



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aplicación de sistema de información geográfica en la
recuperación de aguas contaminadas, Revisión Sistemática:
2015-2021**

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Gomez Moscoso, Karlo Bryan (orcid.org/0000-0002-4944-0512)

Vizcarra Medina, Sally Haydee (orcid.org/0000-0003-4123-6530)

ASESOR:

Mg. Montalvo Morales Kenny Ruben (orcid.org/0000-0003-4403-4360)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis familiares los cuales son mis padres, mis hermanos, mis abuelos, y sobre todo a mi persona por todo el esfuerzo que se tuvo que dar para poder generarla.

“Karlo Bryan Gomez Moscoso”

Esta tesis se la dedico a mis ángeles, a mis abuelos, Salomón Medina y Luis Vizcarra, quienes me acompañan y me guían desde el cielo, han querido que salga adelante y sea alguien en esta vida.

“Sally Haydee Vizcarra Medina”

Agradecimiento

Agradezco a todos los que pudieron aportar en esta investigación, a Dios por darme todos los recursos necesarios, los cuales algunos son intangibles pero demasiados importantes como la actitud, el entusiasmo, las ganas de seguir aprendiendo y así concretar la presente investigación.

“Karlo Bryan Gomez Moscoso”

Doy gracias a Dios por proveerme de mi familia y amigos, que son miembros muy importantes de mi vida y que constituyen todo el conjunto de mis seres queridos y que me ayudaron a asumir este significativo paso con su aliento y confianza.

“Sally Haydee Vizcarra Medina”

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y Diseño de investigación	21
3.2. Categorías y Subcategorías, matriz de categorización.	21
3.3. Escenario de estudio	25
3.4. Participantes	25
3.5. Técnicas de instrumentos de recolección de datos	25
3.6. Procedimientos	26
3.7. Rigor Científico	28
3.8. Método de Análisis	28
3.9. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados.	32
4.2. Contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y el grado de naturalidad de las aguas contaminadas.	37
4.3 Concentraciones de metales pesados en las aguas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS.	44
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS	51
ANEXOS	64

Índice de tablas

Tabla 1: Contaminación de ríos del Perú	16
Tabla 2: Matriz de categorización apriorística	22
Tabla 3: Artículos empleados en el desarrollo de resultados y discusiones	29
Tabla 4: Técnicas de teledetección para recuperar aguas contaminadas	31
Tabla 5: Contaminación hídrica de las aguas	37
Tabla 6: Recolección de datos de concentración de metales pesados	44

Índice de figuras

Figura 1: Software QGIS	9
Figura 2: Software gvSIG	10
Figura 3: Software GRASS GIS	11
Figura 4: Software MAPBOX	12
Figura 5: Servidor web Geoserver	12
Figura 6: Técnicas de teledetección	13
Figura 7: Bandas espectrales	15
Figura 8: Diagrama de flujo de selección de artículos de investigación.	26
Figura 9: Porcentaje de los documentos usados por fuente	30
Figura 10: Modelo de elevación digital sombreado (DEM) del área de estudio basado en datos de detección y alcance de luz (LiDAR). También se muestran caminos y arroyos con un área de contribución ≥ 5 ha	34

Resumen

En el trabajo de investigación tuvo como objetivo aplicar los sistemas de información geográfica en la recuperación de aguas contaminadas en el 2015-2021. El tipo de investigación aplicada con un enfoque cualitativo; el diseño fue narrativo. En los resultados se determinó las técnicas de teledetección como con Imágenes satelitales, Google Earth Engine, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, Landsat 8, GeoEye, Landsat Enhanced Thematic Mapper plus (ETM+) para 2000 y 2007, Operational Land Imager (OLI) para 2015; además se fijó los programas ArcGIS, ArcGIS pro, QGIS y RS-GIS en base a bandas 2,5,4,5,6. Los parámetros físicos del agua: conductividad eléctrica, pH, sólidos suspendidos totales (SST), turbidez y temperatura. Los parámetros químicos: oxígeno disuelto (OD), calcio (Ca^{2+}), sodio (Na^+), potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), arsénico, plomo, mercurio, cadmio, hierro, nitrógeno, NO_3 , PO_4 y H_2S , DBO, DQO y NH_3 y los biológicos: coliformes. Las concentraciones más altas son las encontradas en el Mar de Bohai con una concentración de plomo de 73.1%, 98.3% de cadmio, 91.6% de zinc, 0.84% de manganeso, 55.4% de cromo, 0.84% de manganeso y 52.1% de cobre. Se concluyó que el uso de sistemas de información geográfica junto a análisis de agua ayudó a determinar la contaminación y posterior tratamiento de la calidad del agua.

Palabras clave: Agua contaminada, teledetección y ArcGIS.

Abstract

In the research work, the objective was to apply geographic information systems in the recovery of contaminated water in 2015-2021. The type of applied research with a qualitative approach; the design was narrative. In the results, remote sensing techniques were determined, such as satellite images, Google Earth Engine, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, Landsat 8, GeoEye, Landsat Enhanced Thematic Mapper plus (ETM+) for 2000 and 2007, Operational Land Imager (OLI) for 2015; In addition, the ArcGIS, ArcGIS pro, QGIS and RS-GIS programs were set based on bands 2,5,4,5,6. The physical parameters of the water: electrical conductivity, pH, TSS, turbidity and temperature. The chemical parameters: OD Ca^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Mg^{2+} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , arsenic, lead, mercury, cadmium, iron, nitrogen, NO_3 , PO_4 and H_2S , BOD, COD and NH_3 and the biological ones: coliforms. The highest concentrations are found in the Bohai Sea with a lead concentration of 73.1%, cadmium 98.3%, zinc 91.6%, manganese 0.84%, chromium 55.4%, manganese 0.84% and copper 52.1%. We conclude that the use of geographic information systems together with water analysis helps to determine contamination and subsequent treatment of water quality.

Keywords: Contaminated water, remote sensing and ArcGIS.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la contaminación generada por actividades humanas ha generado grandes y graves afectaciones en el ambiente como en la salud de todo ser vivo que se contacta directamente con los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, estos en su mayoría contienen metales pesados, hidrocarburos, nitratos, fosfatos y coliformes (Gómez et al., 2021).

En el Perú, la gran mayoría de problemas de contaminación están directamente relacionados con las descargas puntuales en ríos, quebradas o mares, las cuales pueden ser clandestinas o bien producto de un mal diseño, este tipo de descargas serán de fuentes a aguas residuales domésticas, municipales y actividades industriales, en el que se puede encontrar contaminantes físicos, químicos y biológicos (German et al., 2022). Se ha identificado que debido al crecimiento demográfico y la rápida urbanización la contaminación producida por estas descargas en diversos cuerpos hídricos es cada vez peor (Arancibia et al., 2021).

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) el 2014, dice que la polución se genera de la minería a gran, mediana y pequeña escala, de la misma manera de la minería informal y artesanal. El río contaminado cubre 12 regiones del Perú, y las primordiales características de contaminación son los residuos tanto sólidos como líquidos de aguas residuales y los pasivos ambientales. En cuanto a la calidad del agua, se calcula que la descarga anual de aguas superficiales, subterráneas y marinas es de 960,5 MMC, de las cuales el 64 % son aguas residuales domésticas, el 5,6 % son drenajes industriales, el 4,4 % son drenajes pesqueros, el 25,4 % son de minería 0.2% es de derrames de petróleo (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2017).

Los monitoreos de agua que se realizan en el Perú para determinar su calidad cada cierto tiempo, si bien son altamente precisos también son costosos y no proporcionan los datos necesarios para el monitoreo espacio temporal adecuado para todas las divisiones y subdivisiones de cuencas hidrográficas (Mohammad y Abolfazl., 2021). Por otro lado, en otros países se han desarrollado modelos que, utilizando imágenes satelitales y su teledetección, pueden determinar áreas donde se pueden encontrar aguas subterráneas en poco tiempo ya bajo costo (Alarcón., 2018)

Dicho todo esto, es necesario hacer identificar y analizar los diversos cuerpos de agua que presentan contaminación y los cuales necesitan ser tratados para su posterior uso en diversas actividades antropogénicas sin ocasionar ningún perjuicio a su entorno (Hajigholizadeh et al., 2021). Una tecnología adecuada para este trabajo es la teledetección, que se ha desarrollado de manera asombrosa en los últimos años, y debido a las enormes posibilidades y ventajas que ofrece, se han desarrollado aplicaciones en casi todas las áreas de las ciencias de la tierra (Adamat., 2020).

Lo que en muchos casos reduce el tiempo y la inversión dedicados a la investigación de campo, además que sirve para caracterizar los impactos biofísicos de la afectación en ríos y otros con gran cobertura tanto espacial como temporal (Chabuk et al., 2020). Unos parámetros suelen ser informados empleando las imágenes de satélite como la turbidez, pigmentos fotosintéticos y materia orgánica disuelta (Xu et al., 2021).

Por lo mencionado con anterioridad se plantea el problema general:

¿De qué manera se aplica el Sistema de Información Geográfica en la recuperación de aguas contaminadas en el 2015-2021?

Seguido de los Problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son las técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados?;

PE2: ¿Cuál es la contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y el grado de naturalidad de las aguas contaminadas?;

PE3: ¿Cuál serán las concentraciones de metales pesados en las aguas contaminadas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS?

La justificación social busca dar a conocer a la sociedad acerca de la contaminación generada en las diferentes matrices del agua por diferentes actividades humanas y las consecuencias provocados en un período de 6 años, esto será determinado mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica mediante la comparación y revisión de diferentes fuentes de investigación.

La justificación metodológica, la verificación de los daños ocasionados por las aguas contaminadas, serán mediante el uso de imágenes satelitales obtenidos por técnicas de teledetección y trabajados en el programa ArcGIS para su posterior comparación y análisis.

La justificación económica, la aplicación de estas técnicas resulta muy efectiva y económica a comparación de los monitoreos que se realizan periódicamente que también son efectivos, pero son muy costosos y estamos en contacto directo con los contaminantes.

La justificación ambiental, mediante estas técnicas busca identificar las principales fuentes de agua afectados, así como disminuir sus posibles impactos en un largo plazo.

Se determina el objetivo general:

Aplicar el Sistema de Información Geográfica en la recuperación de aguas contaminadas en el 2015-2021.

Seguido de los objetivos específicos:

OE1: Identificar las técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados;

OE2: Determinar la contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y el grado de naturalidad de las aguas contaminadas;

OE3: Identificar las concentraciones de metales pesados en las aguas contaminadas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS.

II. MARCO TEÓRICO

Doncel y Flórez., (2018), tuvieron como objetivo producir un instrumento que pueda medir el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA, de acuerdo con los valores declarados en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. Se usó un diseño arquitectónico, por medio de la librería PyQt4 del software QGIS, librería que por imperfección usa el lenguaje de programación Python 2.7. Se calculó el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) por medio del programa QGIS que permitió calcular el IRCA, en la acumulación de información espacial como bien lo es el shapefile de ArcGIS. Los autores concluyeron que se redujo Los tiempos de cálculo del índice para los usuarios han disminuido significativamente, y también han podido identificar las ubicaciones de los valores con los niveles más elevados de riesgo.

García et al., (2020), En la cuenca del río Los Perros, Oaxaca, se estudió qué modelos de cobertura terrestre existían y cómo afectaba la calidad del agua; de 2014-2019. Se utilizaron imágenes satelitales ópticas, Random Forest en Google Earth Engine (GEE) en marzo (LANDSAT 2014, 2015 y SENTINEL 2016, 2017, 2018, 2019). La técnica usada fue de “quema”, drenaje, dirección y acumulación de caudal y software: GRASS SIG 7.8 y se utilizó muestreo para análisis de calidad de agua sólidos suspendidos totales (TSS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y oxígeno disuelto (OD). Se determinó que el aumento de pastizales y área edificada se correlacionó positivamente con el aumento de nitrógeno (N), sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Además, para los metales de níquel y cromo, los parámetros de calidad del agua, excepto las bacterias coliformes fecales y el uso de este software fue muy útil para detectar agua contaminada y cobertura del suelo.

Valdiviezo (2019), tuvo como finalidad determinar el manejo de la información catastral de las redes dinámicas de repartición de agua potable utilizando el software libre QGIS. Se utilizó el software QGIS 2.8.4, PostgreSQL 9.2 y PostGIS 2.1 donde fue posible centralizar y dirigir la información catastral de la red de reparto de agua potable en la zona urbanizada de Miraflores de Castilla. La implementación de la red de distribución de agua potable en Miraflores utilizando tecnologías GIS

puede incentivar a las instituciones y organizaciones que laburan con información catastral a administrar y utilizar dichas tecnologías ya que la información cambia con el tiempo de una manera muy dinámica.

Lee et al., (2022), desarrollaron un modelo de limitaciones utilizando datos de información geográfica y permitiendo predicciones mensuales. El modelo desarrollado en el estudio estima la escorrentía directa mensual y el caudal base utilizando datos de lluvia diarias, mientras que el modelo Spreadsheet Tool for Estimating Pollutant Loads STEPL o herramienta de hoja de cálculo para estimar cargas contaminantes.

(Alarcón., 2018) Fue desarrollado para su uso dentro del software QGIS y se aplicó a una cuenca que cubre un área de 128,71 km², considerando información sobre ganadería, suelo y uso de la tierra. El modelo exhibió una buena precisión predictiva para cuatro cargas de contaminantes de fuentes no puntuales (NPS) y el flujo del río, mostrando criterios aceptables superiores a 0,83 para las tasas de flujo de los ríos y 0,71 para todas las tasas de carga de contaminantes de NPS durante la calibración y la validación. (Bhuyan et al. 2018)

Whitney (2021), uso una técnica de teledetección para la determinación de parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua en la Laguna Moyua, Municipio de Matagalpa, utilizando Imágenes de Teledetección Sentinel-2. Los resultados correlaciones moderadas entre calidad del agua, salinidad, sólidos disueltos totales, conductividad, pH y bandas espectrales en los meses de evaluación 05, 08 y 09 de febrero y julio; valores de correlación entre 0,43 - 0,47, significación estadística moderada a alta. Los sensores Sentinel-2 con bandas espectrales B05, B08 y B09 correspondientes a las regiones espectrales visibles de onda corta y del infrarrojo cercano, respectivamente, pueden monitorear el mapeo de salinidad, conductividad, sólidos disueltos totales y parámetros de pH.

Vera et al., (2021), el objetivo era encontrar suficientes estudios para realizar una revisión sistemática de literatura (RSL) cuantitativa para establecer la calidad del agua a partir de imágenes de teledetección satelital. Como tal, presenta una serie de estudios que brindan una imagen representativa del cuerpo de publicaciones sobre el tema en respuesta a las preguntas y sub preguntas de investigación

desarrolladas por los investigadores. Los resultados brindan una comprensión de los conceptos básicos utilizados, aspectos importantes de la calidad del agua y su vinculación con las algas tóxicas, los microplásticos y los sólidos en suspensión.

Orjuela y Díaz., (2019), Evaluaron la relación entre las firmas espectrales obtenidas mediante el procesamiento de imágenes satelitales del sensor "Landsat 7" y las concentraciones de turbiedad obtenidas en las zonas de entrada y salida del embalse Tominé en Pradera de Bogotá. Para observar la turbidez calculada en los mapas temáticos de las imágenes satelitales, su correlación composicional, color y lo anterior, se creó un modelo predictivo de turbidez como función de reflectancia procesando las imágenes satelitales obtenidas de cuatro muestras válidas. El proyecto determinó el comportamiento espectral de los embalses en relación con la concentración de turbidez e identificó la banda del infrarrojo cercano como la mejor opción para desarrollar un modelo predictivo.

Alarcón (2018), el propósito de esta investigación fue señalar áreas eventuales de agua subterránea obtenidas por teledetección en el departamento de Ica durante los años 2017-2018. El método adoptado se basa en el procesamiento de imágenes satelitales de un sensor de imágenes terrestres en funcionamiento. Operational Land Imager (OLI) para los satélites Landsat 8/LCDM. Los resultados muestran que San Juan Bautista, La Tinguiña, Parcona, Pueblo Nuevo, Pachacutec, etc. es 98% agua subterránea, 93% Salas, 95% Aquijes, 10% Santiago y 10% Ocucaje, 5% Yauca. Del Rosario Sólo el 3% de San José de los Molinos tiene acuíferos potenciales que coinciden con las puntas de los pozos actualmente utilizados, así como con los obtenidos en los trabajos de campo. Así, la teledetección pasiva podría identificar el área potencial de aguas subterráneas en la región de Ica en el período 2017-2018.

Huang et al., (2018), tuvieron como objetivo usar imágenes Landsat y Sentinel-1/2 para extraer cuerpos de agua para facilitar la estimación del caudal a través de la ecuación que utiliza anchos Usaron 1237 imágenes de alta resolución espacial. Usando tres ecuaciones de función de potencia, se estimó la descarga para secciones transversales alrededor de las cuatro estaciones de medición en la Upper Brahmaputra River UBR o Río Bahmaputra superior con secciones transversales triangulares que superan a sus contrapartes trapezoidales. También se encontró

que la ecuación que combinaba el ancho del río y el nivel del agua producía las mejores estimaciones de descarga, mientras que las otras dos ecuaciones (que requerían el ancho del río o el nivel del agua como datos de entrada) eran complementarias y podían usarse para extender la serie temporal de descarga.

