

APLICACIÓN DE SIG EN EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA PARROQUIA GUALEL, PREVIO AL PROCESO DE EXPLOTACIÓN MINERA, ECUADOR

**APPLICATION OF GIS IN THE ANALYSIS OF WATER
QUALITY IN THE GUALEL PARISH, PRIOR TO THE
MINING PROCESS, ECUADOR**

Recibido: 30/06/2022 – Aceptado: 29/07/2022

Edison Campos Collaguazo

Investigador Independiente de la Fundación Innovadora para el Desarrollo
y Fortalecimiento Integral FINDEFORI
Riobamba – Chimborazo

Magister en Economía y Administración Agrícola
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

edicampos84@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3285-9907>

Rodrigo Morocho Andrade

Funcionario del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural
Gualel
Gualel – Loja

Magister en Economía y Administración Agrícola
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

morochorodri21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3351-211X>

Nancy Paola Veloz Parra

Funcionario de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.
Riobamba – Chimborazo

Magister en Sistemas de telecomunicaciones
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

nan_paoveloz@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6772-5116>

Geraldo Ariolfo Cuadrado Barreto

Investigador Independiente de la Universidad Nacional Agraria la Molina –
Perú

Magister en Biología de la Conservación
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

geraldocuadrado@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5728-1953>

Como citar este artículo:

Campos, E., Morocho, R., Veloz, N. & Cuadrado, G. (Enero – Diciembre 2022). Aplicación de SIG en el análisis de la calidad del agua de la parroquia Gualel, previo al proceso de explotación minera, Ecuador. *Tierra Infinita* (8), 218-240. <https://doi.org/10.32645/26028131.1165>

Resumen

La presente investigación fue participativa, involucrando a las comunidades de la parroquia de Gualel, se aplicó sistemas de georreferenciación para identificar la ubicación donde se van a realizar muestreo con el fin de realizar el estudio de la calidad de agua de las microcuenca del río y el cálculo de volumen del agua, planteando además alternativas de conservación, a fin de generar capacidades locales en la población a través de la metodología “aprender haciendo” y que de esta manera puedan continuar con la actividad de conservación de manera sustentable, cumpliendo con leyes y normas nacionales e internacionales establecidas, para el desarrollo de la investigación se tomó muestras del agua en diez lugares del sector, donde se obtuvieron los siguientes resultados la demanda química de oxígeno (DQO) de todos los sectores de la parroquia es completamente elevada en promedio de 14,52 mg/l esto provocado normalmente por la presencia de un vertido industrial (farmacéutica, papelera, tenería, aceitera, alimenticia, minería.), La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es completamente elevada valor en promedio de 5,60 mg/l dicha contaminación debe ese estado a la acumulación de pesticidas, colorantes, hidrocarburos, compuestos fenólicos. El caudal de agua de los sectores es en promedio de 0,412444 m³/s, lo que nos da un volumen anual de agua de 13.006.833,98 m³/año. Se recomienda implementar una planta de tratamiento y un proceso de capacitación para el manejo de los insumos químicos.

Palabras Clave: Calidad de agua, Microcuenca del río, conservación

Abstract

This research was participatory, involving the communities of the parish of Gualel, georeferencing systems were applied to identify the location where sampling will be carried out in order to study the water quality of the micro-watersheds of the river and the calculation of water volume, also proposing conservation alternatives, in order to generate local capacities in the population through the “learn by doing” methodology and that in this way they can continue with the conservation activity in a sustainable manner, complying with established national and international laws and regulations, samples were taken for the development of the research of water in ten places in the sector, where the following results were obtained: the chemical oxygen demand (COD) of all the sectors of the parish is completely high, on average 14.52 mg/l, this is normally caused by the presence of a discharge industrial (pharmaceutical, paper, tannery, oil, food, mining.), Biochemical oxygen demand (BOD5) is completely high value on average of 5.60 mg/l said contamination owes this state to the accumulation of pesticides, dyes, hydrocarbons, phenolic compounds. The water flow of the sectors is an average of 0.412444 m³/s, which gives us an annual volume of water of 13,006,833.98 m³/year. It is recommended to implement a treatment plant and a training process for the management of chemical inputs.

Keywords: Water quality, river micro-basin, conservation

Introducción

La parroquia de Gualel es una de las 13 parroquias rurales del cantón Loja, se sitúa al sur del Ecuador en la provincia de Loja, en medio de las cordilleras de Fierro Urco y Timbuyacu, que va a partir de los 3.800 m.s.n.m. a los 1.800 m.s.n.m. En el límite norte está la parroquia San Pablo de Tenta del Cantón Saraguro. En la parte sur se encuentran las parroquias de Chuquiribamba y El Cisne. Al Este con la parroquia Santiago y al Oeste las parroquias El Cisne del cantón Loja y las parroquias Morales y Salatí del cantón Portovelo de la Provincia de El Oro (Méndez, 2019).

En Gualel existe actividad minera en 8076.41ha; estas son concesionadas para minería metálica, 6.006,66ha de gran escala; cuatro concesiones fueron otorgadas a dos empresas, Green Rock Resources GRR SA y la Plata Minerales y 2.020,91. Han sido concesionadas para pequeña minería por medio de tres permisos otorgadas a 2 empresas Cañabrava Mining SA, Guayacan Gol Company GGC S.A, y una persona particular, Ángel Ajenor Ajila; y 48,05 han sido autorizadas por medio de Régimen General a la Compañía Minera del Pacífico Noroeste S.A. (Astudillo, 2022).

De estas 8 concesiones, en base a los datos establecidos por ARCOM, la minería a gran escala y de régimen general, se halla en fase de exploración inicial mientras que las concesiones que corresponde a una pequeña minería se encuentran en fases de exploración. Las concesiones se sitúan en zonas proveedoras de agua para consumo humano, y producción agropecuaria, presentando conflictos principalmente entre empresas extranjeras, concesionarias y la población de la parroquia (Astudillo, 2022).

El presente estudio permitió el análisis de la calidad actual del agua de la parroquia Gualel, con visión de conservación, basados en la constitución de Ecuador 2008, en artículo 267, de las competencias exclusivas de gobierno parroquial, sin perjuicio de las adicionales que determine la ley; en numeral 4 anota incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.

