuenta el bienestar de las comunidades locales. Al mejorar la calidad del agua y del entorno natural, se espera que la calidad de vida de las personas que viven cerca del río también mejore, creando un ambiente saludable para aquellos que hacen uso de esta fuente acuífera.

Finalmente, este proyecto busca abordar los desafíos presentes en el Río Ozama mientras sienta las bases para un futuro más sostenible. Implica la colaboración entre diversas áreas de conocimiento y tiene un impacto positivo en el ecosistema y las comunidades locales. Además, ofrece una oportunidad única para que la comunidad se involucre en la

protección de su entorno, promoviendo un sentido de responsabilidad compartida hacia el medio ambiente. En última instancia, este proyecto no solo es necesario, sino también beneficioso, ya que demuestra cómo la colaboración puede marcar una diferencia real en la preservación de nuestro planeta y el bienestar de las generaciones futuras.

Fundamentación teórica

La contaminación del río Ozama en la República Dominicana es una seria preocupación ambiental que ha alcanzado proporciones críticas debido a la descarga descontrolada de desechos industriales y domésticos. Según los informes elaborados por Sur Futuro y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como leídos por el informe de ARPA, se identificó la presencia de metales pesados y numerosas sustancias químicas nocivas en el agua del río Ozama, lo que podría tener consecuencias catastróficas para la salud de la población cercana al Distrito Nacional.

La necesidad de abordar este problema radica en la gravedad de la situación ambiental y las amenazas actuales y potenciales para la salud humana y la biodiversidad del ecosistema acuático. Para abordar este desafío, es crucial llevar a cabo una investigación en profundidad con el fin de identificar los químicos presentes en el agua del río Ozama y sus potenciales impactos en la salud pública.

En este sentido, la metodología propuesta implica la toma de muestras de agua en diversos puntos del río Ozama, tales como la Planta Wartsila, los Astilleros Navales, la Confluencia del río y Orillas Puente flotante. Las muestras serán analizadas en laboratorios especializados en busca de agentes químicos y bacteriológicos contaminantes.

Entre los métodos químicos empleados se incluirá la espectroscopía, un método que permite determinar la existencia y cantidad de diversos químicos y físicos en las muestras.

Finalmente, se realizará un análisis bacteriológico que permitirá medir la calidad microbiológica del agua y determinar los niveles de microorganismos patógenos existentes.

Esta detallada y multidisciplinaria intervención permitirá recolectar datos específicos acerca de la calidad del agua en el río Ozama y tomar medidas concretas para combatir la contaminación e implementar planes de protección a la comunidad. En este sentido, el presente proyecto no solo abonará a la sostenibilidad en el ciclo de gestión ambiental, sino que repercutirá directamente en la salud de las poblaciones locales.

Metodología

En este proyecto científico, se emplea una metodología de investigación prospectiva, cuantitativa y experimental con un enfoque multidisciplinario. La investigación se centrará en la evaluación de la calidad del agua del río Ozama y sus posibles efectos en la salud pública. Para lograr esto, se llevarán a cabo diversas actividades estructuradas y rigurosas que permitirán obtener resultados confiables y reproducibles.

Se seleccionaron cuatro puntos específicos del río Ozama para la recolección de muestras de agua: la Planta Wartsiella, los Astilleros Navales, la Confluencia del río y las orillas del Puente Flotante. Estos puntos se escogieron estratégicamente para proporcionar una representación adecuada de las condiciones del agua en diferentes partes del río. Las muestras de agua fueron recogidas en envases estériles y transportadas inmediatamente a laboratorios especializados para su análisis (Imagen #1)

En el laboratorio, se realizaron análisis químicos y bacteriológicos de las muestras de agua. Para el análisis químico, se utilizó la espectroscopía, una técnica que permite identificar y cuantificar la presencia de diferentes químicos en las muestras de agua. Este método ayudó a detectar contaminantes como metales pesados, pesticidas y otros compuestos orgánicos e

inorgánicos. Por otro lado, el análisis bacteriológico se centró en determinar la calidad microbiológica del agua, buscando la presencia de microorganismos patógenos como E. coli, coliformes fecales y otros indicadores de contaminación biológica.

