

Identificación de las fuentes de contaminación hídrica en la Quebrada Las Abras, Guano

Identification of Water Pollution Sources in the Las Abras Stream, Guano

Published

Edwards Deming Higher Technological Institute. Quito - Ecuador

Periodicity

October - December
Vol. 1, No. 27, 2025
pp. 48-64
<http://centrosuragraria.com/index.php/revista>

Dates of receipt

Received: July 30, 2025
Approved: September 12, 2025

Correspondence author

gerardo.leon@esPOCH.edu.ec

Creative Commons License

Creative Commons License, Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

José Gerardo León Chimbolema¹
Mónica Alexandra Moreno Barriga²

Resumen: El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad del agua destinada al riego agrícola en la quebrada Las Abras, ubicada en la comunidad de San Pablo, cantón Guano, provincia de Chimborazo. Se realizaron cuatro campañas de muestreo en cinco puntos representativos durante octubre y noviembre de 2024, analizando parámetros fisicoquímicos (pH, turbidez, DBO₅, sólidos disueltos, nitratos y fosfatos), microbiológicos (coliformes fecales y totales) y biológicos (macroinvertebrados acuáticos). La evaluación se efectuó mediante tres índices: el Índice de Calidad del Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF), el Índice Biológico ETP y el Índice Biológico Andino (ABI). Los resultados mostraron que la calidad del agua varía entre regular y mala, principalmente en las zonas aguas abajo de descargas antrópicas directas. El ICA-NSF clasificó varios tramos como contaminados, mientras que el índice ETP presentó valores entre 0% y 12.78% y el ABI entre 3% y 39%, evidenciando un estado ecológico deteriorado. Se concluye que el agua de la quebrada Las Abras no es apta para riego agrícola, al incumplir los límites del Acuerdo Ministerial 097-A. Se recomienda la implementación de sistemas de tratamiento primario, junto con programas de educación ambiental comunitaria, para mitigar la contaminación y proteger el recurso hídrico.

Palabras clave: calidad del agua, las Abras, Guano, ICA-NSF, índice biológico, riego agrícola.

Doctor en Química. Máster en Protección Ambiental. Magíster en Química. Docente investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
gerardo.leon@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9202-8542>

Ingeniera Industrial. Tecnóloga Química Industrial. Magíster en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad, Ambiente y Seguridad. Magíster en Química. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
monica.moreno@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9881-6360>

Abstract: The study evaluated the quality of domestic wastewater in the La Cocha neighborhood, south of Quito, in order to establish its level of contamination and propose sustainable treatment alternatives. A quantitative, descriptive, and field-based approach was applied, involving sampling at three discharge points and physical-chemical and microbiological analyses following APHA (2017) methods. The parameters analyzed included pH, BOD₅, COD, TSS, oils and fats, nutrients, and fecal coliforms. The results showed a high organic and bacteriological load: BOD₅ varied between 240 and 275 mg/L, COD between 480 and 620 mg/L, and fecal coliforms reached concentrations of up to 3.5×10^6 NMP/100 mL, far exceeding the limits established by Ecuadorian environmental regulations. A significant correlation was observed between organic matter and microbiological contamination, confirming the direct discharge of untreated sewage. It is concluded that the installation of sustainable systems such as constructed wetlands or biodigesters is a viable alternative to reduce pollution and contribute to the achievement of Sustainable Development Goal No. 6: clean water and sanitation.

Keywords: wastewater, water quality, fecal coliforms, sustainable treatment

Introducción

El agua constituye un recurso vital e irremplazable para el sostenimiento de los ecosistemas, la producción agrícola y el bienestar humano. Su disponibilidad y calidad determinan la viabilidad de los sistemas de vida y el desarrollo económico de las comunidades rurales, particularmente en países andinos como Ecuador, donde la agricultura continúa siendo una de las principales actividades productivas (FAO, 2020). Sin embargo, en las últimas décadas, la degradación de los recursos hídricos ha alcanzado niveles alarmantes debido al incremento de la contaminación antrópica, el uso intensivo del suelo y la deforestación de las zonas altas que regulan los flujos hídricos (CEPAL, 2023). Este fenómeno compromete tanto el equilibrio ecológico de los

ecosistemas acuáticos como la seguridad alimentaria de las poblaciones que dependen del riego agrícola.