Por tal razón es indispensable realizar el análisis de la oferta hídrica, calidad del agua, estudios de la biodiversidad y alternativas de conservación ambiental inicial, para conocimiento de la población y de las empresas de minería presentes en la zona, porque la parroquia no contaba con dichos estudios,

Para lo cual se tomó 10 muestras en diferentes lugares de las microcuencas del río Gualel y se calculó el volumen de agua, analizados en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) entidad que certificó los resultados de la situación actual del estado del agua de la parroquia, mediante los resultados encontrados se planteó la propuesta de alternativas de conservación (Mejía, 2005).

Materiales y Métodos

Para realizar el estudio de la calidad de agua de las microcuencas del río Gualel, el cálculo de volumen de agua de la cuenca del río Gualel y la propuesta de alternativas de conservación, se definieron las siguientes etapas:

- 1.- Se definió el área de intervención, mediante SIG se identificaron los puntos y los parámetros de toma de muestras en la parroquia Gualel.
- 2.- Se realizó la propuesta de Plan de trabajo, propuesta metodológica y cronograma de trabajo.
- 3.- Se elaboró el estudio de la calidad de agua de la cuenca, cálculo de volumen de agua y propuesta de alternativas de conservación.

Área De Intervención

El lugar de intervención para la toma de la muestra fue el siguiente:

Tabla 1.

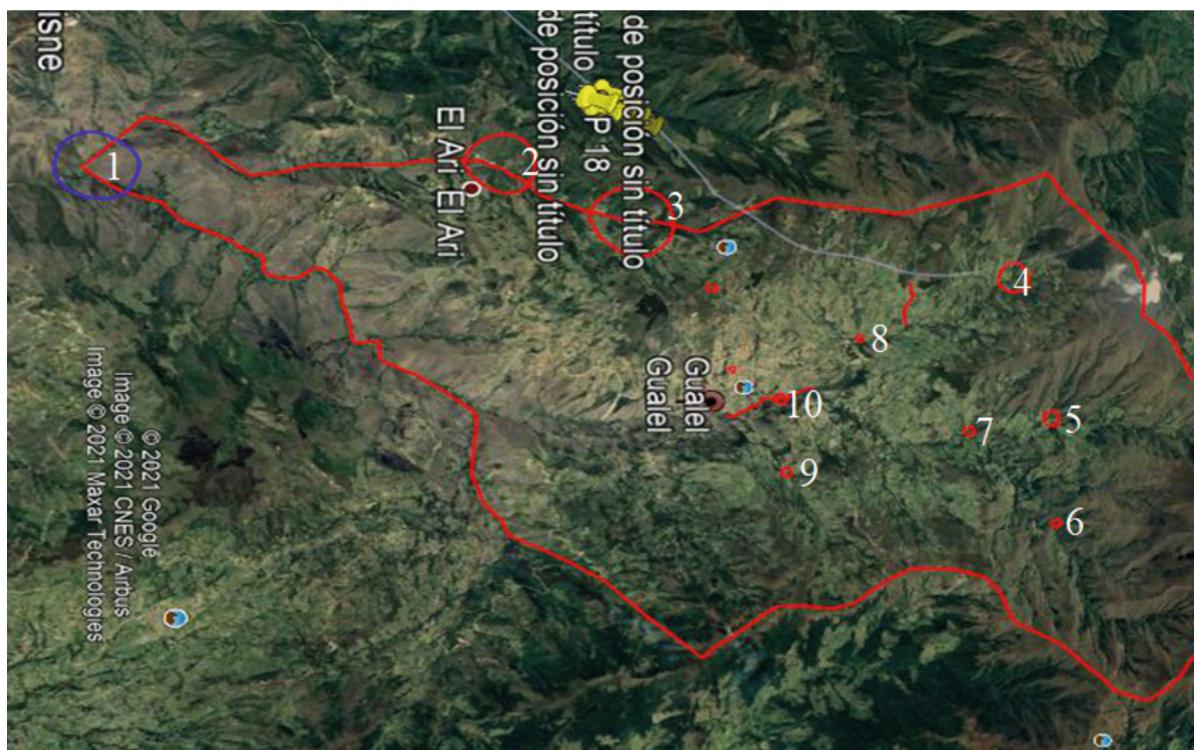
Lugar de levantamiento de muestras

Descripción	Nombre de la quebrada/Río	Georreferenciación
10 tomas de muestras en diferentes lugares y cálculo de volumen de agua.	10. Sector Piñín (unión de río Gualel y El Ari).	X: 676784.93 Y: 9573311.31 Altitud:2261 msnm Zona: 17 S
	2. Río El Ari, sector (Puente del Ari).	X: 676232.58 Y: 9577751.31 Altitud:2361 msnm Zona: 17 S
	3. Quebrada Ramos (Lugar de donde toma de agua para riego del barrio El Ari y Celen).	X: 678503.60 Y: 9582896.54 Altitud:3063 msnm Zona: 17 S
	4. Quebrada Aguarango.	X: 679328.83 Y: 9585172.83 Altitud:2764 msnm Zona: 17 S
	5. Quebrada Caña Barraba.	X: 681402.67 Y: 9587114.09 Altitud:2930 msnm Zona: 17 S
	6. Quebrada San Bernabé.	X: 682775.78 Y: 9586559.37 Altitud:3162 msnm Zona: 17 S
	7. Río Chuquiragua.	X: 681402.20 Y: 9584648.19 Altitud:2781 msnm Zona: 17 S
	8. Quebrada Yuractullu.	X: 679923.24 Y: 9584116.89 Altitud:2690 msnm Zona: 17 S
	9 Sector Gallibon.	X: 683259.18 Y: 9581856.31 Altitud:2896 msnm Zona: 17 S
	10. Río Gual, puente a Chuquiribamba	X: 681310.84 Y: 9581628.69 Altitud:2503 msnm Zona: 17 S

Tabla 2.