El diseño experimental de este estudio incluyó un grupo experimental y un grupo control. El grupo experimental está compuesto por las muestras de agua recolectadas de los puntos seleccionados del río Ozama, mientras que el grupo control estará formado por muestras de agua recolectadas de una fuente de agua no contaminada, seleccionada cuidadosamente para servir como referencia. La comparación de los resultados obtenidos del análisis químico y bacteriológico entre las muestras del grupo experimental y el grupo control permitió identificar desviaciones significativas en la calidad del agua.

Para analizar los datos recopilados, se utilizaron métodos estadísticos avanzados. Esto incluyó pruebas de hipótesis para determinar la significancia de las diferencias observadas entre los grupos experimental y control, así como análisis de correlación para investigar la relación entre la presencia de ciertos contaminantes y la prevalencia de microorganismos patógenos. Este enfoque estadístico robusto garantizará la precisión y validez de los resultados del estudio.

Basándose en los resultados del análisis químico y bacteriológico, se evaluaron los posibles impactos en la salud pública. Esto implica la estimación de riesgos para la salud asociados con la exposición a los contaminantes identificados en el agua del río Ozama. Los datos obtenidos proporcionaron una comprensión detallada de los riesgos y ayudaron a desarrollar estrategias efectivas para mitigar la contaminación del agua y proteger la salud de las comunidades locales.

La metodología propuesta, al ser prospectiva, cuantitativa y experimental, permitió obtener una comprensión detallada y rigurosa de la calidad del agua en el río Ozama y sus

posibles efectos en la salud pública. Esta información será crucial para el desarrollo de políticas y estrategias efectivas para combatir la contaminación y proteger a las comunidades que dependen del río. Con estos resultados, se podrán tomar medidas concretas para mejorar la calidad del agua y salvaguardar la salud de las personas que viven en el Distrito Nacional, República Dominicana.

-Materiales

- **Análisis Biológico**

Recipientes estériles de 100 mL

Incubadora

Indicadores de pH

Tubo de ensayo

Filtros de membrana

Placas petri

Placas petrifilm

Pigmentos

Luz ultravioleta

Cubreobjetos

Portaobjetos

Medio de cultivo

Microscopio

Elementos de bioseguridad

- **Análisis químico**

Recipientes estériles de 100 mL

Tubos de ensayo

Gradillas

Goteros

Una probeta de 100ml

Una pipeta de 10 ml

Cuatro erlenmeyer de 100ml

Una bureta de 25ml

Un vidrio de reloj

Una matraz aforado de 100 ml

Una matraz aforado de 100 ml

Un frasco lavador

Un agitador de vidrio

Un embudo de sólidos

Papel pH

Phmetro

Una balanza analítica

Mechero

Indicadores como negro de eriocromo T o murexida

- **Análisis Físico**

Botellas de vidrio estériles

Guantes

Mascarillas

Gafas de seguridad

Etiquetas

Hielo

Reactivos

Agua desionizada

Papel filtro

Espectrómetro de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES)

Balanza analítica

Pipetas

Matraz volumétrico

Filtro de membrana

Parte experimental

Se fue a cuatro puntos muestrales a lo largo del río Ozama: frente a la Planta Wartsiella, frente a los Astilleros Navales, en la Confluencia del río y orillas del puente flotante. Por otro lado, para llevar a cabo el monitoreo de la calidad del agua en los puntos seleccionados a lo largo del río Ozama, se emplearon técnicas físicas, como la espectroscopia o la cromatografía, para analizar muestras de agua y detectar la presencia y concentración de químicos.

En primer lugar, se recogieron muestras de agua de la superficie en botellas adecuadas y se trasladaron a laboratorios para su análisis. Para estudiar la parte biológica se llevaron las muestras al “**Laboratorio Aguasvivas**”, para estudiar la parte química se llevó al “**Instituto Innovacion En Biotecnologia E Industria**” y para los estudios físicos se llevó a “**Dirección General de Aduanas**”. Se tomaron debidamente en cuenta todas las medidas necesarias para garantizar la integridad de las muestras y prevenir la contaminación durante el proceso de recolección y transporte. Una vez en los laboratorios, se realizaron una serie de procedimientos para los análisis químicos pertinentes.

Procedimiento Biológico:

Se utilizaron recipientes estériles de 100 mL para el análisis bacteriológico de las muestras. Esto implica el cultivo de bacterias presentes en el agua en medios de cultivo adecuados y el posterior examen de las colonias bacterianas formadas. Se realizaron pruebas de identificación bacteriana para determinar la presencia de microorganismos patógenos y evaluar la calidad microbiológica del agua.