Wang (2018), desarrollaron un índice de agua de Sentinel-2 que mejore la resolución nativa y la precisión del mapeo de agua al mismo tiempo. Support Vector Machine (SVM) se utiliza para explotar las bandas espectrales de 10 m entre las bandas Sentinel-2 de tres resoluciones (10 m; 20 m; 60 m). Los resultados muestran que ambas versiones de Multi Spectral Water Index (MuWI) permiten producir mapas de agua nativos con una resolución de 10 m y clasificaciones más precisas (está diseñado como la combinación de diferencias normalizadas para la estabilidad del umbral. Los errores de comisión y omisión también se reducen significativamente, especialmente en términos de sombra y brillo solar. Multi Spectral Water Index (MuWI) obtiene una precisión constante en escenarios complejos de mapeo de agua debido a la estabilidad de alto umbral. En general, el método Multi Spectral Water Index (MuWI) propuesto es aplicable al mapeo preciso del agua con una resolución y precisión espacial mejorada, lo que posiblemente facilite el mapeo del agua y sus estudios y aplicaciones relacionados en imágenes crecientes de Sentinel-2.

Kumar et al., (2018), investigaron la determinación de las características ópticas de los aerosoles columnares y la tipificación de los principales tipos de aerosoles en una ciudad urbana industrial, Nanjing, en la región del delta del río Yangtze (YRD) en el este de China. Usando el método AOD-AE (aquí llamado Técnica-I), se identificaron cinco tipos principales de aerosoles a través de limpieza continental (CC), marino (MA), quema de biomasa/urbano-industrial (BU), polvo del desierto (DD), y mixto (MX). Las dos técnicas de agrupamiento mostraron una consistencia razonable en los resultados obtenidos. Los diversos tipos de aerosoles (absorbentes y no absorbentes) y su cambio en una región son muy útiles para ajustar los modelos para disminuir la incertidumbre en los efectos radiactivos y climáticos de los aerosoles.

Wei et al. (2018), evaluaron esquemas de corrección atmosférica, incluido el enfoque NIR-SWIR de la NASA, los enfoques infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo

de onda corta (SWIR) de Acolite y el enfoque de sombra de nubes. Brindamos la primera evaluación integral para Landsat-8 *Rrs* recuperaciones en arrecifes de coral ópticamente poco profundos, junto con una investigación de los productos Landsat-8 *Rrs* en una ensenada turbia templada. Los productos de datos Landsat-8 *Rrs* obtenidos se evalúan con mediciones simultáneas de *Rrs* hiper espectrales *in situ*. Nuestros análisis muestran que la NASA y los enfoques de sombra de nubes generaron productos *Rrs* confiables en arrecifes de coral poco profundos y aguas ópticamente profundas. Esta evaluación sugiere que se pueden lograr productos *Rrs* de alta calidad a partir del satélite Landsat-8 en entornos ópticamente poco profundos, lo que respalda la aplicación adicional de mediciones de tipo Landsat-8 para estudios de arrecifes de coral.

Duarte et al., (2019), tuvieron como objetivo crear una nueva aplicación de código abierto basada en GIS para la estimación de la fragilidad de las aguas subterráneas, *GVTool*, desarrollado utilizando el software QGIS. El análisis comparativo de mapas, estadísticas de mapas y reclasificación de intervalos de índice y definición de simbología. Las funcionalidades y capacidades de *GVTool* se ilustran a través de una valoración de la fragilidad de las aguas subterráneas en la montaña Serra da Estrela (Centro de Portugal). Concluyendo que esta *Herramienta* *GVes* principalmente útil en evaluaciones integradas, ayudando a verificar si los mapas de vulnerabilidad de las aguas subterráneas son precisos y a decidir cuál es el método más adecuado o la combinación de métodos para expresar la debilidad de las aguas subterráneas a la polución en un área específica.

Sheffield et al., (2018), revisaron el estado del arte de variables relevantes, misiones satelitales actuales, y productos, cómo están siendo utilizados actualmente por las agencias nacionales en toda la región de América Latina y el Caribe, y los desafíos para mejorar su utilidad. Discutieron el potencial de las misiones recientemente lanzadas, próximas y propuestas que probablemente mejorarán y transformarán aún más la evaluación y el monitoreo de los recursos hídricos. Todavía deben abordarse los desafíos actuales de precisión, muestreo y continuidad, y deben superarse otros desafíos relacionados con las cantidades masivas de datos nuevos para aprovechar al máximo la utilidad de la información satelital para mejorar la Water resources management (WRM) la gestión de

recursos hídricos, y misiones propuestas que probablemente mejoren y transformen aún más la evaluación y el monitoreo de los recursos hídricos.

Dado los antecedentes anteriores se han determinado diversas teorías las cuales se detallan a continuación: También, el software ArcGIS es un sistema completo que integra la recopilación, la creación, el procesamiento, la verificación, la colaboración y el intercambio de información geográfica. (Abu Salem et al., 2017) Como plataforma líder mundial para construir y usar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizado por habitantes del planeta para brindar conocimiento geográfico en el gobierno, los negocios, la ciencia, los medios y la educación (Osorio et al., 2020).

Debe verse como una plataforma completa donde cualquier persona puede procesar y utilizar información geográfica. Gran parte de las personas usan mapas para ocuparse con información geográfica, no solo mapas impresos, sino mapas interactivos en línea que brindan información, herramientas de tareas, análisis y flujos de trabajo que las personas de su ordenación pueden usar para ser más productivas (Pyankov et al., 2021).

También el Software QGIS es un software utilizado para crear un sistema de información geográfica (SIG), que radica en una serie de aplicaciones que logran establecer datos, modelos, mapas, aplicaciones y examinar datos geoespaciales relacionados con la información geográfica de las entidades. Es el arranque y la base para implementar SIG en organizaciones y en la web (Bhardwaj et al., 2020). Está destinado a usuarios finales de la información geográfica, profesionales, ámbito universitario o empleados de la administración pública (ayuntamientos, diputaciones provinciales, ministerios) (Caldas et al., 2018).

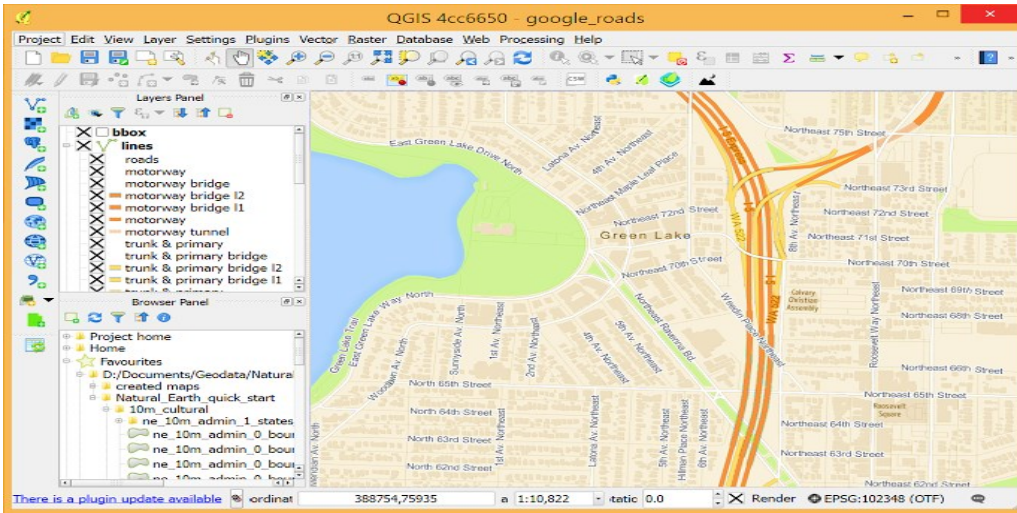


Figura 1: Software QGIS

Fuente: QGIS, 2010

El software gvSIG, es un sistema de información geográfica (GIS), es aplicación de escritorio proyectada para aprender, acumular, manipular, examinar y mostrar varios tipos de información georreferenciada para solucionar problemas complejos de gestión y planificación. (Ahmad et al., 2020) Cuenta con una interfaz amigable, acceso a los formatos más comunes, incluidos vector y ráster, y una gran cantidad de herramientas (herramientas de sugerencias, creación de mapas, geoprocésamiento, web, etc.), lo que lo hace ideal para usuarios que trabajan en el campo (El Zeiny et al., 2019).

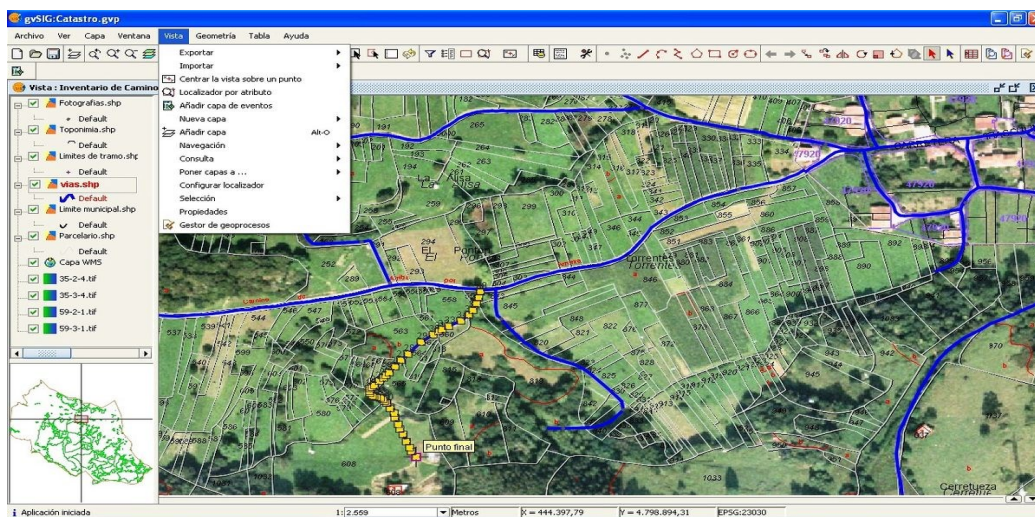


Figura 2: Software gvSIG

Fuente: MundoGEO, 2020

También, el software GRASS GIS, se basa en más de 350 módulos e instrumentos para tareas específicas y sencillas. Inicialmente, GRASS no almacena un programa principal en la memoria, sino que tiene grupos de dominios separados que brindan acceso a datos y módulos de GRASS. (Akbar et al. 2022) Estos contienen instrumentos para procesar información en formatos vectorial y ráster, así como mapas espaciales (estaciones), herramientas de observación de imágenes satelitales, interfaces de bases de datos GIS y paquetes estadísticos y herramientas de generación de gráficos (Huang et al., 2018) Es un programa ideal para aplicaciones de ingeniería y planificación espacial, similar otros paquetes GIS, puede apreciar y corregir datos vectoriales como carreteras, ríos, límites y más. También se puede utilizar para actualizar mapas con herramientas de digitalización. También tiene la capacidad de procesar datos ráster y convertir entre formatos ráster y vectoriales (Kumar et al., 2019).

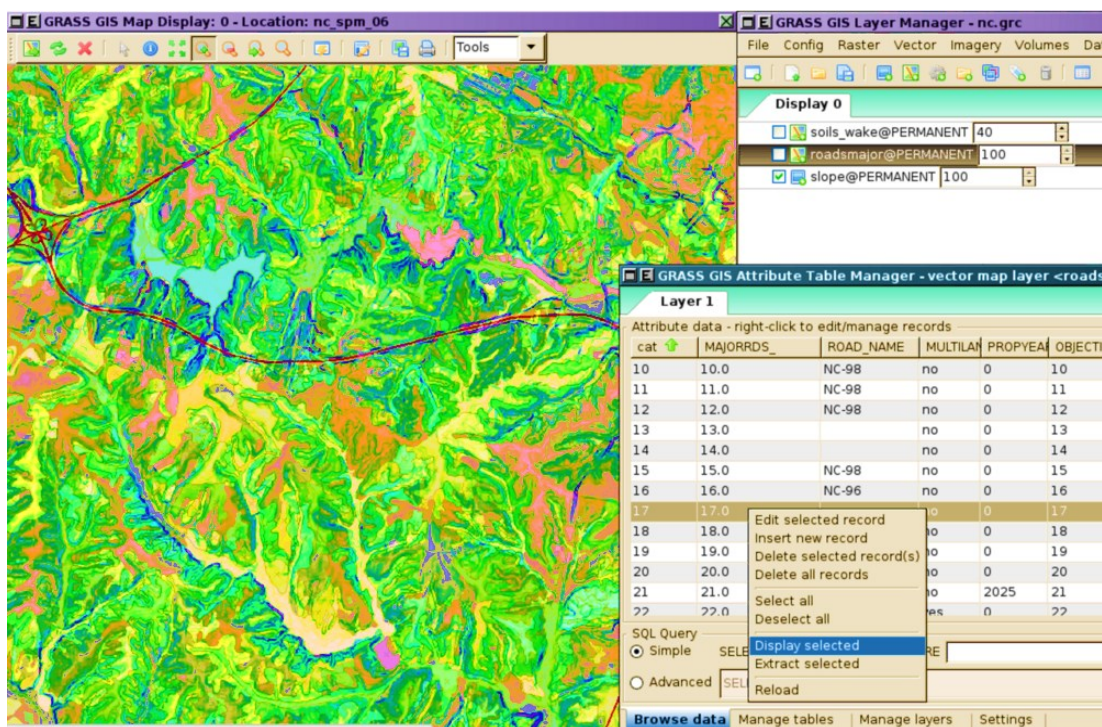


Figura 3: Software GRASS GIS

Fuente: Montoya, 2016

El software CARTO, es una plataforma de software como servicio (SaaS) fundamentada en la nube que suministra GIS e instrumentos de mapeo web para ver en un navegador web. (Allafta et al., 2021) La empresa se posiciona como una plataforma de información de ubicación porque cuenta con herramientas con

capacidades de estudio y visualización de datos y no necesita experiencia antes del desarrollo de SIG (Kalhor y Emaminejad, 2019)

Mapbox, es un instrumento intuitivo con una interfaz clara que nos permite fundar y emitir métodos de mapeo personalizados. Para crear nuestros propios mapas, podemos manipular cualquiera de los modelos que proporciona Mapbox, crear nuevos modelos desde cero o añadir nuestros propios datos para personalizarlo (Orjuela y Díaz, 2019).

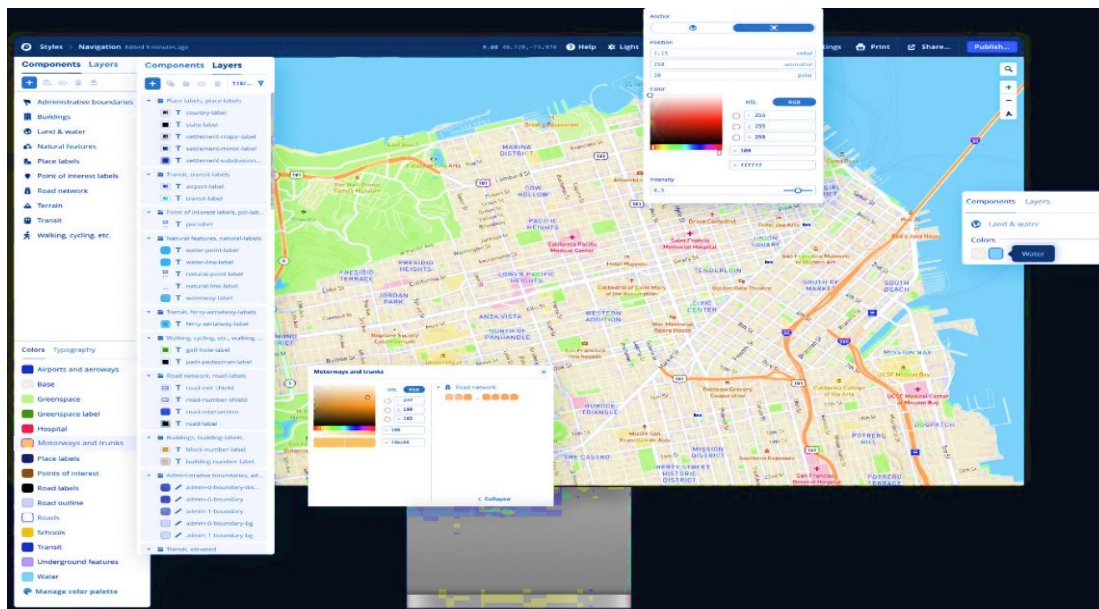


Figura 4: Software MAPBOX

Fuente: Vallejo, 2016

El programa Geoserver, es un servidor web que permite la publicación de datos espaciales en Internet, operar como un nodo mediante una Infraestructura de Datos Espaciales libre y directa para brindar datos geoespaciales, si mismo lo hizo Apache HTTP Server brindando un servidor web abierto y libre para publicar HTML (Vera et al., 2021)

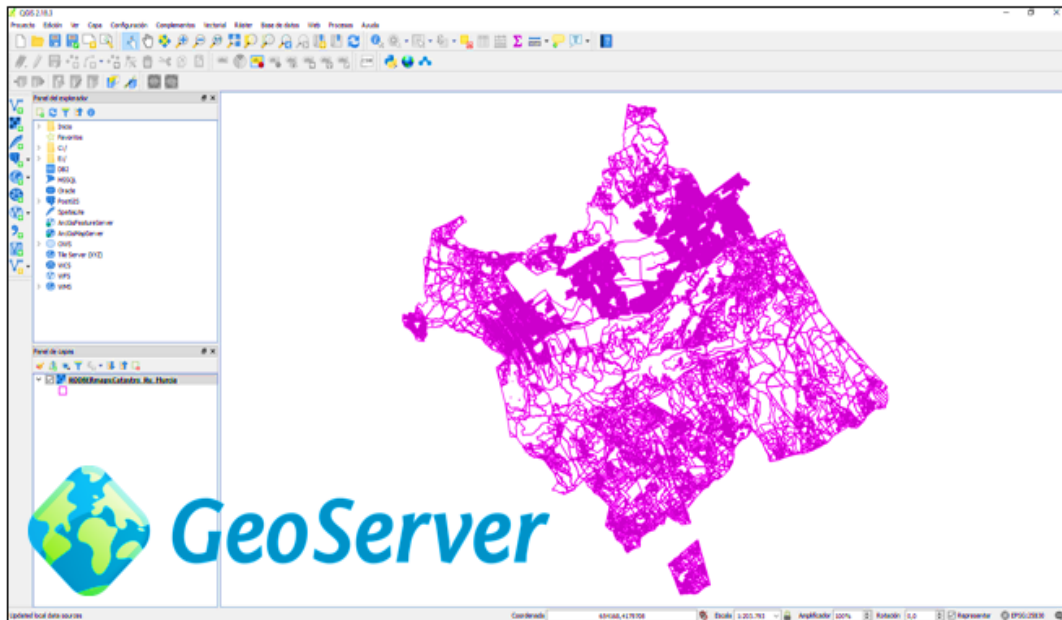


Figura 5: Servidor web Geoserver

Fuente: SERVIR Team, 2022

Se conoce por contaminación de recursos hídricos, al incremento de una o más sustancias del agua tienen varias consecuencias, entre ellas el desequilibrio de la vida biológica. (Huang et al., 2018). Las causas de la contaminación hídrica son por medio de los agentes tóxicos como Insecticidas, pesticidas y fertilizantes, antibióticos, fármacos, microorganismos patógenos, contaminantes térmicos, nitratos, fosfatos, sustancias radioactivas y derrame de hidrocarburos (Rahman et al., 2022).