Caracterización de los lugares de toma de muestra

Nro.	Lugares de toma de muestras	Características de lugares de toma de muestra			
		Zona alta	Zona media	Zonas de Lugar de toma de muestra	Zonas Baja
1	9 Sector Gallibon. 10. Rio Gualel, puente a Chuquiribamba.	Páramos de Potodel, Salvia y Yuco	Lugares de pastizales sectores Potodel Bajo, Sabayan, y Pullaco	Sector Gallibon, viviendas, cultivos de maíz, hortaliza tomate de árbol. Concesión de agua de sistema de riego Gallibón	Rio Gualel, Lugares pendientes, pajonales para ganadería
2	4. Quebrada Aguarango. 8. Quebrada Yuractullu.	Paramos de Aguarongo Alto, Tioloma, Chorroloma, Soroche, Yanacocha. Concesión Minera (Proyecto Cañabrabaya y Tiloma)	Pastizales para ganadería bovina, cultivo de papa, melloco, maíz, Lugares: alpachaca, Tuntun, Yancocha Bajo, Surushina, Corral Vieja, Palmas. Concesión de agua de sistema de riego 19 de Marzo	Barrio Povenir, Chimbomuro.	Rio Gualel, Lugares pendientes, pajonales para ganadería
3	5. Quebrada Caña Barraba. 6. Quebrada San Bernabé. 7. Rio Chuquiragua.	Paramos de Caña Braba, Tablada, Fierro Urco Área de concesión de Minera metálica, Concesión de agua de la Junta de Riego Taure Suriguiña,	Pastizales para ganadería, sectores de Taure, Chuquir Agua, Jiruhuayco,	Chuquiragua Bajo, Sambernabel, Guando.	Barrio Ramada, Rio Gualel
4	1. Sector Piñin (unión de rio Gualel y El Ari). 2. Rio El Ari, sector (Puente del Ari). 3. Quebrada Ramos (Lugar de donde toma de agua para riego del barrio El Ari y Celen).	Paramo de pucango, Linderos, Concesión Minera SOLGOL, Proyecto Cisme 1 y Cisne 2.	Ganashapa (Aree de Protección Arqueológica), Pastizales para ganadería, crianza de Trucha.	Barrio El Ari Celen y Sector Saracuña. Concesión de agua de sistema riego para el Barrio El Ari y Celen	Saquircuña, Cultivo de Caña de Catamayo.



PARÁMETROS DE TOMA DE MUESTRA

Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua

Se detalla en la siguiente tabla los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua, los índices de calidad y contaminación del agua (ICA e ICO), los cuales mediante una expresión matemática que representa todos los parámetros valorados permiten evaluar el recurso hídrico (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007)

Tabla 3.

Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua

No.	PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
1	Caudal	Volumen de agua que atraviesa un área en un tiempo definido. Un caudal se calcula por medio de la siguiente fórmula: $Q=V/t$, siendo Q (caudal), V (volumen) y t (tiempo). Las unidades comúnmente utilizadas son el volumen en litros y el tiempo en segundos (Holguín, et al., 2006).
2	Temperatura	La Temperatura es una magnitud que puede ser medida con un termómetro en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$). El agua fría tiene, por lo general, un sabor más agradable que el agua tibia, considerándose más adecuada para el consumo. Al aumentar la temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua (Holguín, et al., 2006).
3	pH	El potencial de hidrógeno “pH” es una expresión para identificar si es de carácter ácido o básico en un sistema acuoso. Corresponde al logaritmo cambiado de signo de la concentración de protones: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. Para el agua de consumo, el pH debe estar comprendido entre 6,5 y 8, siendo los valores óptimos los más próximos a 7 (Holguín, et al., 2006).
4	Conductividad eléctrica	La Conductividad Eléctrica (CE) en el agua se relaciona con la capacidad para transportar una corriente eléctrica en una muestra y está relacionado con una concentración de compuestos iónicos en disolución. El valor máximo para que el agua se considere potable es de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Medrano y Gutierrez, 2017).
5	Turbidez	Turbidez es la falta de transparencia de un líquido, es debida a la presencia de partículas en suspensión o coloides. La turbidez mediana debe ser menor que 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) para que sea aceptable para su consumo (Medrano y Gutierrez, 2017).
6	Oxígeno disuelto	El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua (Valcárcel et al., 2010)

7	Sólidos totales	Materia sólida que está suspendida, disuelta, o asentada en un líquido, tal como el agua, las aguas residuales, la leche, y que permanecen luego de la evaporación y secado de una muestra (Forero, Reinoso & Gutiérrez, 2013).
8	Sólidos/T/D	El Total de Sólidos Disueltos (TDS, por sus siglas en inglés) es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contienen los líquidos. El límite aceptable debe ser menor a 1000 mg/l (Forero, Reinoso & Gutiérrez, 2013).
9	Sólidos/T/S	Sólidos disueltos totales (SDT, o TDS por sus siglas en inglés) es el residuo que queda luego de evaporar una muestra de agua antes filtrada por medio de un componente de fibra de vidrio con apertura de 1.5 micras. El agua se evapora y el residuo se lleva hasta 180°C. El resultado se reporta en mg/L (Forero, Reinoso & Gutiérrez, 2013).
10	Materia orgánica	La materia orgánica en el agua está compuesta por una cantidad enorme de elementos: partículas macroscópicas, coloides o macromoléculas disueltas. Caracterizar la materia orgánica disuelta en el agua para abasto humano es importante para implantar sus condiciones físicas y los índices de contaminación del agua (Valcárcel et al., 2010).
11	DBO	DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua. Es la proporción de oxígeno que los microorganismos, en especial bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen a lo largo de la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se usa para medir el nivel de contaminación. a DBO es un proceso biológico y por consiguiente es delicado y necesita un largo tiempo. Como el proceso de descomposición es dependiente de la temperatura, se hace a 20°C a lo largo de 5 días de forma estándar, denominándose DBO5 (Gualdrón, 2016).
12	DQO	La demanda química de oxígeno del agua DQO se denomina a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertir en CO ₂ y H ₂ O. La DQO es