- Para determinar la presencia de Coliformes Fecales/Totales (**información proporcionada por el Laboratorio Aguasvivas**):

El método de filtración por membrana fue la técnica utilizada para la detección de coliformes fecales en la muestra de agua.

1) El proceso comienza con la preparación de filtros de membrana estériles y la unidad de filtración, seguida de la aplicación de un volumen conocido de la muestra de agua (normalmente 100 ml) que se filtró a través de la membrana, reteniendo las bacterias coliformes.

2) Luego, el filtro se colocó en una placa de Petri con medio de cultivo selectivo, en este caso mFC (medio feco coliforme), y se incubó a 44.5°C durante 24 horas.

3) Para calcular el número de coliformes fecales en la muestra original, expresado generalmente en UFC por 100 ml de agua. Este cálculo se realizó multiplicando el número de colonias contadas por el factor de dilución y ajustando al volumen original filtrado.

Las colonias de coliformes fecales se identificaron típicamente por su color azul en el medio mFC, y se cuentan para determinar el número de unidades formadoras de colonias (UFC) presentes en la muestra original, expresado generalmente en UFC por 100 ml de agua.

- Para determinar la presencia de Escherichia Coli (**información proporcionada por el Laboratorio Aguasvivas**):

El método del Número Más Probable (Most Probable Number, MPN) fue la técnica utilizada para la detección de coliformes fecales en la muestra de agua.

- 1) Primero, se recolectó la muestra utilizando botellas estériles y se procesa rápidamente para evitar la contaminación.
- 2) Luego, se filtró la muestra a través de un filtro de membrana que retiene las bacterias. Este filtro se colocó en un medio de cultivo y se incubó a temperaturas específicas.
- 3) Después de la incubación, las colonias sospechosas de *E. coli*, que presentan características distintivas como un brillo metálico verde en el agar EMB, fueron identificadas.
- 4) Se realizaron pruebas bioquímicas adicionales, como la de indol y la fermentación de lactosa, para confirmar la identidad de *E. coli*.

- Para determinar la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* (**información proporcionada por el Laboratorio Aguasvivas**):

1) Recolección de Muestras: Para iniciar el proceso de identificación de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua del río, se utilizó botellas estériles para la recolecta. Las muestras se mantuvieron refrigeradas/a temperatura ambiente antes de llevarlas al Laboratorio Aguasvivas.

2) Filtración de la Muestra: Una vez en el laboratorio el siguiente paso fue filtrar la muestra de agua para concentrar las bacterias presentes. Se usó filtros de membrana de 0.45, un embudo de filtración y una bomba de vacío. Se colocó un filtro de membrana en el soporte del embudo y se vierte 100 ml de la muestra de agua a través del embudo, utilizando la bomba de vacío para acelerar el proceso de filtración.

3) Cultivo Primario: Para el cultivo de las bacterias filtradas, se incubaron las placas a 37°C durante 24-48 horas.

4) Observación de Colonias: Tras la incubación, se examinaron las placas para identificar las colonias. Se buscan colonias de color verde-azulado, resultado de la producción de piocianina, y se observó la fluorescencia bajo luz UV. Las colonias típicas de *Pseudomonas aeruginosa* son de forma irregular y pueden emitir un olor característico a uvas, lo que ayuda a su identificación preliminar.

Procedimiento Químico:

- Identificación del Ph

En primer lugar, la celda utilizada para medir el pH consta de un par de electrodos, uno de calomelanos (mercurio, cloruro mercúrico) y otro de vidrio. Luego fueron sumergidos en el agua de cada punto, el bulbo se llenó con una solución de ácido clorhídrico 0,1 M saturada con cloruro de plata. Los medidores de pH potenciométricos miden el voltaje entre dos electrodos y convierten el resultado en una indicación del valor de pH correspondiente, y se verificó el resultado de cada muestra de Ph (Imagen #2).

- Método de Titulación con EDTA para la Determinación de la Dureza del Agua

Se tomó una muestra representativa de agua de 100 mL, se ajustó el Ph alrededor de 10, usando las soluciones tampón. Esto asegura que los iones de calcio y magnesio están en forma de carbonatos solubles y así disponibles para la titulación con EDTA, la cual es una sustancia química que se adhiere a los iones de ciertos metales como el calcio, magnesio, plomo e hierro.