La teledetección es una práctica para adquirir datos sobre la superficie terrestre a partir de sensores montados en plataformas espaciales (Mostafizur et al., 2021). La interacción electromagnética entre el suelo y los sensores crea un flujo de datos que luego se procesa para extraer información interpretable de la Tierra (Qu et al., 2018). Ahora, gracias a la reserva de imágenes y al perfeccionamiento de nuevas tecnologías, cada vez más sociedades y agencias incluyen de forma sistemática el empleo de imágenes en diversos proyectos, ya que son muy beneficiosas para una gran variedad de aplicaciones, extracción de información, localización de cambios, agricultura (rendimiento de cultivos), vulcanología, monitoreo de desastres naturales (Ntakarutimana 2018).

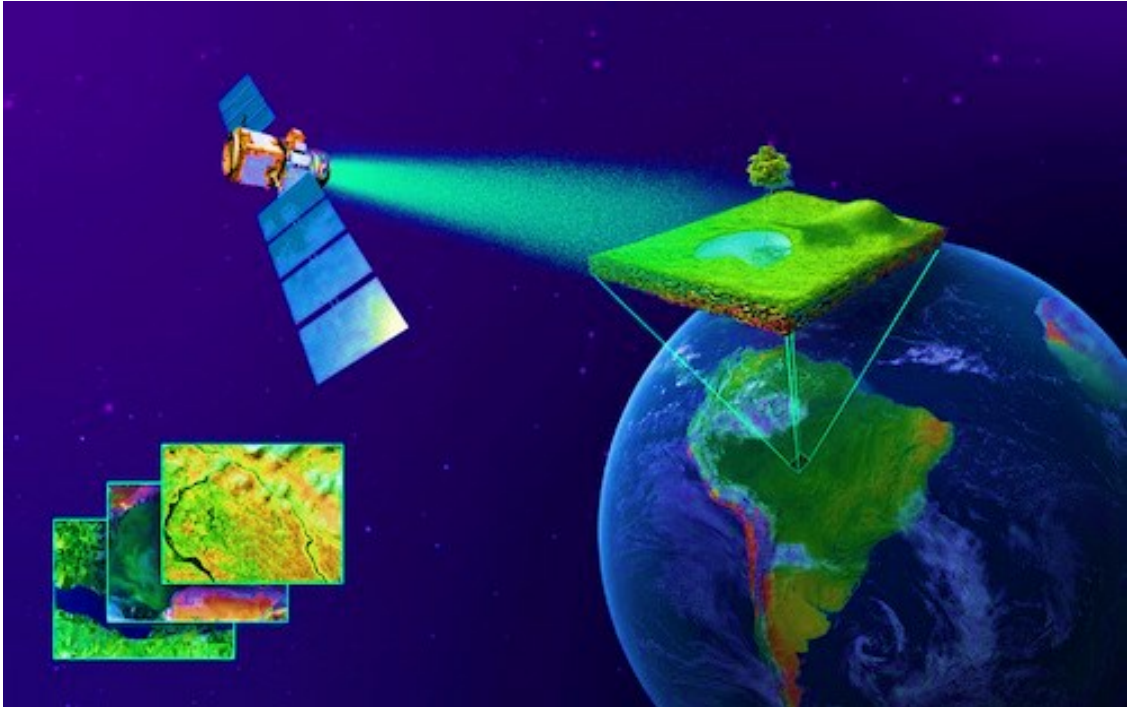


Figura 6: Técnicas de teledetección

Fuente: MasterGis, 2021

Así mismo las imágenes satelitales, estas son fotografías tomadas por satélites que muestran la geografía de un área determinada, ya sea una ciudad, un país o un cuerpo celeste, o una parte determinada del espectro electromagnético, que se utilizan en meteorología para determinar la sincronización de fenómenos importantes (Egbueri, 2018). También tiene aplicaciones civiles para monitorear actividades agrícolas, pesqueras y forestales, prevención de desastres, manejo de terremotos y emergencias; estudios de clima, hidrología y oceanografía; monitoreo ambiental y de recursos naturales; cartografía geológica, minería y planificación espacial (Li et al., 2022)

Landsat. Como se muestra en la Figura 5, la imagen de Landsat 5 Thematic Mapper (TM) consta de 7 bandas espectrales, donde las bandas 1 a 5 y la banda 7 poseen una resolución espacial de 30 metros. La banda 6 (infrarrojo térmico) posee una resolución espacial de 120 metros, se repite el muestreo de 30 metros píxel (Loffinasabasl et al., 2018). Las dimensiones aproximadas de la escena son 170 kilómetros de sur a norte y 183 kilómetros de oeste a este (Mkadmi et al., 2018).

Landsat 7, tiene 8 bandas, una pancromática y 6 multiespectrales, y una banda térmica (banda 6) con una resolución radiométrica de 8 bits. Las resoluciones de banda del satélite Landsat son las siguientes: pancromática: 15 m; multiespectral: 30 m; infrarrojo lejano o térmico: 60 m, 16 días entre fotos (Onyango y Opiyo, 2022).

Las imágenes Landsat 8, Operating Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS) se componen de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas 1 a 7 y 9. La nueva Banda 1 (Ultra Azul) es apta en zonas costeras y información de aerosoles. La nueva banda 9 se puede utilizar para detectar cirros (Hafeez et al. 2019). La banda 8 (pancromática) tiene una resolución de 15 metros. Las bandas térmicas 10 y 11 se pueden usar para facilitar temperaturas superficiales más esenciales y pueden recopilar datos a una distancia de hasta 100 metros. Las dimensiones aproximadas de la escena son 170 km de norte a sur y 183 km de este a oeste. (Dunca, 2018).

Bandas Espectrales. Es la capacidad que tiene un satélite de recoger información en una zona específica del espectro electromagnético. (Bhuyan et al. 2018) Las longitudes de onda son aproximadas y dependen de la instrumentación del satélite en particular: de 450 a 515 en azul. 520 nm para imágenes atmosféricas y de aguas profundas hasta 150 m en agua verde clara, 515. 520 a 590. 600 nm para obtener imágenes de estructuras de aguas profundas y vegetación de aguas claras hasta 90 pies. Rojo, 600. 690. 630 a 680 nm captura imágenes de objetos hechos por el hombre, agua, suelo y vegetación hasta una profundidad de 30 metros. (Shukla et al., 2018) La luz del infrarrojo cercano entre 750 y 900 nm se utiliza principalmente para obtener imágenes de la vegetación. El infrarrojo medio a 1550–1750 nm se utiliza para obtener imágenes de la cubierta vegetal, el contenido de humedad del suelo y algunos incendios forestales. IR medio, 2080-2350 nm, para imágenes de arcilla, suelo, características geológicas, humedad, silicatos y fuego. El infrarrojo térmico entre 10.400 y 12.500 nm utiliza radiación reflejada en lugar de reflejada para producir imágenes de estructuras geológicas, contraste térmico del flujo de agua, incendios y estudios nocturnos. El radar y las tecnologías relacionadas se pueden usar en mapear la superficie y obtener imágenes de varios objetos. (Xu et al., 2019).

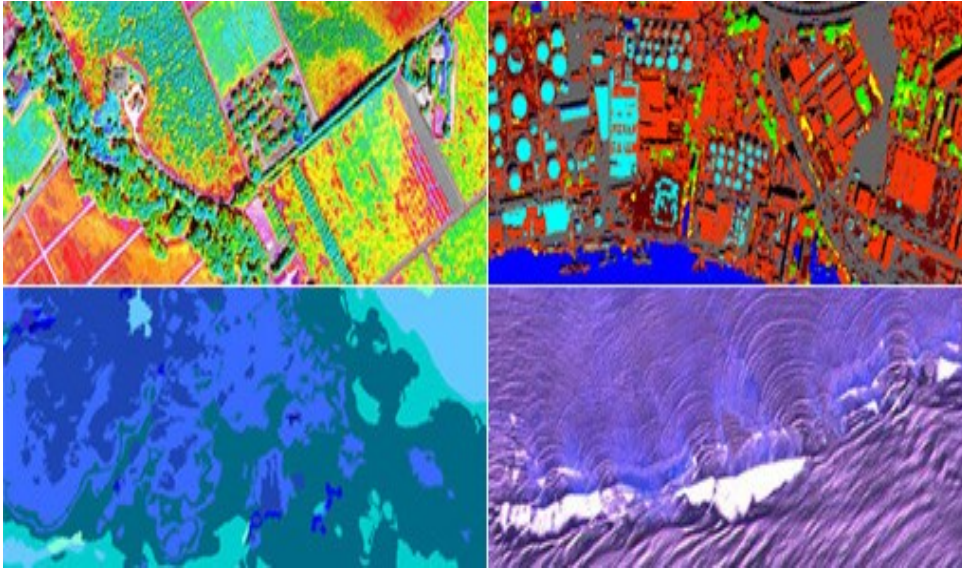


Figura 7: Bandas espectrales

Fuente: Valdez Jaime, 2010

El resultado de la contaminación del agua son la pérdida de la biodiversidad, la polución de la cadena alimenticia, la falta de agua potable, los malestares y la mortalidad infantil (Kalhor y Emaminejad, 2019).

La contaminación del agua en el Perú es un problema muy antiguo. Debido al crecimiento de la población, los ríos, lagos y océanos se han transformado en vertederos de todo tipo de desechos, como el aceite usado. (Stiller et al. 2019) Por ello, podemos indicar que el grado de contaminación en la naturaleza aumenta con el crecimiento de las ciudades por ende la contaminación ambiental, el agua juega un papel resaltante porque es un elemento de transporte (Alarcón, 2018). El agua superficial se capta a través de tomas de agua, embalses (centrales hidroeléctricas, agua de servicio, agua de riego, agua industrial, etc.); el agua subterránea se extrae en exceso de lo permitido, causando molestias a las poblaciones río abajo, las áreas irrigadas y los recursos biológicos acuáticos, e incluso el golfo costero del Perú (Doncel y Florez, 2018).

Los ríos del Peru mas contaminados son: en la cuenca del Mantaro: los ríos Mantaro, San Juan, Huarón, Carhuacayán, Yauli y Azulcolcha; en la Costa: el río Rimac, Moche, Santa, Cañete, Pisco y Locumba; también los ríos Huallaga,

Hualgayoc y Huancapetí, en la selva. Las lagunas más contaminadas son: Junín, Quilcacocha, Huasca Cocha, Antauta y Llacsacoch (Midagri, 2017).

Tabla 1: Contaminación de ríos del Perú

Río	Parámetro de riesgo
Huallaga	Nitratos, cobre, oxígeno disuelto
Llaucano	cobre, zinc, cadmio y plomo
Santa	Coliformes totales, cobre, plomo, cianuro, nitratos
Rímac	Coliformes totales, plomo, cianuro, nitratos
Pisco	Salinidad, cadmio, níquel, plomo, cianuro, arsénico
Locumba	Salinidad, mercurio, cadmio, níquel, arsénico
Mantaro	Nitratos, cadmio, cobre, plomo, zinc
Moche	Mercurio, cadmio, plomo, cobre y arsénico

Fuente: DGAS, 1992

Las aguas negras industriales son todas las aguas producidas como resultado de las actividades industriales. Una vez utilizados, deben ser tratados antes de su devolución al medio natural, saneamiento o reciclaje. Además, debido a los diferentes tipos de agua industrial, existen diferentes soluciones para el tratamiento de aguas residuales (Rida, 2018) existen aguas provenientes de empresas manufactureras, industria de la curtiembre, industrias mineras, industrias lácteas, industrias de productos agrícolas (Vidyan, 2018).

Los parámetros físicos, químicos y biológicos identificados por el sistema de información geográfica en recursos hídricos son:

La temperatura es un parámetro físico por el cual se puede medir el calor y el frío. Desde un punto de vista microscópico, se estima que la temperatura indica la energía cinética interna promedio de las moléculas que componen la finalidad del estudio, en el caso del recurso hídrico. (Swain y Sahoo, 2017) Esta energía cinética toma la forma de excitación térmica causada por colisiones entre las moléculas que componen el agua (Sinhg et al. 2020)

También la conductividad eléctrica es la capacidad del agua para transportar una corriente eléctrica a través de iones disueltos. Los iones más positivos son el sodio (Na), el calcio (Ca^{2+}), el potasio (K) y el magnesio (Mg^{2+}). Los iones más negativos son cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato, bicarbonato (Farhad et al. 2021).

Los sólidos suspendidos totales son sólidos suspendidos totales a la cantidad residual retenida por un filtro de fibra de vidrio con un tamaño de poro nominal de 0,45 micras y se refiere a las partículas que quedan suspendidas en la superficie y/o en la corriente de agua residual (Fallahzadeh et al. 2018).

Se considera que el pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H) en una solución acuosa. El término viene de la palabra latina pondus hydrogenii ("abundancia de hidrógeno") (Fathi et al. 2018).

Además, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la necesidad bioquímica de oxígeno del agua (Tysiac et al. 2022). Es la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias), hongos y plancton, durante la descomposición de la materia orgánica de la muestra (Li et al. 2019).

La turbidez es la medida en que el agua pierde claridad debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantas más sustancias haya en suspensión en el agua, más sucia y turbia estará el agua. La turbidez se considera un buen indicador de la calidad del agua (Lintern et al. 2018).

También la demanda química de oxígeno es el consumo de oxígeno químico es un parámetro importante del tratamiento y la higiene del agua. (Uribe, 2019) Representa la cantidad de oxígeno necesaria para purificar el agua de una gran ciudad, casa particular, agua de lluvia, alcantarillado o fosa séptica. (Mo et al. 2019).

Los nitratos son considerados por los suministros públicos de agua está relacionada con la contaminación del agua natural con compuestos nitrogenados. (Uuema et al. 2018) Podemos hablar de dos fuentes principales de contaminación natural del agua con compuestos nitrogenados: la contaminación puntual y la contaminación difusa (Mohamad et al. 2018).

Los fosfatos son compuestos que se localizan en las aguas residuales o que se hechan directamente en las aguas superficiales proceden de: Fertilizantes arrastrados del suelo por el agua o el viento. Excremento humano y animal. Limpieza y detergentes (Mohamad et al. 2022).

Los coliformes totales son la presencia de bacterias coliformes en el agua no garantiza que el agua potable provoque enfermedades. En cambio, su presencia indica una ruta de contaminación entre la fuente de la bacteria (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua (Correa et al. 2020).

Los metales pesados son componentes naturales de la corteza terrestre. Como oligoelementos, algunos metales pesados Cobre (Cu), Selenio (Se), Zinc (Zn) son elementos necesarios para el mantenimiento del metabolismo humano. Por lo tanto, pueden causar toxicidad en concentraciones más altas (Torres et al., 2020). Por ejemplo, el envenenamiento por metales pesados puede ser causado por la polución del agua potable (por ejemplo, tuberías de plomo), concentración alta en el aire cerca de la fuente de exposición o a través de la cadena alimentaria (Tian et al. 2020).

Además, los metales pesados son peligrosos porque tienden a acumularse en los organismos vivos. (Vadde et al. 2018) La bioacumulación es el incremento de la concentración de una sustancia química en los seres vivos a lo largo del tiempo en contraposición con la concentración de la sustancia química en el medio ambiente (Shi et al. 2019)

La gran mayoría de metales pesados no son particularmente tóxicos en concentraciones normales (algunos de ellos son necesarios para los humanos). (Yan et al. 2015) Sin embargo, existen varios metales pesados que son bien percibidos por su propensión a causar serios problemas ambientales: mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y talio (Ta), así como cobre (Cu), zinc (Zn) y cromo (Cr) (Shao et al. 2020). A veces, la polución por metales pesados incluye otros elementos levemente tóxicos como el berilio (Be) o el aluminio (Al), o algunos semimetales como el arsénico (As) (Riani y Arifin, 2018).

Los metales pesados que pueden ser identificados mediante la aplicación de sistema de información geográfica:

Zinc: Es una composición de varios metales como latón, bronce, plata y otros tipos de aleaciones. (Y. Wan et al. 2019) El zinc se utiliza de diversas formas, como revestimiento protector de algunos metales, como el acero galvanizado, para evitar la corrosión. Las sales de zinc se utilizan en antibióticos, pesticidas, madera, producción de vidrio, adhesivos, cemento, caucho y como agente impermeabilizante para textiles, papel, lana, hormigón, piedra. Las sales de zinc pueden causar turbidez cuando están presentes en grandes cantidades en el agua. Además, el zinc puede dar al agua un sabor desagradable (Rendana et al. 2023).