		proporcionalmente directa a la contaminación del agua, se determina mediante una prueba que toma cerca de tres horas. La DQO en aguas industriales puede situarse entre 50 y 2.000 mgO ₂ /l, aunque puede llegar a 5.000 según el tipo de industria (Gualdrón, 2016).
13	Carbono Orgánico	Carbono Orgánico Total (TOC, siglas en inglés) carbono, que forma parte de la materia orgánica de las aguas superficiales. Existen muchas sustancias naturales y artificiales que contribuyen a incrementar los niveles de TOC en el ambiente, esta sustancia puede ser descompuesta por microorganismos, durante el proceso de consumo de oxígeno (Gualdrón, 2016).
14	Acidez Total	Acidez es la presencia de sustancias disociables en agua y que como producto de la disociación se descomponen del ión hidronio (H ₃ O ⁺), como son los ácidos fuertes, ácidos débiles y de fuerza media; también la presencia de ciertos cationes metálicos como el Fe (III) y el Al (III) contribuyen a la acidez del medio (Cázares y Alcantara, 2014).
15	Alcalinidad total	La Alcalinidad de una solución se define en forma operacional como “La capacidad para Neutralizar Ácidos” o como “La cantidad de Acido por litro que se requiere para disminuir el pH a un valor aproximado de 4.3” (Ruiz, Escobar y Escobar, 2007).
16	Dureza total	Se entiende por dureza total la suma de las durezas individuales debidas a los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato. El valor hidrotimétrico expresa el contenido del agua en sales de calcio y magnesio, por tanto, se corresponde con la dureza total (Cázares y Alcantara, 2014).
17	Dureza cálcica	La dureza del agua indica la cantidad total de iones alcalinotérreos (grupo 2) presentes en el agua y constituye un parámetro de calidad de las aguas de interés doméstico o industrial. ... El agua dura deja depósitos sólidos o costras (por ejemplo, carbonato cálcico) en las tuberías pudiendo llegar a obstruirlas (Chávez, 2018).

18	Calcio	Lo que conocemos como dureza se debe a la presencia de calcio y magnesio en el agua, cuya concentración en mayor o menor medida es la que determina si un agua es dura o blanda (Fernández, Casallas & Marín, 2015).
19	Magnesio	El <i>magnesio</i> está presente en el <i>agua</i> de mar en concentraciones de 1300 ppm. Después del sodio, el <i>magnesio</i> es el catión que se encuentra en mayores cantidades (Fernández, Casallas & Marín, 2015).
20	Fósforo	Es uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, el fósforo se identifica en aguas naturales y residuales en su mayoría como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, y otros polifosfatos) y fosfatos orgánicos (Chávez, 2018).
21	Fosfatos	Los fosfatos son sales o ésteres de ácido fosfórico. Tienen un átomo de fósforo común rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción del sodio, el potasio y el amonio. (Chávez, 2018).
22	Cloruros	El cloruro es un anión derivado del cloruro de hidrógeno, es un compuesto que contiene un átomo de cloro en el estado de oxidación formal -1. Por tanto, corresponden al estado de oxidación más bajo de este elemento. (Fernández, Casallas & Marín, 2015).
23	Sulfatos	Los sulfatos son las sales o los ésteres provenientes del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro que consiste en cuatro átomos de oxígenosulfato (Medrano y Gutierrez, 2017).
24	Fluoruros	Los fluoruros son las sales del ácido fluorhídrico, y tienen como anión el F (Pérez, Nardini y Galindo, 2018).
25	Cloro Libre	Esta forma de cloro posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde fundamentalmente, a la presencia de ácido hipocloroso y anión hipoclorito. La combinación de cloro libre con el amoniaco y la materia orgánica nitrogenada que

		contiene el agua, da lugar al cloro combinado (cloraminas) (Pérez, Nardini y Galindo, 2018).
26	Sodio	El sodio es un elemento químico de símbolo Na con número atómico 11 es un metal alcalino blando, untuoso, de color plateado, muy abundante en la naturaleza, encontrándose en la sal marina y el mineral halita (Ruiz, Escobar y Escobar, 2007).
27	Potasio	El potasio es un metal alcalino de color blanco-plateado, que abunda en la naturaleza en los elementos relacionados con el agua salada y otros minerales (Garay, Pinilla y Díaz, 2003).
28	Cianuro	Cianuro es un anión monovalente de representación CN ⁻ , contiene el grupo cianuro, formado por un átomo de carbono y un átomo de nitrógeno unidos por un enlace triple. Los compuestos orgánicos que poseen grupo funcional -C≡N adosado a un residuo alquilo son denominados nitrilos según la nomenclatura IUPAC (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007).
29	N/nitroso	Hay una gran cantidad de sustancias, naturales o sintéticas, con posible capacidad mutagénica. Entre ellas se cuentan los compuestos N-nitroso, los que pueden formarse por reacción de nitritos con compuestos nitrogenados, como aminas o amidas en medio ácido (Ramírez, 2021).
30	N/nítrico	Nitrógeno nítrico (NO ₃ ⁻). Es la forma química natural que debe tener el nitrógeno para ser asimilado por la planta, no se fija al suelo y es fuertemente lavable. ... En el suelo puede fijarse levemente durante un corto periodo de tiempo antes de que cambie de forma. Nitrógeno ureico (NH ₂) (Ramírez, 2021).
31	N/amoniacial	El amoniaco es denominado nitrógeno amoniacial. La característica principal es que su comportamiento depende del pH: a pH ácido permanece disuelto en el agua como ion amonio mientras a pH alcalino se transforma en gas amoniaco el cual es susceptible de volatilizarse al ambiente (Ramírez, 2021).
32	Amonio	El amonio es un catión poliatómico cargado positivamente, de fórmula química NH ₄ ⁺ . Tiene un peso molecular de 18,04 y se

		forma mediante la protonación del amoníaco. El ion resultante tiene un pK_a de 9,25 (Garay, Pinilla y Díaz, 2003).
33	Amoniaco	El amoníaco, azano, alcohol Hartshorn, trihidruro de nitrógeno o gas amónico es un compuesto químico de nitrógeno con la fórmula química PEQUEÑO. Es un gas incoloro con un olor repulsivo característico. (Garay, Pinilla y Díaz, 2003).
34	Nitrógeno total	El nitrógeno total Kjeldahl es un indicador utilizado en química analítica cuantitativa. Determina la suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas y el ion amonio NH_4^+ , presentes en una muestra de agua. También se utiliza para determinar proteínas en alimentos (Koschelow y Briedis, 2013).
35	N/ orgánico	Esta forma se denomina nitrógeno orgánico: aunque no tiene un efecto químico característico, como materia orgánica está sujeta al consumo por parte de microrganismos, los cuales eventualmente procesarán y transformarán el nitrógeno presente en amoniaco (Koschelow y Briedis, 2013).
36	Nitrato	Los nitratos son una parte esencial de los abonos. Las plantas los convierten de nuevo en compuestos orgánicos nitrogenados como los aminoácidos (Koschelow y Briedis, 2013).
37	Nitrito	El ion nitrito es NO_2^- . Es un anión angular con una configuración electrónica y una disposición angular similar a la del Ozono. Los nitritos pueden formar sales o ésteres a partir del ácido nitroso (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007).