Luego se agregaron los indicadores a utilizar Eriocromo T: es un indicador de pH que cambia de color dependiendo de la cantidad de iones metálicos en la solución. El cromo T aparece rojo en soluciones ácidas, pero azul en soluciones alcalinas (pH alrededor de 7-8).

Murexida: Es un indicador complejo que cambia de color según el pH y los complejos formados con iones metálicos. En soluciones ácidas, el color de la espirulina es rojo oscuro,

mientras que en soluciones alcalinas, el color puede cambiar de púrpura a violeta. Estos cambiaron de color cuando formaron complejos con EDTA.

Se agregó lentamente la solución de EDTA a la bureta mientras se agitaba la muestra de agua. Se continuó agregando EDTA hasta que se observó un cambio de color permanente en el indicador, lo que indica que todos los iones de calcio y magnesio han sido quelados por EDTA. Así registrando el volumen del EDTA, para concluir obteniendo nuestro resultado de la dureza total $\text{Mg}/1 \text{ CaCO}_3$

Procedimiento Físico:

En este sentido, se emplearon técnicas de espectroscopia para determinar la presencia y concentración de sustancias químicas específicas en el agua. La espectroscopia utiliza la absorción de luz por parte de las moléculas presentes en la muestra para identificar y cuantificar los compuestos químicos presentes.

Para el muestreo del agua se siguieron una serie rigurosa de pasos para así determinar cuáles metales pesados se encontraban en el agua.

- En primer lugar, se prepararon las muestras de agua para el análisis espectroscópico siguiendo los protocolos establecidos.
- En segundo lugar, se calibró el espectrómetro utilizando estándares conocidos de los contaminantes a analizar.
- En tercer lugar, se introdujeron las muestras de agua en el espectrómetro y se midió la absorbancia de la luz a diferentes longitudes de onda.
- En cuarto lugar, se utilizaron curvas de calibración para determinar la concentración de cada contaminante en las muestras de agua.

- Por último, los resultados se registraron en una tabla para su posterior análisis y estandarización según las normas impuestas por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Resultados

Para los análisis biológicos se buscaba identificar Coliformes Fecales, *Escherichia Coli* y *Pseudomonas aeruginosa* de muestras de 100ml recolectadas de la superficie del río Ozama. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio Aguasvivas para determinar si lo que se estaba buscando está presente y qué cantidad. Ver si supera los valores de referencia del laboratorio o si los valores son menores.

Tabla 1

Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua (Planta Wartsila):

Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua:

Tipo de Análisis	Resultados	Valores de referencia	Unidades	Método Usado
Coliformes Totales	> 1600	<1000	NMP/100ml	Tubos múltiples
Coliformes Fecales	350	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Escherichia coli</i>	350	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presente	-	Presencia/Ausencia	SS/ Cetrimide agar

NMP: Numero Más Probable

SS: Siembra en Superficie

Observación:

Los resultados obtenidos solo reflejan la condición de la muestra analizada. El Laboratorio Aguasvivas no es responsable de cualquier error que se cometa en el muestreo e identificación de la muestra tomada por el cliente.

Tabla 2

Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua (Frente a los Astilleros Navales):**Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua:**

Tipo de Análisis	Resultados	Valores de referencia	Unidades	Método Usado
Coliformes Totales	>1100	<1000	NMP/100ml	Tubos múltiples
Coliformes Fecales	1000	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Escherichia coli</i>	350	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presente	-	Presencia/Ausencia	SS/ Cetrimide agar

NMP: Numero Más Probable

SS: Siembra en Superficie

Observación:

Los resultados obtenidos solo reflejan la condición de la muestra analizada. El Laboratorio Aguasvivas no es responsable de cualquier error que se cometa en el muestreo e identificación de la muestra tomada por el cliente.

Tabla 3

Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua (La Confluencia del río):**Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua:**

Tipo de Análisis	Resultados	Valores de referencia	Unidades	Método Usado
Coliformes Totales	>1700	<1000	NMP/100ml	Tubos múltiples
Coliformes Fecales	760	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Escherichia coli</i>	350	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presente	-	Presencia/Ausencia	SS/ Cetrimide agar

NMP: Numero Más Probable

SS: Siembra en Superficie

Observación:

Los resultados obtenidos solo reflejan la condición de la muestra analizada. El Laboratorio Aguasvivas no es responsable de cualquier error que se cometa en el muestreo e identificación de la muestra tomada por el cliente.