Cobre: las elevadas concentraciones de este metal dan al agua un sabor metálico. Las manchas azul verdosas en los accesorios de plomería y otras superficies que se encuentran en contacto con el agua también pueden informar corrosión o lixiviación de cobre en el agua (Muwafaq et al. 2017).

Plomo: a medida que los materiales de plomería que contienen plomo se corroen, el plomo puede ingresar al agua potable. (Yegemova et al. 2018) La corrosión es cuando el metal se disuelve o se desgasta como resultado de reacciones químicas entre el agua y las tuberías. El agua con alta acidez o bajo contenido de minerales puede corroer las tuberías y los accesorios (Dai et al. 2019).

Mercurio: Los microorganismos pueden convertir el mercurio que llega a las aguas superficiales o al suelo en metilmercurio, una sustancia que la mayoría de los organismos absorbe rápidamente y que se sabe que daña el sistema nervioso. Mercurio viaja desde la atmósfera (llevado por la lluvia) o a través de los ríos hasta los océanos. (Zeiny et al. 2019) Las autoridades temen que cuando se asiente en el agua, ciertos microbios puedan convertirlo en metilmercurio, una forma altamente tóxica que se acumula en los mariscos (Cherif et al. 2019).

Cadmio: Se utiliza en la industria en la producción de pigmentos textiles, galvanización de metales, pinturas, gráficos y papel, baterías de níquel-cadmio o plásticos como el policloruro de vinilo (PVC) y fundición de plomo y zinc en la minería. (Zhaohai et al. 2018) Aunque las regulaciones actuales limitan el cadmio al agua, el cadmio puede ingresar al agua a través de aguas residuales domésticas

e industriales y aguas superficiales después de la eliminación de residuos de fertilizantes contaminados. Sin embargo, este metal entra en el organismo principalmente con los alimentos más bioacumulativos, como las setas, los crustáceos o el cacao (Azam et al. 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación. Aplicada, es una forma de estudio utilizada para aplicar directamente la creación de conocimiento a problemas sociales o de producción. Es esencialmente un descubrimiento tecnológico basado en la investigación fundamental que involucra el proceso de combinar teoría y producto. (Lozada, 2014).

También utiliza un enfoque cualitativo en el sentido de que está impulsado por un área o tema de investigación relacionado, en lugar de especificar una pregunta de investigación antes de recopilar y evaluar datos (como lo hacen la mayoría de los estudios cuantitativos). La investigación cualitativa puede trazar preguntas durante o después de la recopilación y el análisis de datos. Estos pasos se usan primero para descubrir preguntas clave de investigación y luego para aclarar y responder esas preguntas (Sampieri, 2010)

Diseño de Investigación. El diseño de la investigación fue narrativo ya que los investigadores recopilarán datos sobre las historias de vida y las experiencias de personas específicas para describirlas y analizarlas. Las personas y su entorno son interesantes (Salgado, 2007).

3.2. Categorías y Subcategorías, matriz de categorización.

Tabla 2: Matriz de categorización apriorística

Título: Aplicación de sistema de información geográfica en la recuperación de aguas contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021.					
Problemas específicos	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías	Criterios	Referencias
¿Cuáles son las técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados?	Identificar las técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados	Técnicas de teledetección	Imágenes satelitales	<ul style="list-style-type: none"> ● Landsat 5 ● Landsat 7 ● Landsat 8 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alarcón, 2019 ● Wang et al. 2018 ● Shao et al. 2020 ● Kumar et al. 2018 ● Valdiviezo, 2019
			Bandas espectrales	<ul style="list-style-type: none"> ● Red ● Green ● Blue 	
			ArcGIS	<ul style="list-style-type: none"> ● ArcGIS 10 ● ArcGIS 10.4.1 ● ArcGIS 10.3 ● ArcGIS 10.5 ● ArcGIS 10.4 ● ArcGIS pro ● RS-GIS ● Qgis 3.10 	
¿Cuál es la contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y el grado de	Determinar la contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y		Tipos de contaminación hídrica	<ul style="list-style-type: none"> ● Contaminación Física ● Contaminación Química 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gómez, 2022 ● Huang et al. 2018

naturalidad de las aguas contaminadas?	el grado de naturalidad de las aguas contaminadas	Contaminación hídrica		<ul style="list-style-type: none"> ● Contaminación Biológica 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mohammad et al. 2021 ● Rida, 2019 ● Qu et al. 2018 ● Wei et al. 2018
			Consecuencias	<ul style="list-style-type: none"> ● Destrucción de la biodiversidad ● Contaminación de la cadena alimentaria ● Escases de agua potable ● Enfermedades ● Eutrofización 	
¿Cuál serán las concentraciones de metales pesados en las aguas contaminadas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS?	Identificar las concentraciones de metales pesados en las aguas contaminadas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS	Concentración de metales pesados	Porcentaje de concentración	<ul style="list-style-type: none"> ● % Plomo ● %Hierro ● %Aluminio ● %Cadmio ● %Zinc ● %Mercurio ● %Manganeso ● %Cromo ● %Arsénico ● % Cobre 	<ul style="list-style-type: none"> ● Xu et al. 2021 ● Whitney, 2020 ● Singh et al. 2020 ● Alarcón, 2018 ● Huang et al. 2018

3.3. Escenario de estudio

Ya que esta investigación tuvo un diseño narrativo, el escenario de estudio comprende los laboratorios de diversas instituciones o universidades y áreas de estudio que utilizó cada investigador para demostrar la veracidad de su estudio, mediante evaluaciones, monitoreo, análisis y otros.

3.4. Participantes

De acuerdo a los participantes de la investigación fueron páginas web de las revistas científicas de donde se adquirió la información de diversas literaturas empleadas para añadir en los instrumentos de recolección de datos y ser plasmadas en el presente documento de investigación; siendo estas participantes páginas de la biblioteca virtual de la Universidad Cesar Vallejo como: ScienceDirect, Taylor & Francis online, Springer Link, Academia Edu, MDPI, Tesis, IEEE xplore, Academic Journal, SCOPUS, Hindawi, Scielo, Baztech, Wiley Online Library, Researchgate, IOP Science, European Geosciences Union, PLOS One, Earth Sciences Research Journal y ACS Publications.

3.5. Técnicas de instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos:

Observaciones indirectas: Reflejar por escrito la información importante que desea tener a la mano, descubierta en el proceso de búsqueda de información (Amy Castro – 2012).

Análisis Documental: Se trató de una serie de operaciones destinadas a presentar los documentos y su contenido en un formato diferente al original para su posterior recuperación e identificación (Castillo, Lourdes – 2005).

Instrumentos de recolección de datos:

Ficha de recolección de datos. Los instrumentos que utilizamos para registrar la información importante que descubrimos mientras buscamos información que queremos tener siempre a mano se denominan archivos (Lozada, 2014).

3.6. Procedimientos

El procedimiento de la investigación se realizó en 3 etapas, estos son importantes para la recopilación de información, donde se eligieron en una secuencia objetiva y ordenada. Se utilizaron fuentes como: ScienceDirect, Taylor & Francis online, Springer Link, Academia Edu, MDPI, Tesis, IEEE xplora, Academic Journal, Pollution, Hindawi, Scielo, Baztech, Wiley Online Library, Researchgate, IOP Science, European Geosciences Union, PLOS One, Earth Sciences Research Journal y ACS Publications

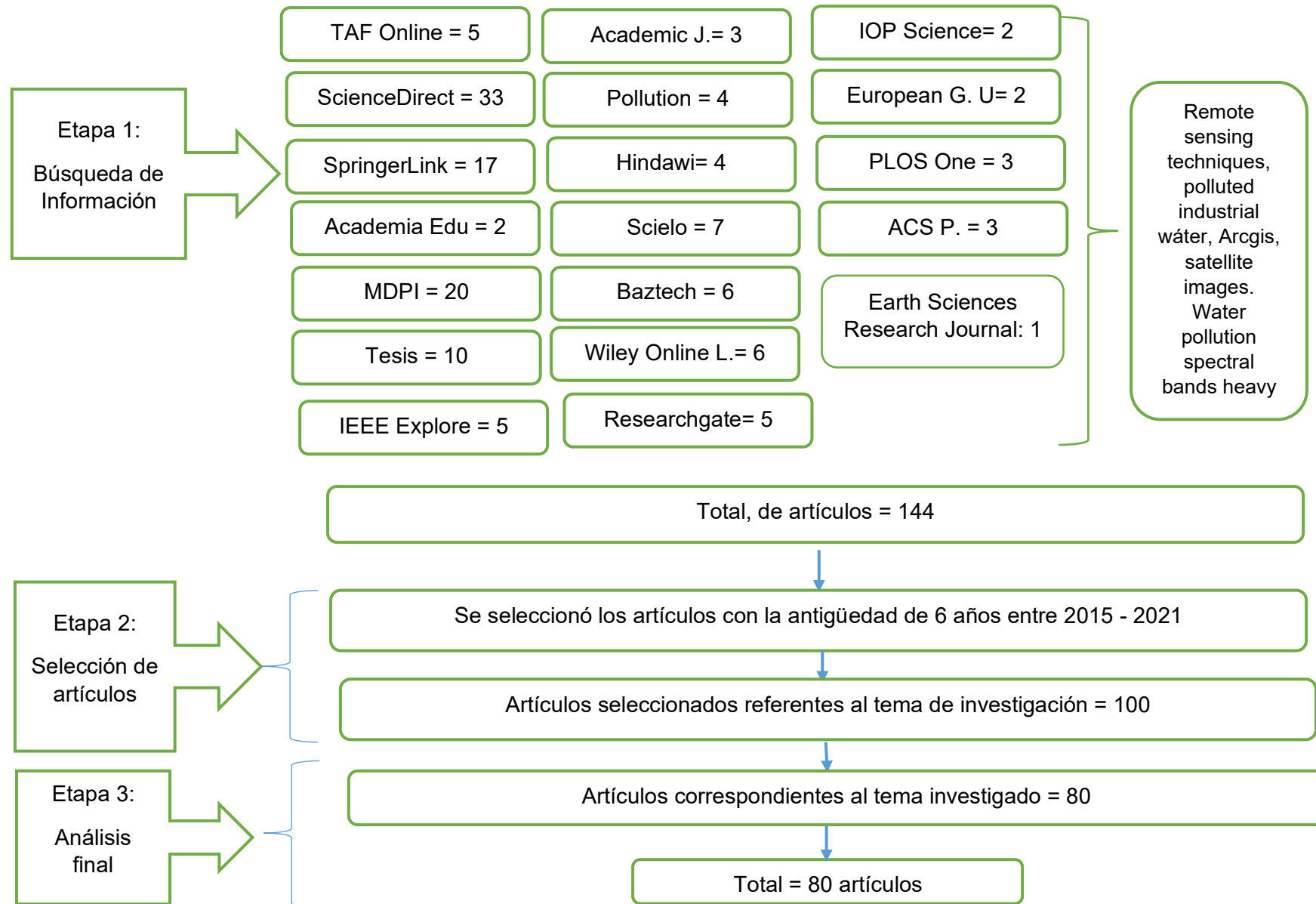


Figura 8: Diagrama de flujo de selección de artículos de investigación.

3.7. Rigor Científico

La presente investigación estuvo basada en los siguientes principios del rigor científico de la investigación cualitativa.

- Valor de verdad. El rigor científico en términos de confiabilidad significa evaluar bajo qué condiciones una investigación puede ser considerada confiable, buscando así argumentos confiables que puedan ser probados en los resultados de la investigación realizada, con base en el proceso seguido en la investigación. (Suárez, 2007).
- Aplicabilidad. Puede referirse a la fase de transferencia e investigación del instrumento en otra situación y/o contexto, dependiendo de la relación de grado de intensidad o condición, ya que la similitud en el proceso desarrollado busca generar esta transferencia. (Suárez, 2007)
- Dependencia. Este estándar refleja el grado de consistencia o estabilidad de los hallazgos y resultados de la investigación. (Suárez, 2007)
- Confirmabilidad: No se puede escapar de la medida en que el investigador está involucrado en el estudio y, en cualquier caso, es razonable confiar en que el proceso de investigación se deriva de la información del dispositivo utilizado, siempre que los datos no estén sesgados y no responder a alguna forma de manipulación de la etiqueta personal (Suárez, 2007).

3.8. Método de Análisis

Para lograr los objetivos del estudio, el investigador debe realizar tareas de análisis de datos en las que se presentan los datos. Es imposible definir preventivamente cada una de estas acciones. La recopilación y el análisis de datos iniciales pueden revelar problemas y desafíos que representan una amenaza para el plan de análisis de datos inicial. Sin embargo, debido a que las definiciones de cada categoría formulada tienen un impacto en la etapa de recolección de datos, es crucial planificar elementos clave del plan de análisis en relación con la validación de cada categoría formulada. (Lozada, 2014). Se utilizará la estadística descriptiva porque es un método que

permite recopilar, almacenar, organizar, elaborar tablas, gráficos y realizar cálculos de parámetros básicos de conjuntos de datos utilizando métodos de teledetección e información recopilada por ArcGIS para el agua. Se elaboró y luego presentó una instalación industrial contaminada usando Excel para preparar tablas y figuras y Word para capturar la información recopilada.

3.9. Aspectos éticos

El análisis se ha compilado a partir de fuentes fiables que tienen en cuenta las citas exactas en paralelo, lo que garantiza la precisión del análisis. Los resultados de este análisis de los procedimientos examinados muestran veracidad, que al mismo tiempo tiene en cuenta los valores morales y éticos. El nivel al que una herramienta proporciona resultados fiables en una muestra o caso. (Hernández y Mendoza, 2018).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el desarrollo de los resultados, se han seleccionado 47 revistas científicas, de los cuales están representados en la siguiente tabla:

Tabla 3: Artículos empleados en el desarrollo de resultados y discusiones

N°	Revista	Total
1	Taylor & Francis Online	1
2	ScienceDirect	12
3	Springer Link	7
4	Academia Edu	1
5	MDPI	12
6	Academic Journals	2
7	Pollution	1
8	Hindawi	1
9	Wiley Online Library	1
10	Researchgate	3
11	PLOS One	1
12	ACS Publications	1
13	IEEE xplore	1
14	Tesis	1
15	Scielo	1
16	Earth Sciences Research Journal	1
Total		47

Fuente: Elaboración propia, 2023

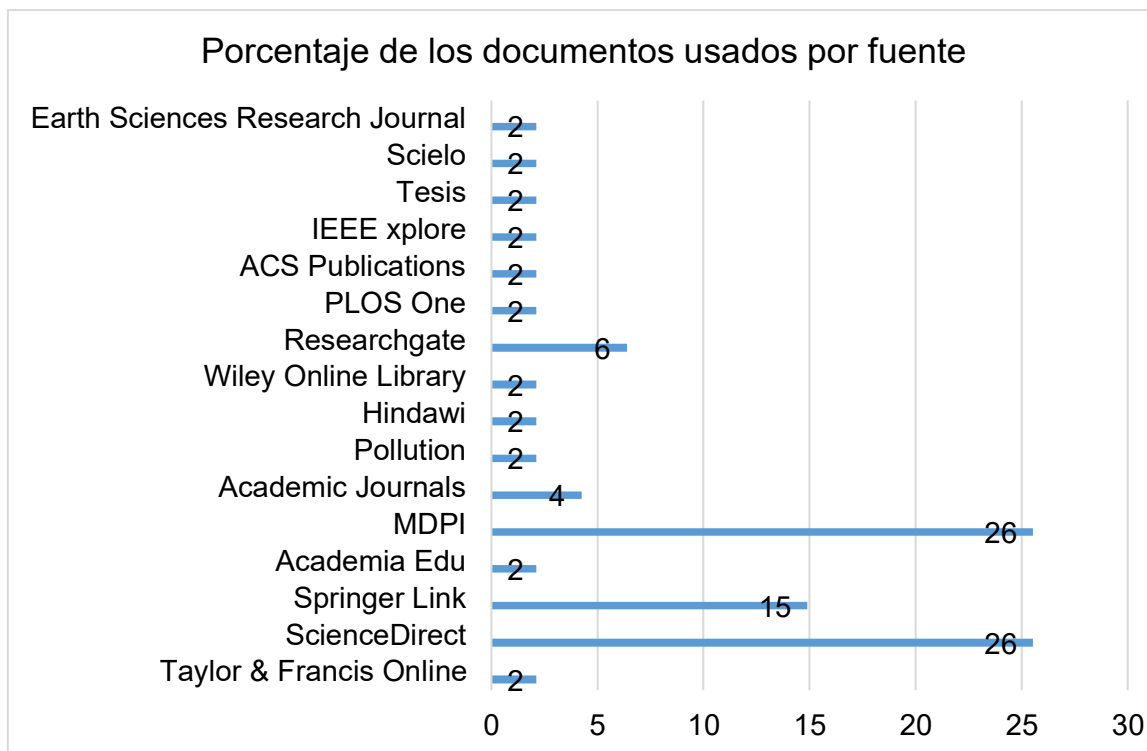


Figura 9: Porcentaje de los documentos usados por fuente

En la figura 9 se mostraron los trabajos bibliográficos usados en el desarrollo de la investigación con un 2% de Taylor & Francis Online, 26% para ScienceDirect, 15% para Springer Link, 2% para Academia Edu, 26% para MDPI, 4% Academic Journals, 2% para Pollution, Hindawi, Wiley Online Library, 6% Researchgate, 2% PLOS One, ACS Publications, IEEE xplore, Tesis, Scielo y Earth Sciences Research Journal respectivamente.