Parámetros microbiológicos, compuestos orgánicos y metales

Tabla 4.

Parámetros microbiológicos, compuestos orgánicos y metales

Nro.	PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
38	Aceites y grasas	La palabra aceite es un término genérico para designar numerosos líquidos grasos de orígenes diversos que no se disuelven en el agua y que tienen menor densidad que esta (González, et al., 2011).
39	Coliformes termotolerantes	Los coliformes fecales son un subgrupo de coliformes comunes que se encuentran en grandes cantidades en los intestinos y heces de humanos y animales. Esta bacteria se encuentra en grandes cantidades en los intestinos de humanos y animales de sangre caliente. (González, et al., 2011).
40	Coliformes Fecales	El número de Colonias de Coliformes Fecales (CCF) es el indicador más concluyente a la hora de determinar si un punto de agua resultó contaminado o no y es el único parámetro biológico del agua que contempla este estudio. La bacteria <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) se encuentra en altas concentraciones en la flora intestinal normal de humanos y animales, donde generalmente es inofensiva. Sin embargo, en otras partes del cuerpo, la <i>E. coli</i> puede causar enfermedades graves, como infecciones del tracto urinario, sepsis y meningitis. Diferentes serotipos de <i>E. coli</i> causan diarrea, que puede variar desde leve y no hemorrágica hasta hemorrágica grave, indistinguible de la colitis hemorrágica. El síndrome urémico hemolítico (SUH) se desarrolla en el 2-7% de los pacientes y puede ser fatal y se caracteriza por insuficiencia renal aguda y anemia hemolítica. Los niños menores de cinco años tienen mayor riesgo de HUS. (OMS, 2006). Algunas cepas son mucho más infecciosas que otras y, a veces, solo se necesitan 1000 bacterias para causar una infección. Este test mide el número de colonias fecales (FCC) por 100 ml de agua y el valor considerado óptimo para el consumo es 0 FCC/100 ml de agua, aunque son aceptables valores entre 5 y 10 FCC/100 ml de agua, teniendo en cuenta las realidades de las condiciones y circunstancias locales específicas, entonces el rango inaceptable. (de Zumaeta, 2004).

41	Coliformes Totales	La denominación genérica Coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (Hahn-vonHessberg, et al., 2009).
42	Aerobios Mesófilos	Los microorganismos termófilos en productos alimenticios son microorganismos que crecen en presencia de oxígeno libre y a una temperatura de 20 °C a 45 °C con una zona óptima de 30 °C a 40 °C. La microbiología termófila se basa en la garantía de que los microorganismos viables presente en una muestra de alimento, cuando se inocula en un medio de crecimiento concentrado, se multiplicará para formar una única colonia visible. (de Zumaeta, 2004).
43	<i>Escherichia coli</i>	La presencia de <i>E. coli</i> en el agua es una clara señal de que las aguas residuales o las heces de animales se han contaminado recientemente. Cabe señalar que la <i>E. coli</i> y las heces de animales/humanos pueden entrar en nuestra agua de varias maneras. (González, et al., 2011).
44	Arsénico	El arsénico se encuentra naturalmente en grandes cantidades en las aguas subterráneas de algunos países. El arsénico es muy tóxico en su forma inorgánica. La mayor amenaza para la salud pública es el uso de agua contaminada para beber, cocinar y regar los cultivos alimentarios. (Pernía et al., 2018).
45	Mercurio	El mercurio disuelto en agua es uno de los problemas de agua más comunes en todo el mundo. Una de las mayores dificultades para su eliminación es la gran complejidad de ajustar los parámetros del agua de alimentación para la absorción continua y económica de este compuesto del agua. (Calla, 2010).
46	Cromo	El cromo es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales. La presencia de cromo en el agua potable puede variar entre 0.5 hasta 90 microgramos por litro (Calla, 2010).

47	Cadmio	El cadmio es un metal pesado considerado como uno de los elementos más tóxicos. La EPA ha establecido que la exposición a concentraciones de cadmio de 0.04 mg/L en el agua potable por hasta 10 días no causará efectos adversos en un niño. ... La FDA ha determinado que los niveles de cadmio en el agua en botella no deben exceder 0.005 mg/L (Pernía et al., 2018).
48	Plomo	Los altos niveles de plomo en el agua del grifo pueden afectar la salud si el plomo del agua ingresa al torrente sanguíneo y causa altos niveles de plomo en la sangre. Puede dañar el cerebro y los riñones e interferir con la producción de glóbulos rojos que transportan oxígeno a todas las partes del cuerpo. (Gómez, 2018).
49	Hierro	El hierro y el manganeso pueden darle al agua un sabor, olor y color indeseable. El agua contaminada con hierro y manganeso usualmente contiene bacterias de hierro o manganeso. Estas bacterias se alimentan de los minerales que hay en el agua (Zamora, 2009).
50	Manganeso	El hierro y el manganeso pueden darle al agua un sabor, olor y color indeseable. El agua contaminada con hierro y manganeso usualmente contiene bacterias de hierro o manganeso. Estas bacterias se alimentan de los minerales que hay en el agua (Zamora, 2009).
51	Bario	Es un metal blanco plateado que, cuando se expone al aire, se vuelve plateado dorado. Debido a que algunos compuestos de bario (sulfato de bario y carbonato de bario) no se mezclan bien con el agua, la cantidad de bario que se encuentra comúnmente en el agua potable es baja. (Loja, 2013).
52	Cobre	Las altas concentraciones de cobre pueden dar al agua un sabor metálico. Además, las manchas azules en las tuberías y otras superficies expuestas al agua pueden indicar corrosión o la entrada de cobre en el agua. (Valcárcel et al., 2010).
53	Zinc	Las sales de zinc causan turbidez cuando están presentes en grandes cantidades en el agua. Adicionalmente, el zinc añade al agua un sabor desagradable. Esto sucede a partir de concentraciones de 2 mg Zn ²⁺ / L. La solubilidad del zinc depende de la temperatura y del pH del agua en cuestión (Delgadillo, 2012).
54	Paladio	El paladio es un elemento químico de número atómico 46 y se encuentra en el grupo 10 de la tabla periódica. Su símbolo es Pd. Es un metal de transición del grupo del platino, blando, maleable, dúctil y poco común. Es químicamente similar al platino y se deriva de algunos depósitos de cobre y níquel. Se utiliza principalmente como catalizador y en joyería. (Delgadillo, 2012).