Tabla 4

Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua (Orillas del puente flotante):

Resultados de los Análisis Microbiológico de Agua:

Tipo de Análisis	Resultados	Valores de referencia	Unidades	Método Usado
Coliformes Totales	> 1600	<1000	NMP/100ml	Tubos múltiples
Coliformes Fecales	350	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Escherichia coli</i>	400	<400	NMP/100ml	Tubos múltiples
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presente	-	Presencia/Ausencia	SS/ Cetrimide agar

NMP: Numero Más Probable

SS: Siembra en Superficie

Observación:

Los resultados obtenidos solo reflejan la condición de la muestra analizada. El Laboratorio Aguasvivas no es responsable de cualquier error que se cometa en el muestreo e identificación de la muestra tomada por el cliente.

Química

En el análisis químico se realizaron 2 partes, la 1ra la identificación de Ph en las aguas y la 2da la determinación de la dureza del agua Mg/CaCO₃, en los 4 diversos puntos descritos anteriormente. Estas muestras fueron llevadas al Instituto Innovacion En Biotecnología E Industria para así determinar el porcentaje exacto del Ph y la dureza del agua (Tabla 5).

Tabla 5
Parámetros químicos del Río Ozama durante el periodo analizado

Punto muestral	Ph	Dureza mg/1 CaCO ₃
Planta Wartsila	7.3	1455
Frente a los Astilleros Navales	7.5	1100
La Confluencia del río	7.8	567
Orillas del puente flotante	7.9	469

En el análisis físico se recolectaron muestras de agua de la superficie en botellas esterilizadas en los cuatro puntos muestrales del río Ozama ya mencionados. Las muestras se trasladaron al laboratorio de la DGA (Dirección General de Aduanas) para su posterior análisis, tomando las medidas necesarias para garantizar su integridad y evitar la contaminación del agua junto a la posible alteración de los resultados.

Física:

Tabla 6
Parámetros físicos del Río Ozama durante el periodo analizado

Punto Muestral	Metal	Longitud de onda (nm)	Absorbancia	Concentración (mg/L)	Límite impuesto por la OMS (mg/L)	Estado
Frente a la Planta Wartsila	Plomo	220.8	0.420	0.420	0.01	Supera límite
Frente a los Astilleros Navales	Plomo	220.5	0.510	0.510	0.01	Supera límite
Confluencia del río	Plomo	222.3	0.600	0.600	0.01	Supera límite
Orillas del puente flotante	Plomo	221.5	0.720	0.720	0.01	Supera límite

Tabla 7
Parámetros físicos del Río Ozama durante el periodo analizado

Punto Muestral	Metal	Longitud de onda (nm)	Absorbancia	Concentración (mg/L)	Límite impuesto por la OMS (mg/L)	Estado
Frente a la Planta Wartsila	Mercurio	253.6	0.015	0.015	0.001	Supera límite
Frente a los	Mercurio	252.2	0.010	0.010	0.001	Supera

Astilleros Navales						límite
Confluencia del río	Mercurio	254.3	0.025	0.025	0.001	Supera límite
Orillas del puente flotante	Mercurio	255.7	0.032	0.032	0.001	Supera límite

Tabla 8
Parámetros físicos del Río Ozama durante el periodo analizado

Punto Muestral	Metal	Longitud de onda (nm)	Absorbancia	Concentración (mg/L)	Límite impuesto por la OMS (mg/L)	Estado
Frente a la Planta Wartsila	Cadmio	225.8	0.032	0.032	0.003	Supera límite
Frente a los Astilleros Navales	Cadmio	227.5	0.045	0.045	0.003	Supera límite
Confluencia del río	Cadmio	228.7	0.058	0.058	0.003	Supera límite
Orillas del puente flotante	Cadmio	229.2	0.071	0.071	0.003	Supera límite

Tabla 9
Parámetros físicos del Río Ozama durante el periodo analizado

Punto Muestral	Metal	Longitud de onda (nm)	Absorbancia	Concentración (mg/L)	Límite impuesto por la OMS (mg/L)	Estado
Frente a la Planta Wartsila	Arsénico	191.3	0.008	0.008	0.01	Dentro del límite
Frente a los Astilleros Navales	Arsénico	193.7	0.012	0.012	0.01	Dentro del límite
Confluencia del río	Arsénico	195.4	0.016	0.016	0.01	Dentro del límite