4.1. Técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados.

Tabla 4: Técnicas de teledetección para recuperar aguas contaminadas

Tipo de aguas	Teledetección	ArcGIS	Bandas	Fuentes	Revista
Aguas Superficiales en Hali, Nala, Pakistan	Diagramas de caja y bigotes de parámetros de discriminación significativos identificados por DA espacial (modo hacia atrás)	-	-	Azam et al. 2015	Academic Journals
Aguas Superficiales Río Éufrates, Iraq	Puntos de muestreo con GPS – Coordenadas UTM	Water Quality Indices (WQIs) y ArcGIS 10.4.1	-	Muwafaq et al. 2017	Researchgate
Agua subterránea, Daxing, China	Datos de simulación de flujo de agua para el acuífero.	Groundwater Modeling System 7.1	-	Li et al. 2022	MDPI
Agua Superficial (Río Amarillo, China)	Sentinel – 1 – imágenes google earth engine	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Versión 3.0 Global 1 arc second dataset (SRTMGL1)	-	Stiller, et al. 2019	MDPI
Agua Superficial (cuenca de carbón de Kizel – Rusia)	Imágenes Sentinel-2 de 2016 a 2019	QGIS 3.10	-	Pyankov et al. 2021	Researchgate
Agua Superficial Río	Imágenes de los satélites Landsat 5, Landsat 7,	Geomatica Banff (versión 2018 SP2)	2,5	Pawel, et al. 2022	MDPI

Ambarnaya - Rusia	Landsat 8, Sentinel-1 y Sentinel-2.				
Lago Okeechobee – Estados unidos	Landsat 5 Thematic Mapper (TM) y Landsat 8 Operational Land Imager OLI	ERDAS IMAGINE versión 2014 y ESRI ArcGIS versión 10.0.	Las bandas y relaciones de bandas de B, B/R, G/R, R/B y R/G fueron seleccionad as para la estimación de chl-a en época seca, y las bandas R, G/R, R/G y Relaciones R/NIR seleccionad as para la estación húmeda.	Hajigholizad eh et al.2021	MDPI
Agua Superficial (Manglares de Alibaug, Maharashtra, India)	Landsat 7 ETM+	ArcGIS 10.1	-	Loftinasabsl et al. 2018	Sciencedirec t
Agua subterránea de la provincia de Shanxi, China	Landsat 7 ETM+	RS-GIS	-	Shao et al. 2020	Siencedirect
Agua Superficial Cuenca del	Imágenes multitemporales de Landsat 4–5 Thematic	software ERDAS Imagine	Banda del infrarrojo cercano (NIR) con la	Onyango y Opiyo, 2022	

Lago Victoria - Kenia	Mapper (TM), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +), y Landsat Operational Land Satellite- Thematic Infrared Scanner (OLI – TIRS)		banda roja (R), la cual es fundamenta l para medir la cobertura y el vigor de la vegetación		Sciencedirec t
Agua subterránea, cuena de Shatt Al- Arab. - Irán	Landsat-8 (Thematic Mapper and Operational Land Imager)	ArcGIS 10.4.1.	-	Allafta et al. 2021	MDPI
Agua subterránea, Peshawar, Pakistán.	Uso de GPS para determinar coordenadas	ArcGIS 10.5	-	Ahmad et al. 2020	MDPI
Agua subterránea Amman- Zarqa, Jordania	Imágenes Google Earth	Los índices DRASTIC y SWSi	-	Adamat, 2020	Academia Edu
Agua Superficial Río Boukhalef, Marruecos	Landsat 8, sus sensores (OLI) Y (TIRS)	Cada muestra fue georreferenciad a utilizando un receptor GNSS Leica 1200 (Hexagon AB, Estocolmo, Suecia)	-	Cherif et al. 2019	MDPI
Agua Superficial	Se usaron 3 ubicaciones para	ArcGIS 10.5	-	Chabuk et al. 2020	Springer Link

Río Tigris, Irak	implementar la interpolación				
Agua Superficial (la Laguna de Waituna, Nueva Zelanda)	Modelo de elevación digital (DEM) con una resolución de 1 m de los datos LiDAR proporcionados por Environment Southland.	ArcGIS 10.2	-	Uuemaa et al. 2018	MDPI

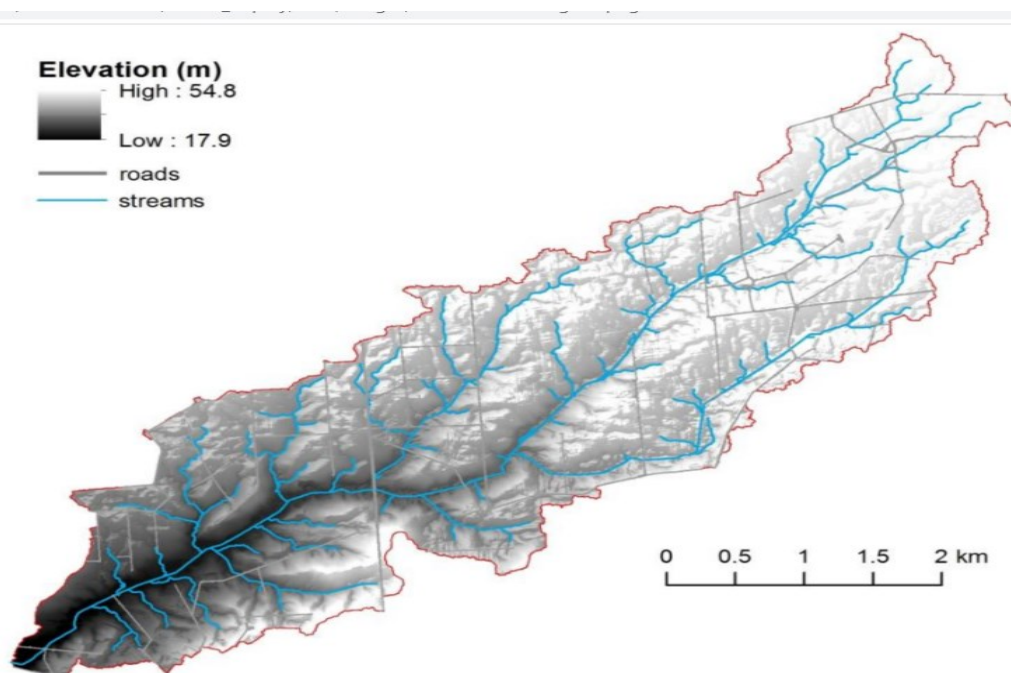


Figura 10: Modelo de elevación digital sombreado (DEM) del área de estudio basado en datos de detección y alcance de luz (LiDAR). También se muestran caminos y arroyos con un área de contribución ≥ 5 ha

Fuente: (Uuemaa et al., 2018)

De acuerdo a la tabla 4, en el cual se mencionaron las técnicas de teledetección usadas para recuperar aguas contaminadas. Cada técnica varía de acuerdo al autor. En la investigación realizada por Pyankov et al., 2021, en el agua superficial de la cuenca de carbón de Kizel, Rusia, para determinar la contaminación por aguas acidas de minería usando imágenes satelitales Sentinel – 2 del año 2016 a 2019,

estas imágenes fueron trabajadas en el software QGIS 3.10. Así mismo está la investigación de Stiller et al., 2019 que, realizó un análisis multitemporal con imágenes satelitales de Sentinel – 1 – imágenes google earth engine del Río Amarillo, China y procesadas en Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Versión 3.0 Global 1 arc second dataset (SRTMGL1). Por otro lado, en la investigación de Chabuk et al., 2020, el cual se llevó a cabo en el Río Tigris, Irak para determinar la calidad de agua mediante el uso del software ArcGIS 10.5 para ello se usaron 3 ubicaciones para implementar la interpolación de estaciones.

Asimismo Loftinasabsi et al., 2018, realizaron su investigación en los Manglares de Alibaug, Maharashtra, India para determinar su nivel de reducción en un transcurso de 10 años, para ello emplearon imágenes satelitales de Landsat 7 ETM+ y estas imágenes se trabajaron en el software ArcGIS 10.1. A diferencia del estudio de Shao et al., 2020, que para determinar el nivel de contaminación en aguas subterráneas de la provincia de Shanxi, China, emplearon imágenes satelitales de Landsat 7 ETM+ el cual se descargó en el software RS-GIS y de esta manera sea más fácil analizar cada zona. Así mismo, está la investigación de Onyango y Opiyo, 2022, que realizó un análisis de imágenes satelitales del Cuenca Lago Victoria – Kenia usando imágenes multitemporales de Landsat 4–5 Thematic Mapper (TM), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +), y Landsat Operational Land Satellite-Thematic Infrared Scanner (OLI –TIRS), dichas imágenes fueron procesadas en el software ERDAS Imagine mediante la combinación de bandas del infrarrojo cercano (NIR) con la banda roja (R), la cual es fundamental para medir la cobertura y el vigor de la vegetación, todo ello para detectar los cambios históricos ocurridos en dicha cuenca.

En el estudio realizado por Azam et al., 2015 en las aguas superficiales en Halsi, Nala, Pakistan, señala que empleó diagramas de caja y bigotes de parámetros de discriminación significativos identificados por DA espacial (modo hacia atrás) para determinar la distribución espacial y temporal de los contaminantes antropogénicos en el agua. Por otro lado, la investigación de Muwafaq et al., 2017, se centró en analizar las aguas del Río Éufrates, Iraq, las cuales se podían beber o usado para otro tipo de actividades, para ello emplearon puntos de muestreo dados con GPS, estas estaban representadas en coordenadas UTM, luego con estos puntos se podría extraer muestras de agua para ser trasladadas a laboratorio donde se

determinaría su calidad, además estos valores fueron representados en el software Water Quality Indices (WQIs) y ArcGIS 10.4.1, para ser plasmado en un mapa de colores y de esta manera poder diferenciar cada dato. Así mismo se elaboraron mapas de distribución de estos índices y mostrar las zonas de contaminación en el río. Se empleó la herramienta de análisis espacial para la interpretación de los datos mediante la aplicación del método de interpolación de distancia ponderada inversa (IDW). También está la investigación de Li et al., 2022, que empleo datos de simulación de flujo de agua para el acuífero, donde se combinaron con algoritmos de aprendizaje automático, tecnología de optimización de recursos hídricos y simulación numérica de aguas subterráneas para optimizar la regulación del nivel freático y la calidad debajo del distrito de Daxing en la llanura sur de Beijing, dichos datos fueron trabajados en el software Groundwater Modeling System 7.1.

Posteriormente en la investigación de Ahmad et al., 2020, realizada en las aguas subterráneas de Peshawar, Pakistan; recolectaron datos mediante el uso de GPS para determinar coordenadas, dichas coordenadas fueron trabajadas en el software ArcGIS 10.5, de esta manera conocer la calidad del agua potable en la ciudad de Peshawar, Pakistán. Por otro lado la investigación de Uemaa et al., 2018, señalan que el uso de imágenes satelitales han jugado un papel importante en la restauración de la laguna de Waituna, Nueva Zelanda, ya que ha sido afectada por la actividad del pastoreo masivo, lo cual hizo que disminuyera la calidad del agua, es por ello que se usó un modelo de elevación digital (DEM) con una resolución de 1 m de los datos LiDAR proporcionados por Environment Southland, dichas imágenes se trabajaron en ArcGIS 10.2, así este estudio permitió proponer acciones de manejo para reducir la escorrentía de nutrientes de dicha laguna.

4.2. Contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y el grado de naturalidad de las aguas contaminadas.

Tabla 5: Contaminación hídrica de las aguas.

Tipo de aguas	Parámetros Físicos	Parámetros Químicos	Parámetros Biológica	Consecuencia	Fuentes	Revista
Río Perla, Hong Kong	Turbidez, SST	-	-	El crecimiento de las ocupaciones antrópicas a lo largo de la costa ha resultado en una disminución de la calidad del agua, incluido el escurrimiento de fertilizantes agrícolas en los ríos, lo que resulta en un alto contenido de sólidos en suspensión con un aporte de nutrientes muy grande que tiene la posibilidad de causar eutrofización.	Hafeez et al. 2019	MDPI
Agua subterránea de Jhangi y Mirpur, Pakistán	SDT, conductividad eléctrica (CE),	Arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), hierro (Fe), Oxígeno disuelto (OD		Mayor riesgo de exposición a enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería, la hepatitis, la giardiasis, la criptosporidiosis y la infección por el gusano de Guinea.	Akbar et al. 2022	MDPI
Río Honghe, China	-	Nitrógeno de amoníaco (NH ₃ -N), nitrógeno de nitrato (NO ₃ -	-	La calidad del agua fue relativamente pobre, lo cual no lo hace apto para el consumo humano.	Yan et al. 2015	PLOS One

		N), nitrógeno nitrito (NO ₂ -N), nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP), Oxígeno disuelto (OD)				
Humedales del Bajo Sinú, Córdoba, Colombia	pH, temperatura, CE, Turbidez	OD	-	El incremento de estos parámetros altera la calidad del agua	Torres et al. 2020	Springer Link
Río Wailuku, Hawaii.	Salinidad, temperatura y turbidez.	-	-	El flujo del río y especialmente el flujo de la tormenta pueden intensificar la turbidez al transportar sedimentos y generar turbulencia. Además, pueden deprimir la salinidad dependiendo del flujo de descarga.	Mohamad et al. 2018	Taylor and Francis Online
Aguas subterráneas, Awka y Nnewi.	pH, temperatura, conductividad eléctrica, SDT	Na, Ca, K, Mg y Cl, SO ₄ , HCO ₃ , PO ₄ , NO ₃ , Fe, Cu, Pb y Cd.	-	El índice de contaminación de la metrópolis de Awka (que oscila entre 0,542 y 73,083) es más alto que el de la metrópolis de Nnewi (que oscila entre 0,069 y 6,617)	Egbueri, 2018	Springer Link
Río Jinshui, China	SST, salinidad	Fósforo total y nitrógeno total		Las altas concentraciones de sedimentos suspendidos dan lugar a aguas turbias, la	Lintern et al. 2018	

				asfixia y la erosión de los hábitats y la biota y la disminución de la penetración de la luz.		Wiley Online Library
Timiș. - Cuenca hidrográfica de Bega (Rumania y Serbia)	Temperatura, pH y turbidez.	N-NO ₂ , pH, DBO ₅ , OD y P total.	-	Presentan la contaminación del agua y la evaluación de la calidad de dos ríos transfronterizos (Timiș y Bega) de dos cuencas hidrográficas diferentes, denotan degradación de la calidad del agua aguas abajo de los ríos.	Dunca, 2018	Hindawi
Aguas de Muara Kamal, Bahía de Yakarta, Indonesia	Salinidad, turbidez y pH.	Hg, Cr ⁶⁺ , Pb, Cd, nitrógeno, fosfato.	-	El agua y los sedimentos de Muara Kamal están contaminados con metales pesados y materiales orgánicos.	Riani et al. 2018	ScienceDirect
Río Brahmaputra, Bangladesh	CE, Ph, alcalinidad, dureza.	DBO ₅ , DQO, cloruro, OD	-	El índice de contaminación del río (RPI) indica que el agua del río Old Brahmaputra varía de baja a alta contaminación.	Bhuyan et al. 2018	Pollution
Pozos y aguas de la zona de Holcim (región oriental de Marruecos)	Conductividad eléctrica, Materia orgánica	pH, hierro, zinc, cromo, cobre y plomo, cloruros, sodio, potasio, nitratos,	-	Aumento significativo de residuos en aguas y suelos naturales.	Mkadmi et al. 2018	Researchgate

		amonio, sulfatos.				
Tres ríos principales de Fujian, Minjiang, Jiulongjiang, China.	Temperatura, salinidad, alcalinidad, pH.	Cu, Zn, Cd, As, Hg, Pb y Cr ⁶⁺ , NH ₄ -N, NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ y PO ₄ ³⁻ , DQO, oxígeno disuelto.	-	Alta salinidad y diferentes niveles de contaminación por metales pesados y metaloides.	Li et al. 2018	Sciencedirect
Río Tiaoxi, China.	Conductividad eléctrica, pH	Fósforo total (TP), nitrito-N (NO ₂ -N) y el N-amonio (NH ₄ -N)	Coliformes fecales	Río Tiaoxi están muy contaminados con contaminantes de varias fuentes que pueden correlacionarse con los patrones de uso de la tierra y las actividades antropogénicas.	Vadde et al. 2018	MDPI
Ríos y bahías costeras de China	-	Nitrógeno, fósforo	-	El uso agrícola cerca de las bahías ha ocasionado la eutrofización en los ríos.	Zhaohai et al. 2018	ACS Publications
Río Beheshtabad, Irán	Temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, SST y pH	Nitrato, fosfato, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno		Los fertilizantes agrícolas, la descarga de aguas residuales aguas arriba y las piscifactorías constituyen los principales elementos que disminuyen la calidad del agua del río Beheshtabad.	Fathi et al. 2018	SpringerLink

Río Wen-Rui Tang, China	-	As, Pb, Cd, Cr, Hg, Cu, Zn.	-	Se produjo bioacumulación de metales pesados en la fuente hídrica.	Qu et al. 2018	Sciencedirect
----------------------------	---	--------------------------------	---	---	----------------	---------------

Según la tabla 5, da a conocer la contaminación hídrica de aguas industriales en diversos cuerpos hídricos, mediante análisis de agua realizadas en laboratorio, en estas se muestran parámetros físicos, químicos y biológicos y cuáles han sido sus consecuencias.