Las entidades encargadas del manejo y administración del recurso hídrico deben como mínimo, encontrar información de los parámetros: DBO, DQO (demanda química de oxígeno), SST (sólidos suspendidos totales), pH, T (temperatura), OD, Q (caudal líquido) y coliformes totales y fecales (Jiménez y Vélez, 2006).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El primer paso es brindar capacitación individual a los gerentes representantes de las organizaciones antes mencionadas sobre aspectos como la calidad del agua, parámetros a considerar en cada caso, métodos de muestreo, formularios, etc. campo e interpretación de resultados de pruebas de laboratorio. (Parra, 2020).

Se instruyó en muestreo para analizar parámetros fisicoquímicos y microbianos en una variedad de sistemas y medidas, tales como: pH, temperatura, cloro residual y observación de parámetros físicos. Esto es para facilitar el acceso de los encargados del laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja (Jaramillo, 2014).

Se planificó con los responsables de la Universidad Técnica particular de Loja los días en que se realizó la investigación de acuerdo con el calendario establecido.

Se desarrolló un taller con los servidores públicos del GAD Parroquial de Gualel, referente a mecanismos de compensación mediante la generación de fideicomisos esto tendiente al desarrollo de un posible fondo de agua, además de procesos de valoración económica (Aspajo, 2012).

Se procedió a realizar la toma de muestras por parte del personal técnico de la Universidad Técnica Particular de Loja, en los lugares seleccionados y la colocación de la coordenada, con un equipo multidisciplinario integrado por un PhD.

Dichas muestras se remitieron al laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja, con la finalidad de que sean analizados los respectivos parámetros físico químico, microbiológicos, compuestos orgánicos y metales.

Los resultados fueron entregados y analizados para las respectivas conclusiones y recomendaciones de conservación (Camacho, 2008).

Resultados y Discusión

Los resultados que se presentan a continuación se encuentran avalados por la UTPL, y están comparados con parámetros de calidad de agua de consumo:

Tabla 5.

Valores de DQO método de ensayo SM 5220 D

Sitio	Valor
M1 Unión Río Gualel y Ari. Sector Piñin	21,39
M2 Río Ari Puente Sector Ari	10,2
M3 Quebrada Ramos (Riego El Ari)	20
M4 Río Gualel	16,9
M5 Quebrada Gallibon	10,2
M6 Quebrada Aguarango	10,2
M7 Quebrada Yaractullo	16,9
M8 Quebrada Bernabé	10,2
M9 Caña Brava	14,6
M10 Río Chuquiragua	14,6

Tabla 6.

Valores de DBO5 método de ensayo SM 5210 D

Sitio	Valor
M1 Unión Río Gualel y Ari. Sector Piñin	8,4
M2 Río Ari Puente Sector Ari	4,2
M3 Quebrada Ramos (Riego El Ari)	5,35
M4 Río Gualel	6,4
M5 Quebrada Gallibon	5,2
M6 Quebrada Aguarango	4,4
M7 Quebrada Yaractullo	6,4
M8 Quebrada Bernabé	4,4
M9 Caña Brava	4,4
M10 Río Chuquiragua	6,8

Interpretación y Análisis. -

Se realizó un análisis global de los resultados obtenidos de los diez lugares descritos en el cuadro 4 (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9 y M10) donde se obtuvieron las muestras para turbidez (1.79),(0.480),(0.494),(1.15),(2.14),(1.79),(1.66),(0.298),(1.33),(0.99) respectivamente, utilizando el método de ensayo SM 2130 B, se determina que los niveles son aceptables <4, utilizando el método de ensayo SM 4500-SO₄ para sulfatos se obtuvieron (7.83), (11.84), (13.19), (5.33), (5), (3.9), (5.37), (7.04), (5.33), (6.21) son aceptables, para nitratos utilizando el método de ensayo SM 4500-NO₃-B el valor fue de <5 (1.15), (0.822),(0.632),(1.08),(1.55),(0.94),(0.99),(0.62),(1.15),(0.75) son aceptables, para DQO utilizando el método de ensayo SM 5220 D el valor fue de <20 (21.39),(10.2),(19),(16.9),(10.2),(10.2),(16.9),(10.2),(14.6),(14.6) valor extremadamente alto lo que provocado normalmente por la presencia de un vertido industrial (farmacéutica, papelera, tenería, aceitera, alimenticia, minería.) que puede perjudicar al proceso, utilizando el método de ensayo SM 5210 D para DBO₅ el valor <5.35 (8.4),(4.2),(0),(6.4),(5.2),(4.4),(6.4),(4.4),(7.2),(6.8) es elevado, dicha contaminación debe ese estado a la acumulación de pesticidas, colorantes, hidrocarburos, compuestos fenólicos, utilizando el método SM 4500F-B,D para fluoruro el valor fue de <0.02 en todas las muestras siendo aceptable, para cianuros utilizando el método SM 4500-CN-F el valor fue de <0,002 para casi todas las muestras, siendo aceptable, para nitritos utilizando el método SM 4500 NO₂ – B los valor obtenidos fueron menores a 0.05 (0.015),(0.018),(0.017),(0.018),(0.014),(0.015), (0.012),(0.013),(0.012),(0.014) siendo aceptable, para coliformes fecales un valor de (155),(16),(30),(21),(47),(21),(179),(3),(133),(84) utilizando el método de ensayo ISO 9308-2:2012 es aceptable, la cantidad de cobre en función al método de ensayo SM 3111 A fue de <0.05 siendo aceptable, la cantidad de plomo fue de <0.05 utilizando el método SM 3111 A es un valor aceptable, utilizando el método de ensayo SM 3111 B Y 3030E para arsénico el valor de <0.001 es aceptable, para bario utilizando el método de ensayo SM 3111 A el valor de <0.1 es aceptable, para cadmio el valor de <0.001 es aceptable utilizando el método de ensayo SM 3111 A, en cuanto al mercurio utilizando el método de ensayo SM 3111 B Y 3030E el valor <0.001 es aceptable.