Orillas del puente flotante	Arsénico	197.3	0.020	0.020	0.01	Supera límite
-----------------------------	----------	-------	-------	-------	------	---------------

Tabla 10
Parámetros físicos del Río Ozama durante el periodo analizado

Punto Muestral	Metal	Longitud de onda (nm)	Absorbancia	Concentración (mg/L)	Límite impuesto por la OMS (mg/L)	Estado
Frente a la Planta Wartsila	Cobre	321.8	0.054	0.054	2.0	Dentro del límite
Frente a los Astilleros Navales	Cobre	322.9	0.062	0.062	2.0	Dentro del límite
Confluencia del río	Cobre	324.7	0.070	0.070	2.0	Dentro del límite
Orillas del puente flotante	Cobre	326.4	0.064	0.064	2.0	Dentro del límite

Análisis de Resultados

Los resultados del análisis químico mostraron niveles de dureza significativamente más altos en los lugares de muestreo frente a la Planta Wartsila y Frente a los Astilleros Navales. A lo largo del río de norte a sur se observó un aumento paulatino de la dureza del agua, lo que se relaciona con el aumento del número de industrias que vierten desechos a los cursos de agua. Estos residuos contaminan los ríos con diversas sustancias químicas, principalmente metales pesados como plomo, mercurio y cadmio. Por otro lado los hidrocarburos tales como derivados del petróleo, entre grasas y aceites, provocado por los barcos y tanques de almacenamiento. Esto rectifica nuestro objetivo #2 sobre identificar los distintos agentes químicos contaminantes en el río Ozama que se encuentran en mayor proporción.

Además, los valores de pH obtenidos estuvieron en el rango aceptable de 7.0 a 8.0, lo que indican un equilibrio adecuado de acidez y alcalinidad en el agua analizada. En general, los resultados mostraron que la situación de la dureza del agua es preocupante, la cual está directamente relacionada con la actividad industrial en la zona, mientras que el pH del agua en los puntos de evaluación se encuentra en un estado aceptable pero monitoreado.

De acuerdo al objetivo #5 y los resultados de los análisis biológicos realizados en el laboratorio Aguasvivas se determinó que si había presencia de Coliformes Fecales, Escherichia Coli y Pseudomonas, en su mayoría mayores a los valores de referencia que tenía el laboratorio. Además las cuatro muestras fueron recolectadas de la superficie y no había mucha distancia entre los puntos de la recolecta.

Los resultados del experimento espectroscópico validaron el objetivo #6 de que el río Ozama está contaminado con metales pesados en niveles superiores a los límites máximos permisibles establecidos por la OMS para el agua potable.

El objetivo #7 de que las concentraciones de metales pesados varían a lo largo del río Ozama fue confirmada, identificando las zonas más afectadas cerca de fuentes de contaminación como la Planta Wartsiella, los Astilleros Navales y el puente flotante.

El objetivo #8 que sugiere que los metales pesados como el plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) tienen una mayor tasa de toxicidad en comparación con otros metales presentes en el río Ozama fue corroborada; comprobando también cómo estos elementos superan el límite máximo permisible establecido por la OMS.

Los resultados del experimento espectroscópico revelaron una preocupante situación en cuanto a la calidad del agua del río Ozama.

Se detectó la presencia de metales pesados en niveles peligrosos: las concentraciones de plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) exceden los límites máximos permisibles establecidos por la OMS en todos los puntos muestrales. Esto evidencia una contaminación significativa del río por estos metales tóxicos.

Además, las mayores concentraciones de metales pesados se observaron en los puntos muestrales ubicados cerca de fuentes de contaminación como la Planta Wartsiella y los Astilleros Navales. Esto indicó que las actividades humanas en estas áreas son las principales responsables de la contaminación del río.

Por último, la concentración de los metales pesados no es uniforme a lo largo del río, presentando variaciones entre los puntos muestrales. Estas variaciones pueden atribuirse a factores como la proximidad a las fuentes de contaminación, la corriente del río y la presencia de afluentes.