Sin embargo, en el estudio de Mohamad et al., 2018 indicaron que el Río Wailuku, Hawaii tenían presencia de salinidad, altas temperatura y turbidez donde el flujo del río y especialmente el flujo de la tormenta pueden intensificar la turbidez al transportar sedimentos y generar turbulencia. Además, pueden deprimir la salinidad dependiendo del flujo de descarga. Por otro lado, el estudio de Egbueri, 2018, indica que las aguas subterráneas de Awka y Nnewi en Nigeria, tenían bajo pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y parámetros químicos como sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg) y cloro (Cl), ácido sulfúrico (SO₄), bicarbonato (HCO₃), fósforo (PO₄), nitrato (NO₃), hierro (Fe), cobre (Cu), plomo (Pb) y cadmio (Cd), lo cual señala que el índice de contaminación de la metrópolis de Awka (que oscila entre 0,542 y 73,083) es más alto que el de la metrópolis de Nnewi (que oscila entre 0,069 y 6,617). Seguido de la investigación de Hafeez et al., 2019, indica en su investigación realizada en el Río Perla en Hong Kong, utilizó imágenes satelitales y combinación de bandas logró determinar alta turbidez y sólidos suspendidos totales (SST), esto se debe al aumento de la ocupación antropogénica a lo largo de la costa que ha resultado en una disminución de la calidad del agua, incluida la escorrentía de fertilizantes agrícolas en los ríos, lo que da como resultado un alto contenido de sólidos en suspensión con grandes entradas de nutrientes que pueden causar eutrofización.

A diferencia de Akbar et al., 2022, que realizó su investigación en las aguas subterránea de Jhangi y Mirpur, Pakistán. Evaluó los parámetros fisicoquímicos y tales como, oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), hierro (Fe), determinado que estas aguas están contaminadas y la población tiene mayor riesgo de exposición a enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería, la hepatitis, la giardiasis, la criptosporidiosis y la infección por el gusano de Guinea. Sin embargo, en la investigación de Yan et al., 2015, realizada en el río Honghe, China, analizó los parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto (OD),

nitrógeno de amoníaco ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrógeno de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrógeno nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP) para determinar la calidad de agua para abastecimiento, donde determinó que la calidad fue relativamente pobre, lo cual no lo hace apto para el consumo humano.

Lintern et al., 2018, realizaron su investigación en el Río Jinshui, China, donde determinó los SST, salinidad, así como fosforo y nitrógeno total, lo cual las altas concentraciones de sedimentos suspendidos dan lugar a aguas turbias, la asfixia y la erosión de los hábitats y la biota con la transmisión de luz reducida. Sin embargo, en la investigación de Dunca, 2018, realizada en los ríos Timis, Cuenca hidrográfica de Bega (Rumania y Serbia), donde los parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), temperatura, fosforo total y turbidez, eran muy elevadas, además que también estaba la presencia de nitrógeno (N), nitratos (NO_2) y lodos residuales presentan la contaminación del agua y la evaluación de la calidad de dos ríos transfronterizos (Timiş y Bega) de dos cuencas hidrográficas diferentes, denotan degradación de la calidad del agua aguas abajo de los ríos. A diferencia del estudio de Torres et al., 2020 que realizó su investigación en los Humedales del Bajo Sinú, Córdoba, Colombia, para determinar la calidad de agua usando imágenes satelitales Sentinel 2, donde identificó parámetros fisicoquímicos tal como pH, temperatura, CE, turbidez y oxígeno disuelto, la cual en valores altos ocasiona los cambios en la calidad del agua. En la investigación de Qu, L et al., 2018, se identificó parámetros químicos tales como arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), cobre (Cu), zinc (Zn), presentes en el Río Wen, Rui Tang, China la cual produjo bioacumulción de metales pesados en dicha fuente hídrica.

También en la investigación de Riani et al., 2018, realizadas en aguas de Muara Kamal, Bahía de Yakarta, Indonesia, donde existían niveles altos de pH, salinidad, turbidez, mercurio (Hg), cromo (Cr^{6+}), plomo (Pb), cadmio (Cd), nitrógeno, fosfatos, es así que el agua y los sedimentos de Muara Kamal están contaminados con metales pesados y materiales orgánicos. Sin embargo, en el estudio de Vadde et al., 2018, realizado en Río Tiaoxi, China, identificaron que el pH, conductividad eléctrica, Fósforo total (TP), nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$), el amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$) y coliformes fecales, demuestran que es este río está muy contaminado con contaminantes de varias

fuentes que pueden correlacionarse con los patrones de uso de la tierra y las actividades antropogénicas. Así mismo en la investigación de Bhuyan et al., 2018, realizada en el Río Brahmaputra, Bangladesh para determinar la calidad de agua de acuerdo a diversos análisis, donde identificó parámetros fisicoquímicos, tales como conductividad eléctrica, alcalinidad, dureza, demanda bioquímica del oxígeno (DBO5), demanda química del oxígeno (DQO), Ph, cloruro y oxígeno disuelto, en donde el índice de contaminación el río indica alta contaminación. Por último, en la investigación de Fathi et al., 2018, que realizó su investigación en el Rio Beheshtabad, Irán, mediante análisis de laboratorio identificaron los parámetros como temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, nitrato, fosfato, determinando la calidad fue afectada por la actividad antropogénica.

4.3. Concentraciones de metales pesados en las aguas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS.

Tabla 6: Recolección de datos de concentración de metales pesados

Tipo de aguas	Porcentaje de metales pesados										Fuentes	Revista
	% plomo	% hierro	% aluminio	% cadmio	% zinc	% mercurio	% manganeso	% cromo	% arsénico	% cobre		
Agua Superficial del Bajo Cauca, Colombia	0,00291m mg L ⁻¹ 3%				0,113 mg L ⁻¹ = 226%					0,0649 mg L ⁻¹ = 130%	Uribe 2019	Tesis, Universidad EIA
Agua Superficial Río Brahmani, India	98.77 mg L ⁻¹ = 5%	7517.20 mg L ⁻¹ = 2%		125.36 mg L ⁻¹ = 40%	49.80 mg L ⁻¹ = 48%			206.16 mg L ⁻¹ = 6%		107.84 mg L ⁻¹ = 84%	Swain y Sahoo 2017	Sciencedirect
Aguas subterráneas Tamil Nadu, India	196.15 ppb = 6%	59.12 ppb = 20%		10.11 ppb = 56 %				187.12p pb = 45%		162.41 ppb = 54%	Selvam et al. 2015	Springer Link
Agua Superficial	58.43 mg kg ⁻¹ =			0.64 mg kg ⁻¹ =	159.82 mg kg ⁻¹	-		208.82 mg kg ⁻¹	-	42.58 mg kg ⁻¹	Dai et al. 2019	Sciencedirect

subcuenca en la <u>cuenca de Huangshui</u>	0.005843 %			0.000064 0%	¹ = 0.0159 82%			= 0.02088 2 %		¹ = 0.0042 58%		
Agua Superficial Río Syr Darya en Kazajstán	0.0027 mg L ⁻¹ = 0.000000 27%	8.2 mg L ⁻¹ = 0.00082 %	459.089 mg L ⁻¹ = 0.04590 89%	0.023 mg L ⁻¹ = 0.000002 3%	0.17 mg L ⁻¹ = 0.0000 17%	-	0.69 mg L ⁻¹ = 0.000069%	-	-	0.03 mg L ⁻¹ = 0.0000 03%	Yegemova et al. 2018	MDPI
Aguas superficiales en Halsi Nala, Pakistán	0.223 mg L ⁻¹ = 0.000022 3%	0.593 mg L ⁻¹ = 0.00005 93%		0.038 mg L ⁻¹ = 0.000003 8%	0.059 mg L ⁻¹ = 0.0000 059%			0.198 mg L ⁻¹ = 0.00001 98%		0.079 mg L ⁻¹ = 0.0000 079%	Azam et al. 2015	Academic Journals
Agua Superficial de Gran Melbourne, Australia.	-	-		-	57%	-		-	-	72%	Shi et al. 2019	Scimedirect
Agua Superficial Fuente de	32.24% - 58.35%			68.35% - 96.29%	46.09 % - 56.24 %	-		16.87% - 73.62%	-	56.87 % - 66.54 %	Mo et al. 2021	EARTH SCIENCES RESEARCH JOURNAL

agua, Norte de China												
Lago Qarun, Egipto	- 0.02%	0.84%		0.22%	-	-	0.83%	-	0.51%	0.14%	Abu Salem, et al. 2017	Springer Link
Agua Subterranea, Birjand, Iran.	-	-		-	-	-		16.66%	-	-	Fallahzadeh et al. 2018	Science Direct
La cuenca Junggar							20.751 mg L ⁻¹ = 0.0020751%	1.425 mg L ⁻¹ = 0.0001425%	459.089 mg L ⁻¹ = 0.0459089%	86.461 mg L ⁻¹ = 0.0086461%	Y. Wan et al. 2019	IEEE Xplore
Río Huancaray, Perú	50.8 ppm = 0.00508%	48684 ppm = 4.8684%	-	-	176.7 ppm = 0.01767%	-	1261.2 ppm = 0.12612%	400.7 ppm = 0.04007%	-	111.3 ppm = 0.01113%	Cuba et al. 2020	Scielo
Mar de Bohai y Mar Amarillo, China	73.1 % - 133,18 %	-	-	98.3% - 41,87 %	91.6% - 42,91 %	91.6% - 131,23 %		55.4 % - 13.08%	0.84% - 95,93%	52.1% - 31,87 %	Tian et al. 2020	Sciencedirect

Lago Chini, Malasia	1350 g L ⁻¹ = 135%	-	-	-	-	-	-	-	-	Rendana, et al. 2022	Springer Link
Lago Qaroun, Egipto	0.55 mg L ⁻¹ = 0.000055 %	-	0.07 mg L ⁻¹ = 0.000007 %	-	-	-	0.06 mg L ⁻¹ = 0.00000 6%	-	-	El Zeiny, et al. 2019	Sciencedirect

De acuerdo a la tabla 6, se da a conocer las acumulaciones de metales pesados en porcentaje determinadas por técnicas de teledetección y el software ArcGIS. En la investigación de Uribe, 2019, señala que mediante el uso de imágenes satelitales determinó las concentraciones de metales pesados presentes en los cuerpos de agua del Bajo Cauca, Colombia donde encontró valores como plomo, $2.013 \text{ mg L}^{-1} = 0.0002013\%$, seguido de zinc, $3.310 \text{ mg L}^{-1} = 0.000331\%$ y cobre $0.381 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000381\%$. Por otro lado, en la investigación de Yegemova et al. 2018, realizada en el Río Syr Darya en Kazajstán identificaron que existía un $0.0027 \text{ mg L}^{-1} = 0.00000027\%$ de plomo, $8.2 \text{ mg L}^{-1} = 0.00082\%$ de hierro, $0.023 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000023\%$ de cadmio, $0.17 \text{ mg L}^{-1} = 0.000017\%$ de zinc, $0.69 \text{ mg L}^{-1} = 0.000069\%$ de manganeso y $0.03 \text{ mg L}^{-1} = 0.000003\%$ de cobre, lo cual mediante análisis de laboratorio demostró la contaminación por metales pesados en este río. También en la investigación de Azam et al., 2015 realizado en las aguas superficiales en Halsi Nala, Pakistan determinando el $0.223 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000223\%$ de plomo, $0.593 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000593\%$ de hierro, $0.038 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000038\%$ de cadmio, $0.059 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000059\%$ de zinc, $0.198 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000198\%$ de cromo y $0.079 \text{ mg L}^{-1} = 0.0000079\%$ de cobre.

Swain y Sahoo. 2017, realizaron su investigación en el Río Brahmani, India, donde mediante análisis de laboratorio de aguas e imágenes satelitales identificó la presencia de metales pesados en diferentes porcentajes, como $98.77 \text{ mg L}^{-1} = 0.009877\%$ de plomo, $7517.20 \text{ mg L}^{-1} = 0.75172\%$ de hierro, $125.36 \text{ mg L}^{-1} = 0.012536\%$ de cadmio, $49.80 \text{ mg L}^{-1} = 0.00498\%$ de zinc, $206.16 \text{ mg L}^{-1} = 0.020616\%$ de cromo y $107.84 \text{ mg L}^{-1} = 0.010784\%$ de cobre. A comparación del estudio de Selvam et al., 2015, que realizó una evaluación de los metales presentes en aguas subterráneas del estado de Namil, donde identificó un $196.15 \text{ ppb} = 1,9615 \times 10^{-5} \%$ en plomo, $59.12 \text{ ppb} = 5,912 \times 10^{-6} \%$ en hierro, $10.11 \text{ ppb} = 1,011 \times 10^{-6} \%$ en cadmio, $187.12 \text{ ppb} = 1,8712 \times 10^{-5} \%$ de cromo y $162.41 \text{ ppb} = 1,6241 \times 10^{-5} \%$ de cobre. Sin embargo, en la investigación de Cuba et al., 2020 realizado en el Río Huancaray, Perú donde identifiqué los siguientes parámetros como, $50.8 \text{ ppm} = 0.00508\%$ plomo, $48684 \text{ ppm} = 4.8684\%$ de hierro, $176.7 \text{ ppm} = 0.01767\%$ de zinc, $1261.2 \text{ ppm} = 0.12612\%$ de manganeso, $400.7 \text{ ppm} = 0.04007\%$ de cromo y $111.3 \text{ ppm} = 0.01113\%$ de cobre. En el estudio de Tian et al., 2019, realizada en el Mar de Bohai y Mar Amarillo, China los análisis de imágenes satelitales determinaron el

73.1% y 133,18 % de plomo, 98.3% y 41,87 % de cadmio, 91.6% y 42.61% de zinc, 0.84% y 95.93% de arsénico, 91.6% y 131.23% de mercurio, 55.4% y 13.08% de cromo, y 52.1% y 31.87% de cobre.

A comparación del estudio de Fallahzadeh et al., 2018, realizada en las aguas Subterráneas, Birjand, Irak, donde identificaron la presencia de 16.66% de cromo procedente de aguas residuales industriales. A diferencia del estudio de Shi et al., 2019, que estudió agua del Gran Melbourne, Australia donde el valor más alto fue de 57% de zinc. También en el estudio realizado por El Zeiny et al., 2019, señala que encontró concentraciones de $0.55 \text{ mg L}^{-1} = 0.000055\%$ de plomo, $0.07 \text{ mg L}^{-1} = 0.000007\%$ de cadmio y $0.06 \text{ mg L}^{-1} = 0.000006\%$ de cromo, presentes en el Lago Qaroun, Egipto.

V. CONCLUSIONES

- Se identificaron las áreas de estudio y posteriores análisis de contaminación de las aguas residuales empleando imágenes satelitales tales como Landsat 5 y 7, Landsat 8 y descargas de Google Earth, también se usaron puntos de muestreo generados por GPS y Sentinel -2. Para el procesamiento de estas imágenes usaron el programa ArcGIS 10.4, entre otros, además emplearon combinaciones de bandas de acuerdo a lo evaluado.
- Mediante el uso de imágenes satelitales y asistencia de análisis en laboratorios de las áreas de estudio determinaron parámetros físicos tales como Ph, turbidez, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos totales en suspensión (SST) y temperatura, químicos oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), hierro (Fe), Aluminio (Al) cadmio (Cd), arsénico (As), plomo (Pb), cromo (Cr), mercurio (Hg), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn) y biológicos como coliformes, los cuales generaban severas consecuencias en cada cuerpo hídrico como la mala calidad de agua, presencia de eutrofización, contagio de enfermedades, etc.
- A través de las técnicas de teledetección y procesamiento de datos en el software ArcGIS fue posible la analizar sitios con metales pesados, donde el más alto: 135% Pb fue en Lago Chini Malasia, 20% Fe fue en Aguas subterráneas Tamil Nadu, India, 0.045% Al fue en Agua Superficial Río Syr Darya en Kazajstán, 98.3% Cd fue en Mar de Bohai y Mar Amarillo, China, 226% Zn fue en Agua Superficial del Bajo Cauca, Colombia, 131,23 % Hg fue en Mar de Bohai y Mar Amarillo, China, 0.83% Mn fue en Lago Qarun, Egipto, 73.62% Cr fue en Agua Superficial Fuente de agua, Norte de China, 95.93% As fue en Mar de Bohai y Mar Amarillo, China, 130% Cu fue en Agua Superficial del Bajo Cauca, Colombia.

VI. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones en determinación de contaminación por aguas industriales se recomienda usar imágenes satelitales Landsat 8 y Google Earth Engine, puesto que tienen mejor resolución al momento de identificar puntos de muestreo o áreas de mayor impacto de contaminantes, así mismo el software ArcGIS, cuenta con más herramientas que facilita la identificación y clasificación de áreas o zonas.
- A las instituciones encargadas en el cuidado y manejo de las cuencas hídricas se recomienda el uso de imágenes satelitales y análisis de laboratorio para determinar los contaminantes presentes de manera adecuada y más precisa.
- Se recomienda a futuros investigadores, usar las técnicas de teledetección y software ArcGIS donde es posible la identificación y concentración de metales pesados y así de esta manera proponer alternativas de solución frente a la problemática que afecta a los cuerpos hídricos.