En lo que se refiere al aforo de caudal se tiene un resultado de (1.4557), (0.045359), (0.08739), (1.4557), (0.1182), (0.127), (0.1745), (0.3931), (0.2699), (0.8618) m³/s.

Ítem de ensayo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Método de ensayo
Turbidez	<4(1.79)	<4 (0.480)	<4(0.494)	<4(1.15)	<4 (2.14)	<4(1.79)	<4 (1.66)	<4 (0.298)	<4 (1.33)	<4(0.99)	SM 2130 B
Sulfatos	7,83	11.84	13,19	5,33	< 5	7.83	5,37	7.04	5,33	6,21	SM 4500-SO4
Nitratos	<5(1.15)	< 5 (0.822)	<5 (0.632)	<5(1.08)	<5(1.55)	<5(1.15)	<5 (0.99)	<5 (0.62)	<5 (1.15)	<5 (0.75)	SM 4500-NO3-B
Dureza	39,46	45.53	52,61	23,27	35,41	39,46	25,8	14,2	21,3	19,7	SM 2340-C
Cloruros	<5 (3.26)	<5 (2.8)	<5 (2.8)	<5 (2.56)	<5 (2.56)	<5 (3.26)	<5 (2.33)	<5 (2.8)	<5 (2.6)	<5 (2.8)	SM 4500-Cl B
Sólidos totales	48	53	107	63	85	48	73	56	78	61	SM 2540 B
DQO	21,39	<20 (10.2)	< 20	< 20 (16.9)	< 20 (10.2)	21,39	<20 (16.9)	<20 (10.2)	<20 (14.6)	<20 (14.6)	SM 5220 D
DBO5	8,4	<5.35 (4.2)	< 5.35	6,4	5,2	8,4	6,4	<5.35 (4.4)	7,2	6,8	SM 5210 D
Sólidos totales disueltos	44	51	105	58	80	44	69	54	74	56	SM 2540 C.
Fluoruro	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	SM 4500F-B,D
Cianuros	<0.002	<0.002	0,004	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	SM 4500-CN-F
Nitrógeno Ammoniacal	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	SM 4500-NH3
Fosfatos	0,04	0,05	0,05	0,04	0,11	0,04	0,04	0,02	0,07	0,03	SM 4500-P E.
Nitritos	<0.05 (0.015)	<0.05 (0.018)	<0.05(0.017)	<0.05 (0.018)	<0.05 (0.014)	<0.05 (0.015)	<0.05(0.012)	<0.05(0.013)	<0.05(0.012)	<0.05(0.014)	SM 4500 NO2 – B
Dureza Cálcica	13,77	41,71	45,58	20,4	14,5	13,77	22,31	10,7	19,4	14,6	SM 3500-Ca B.
Nitrógeno total	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	SM 4500-Norg – B
Sólidos suspendidos totales	3,5	1	1	1,5	3,5	3,5	4	1	1	1,5	SM 2540 D.
Coliformes Fecales	155	16	30	21	47	155	179	3	133	84	ISO 9308-2:2012
E. Coli	124	11	28	19	41	124	119	1	96	73	ISO 9308-2:2012
Cobre	<0.05 (0.172)	<0.05 (0.0154)	<0.05 (0.0153)	<0.05 (0.0161)	<0.05 (0.0155)	<0.05 (0.172)	<0.05(0.0183)	<0.05(0.0172)	<0.05(0.0152)	<0.05(0.0121)	SM 3111 A
Plomo	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	SM 3111 A
Arsénico	<0.001	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.05	<0.001	SM 3111 B Y 3030E
Bario	<0.1	<0.001	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.001	<0.1	SM 3111 A
Cadmio	<0.001	<0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.1	<0.001	SM 3111 A
Cromo	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	SM 3111 A
Magnesio	3,065	2.61	1.94	1.13	0.733	0.601	0.742	0,367	0.775	0,613	SM 3111 A
Mercurio	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	SM 3111 B Y 3030E
Aforo de caudal	1,4557	0,04535	0,08739	1,4557	0,1182	0,127	0,1745	0,3931	0,2699	0,8618	Nanuk 920

Conclusiones

La DQO de todos los sectores de la parroquia es completamente elevada siendo del punto 1 Unión Río Gualel y Ari. Sector Piñin valor 21,39 mg/l, punto 2 Río Ari Puente Sector Ari valor de 10,2 mg/l, punto 3 Quebrada Ramos (Riego El Ari) valor 20 mg/l, punto 4 Río Gualel valor 16,9 mg/l, punto 5 Quebrada Gallibon valor 10,2 mg/l, punto 6 Quebrada Aguarango valor 10,2 mg/l, punto 7 Quebrada Yaractullo valor 16,9 mg/l, punto 8 Quebrada Bernabé valor 10,2 mg/l, punto 9 Caña Brava valor 14,6 mg/l, punto 10 Río Chuquiragua valor 14,6 mg/l, en promedio de 14,52 mg/l esto provocado normalmente por la presencia de un vertido industrial (farmacéutica, papelera, tenería, aceitera, alimenticia, minería.)

La DBO5, de todos los sectores de la parroquia es completamente elevada siendo del punto 1 Unión Río Gualel y Ari. Sector Piñin valor 8,4 mg/l, punto 2 Río Ari Puente Sector Ari valor de 4,2 mg/l, punto 3 Quebrada Ramos (Riego El Ari) valor 5,35 mg/l, punto 4 Río Gualel valor 6,4 mg/l, punto 5 Quebrada Gallibon valor 5,2 mg/l, punto 6 Quebrada Aguarango valor 4,4 mg/l, punto 7 Quebrada Yaractullo valor 6,4 mg/l, punto 8 Quebrada Bernabé valor 4,4 mg/l, punto 9 Caña Brava valor 4,4 mg/l, punto 10 Río Chuquiragua valor 6,8 mg/l, en promedio de 5,60 mg/l dicha contaminación debe ese estado a la acumulación de pesticidas, colorantes, hidrocarburos, compuestos fenólicos.