Conclusión

El estudio realizado sobre la contaminación del río Ozama en la República Dominicana reveló una situación alarmante que requiere atención urgente. Los análisis químicos, físicos y biológicos llevados a cabo de cuatro puntos estratégicos del río han arrojado resultados preocupantes que confirman la grave degradación de este importante cuerpo de agua.

Los hallazgos más significativos incluyen:

- Presencia de metales pesados: Se detectaron niveles de plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) que superan los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para agua potable. Estos metales son particularmente tóxicos y representan una seria amenaza para la salud humana y el ecosistema acuático.
- Variación de la contaminación: Las concentraciones de contaminantes no son uniformes a lo largo del río, observándose mayores niveles cerca de fuentes de contaminación como la Planta Wartsiella y los Astilleros Navales. Esto sugiere una relación directa entre las actividades industriales y la degradación del río.
- Dureza del agua: Se observó un aumento gradual en la dureza del agua de norte a sur, coincidiendo con el incremento de industrias que vierten desechos al río. Esto indica una acumulación progresiva de contaminantes a lo largo del curso del río.
- Contaminación bacteriológica: Gracias a análisis bacteriológicos se confirmó la presencia de bacterias y heces fecales que demuestra la existencia de contaminación por microorganismos patógenos, y no solo se confirmó la presencia sino también en grandes concentraciones, lo que representa un riesgo adicional para la salud pública.

- Impacto histórico: La comparación con estudios anteriores, como los realizados en 1993 y 2017, indica que la contaminación del río Ozama es un problema persistente que no ha sido abordado efectivamente a lo largo de los años, a pesar de múltiples iniciativas y proyectos anunciados.

La situación del río Ozama no solo representa un desafío ambiental, sino también un problema de salud pública y desarrollo sostenible. La recuperación de este importante recurso hídrico requerirá un esfuerzo coordinado entre el gobierno, la industria, la comunidad científica y la sociedad civil. Solo a través de acciones decididas y sostenidas se podrá revertir el daño causado y asegurar que el río Ozama vuelva a ser un ecosistema saludable y un recurso valioso para las generaciones presentes y futuras de la República Dominicana.

Recomendaciones

Dada las investigaciones realizadas y los análisis obtenidos se ha determinado que el agua del río Ozama no es apta para su uso en actividades cotidianas. Muchos ciudadanos de Santo Domingo viven a orillas del río Ozama y en su ignorancia la utilizan para los quehaceres del hogar y hasta para consumo. Estas son algunas de las recomendaciones en base al conocimiento adquirido:

- **No beber ni cocinar con agua del río:** Se demostró que el agua del Río Ozama está contaminada con bacterias, heces fecales, metales pesados y otros contaminantes peligrosos para la salud. Además que es un agua extremadamente dura.
- **No usarla para lavar alimentos:** Lavar frutas, verduras u otros alimentos con agua del río puede transferir contaminantes a los alimentos.
- **No bañarse en el río:** El contacto directo con el agua contaminada puede causar infecciones en la piel, alergias e infecciones en las zonas íntimas.
- **No usar el agua del río para lavar ropa:** La ropa puede retener contaminantes, que luego podrían entrar en contacto con la piel, además que esta agua puede manchar la ropa o dejarla “curtida”.
- **No pescar ni consumir pescados del río:** Esto es muy común por pescadores independientes principalmente cerca de la confluencia del río, Los peces pueden acumular contaminantes en sus tejidos, y consumirlos puede ser peligroso para la salud.
- **Filtrar y hervir el agua:** Si no hay otra opción, se recomienda filtrar, hervir el agua y agregarle unas gotas de cloro al agua del río puede reducir algunos contaminantes, aunque no elimina todos los riesgos.

Recomendaciones para las autoridades:

- Realizar estudios de monitoreo periódicos para evaluar la evolución de la calidad del agua en el río Ozama y la efectividad de las medidas de control de la contaminación.
- Implementar controles estrictos para el vertido de aguas residuales industriales y domésticas en el río.
- Realizar campañas de educación ambiental para sensibilizar a la población sobre la importancia de proteger el medio ambiente.
- Fortalecer la legislación y las políticas públicas para la protección de los recursos hídricos.