REFERENCIAS

- Abu Salem, H.S., Abu Jatita, A., Abdeen, M.M. et al. Geo-environmental evaluation of Wadi El Raiyan Lakes, Egypt, using remote sensing and trace element techniques. *Arab J Geosci* 10, 224 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12517-017-2991-3>
- Adamat, Rida Al. 2020. The Use of GIS and Remote Sensing to Investigate Groundwater Vulnerability to Contamination and Surface Water Susceptibility to Pollution at Mafrag Dumpsite/Jordan. [En línea] *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 9, No. 12, December 2018. Disponible en: DOI: 10.18178/ijesd.2018.9.12.1130
- Ahmad, Mahmood, Arshad Jamal, Xiao-Wei Tang, Mohammed A. Al-Sughaiyer, Hassan M. Al-Ahmadi, and Feezan Ahmad. 2020. "Assessing Potable Water Quality and Identifying Areas of Waterborne Diarrheal and Fluorosis Health Risks Using Spatial Interpolation in Peshawar, Pakistan" *Water* 12, no. 8: 2163. <https://doi.org/10.3390/w12082163>
- Akbar, T.A.; Javed, A.; Ullah, S.; Ullah, W.; Pervez, A.; Akbar, R.A.; Javed, M.F.; Mohamed, A.; Mohamed, A.M. Principal Component Analysis (PCA)–Geographic Information System (GIS) Modeling for Groundwater and Associated Health Risks in Abbottabad, Pakistan. *Sustainability* 2022, 14, 14572. <https://doi.org/10.3390/su142114572>
- Alarcón, Kiara. Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018. Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27965/ALARC_ON_AK.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Allafta, H.; Opp, C.; Patra, S. Identification of Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of the Shatt Al-Arab Basin. *Remote Sens.* 2021, 13, 112. <https://doi.org/10.3390/rs13010112>

- Arancibia, OP Bustamante, GH Vigneau, H. Allende-Cid, GS Fuentelaba y VA Nieto, "Estimation of Moisture Content in Thickened Tailing Dams: Machine Learning Techniques Applied to Remote Sensing Images", en IEEE Access, vol. 9, págs. 16988-16998, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3053767.
- Azaam, I., Afsheen, S. Ahmad Zia, Muhammad Kaleem Sarwar and Tahir Iqba. Surface water contamination in Halsi Nala; an assessment and spatial distribution survey using geographical information systems (GIS) approach. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology. Vol. 7(4), pp. 37-48, September 2015. DOI: 10.5897/JECE2015.0359. Disponible en: <http://www.academicjournals.org/JECE>
- Bhardwaj, S., Soni, R., Gupta, S.K. et al. Mercury, arsenic, lead and cadmium in waters of the Singrauli coal mining and power plants industrial zone, Central East India. Environ Monit Assess 192, 251 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8225-2>
- Bhuyan, M. S., Bakar, M., Sharif, A. S. M., Hasan, M., & Islam, M. S. (2018). Water Quality Assessment Using Water Quality Indicators and Multivariate Analyses of the Old Brahmaputra River. Pollution, 4(3), 481-493. Doi: 10.22059/poll.2018.246865.350
- Caldas, A.M.; Pissarra, T.C.T.; Costa, R.C.A.; Neto, F.C.R.; Zanata, M.; Parahyba, R.D.B.V.; Sanches Fernandes, L.F.; Pacheco, F.A.L. Flood Vulnerability, Environmental Land Use Conflicts, and Conservation of Soil and Water: A Study in the Batatais SP Municipality, Brazil. Water 2018, 10, 1357. <https://doi.org/10.3390/w10101357>
- Chabuk, A., Al-Madhloom, Q., Al-Maliki, A. et al. Water quality assessment along Tigris River (Iraq) using water quality index (WQI) and GIS software. Arab J Geosci 13, 654 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05575-5>
- Cherif, El Khalil, Farida Salmoun, and Francisco Javier Mesas-Carrascosa. 2019. "Determination of Bathing Water Quality Using Thermal Images Landsat 8 on

the West Coast of Tangier: Preliminary Results" *Remote Sensing* 11, no. 8: 972. <https://doi.org/10.3390/rs11080972>

Correa, O. et al. Determinación de metales pesados mediante fluorescencia de rayos X en sedimentos del agua en la microcuenca del río Huancaray, Apurímac-Perú, para periodos de estiaje y lluvia. *RevActaNova*. [Online]. 2020, vol.9, n.4 [citado 2023-02-17], pp.504-523. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2021000100026&script=sci_abstract

Dai, Lijun; Wang, Lingqing; Liang, Tao; Zhang, Yongyong; Li, Jing; Xiao, Jun; Dong, Linlin; Zhang, Haidong (2019). *Geostatistical analyses and co-occurrence correlations of heavy metals distribution with various types of land use within a watershed in eastern QingHai-Tibet Plateau, China*. *Science of the Total Environment*, 653(), 849–859. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.386

Doncel y Florez, 2018. QIRCA: Complemento de QGIS para Calcular Índices de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13731/DoncelMoraLesJulianDavidFlorezTellezCristianDavid2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Duarte, L.; Espinha Marques, J.; Teodoro, A.C. An Open Source GIS-Based Application for the Assessment of Groundwater Vulnerability to Pollution. *Environments* 2019, 6, 86. <https://doi.org/10.3390/environments6070086>

Dunca Andreea. 2018. Water Pollution and Water Quality Assessment of Major Transboundary Rivers from Banat (Romania). *Journal of Chemistry*, Article ID 9073763, 8 pages. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/9073763>

Egbueri, J.C. Assessment of the quality of groundwaters proximal to dumpsites in Awka and Nnewi metropolises: a comparative approach. *Int J Energ Water Res* 2, 33–48 (2018). <https://doi.org/10.1007/s42108-018-0004-1>

- El-Zeiny, Ahmed M.; El Kafrawy, Sameh B.; Ahmed, Mahmoud H. (2019). Geomatics based approach for assessing Qaroun Lake pollution. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, S111098231930081X–. Doi: 10.1016/j.ejrs.2019.07.003
- Fallahzadeh, R. A., Khosravi, R., Dehdashti, B., Ghahramani, E., Omid, F., Adli, A., & Miri, M. (2018). Spatial distribution variation and probabilistic risk assessment of exposure to chromium in ground water supplies; a case study in the east of Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 115, 260–266. Doi: 10.1016/j.fct.2018.03.019
- Farhad Mirzaei; Yasser Abbasi; Teymour Sohrabi; (2021). Modeling the distribution of heavy metals in lands irrigated by wastewater using satellite images of Sentinel-2. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, (), – . doi: 10.1016/j.ejrs.2021.03.002
- Fathi, E., Zamani-Ahmadmoodi, R. & Zare-Bidaki, R. Water quality evaluation using water quality index and multivariate methods, Beheshtabad River, Iran. *Appl Water Sci* 8, 210 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0859-7>
- García, José, Trujillo Nallely y Espinosa Guadalupe, 2020. Análisis del cambio de la cobertura terrestre y su incidencia en la calidad de agua del Río de los Perros, Oaxaca; para contribuir en acciones que permitan la restauración hidrológica ambiental. Disponible en: <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/326/1/2020-PEG%20-%20An%C3%A1lisis%20cobertura%20terrestre%20R%C3%ADo%20de%20os%20Perros%20Oaxaca.pdf>
- Gracia, Adelina C. (1993). Análisis documental: el análisis formal. *Puiscía General de Infiltración y Dtx, nenta~i6n*, Vol. 3 (II, 11-19, Edil. Complutense. Madrid, 1993. <https://revistas.ucm.es>
- Germán Velaochaga, Raúl Espinoza Villar, Edward Alburquerque. Técnicas De Teledetección Para Identificar Posibles Áreas Contaminadas Por Colectores

Residuales En El Litoral Peruano. Bol Inst Mar Perú / Vol 37 / No 1 / Enero-Junio 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.53554/boletin.v37i1>

Gómez, Jhon et al. Evaluation of the tropical humid forest through fractional cover analysis and GIS techniques at Yuracyacu river watershed, Peruvian's Amazon. *Madera bosques* vol.27 no.2 Xalapa 2021 Epub 04-Abr-2022. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722109>

Hafeez, Sidrah, Man Sing Wong, Hung Chak Ho, Majid Nazeer, Janet Nichol, Sawaid Abbas, Danling Tang, Kwon Ho Lee, and Lilian Pun. 2019. "Comparison of Machine Learning Algorithms for Retrieval of Water Quality Indicators in Case-II Waters: A Case Study of Hong Kong" *Remote Sensing* 11, no. 6: 617. <https://doi.org/10.3390/rs11060617>

Hajigholizadeh, Mohammad, Angelica Moncada, Samuel Kent, and Assefa M. Melesse. 2021. "Land–Lake Linkage and Remote Sensing Application in Water Quality Monitoring in Lake Okeechobee, Florida, USA" *Land* 10, no. 2: 147. <https://doi.org/10.3390/land10020147>

Huang, Q., Long, D., Du, M., Zeng, C., Qiao, G., Li, X., Hong, Y. (2018). Discharge estimation in high-mountain regions with improved methods using multisource remote sensing: A case study of the Upper Brahmaputra River. *Remote Sensing of Environment*, 219, 115–134. doi: 10.1016/j.rse.2018.10.008

Kalhor, K., & Emaminejad, N. (2019). Sustainable development in cities: Studying the relationship between groundwater level and urbanization using remote sensing data. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100243. Doi: 10.1016/j.gsd.2019.100243

Kumar, K.R., Kang, N. and Yin, Y. (2018), Classification of key aerosol types and their frequency distributions based on satellite remote sensing data at an industrially polluted city in the Yangtze River Delta, China. *Int. J. Climatol*, 38: 320-336. <https://doi.org/10.1002/joc.5178>

- Kumar, V., Parihar, R. D., Sharma, A., Bakshi, P., Singh Sidhu, G. P., Bali, A. S., ... Rodrigo-Comino, J. (2019). Global evaluation of heavy metal content in surface water bodies: A meta-analysis using heavy metal pollution indices and multivariate statistical analyses. *Chemosphere*, 124364. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.12
- Lee, H.; Park, J.-Y.; Park, Y.S. Developing and Applying a QGIS-Based Model That Accounts for Nonpoint Source Pollution Due to Domestic Animals. *Water* 2022, 14, 2742. <https://doi.org/10.3390/w14172742>
- Li, C.; Men, B.; Yin, S.; Zhang, T.; Wei, L. Research into the Optimal Regulation of the Groundwater Table and Quality in the Southern Plain of Beijing Using Geographic Information Systems Data and Machine Learning Algorithms. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2022, 11, 501. <https://doi.org/10.3390/ijgi11100501>
- Li, T., Sun, G., Yang, C., Liang, K., Ma, S., & Huang, L. (2018). Using self-organizing map for coastal water quality classification: Towards a better understanding of patterns and processes. *Science of The Total Environment*, 628-629, 1446–1459. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.163>
- Lintern, A., Webb, J.A., Ryu, D., Liu, S., Bende-Michl, U., Waters, D., Leahy, P., Wilson, P. and Western, A.W. (2018), Key factors influencing differences in stream water quality across space. *WIREs Water*, 5: e1260. <https://doi.org/10.1002/wat2.1260>
- Lotfinasabasl, S., Gunale, V. R., & Khosroshahi, M. (2018). Applying geographic information systems and remote sensing for water quality assessment of mangrove forest. *Acta Ecologica Sinica*, 38(2), 135–143. doi: 10.1016/j.chnaes.2017.06.017
- Mkadmi, Y., Benabbi O., Fekhaoui M. et al. 2018. Study of the impact of heavy metals and physico-chemical parameters on the quality of the wells and waters of the Holcim area (Oriental region of Morocco). *J. Mater. Environ. Sci.*, 2018, Volume 9, Issue 2, Page 672-679 <https://doi.org/10.26872/jmes.2018.9.2.74>

- Mo, J., Tian, X., & Shen, W. (2021). Tracing the source of heavy metal pollution in water sources of tourist attractions based on GIS remote sensing. *Earth Sciences Research Journal*, 25(2), 207-214. DOI: <https://doi.org/10.15446/esrj.v25n2.84631>
- Mohamad Javad Alizadeh, Mohamad Reza Kavianpour, Malihe Danesh, Jason Adolf, Shahabbodin Shamsirband & Kwok-Wing Chau (2018) Effect of river flow on the quality of estuarine and coastal waters using machine learning models, *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 12:1, 810-823, DOI: 10.1080/19942060.2018.1528480
- Mohammad Hadi Dehghani, Fazlollah Changani & Farzaneh Baghal Asghari (2022) Application of irrigation and drinking water quality indices to monitor ground water quality using geographic information system: a case study of the basins around Urmia Lake, Iran, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102:19, 7380-7393, DOI: 10.1080/03067319.2020.1830982
- Mohammad Hadian y Abolfazl Mosaedi. Application of Remote Sensing Technology in Sediment Estimating Entering the Dam Reservoirs due to Floods. *Shock and Vibration/2021/Article*. <https://doi.org/10.1155/2021/4469744>
- Mostafizur, Rahman et al. emerging trends of water quality monitoring and applications of multivariate tolos. *Water Engineering Modeling and Mathematic Tools* 2021, Pages 271-283. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820644-7.00020-7>
- Morales, Juan J. (2001). La evaluación en el área de educación visual y plástica en el ESO. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5036/jjma08de16.pdf>.PDF
- Muwafaq, M., Adel, K., Athraa Hashim Mohammed, Ali Ismael Abbas. Assessment Of Water Quality And Suitability Of Euphrates River In Iraq For Drinking Purpose By Applying Water Quality Indices (Wqis) And Geographical Information System (Gis) Techniques. *I.J.S.N.*, VOL.8 (4) 2017: 741 – 756. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Mustafa-Muwafaq->

Noori/publication/322132305_Assessment_of_Water_Quality_and_Suitability_of_Euphrates_River_in_Iraq_for_Drinking_Purpose_by_Applying_Water_Quality_Indices_WQIs_and_Geographical_Information_System_GIS_Techniques/links/5a46c275aca272d2945ecd77/Assessment-of-Water-Quality-and-Suitability-of-Euphrates-River-in-Iraq-for-Drinking-Purpose-by-Applying-Water-Quality-Indices-WQIs-and-Geographical-Information-System-GIS-Techniques.pdf

Ntakarutimana, Clovis. 2018. Assessment of Groundwater Potential and Quality using GIS and Remote Sensing Techniques: Case study of Kirundo Province, Burundi. <http://repository.pauwes-cop.net/handle/1/433>

Onyango y Opiyo, 2022. Detection of historical landscape changes in Lake Victoria Basin, Kenya, using remote sensing multi-spectral indices. [En línea] Watershed Ecology and the Environment – volumen 4, pp. 1-11 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2021.12.001>

Orjuela Romero, E. A., & Díaz Ruiz, J. D. (2019). Mapeo de la turbidez utilizando firmas espectrales obtenidas mediante el procesamiento de imágenes satelitales en el embalse de Tominé. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1161

Osorio RJ, Linhoss A, Dash P. Evaluation of Marsh Terraces for Wetland Restoration: A Remote Sensing Approach. *Water*. 2020; 12(2):336. <https://doi.org/10.3390/w12020336>

Pyankov, Sergey V, Nikolay G. Maximovich, Elena A. Khayrulina, Olga A. Berezina, Andrey N. Shikhov, Rinat K. Abdullin. Monitoring Acid Mine Drainage's Effects on Surface Water in the Kizel Coal Basin with Sentinel- 2 Satellite Images. *Mine Water and the Environment* (2021) 40:606–621 <https://doi.org/10.1007/s10230-021-00761-7>

Qu, L., Huang, H., Xia, F., Liu, Y., Dahlgren, R. A., Zhang, M., & Mei, K. (2018). Risk analysis of heavy metal concentration in surface waters across the rural-urban

interface of the Wen-Rui Tang River, China. *Environmental Pollution*, 237, 639–649. doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.020

Rahman MM, AlThobiani F, Shahid S, Viridis SGP, Kamruzzaman M, Rahaman H, Momin MA, Hossain MB, Ghandourah EI. GIS and Remote Sensing-Based Multi-Criteria Analysis for Delineation of Groundwater Potential Zones: A Case Study for Industrial Zones in Bangladesh. *Sustainability*. 2022; 14(11):6667. <https://doi.org/10.3390/su14116667>

Rendana, M., Idris, W.M.R. & Rahim, S.A. Mapping Chini Lake (Pahang, Malaysia) using Sentinel-2 images to determine the effect of acid mine drainage in the pre- to post-COVID-19 restriction period. *Environ Monit Assess* 195, 205 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10833-y>

Riani, E., Cordova, M. R., & Arifin, Z. (2018). Heavy metal pollution and its relation to the malformation of green mussels cultured in Muara Kamal waters, Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 664–670. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.029>

Rida Al-Adamat. The Use of GIS and Remote Sensing to Investigate Groundwater Vulnerability to Contamination and Surface Water Susceptibility to Pollution at Mafrag Dumpsite/Jordan. with Department of GIS and Remote Sensing, Institute of Earth and Environmental Sciences, Al al-Bayt University, Mafrag, Jordan. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 9, No. 12, December 2018. DOI: 10.18178/ijesd.2018.9.12.1130

Selvam, S., Venkatramanan, S. & Singaraja, C. A GIS-based assessment of water quality pollution indices for heavy metal contamination in Tuticorin Corporation, Tamilnadu, India. *Arab J Geosci* 8, 10611–10623 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12517-015-1968-3>

Shao, Z., Huq, M. E., Cai, B., Altan, O., & Li, Y. (2020). Integrated Remote Sensing and GIS Approach using Fuzzy-AHP to Delineate and Identify Groundwater Potential Zones in Semi-Arid Shanxi Province, China. *Environmental Modelling & Software*, 104868. doi: 10.1016/j.envsoft.2020.104868