El caudal de agua de los sectores es de: punto 1 Unión Río Gualel y Ari. Sector Piñin valor 1,4557 m³/s, punto 2 Río Ari Puente Sector Ari valor de 0,04535 m³/s, punto 3 Quebrada Ramos (Riego El Ari) valor 0,08739 m³/s, punto 4 Río Gualel valor 0,5915 m³/s, punto 5 Quebrada Gallibon valor 0,1182 m³/s, punto 6 Quebrada Aguarango valor 0,127 m³/s, punto 7 Quebrada Yaractullo valor 0,1745 m³/s, punto 8 Quebrada Bernabé valor 0,3931 m³/s, punto 9 Caña Brava valor 0,2699 m³/s, punto 10 Río Chuquiragua valor 0,8618 m³/s, en promedio de 0,412444 m³/s, lo que nos da un volumen anual de agua de 13.006.833,98 m³/año.

La calidad de agua de la parroquia en general se encuentra dentro de los parámetros establecidos a excepción del DQO y el DBO5, ante lo cual debe generarse una propuesta de una planta de tratamiento y un proceso de capacitación para el manejo de los insumos químicos.

Referencias Bibliográficas

- Aspajo Ramirez, D. (2012). Determinación de la calidad del Agua para Uso Doméstico de la Quebrada Rumiyacu, en el Área de Conservación Municipal Rumiyacu-Mishquiyacu. Moyobamba, San Martín-2011.
- Astudillo Aguilar, D. V. (2022). Estudio de potenciales impactos de la actividad minera en los servicios ecosistémicos de los humedales de Fierro Urco, cantón Saraguro (Loja) (Master's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Dirección de Posgrado. Maestría en Gestión Ambiental).
- Calla Llontop, H.J. (2010). Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac-Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras.
- Camacho, D. C. (2008). Esquemas de pagos por servicios ambientales para la conservación de cuencas hidrográficas en el Ecuador. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, 17(1), 54-66.

Cázares, M., & Alcantara, A. (2014). Análisis microbiológico de la calidad del agua de ciudad Nezahualcóyatl, acorde a la norma oficial mexicana Nom-127-SSA1-1994. In Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Argentina (p. 30).

Chávez, J. A. V. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 35, 304-308.

Delgadillo López, A. E. (2012). Determinación de parámetros fisicoquímicos, estado eutrófico y metales pesados de la laguna de Tecocomulco, Hidalgo; identificación de compuestos quelantes de *Hydrocotyle ranunculoides* L. f.

de Zumaeta, M. A. (2004). Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. OPS (Organización Panamericana de la Salud).

Fernández, M. F. C., Casallas, D. M. D., & Marín, C. E. M. (2015). Análisis de la Calidad del Agua del Río Bogotá Dura ante el Periodo 2008–2015 a Partir de Herramientas de Minería de Datos. Publicaciones e Investigación, 9, 37-50.

Forero-Céspedes, Reinoso-Flórez, G., & Gutiérrez, C. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Caldasia, 35(2), 371-387.

Garay Tinoco, J. A., Pinilla González, C. A., & Díaz Merlano, J. M. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos).

González, M., Villalobos, L. B., Vásquez-Suárez, A., Graü, C., & Gil, H. (2011). Enumeración de aeróbios mesófilos, coliformes fecales y *Clostridium perfringens* en la ostra *Crassostrea rhizophorae* procedente de laguna Grande del Obispo, estado Sucre, Venezuela. Revista Científica, 21(1), 80-87.

Gómez Castro, A. D. (2018). Determinación de plomo y cadmio por espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito, para la evaluación de la calidad del agua en afluentes cercanos al volcán Cotopaxi (Bachelor's thesis).

Gualdrón Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Hahn-vonHessberg, C. M., Toro, D. R., Grajales-Quintero, A., Duque-Quintero, G. M., & Serna-Uribe, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 13(2), 89-105.

Holguín, C., Rubio, H., Olave, M. E., Saucedo, R., Gutiérrez, M., & Bautista, R. (2006). Calidad del agua del río Conchos en la región de Ojinaga, Chihuahua: Parámetros fisicoquímicos, metales y metaloides. Universidad y Ciencia, 22(1), 51-63.

- Jaramillo Loaiza, G. A. (2014). Desarrollo de la fase de análisis y diagnóstico del sistema ambiental del PDyOT de la provincia de Loja, utilizando herramientas SIG (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2014).
- Jiménez, M. A., & Vélez, M. V. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. Avances en recursos hidráulicos, (14), 53-69.
- Loja Capón, G. P. (2013). Determinación de estrategias de conservación en la Subcuenca del río Yanuncay mediante el análisis de indicadores de calidad y cantidad de agua (Master's thesis, Universidad del Azuay).
- Mejía Clara, M. R. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras.
- Medrano, N., & Gutierrez, V. (2017). Análisis de la calidad del agua y factores de contaminación ambiental en el lago San Jacinto de Tarija. Ventana Científica Estudiantil, 8(13), 13-19.
- Méndez Paute, Á. E. (2019). Análisis de pobreza, desigualdad y mercado laboral de la parroquia rural Gualel del cantón Loja (Bachelor's thesis).
- Parra Pedraza, M. J. (2020). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN HÍDRICA DEL FONAG PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS ESTRATEGIAS DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN HÍDRICA (Master's thesis, Universidad Tecnológica Indoamérica).
- Pérez, J. I., Nardini, A. G., & Galindo, A. A. (2018). Análisis comparativo de índices de calidad del agua aplicados al río Ranchería, La Guajira-Colombia. Información tecnológica, 29(3), 47-58
- Ramírez, C. A. S. (2021). Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. Ediciones de la U.
- Ruiz, N. E. S., Escobar, Y. C., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e Investigación, 27(3), 172-181.
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e investigación, 27(3), 172-181.
- Koschelow, V. S., & Briedis, G. S. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Cúpira (La Cumaca, Estado Carabobo, Venezuela) mediante bioindicadores microbiológicos y parámetros fisicoquímicos. Interciencia, 38(7), 480-487.
- Valcárcel Rojas, L., Borroto Portela, J., Alberro Macías, N., Griffith Martínez, J., Derivet Zarzabal, M., Flores Juan, P., ... & Domínguez Catasus, J. (2010). Modelación de la calidad del agua en el segmento medio del río Luyanó. Nucleus, (47), 16-23.
- Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto,(ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. Pensamiento Actual, 9(12), 125-134.