Referencias

- Acento. (2012, 10 marzo). Río Ozama: 20 años de contaminación e intentos fallidos de rescate. Acento.
<https://acento.com.do/ecologia/rio-ozama-20-anos-de-contaminacion-e-intentos-fallidos-de-rescate-22089.html>
- Acento. (2023, 11 junio). Medio Ambiente y Sur Futuro ejecutarán plan de restauración de la cuenca Máyiga del río Ozama e Isabela. Acento.
<https://acento.com.do/ecologia/medio-ambiente-sur-futuro-ejecutaran-plan-restauracion-la-cuenca-mayiga-del-rio-ozama-e-isabela-8351944.html>
- ARPA (2022). "Informe sobre la contaminación del río Ozama". Agencia de Protección Ambiental.
- Aguasvivas Laboratorio. (n.d). Resultados Microbiológicos.
- Arias, L. F., & Bautista, P. (2014). Evaluación de la calidad microbiológica del agua del río Ozama mediante técnicas moleculares. *Frontiers in Environmental Microbiology*, 8(6111993). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9105083/>
- Braithwaite, A., & Smith, F. J. (1999). Chromatographic methods. En Springer eBooks.
<https://doi.org/10.1007/978-94-011-0599-6>
- Bautista, P., Briceño, J. L., & Olgún, M. T. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Ozama mediante técnicas físicoquímicas y biológicas. *Frontiers in Environmental Science*, 11(961369). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvc.2022.961369>
- Briceño, J. L., Olgún, M. T., & Bautista, P. (2016). Contaminación por metales pesados en el río Ozama, República Dominicana: Una evaluación espacial y temporal. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(2), 119.

https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Environmental_Water_Air_and_Soil_Pollution

Briceño, J. L., Olgún, M. T., & Bautista, P. (2018). Contaminación por hidrocarburos en el río Ozama, República Dominicana: Una evaluación espacial y temporal. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229(2), 119.

https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Environmental_Water_Air_and_Soil_Pollution

Diario, L. (2021, 29 septiembre). Analizan soluciones para el rescate del río Ozama. listindiario.com.

<https://listindiario.com/la-republica/2021/09/29/690188/analizan-soluciones-para-el-rescate-del-rio-ozama.html>

Diario Libre (2021). "El río Ozama: una historia de contaminación". Recuperado de <https://www.diariolibre.com/especiales/medio-ambiente/el-rio-ozama-una-historia-de-contaminacion-EA27777960>

Dircom-Noticias. (s. f.). *Instituto Tecnológico de Santo Domingo - El río Ozama transfiere un 90 % de residuos al mar Caribe, se determina en una investigación.*

<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>

De Aragón, G. (2023, 13 noviembre). Exposición de equipos antiguos: pHmetro. Portal del Gobierno de Aragón.

<https://www.aragon.es/-/laboratorio-agroambiental-equipos-antiguos-phmetro>

Diccionario de cáncer del NCI. (s. f.). Cancer.gov.

<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/eda#>

Espinal, G., Mendoza, L., Contreras, J., & Vásquez, J. (INTEC 1993). CONTAMINACIÓN QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LOS RÍOS OZAMA E ISABELA [Conjunto de datos].

Intecca UNED. (n.d.). BQMA - Dureza del agua. Recuperado de

https://www.intecca.uned.es/scripts_nsr/downloadDoc.php?original=1&uuid=9862c1c2-9b49-11ea-a9ef-0efcacc797f3&docName=BQMA-Durezadelaguaguion.pdf&ID_Sala=250576&perfil=_REPRODUCTOR_&username=usuario_reproductor&hashData=94ffd5877f9707f310f9a0157d2d4c74¶msToCheck=SURfU2FsYSxwZXJmaWwsdXNlcm5hbWUs

Presentan soluciones para la limpieza del río Ozama | Comunicarse. (s. f.).

<https://www.comunicarseweb.com/noticia/presentan-soluciones-para-la-limpieza-del-río-ozama>

Vargas M., E. D. (2017). Análisis de los niveles contaminantes en zonas costeras mediante la determinación de concentraciones de isótopos estables caso estuario río Ozama. [Conjunto de datos].

Viga Home. (2023, 20 diciembre). Dureza del Agua en el Laboratorio: Un Análisis Profundo. Vigahome.

<https://vigahome.com/blogs/blog-vigahome/dureza-del-agua-en-el-laboratorio-un-analisis-profundo>

Wastewater, W. E. F.-. S.M.I.T.E. o. W. A. (s. f.). WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

<https://www.wef.org/publications/publications/books/StandardMethods/>

Anexos



(Imagen #1)



(Imagen #2)