- Sheffield, J., Wood, E. F., Pan, M., Beck, H., Coccia, G., Serrat-Capdevila, A., & Verbist, K. (2018). Satellite remote sensing for water resources management: Potential for supporting sustainable development in data-poor regions. *Water Resources Research*, 54, 9724–9758. <https://doi.org/10.1029/2017WR022437>
- Shi, B., Bach, PM, Lintern, A., Zhang, K., Coleman, RA, Metzeling, L., Deletic, A. (2019). Comprensión de la variabilidad espaciotemporal de la calidad del agua en la corriente en entornos urbanos: un estudio de caso de Melbourne, Australia. *Revista de Gestión Ambiental*, 246, 203–213. doi:10.1016/j.jenvman.2019.06.006
- Shukla, A. K., Ojha, C. S. P., Mijic, A., Buytaert, W., Pathak, S., Garg, R. D., and Shukla, S.: Population growth, land use and land cover transformations, and water quality nexus in the Upper Ganga River basin, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 4745–4770, <https://doi.org/10.5194/hess-22-4745-2018>, 2018.
- Singh, S., Bhardwaj, A., & Verma, V. K. (2020). Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. *Journal of Environmental Management*, 262, 110355. Doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110355
- Stiller, Dorothee, Marco Ottinger, and Patrick Leinenkugel. 2019. "Spatio-Temporal Patterns of Coastal Aquaculture Derived from Sentinel-1 Time Series Data and the Full Landsat Archive" *Remote Sensing* 11, no. 14: 1707. <https://doi.org/10.3390/rs11141707>
- Swain, Ratnakar; Sahoo, Bhabagrahi (2017). Mapping of heavy metal pollution in river water at daily time-scale using spatio-temporal fusion of MODIS-aqua and Landsat satellite imageries. *Journal of Environmental Management*, 192(), 1–14. Doi: 10.1016/j.jenvman.2017.01.034
- Tian, Kang; Wu, Qiumei; Liu, Peng; Hu, Wenyong; Huang, Biao; Shi, Bin; Zhou, Yunqiao; Kwon, Bong-Oh; Choi, Kyungsik; Ryu, Jongseong; Seong Khim, Jong; Wang, Tieyu (2020). Ecological risk assessment of heavy metals in

sediments and water from the coastal areas of the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Environment International*, 136(), 105512–. Doi: 10.1016/j.envint.2020.105512

Torres-Bejarano, F., Arteaga-Hernández, F., Rodríguez-Ibarra, D., Mejía-Ávila, D., & González-Márquez, L. C. (2020). Water quality assessment in a wetland complex using Sentinel 2 satellite images. *International Journal of Environmental Science and Technology*. Doi: 10.1007/s13762-020-02988-3

Paweł Tysiąc, Strelets Tatiana and Tuszyńska Weronika. 2022. "The Application of Satellite Image Analysis in Oil Spill Detection" *Applied Sciences* 12, no. 8: 4016. <https://doi.org/10.3390/app12084016>

Uribe, Daniela. 2019. Estimación De La Contaminación Causada Por La Minería En Cuerpos De Agua Del Bajo Cauca a Través De Imágenes Satelitales. Universidad EIA

Uuemaa, E.; Hughes, A.O.; Tanner, C.C. Identifying Feasible Locations for Wetland Creation or Restoration in Catchments by Suitability Modelling Using Light Detection and Ranging (LiDAR) Digital Elevation Model (DEM). *Water* 2018, 10, 464. <https://doi.org/10.3390/w10040464>

Vadde, K.K.; Wang, J.; Cao, L.; Yuan, T.; McCarthy, A.J.; Sekar, R. Assessment of Water Quality and Identification of Pollution Risk Locations in Tiaoxi River (Taihu Watershed), China. *Water* 2018, 10, 183. <https://doi.org/10.3390/w10020183>

Valdiviezo, Aymé. 2019. Manejo Del Software Qgis Para Gestionar Datos De Redes De Distribución De Agua En La Urb. Miraflores. Universidad de Piura. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4089/ICl_271.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vera Laceiras, Horacio Kuna, Norcelo G. De Miranda, Miryan Puchini, Eduardo Zamudio, 2021. Detección de la calidad del agua mediante imágenes

satelitales: Revisión Sistemática de la literatura con análisis cuantitativo. Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación en Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/130338/Documento_completo.pdf?sequence=1

Vidyan 2018 The use of remote sensing to estimate changes of seagrass extent and biomass in Cockburn Sound, Western Australia IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 149 012016 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/149/1/012016>

Wang, Zifeng, Junguo Liu, Jinbao Li, and David D. Zhang. 2018. "Multi-Spectral Water Index (MuWI): A Native 10-m Multi-Spectral Water Index for Accurate Water Mapping on Sentinel-2" Remote Sensing 10, no. 10: 1643. <https://doi.org/10.3390/rs10101643>

Wei, J., Lee, Z., Garcia, R., Zoffoli, L., Armstrong, R. A., Shang, Z., Chen, R. F. (2018). An assessment of Landsat-8 atmospheric correction schemes and remote sensing reflectance products in coral reefs and coastal turbid waters. Remote Sensing of Environment, 215, 18–32. Doi: 10.1016/j.rse.2018.05.033

Whitney, María. Evaluación de la utilidad del sensor Sentinel-2 para la cartografía de cinco parámetros físicos-químicos de calidad de agua en la Laguna de Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa, febrero y julio 2020. Universidad Nacional Agraria. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4300/1/tnp101864e.pdf>

Xu S, Xu S, Zhou Y, Yue S, Zhang X, Gu R, Zhang Y, Qiao Y, Liu M. Long-Term Changes in the Unique and Largest Seagrass Meadows in the Bohai Sea (China) Using Satellite (1974–2019) and Sonar Data: Implication for Conservation and Restoration. Remote Sensing. 2021; 13(5):856. <https://doi.org/10.3390/rs13050856>

Y. Wan, X. Hu, Y. Zhong, A. Ma, L. Wei y L. Zhang, " Tailings Facility Disaster and Monitoring by UAV-Ground Hyperspectral Joint Processing and Environmental Observation: A Case Study in Xinjiang, the Belt and Road ", IGARSS 2019 -

Simposio internacional de geociencia y teledetección IEEE 2019, Yokohama, Japón, 2019, pp. 9713-9716, doi: 10.1109/IGARSS.2019.8898447.

Yan CA, Zhang W, Zhang Z, Liu Y, Deng C, et al. (2015) Assessment of Water Quality and Identification of Polluted Risky Regions Based on Field Observations & GIS in the Honghe River Watershed, China. PLOS ONE 10(3): e0119130. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119130>

Yegemova, S.; Kumar, R.; Abuduwaili, J.; Ma, L.; Samat, A.; Issanova, G.; Ge, Y.; Kumar, V.; Keshavarzi, A.; Rodrigo-Comino, J. Identifying the Key Information and Land Management Plans for Water Conservation under Dry Weather Conditions in the Border Areas of the Syr Darya River in Kazakhstan. *Water* 2018, 10, 1754. <https://doi.org/10.3390/w10121754>

Zeiny, A. M., El Kafrawy, S. B., & Ahmed, M. H. (2019). Geomatics based approach for assessing Qaroun Lake pollution. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. doi: 10.1016/j.ejrs.2019.07.003

Zhaohai Bai, Jie Lu, Hao Zhao, Gerard L. Velthof, Oene Oenema, Dave Chadwick, John R. Williams, Shuqin Jin, Hongbin Liu, Mengru Wang, Maryna Stokal, Carolien Kroeze, Chunsheng Hu, and Lin Ma. Designing Vulnerable Zones of Nitrogen and Phosphorus Transfers To Control Water Pollution in China. *Environmental Science & Technology* 2018 52 (16), 8987-8988. DOI: 10.1021/acs.est.8b02651

ANEXOS

Anexo 1: CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO



DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Lima, 12 de diciembre de 2022

Apellidos y nombres del experto

Asunto: Evaluación de instrumento

Sirva la presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarle que estamos desarrollando y elaborando nuestra tesis titulada: "*Aplicación de sistema de información geográfica en la recuperación de aguas contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021*", a fin de optar nuestro grado o título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio en el cual se incluye el instrumento de recolección de datos, denominado: "*FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO*" por ser una REVISIÓN SISTEMÁTICA; por lo que, le solicitamos tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto, para cubrir con el requisito de "Juicio de expertos".

Esperando tener la acogida a esta petición, hacemos propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

Gómez Moscoso, Karlo Bryan
DNI: 70414585

Vizcarra Medina, Sally Haydee
DNI: 71617984

Adjunto Anexos:

- *Título de la investigación*
- *Matriz de categorización apriorística (problemas específicos, objetivos específicos, categorías, sub categorías y criterios).*
- *Instrumento (3 fichas de recolección de datos por categoría).*

Anexo 2: CONSTANCIAS



CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: *"Aplicación de sistema de información geográfica en la recuperación de aguas contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021"*, de los autores Gómez Moscoso, Karlo Bryan y Vizcarra Medina, Sally Haydee, estudiante del Programa de estudio de la Universidad César Vallejo, filial Lima.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo revisión sistemática, que realizarán a través de la recolección de información documental, a través de artículos científicos indexados, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las categorías del trabajo de investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que considere pertinentes.

Lima, 12 de diciembre de 2022



Mg. José Máximo Díaz Pinto

DNI: 48058146

CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: ***“Aplicación de Sistema de Información Geográfica en la recuperación de Aguas Contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021”***, de los autores Gómez Moscoso, Karlo Bryan y Vizcarra Medina, Sally Haydee, estudiante del Programa de estudio de la Universidad César Vallejo, filial Lima.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo revisión sistemática, que realizarán a través de la recolección de información documental, a través de artículos científicos indexados, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las categorías del trabajo de investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que considere pertinentes.

Lima, 12 de diciembre de 2022



Dra. Karla Luz Mendoza López
DNI: 44598700

CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: ***“Aplicación de Sistema de Información Geográfica en la recuperación de Aguas Contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021”***, de los autores Gómez Moscoso, Karlo Bryan y Vizcarra Medina, Sally Haydee, estudiante del Programa de estudio de la Universidad César Vallejo, filial Lima.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo revisión sistemática, que realizarán a través de la recolección de información documental, a través de artículos científicos indexados, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por el autor, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las categorías del trabajo de investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que considere pertinentes.

Lima, 12 de diciembre de 2022

Atentamente,



Dr. Juan Julio Ordoñez Sálv
Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308
DNI: 08447308

Anexo 3: Informe de opinión sobre instrumento de investigación científica



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Díaz Pinto, José Máximo _____
Institución donde labora : FUCOMA IES E.I.R.L. _____
Especialidad : Gestión ambiental _____
Instrumento de evaluación : Fichas de recolección por categoría _____
Autor (s) del instrumento (s): Gómez Moscoso, Karlo Bryan y Vizcarra Medina, Sally Haydee

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL		47				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento está apto para ser aplicado.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Lima, 12 de diciembre de 2022

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dra. Karla Luz Mendoza López
 Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo
 Especialidad : Ecología
 Instrumento de evaluación : Fichas de Recolección por categoría
 Autor (s) del instrumento (s): Gómez Moscoso, Karlo Bryan y Vizcarra Medina, Sally Haydee

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				x	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				x	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					x
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					x
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					x
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					x
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				x	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental				x	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				x	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				x	
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es Aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

44

Lima, 12 de diciembre de 2022


 Dra. Karla Luz Mendoza López

DNI: 44598700

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Juan Julio Ordoñez Gálvez

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad :

Instrumento de evaluación : Fichas de recolección por categoría

Autor (s) del instrumento (s): Gómez Moscoso, Karlo Bryan y Vizcarra Medina, Sally Haydee

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


El instrumento está apto para ser aplicado.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

44

Lima, 12 de diciembre de 2022

Anexo 4: Instrumento de recolección de datos

		FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
TÍTULO: Aplicación de sistema de información geográfica en la recuperación de aguas contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021.			
REPOSITORIO: Universidad Cesar Vallejo		AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022	LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima
TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada		CÓDIGO:	
AUTOR (ES): <ul style="list-style-type: none"> - Gómez Moscoso, Karlo Bryan (Orcid: 0000-0002-4944-0512) - Vizcarra Medina, Sally Haydee (Orcid: 0000-0003-4123-6530) 			
PALABRAS CLAVE:		Sistema de información geográfica, Aguas industriales, contaminación del agua, teledetección.	
Técnicas de teledetección		<ul style="list-style-type: none"> - Imágenes satelitales (Landsat) - Bandas espectrales (Red, Green, Blue) - ArcGIS (Mapas) 	
Contaminación Hídrica		<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de contaminación hídrica (física, química y biológica) - Consecuencias de la contaminación 	
Concentración de metales pesados		<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de concentración (%plomo, % hierro, % cadmio, % zinc, %cromo) 	
Resultados		<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo al análisis bibliométrico, se determina que para realizar la teledetección se utiliza imágenes satelitales así mismo como bandas espectrales, los cuales posteriormente se descargaran en ArcGIS para su análisis y comparación. - Así mismo se habla de contaminación hídrica cuando altera las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. Una alteración de estas propiedades genera enfermedades y perjuicio al ambiente. - Mediante imágenes satelitales y análisis de laboratorio se puede determinar la concentración de metales pesados que existen en el agua. 	
Conclusiones		Se concluye que las técnicas de teledetección son importantes, porque nos permite conocer la realidad de un determinado lugar sin entrar en contacto directo con este. Así mismo no se descarta que el complemento de este estudio puede ser mediante un análisis de agua en laboratorio, de esta manera tener de manera detallada el nivel de concentración de contaminantes los cuales están alterando las propiedades del agua y generando severas consecuencias a los seres vivos y	

	ambiente.
--	-----------

Anexo 5: Matriz de categorización



Anexo 1: Matriz de Categorización

Título: Aplicación de sistema de información geográfica en la recuperación de aguas contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021.					
Problemas específicos	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías	Criterios	Referencias
¿Cuáles son las técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados?	Identificar las técnicas de teledetección y ArcGIS en la recuperación de aguas contaminadas mediante análisis bibliográficos de estudios realizados	Técnicas de teledetección	Imágenes satelitales Bandas espectrales ArcGIS	<ul style="list-style-type: none"> • Landsat 5 • Landsat 7 • Landsat 8 • Red • Green • Blue • Mapas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alarcón, 2019 • Wang et al. 2018 • Silva et al. 2019 • Kumar et al. 2018 • Velaochaga et al. 2022
¿Cuál es la contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y el grado de naturalidad de las aguas contaminadas?	Determinar la contaminación hídrica con el fin de contribuir a la recuperación de la calidad y el grado de naturalidad de las aguas contaminadas	Contaminación hídrica	Tipos de contaminación hídrica Consecuencias	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación Física • Contaminación Química • Contaminación Biológica • Destrucción de la biodiversidad • Contaminación de la cadena alimentaria • Escases de agua potable • Enfermedades • Eutrofización 	<ul style="list-style-type: none"> • Gómez, 2022 • Huang et al. 2018 • Mohammad et al. 2021 • Romero et al. 2019 • Sheffield et al. 2018 • Wei et al. 2018
¿Cuál serán las concentraciones de metales pesados en las aguas contaminadas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS?	Identificar las concentraciones de metales pesados en las aguas contaminadas determinadas por las técnicas de teledetección y ArcGIS	Concentración de metales pesados	Porcentaje de concentración	<ul style="list-style-type: none"> • % Plomo • % Hierro • % Aluminio • % Cadmio • % Zinc • % Mercurio • % Manganeso • % Cromo • % Arsénico • % Cobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Xiao, 2021 • Whitney, 2020 • Semanat et al. 2022 • Bustamante et al. 2021 • Huang et al. 2018

Anexo 6: Fichas de recolección de datos



Anexo 2: Ficha de recolección de datos de técnicas de teledetección



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 1: TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN										
Autores	Año	País	Imágenes satelitales			Bandas espectrales			Conclusiones	Observaciones
			Landsat 5	Landsat 7	Landsat 8	Red	Green	Blue		

 <p>Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez CIP. Nº 203746</p>	<p>Atentamente,</p>   <p>Juan Julio Ordoñez Galvez DNI: 08447308</p>	 <p>Dra. Karla Luz Mendoza López DNI: 44598700</p>
---	---	---




Anexo 3: Ficha de recolección de datos de contaminación hídrica

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 2: CONTAMINACIÓN HÍDRICA											
Autores	Año	País	Tipos de contaminación hídrica			Consecuencia					Conclusiones
			Contaminación Física	Contaminación Química	Contaminación Biológica	Destrucción de la biodiversidad	Contaminación de la cadena alimentaria	Escases de agua potable	Enfermedades	Eutrofización	

 <p>Juan Julio Ordoñez Galvez DNI: 08447308</p>	<p>Atentamente,</p>   <p>Juan Julio Ordoñez Galvez DNI: 08447308</p>	 <p>Dra. Karla'Luz Mendoza López DNI: 44598700</p>
---	--	--

Anexo 4: Ficha de recolección de datos de concentración de metales pesados.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS – CATEGORIA 3: CONCENTRACION DE METALES PESADOS												
Autores	Año	País	% plomo	%hierro	%cadmio	%zinc	%mercurio	%cromo	%arsénico	% cobre	Conclusiones	Observaciones

 <p>Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez CIP. N° 203766</p>	<p>Atentamente,</p>  <p>Juan Julio Ordoñez Galvez DNI: 08447308</p>	 <p>Dra. Karla Luz Mendoza López DNI: 44598700</p>
--	--	--



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONTALVO MORALES KENNY RUBEN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de sistema de información geográfica en la recuperación de aguas contaminadas, Revisión Sistemática: 2015-2021", cuyos autores son VIZCARRA MEDINA SALLY HAYDEE, GOMEZ MOSCOSO KARLO BRYAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 15 de Marzo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MONTALVO MORALES KENNY RUBEN DNI: 43713929 ORCID: 0000-0003-4403-4360	Firmado electrónicamente por: KRMONTALVO el 23- 03-2023 19:11:11

Código documento Trilce: TRI - 0537128