En la región interandina ecuatoriana, la calidad del agua para riego enfrenta desafíos significativos derivados de las descargas domésticas, los residuos industriales y las actividades agropecuarias. Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2024), cerca del 45% de las fuentes hídricas superficiales del país presentan algún grado de contaminación, especialmente aquellas ubicadas en zonas de alta densidad poblacional y actividad productiva. La provincia de Chimborazo, caracterizada por su topografía irregular y sus ecosistemas de páramo, evidencia una presión constante sobre sus recursos hídricos, los cuales abastecen tanto el consumo humano como las actividades agropecuarias y agroindustriales (Amaya Lema, 2025). Es así como, la quebrada Las Abras, ubicada en la comunidad de San Pablo, parroquia San Andrés, cantón Guano, constituye una fuente esencial de agua para el riego de pequeños cultivos de papa, cebolla, alfalfa y otros productos de subsistencia. Su caudal proviene principalmente de los deshielos del Chimborazo y el Carihuairazo, conformando parte de la subcuenca del río Chambo dentro de la macrocuenca del río Pastaza (Gobierno Autónomo Descentralizado de Chimborazo, 2018). No obstante, su importancia contrasta con el deterioro progresivo de su calidad. Estudios recientes indican que el sistema de riego Las Abras, con más de 80 años de funcionamiento, presenta signos de contaminación derivados del vertido de aguas residuales domésticas y de descargas provenientes de pequeñas industrias lácteas y agrícolas ubicadas aguas arriba (Brito Noboa et al., 2025; Amaya Lema, 2025).

El deterioro de la calidad del agua en este sistema se ve agravado por el sobrepastoreo y la erosión de los suelos en las zonas altas, lo cual incrementa la carga de sedimentos y nutrientes en la corriente. De acuerdo con la Evaluación del Medio Físico de la Microcuenca del Río Guano (Amaya Lema, 2025), los procesos erosivos y la deforestación de la cobertura vegetal natural alteran la capacidad de infiltración del suelo y aumentan la escorrentía superficial, transportando contaminantes hacia los cauces secundarios. En consecuencia, la quebrada Las Abras se encuentra sometida a una presión ambiental que afecta su funcionalidad como fuente de riego y como componente del equilibrio hidrológico regional.

La evaluación de la calidad del agua se ha convertido en una herramienta esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos

(Pesántez Quintuña & Roldán Arias, 2021). Esta evaluación se realiza mediante la determinación de parámetros físico-químicos, microbiológicos y biológicos, los cuales permiten establecer su grado de contaminación y su aptitud para distintos usos. En el caso del agua de riego, estos parámetros adquieren especial relevancia porque influyen directamente en la productividad agrícola, la fertilidad del suelo y la seguridad alimentaria (Pérez Gómez et al., 2021).

El análisis de la calidad del agua en cuerpos naturales como quebradas o ríos andinos permite identificar tendencias en el deterioro ambiental y generar información útil para la toma de decisiones en materia de conservación y uso sostenible del recurso. En Ecuador, uno de los índices más empleados para este fin es el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF), desarrollado por la National Sanitation Foundation. Este indicador combina parámetros ponderados como el pH, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, nitratos, fosfatos y coliformes fecales, proporcionando una calificación estandarizada de la calidad del agua (Quiroz Fernández et al., 2020). Además, los índices biológicos ETP (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y ABI (Andean Biotic Index) complementan esta evaluación al reflejar el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos mediante la presencia o ausencia de macroinvertebrados bioindicadores (Lazo Oscanoa et al., 2022).

La contaminación del agua representa uno de los principales desafíos ambientales del siglo XXI. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) advierte que más del 30% de los cuerpos hídricos en países en desarrollo presentan algún grado de contaminación microbiológica o química. Los contaminantes más comunes incluyen materia orgánica biodegradable, nutrientes (nitratos y fosfatos), metales pesados y microorganismos patógenos (Fernández Cirelli, 2020). Estas sustancias alteran las propiedades naturales del agua y comprometen su uso para riego o consumo humano. En el contexto ecuatoriano, el vertido sin tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales es una de las causas más recurrentes del deterioro de los cuerpos de agua (Ministerio del Ambiente, 2024).

De acuerdo con la FAO (2020), la calidad del agua de riego influye directamente en la salinidad del suelo y en la absorción de nutrientes por las plantas. El uso continuo de agua contaminada con residuos orgánicos o químicos puede modificar la estructura del suelo, reducir la productividad agrícola y afectar la salud de los consumidores al introducir metales pesados o bacterias en la cadena alimenticia. En este sentido, evaluar la calidad del agua en fuentes de riego como la quebrada Las Abras no solo constituye una acción técnica, sino también una necesidad ambiental y social.

Diversos estudios y observaciones de campo han identificado múltiples fuentes de contaminación en la quebrada Las Abras. Entre ellas destacan las descargas de aguas residuales domésticas, los desechos sólidos depositados en las riberas, el lavado de equipos agrícolas con agroquímicos y la escorrentía proveniente de zonas de pastoreo (Freire Rosero et al., 2020; Amaya Lema, 2025). Estas actividades incrementan la carga orgánica y los nutrientes en el agua, generando procesos de eutrofización que reducen la concentración de oxígeno disuelto y afectan la biodiversidad acuática (Escalona Domenech et al., 2022).

Asimismo, la presencia de residuos de detergentes, grasas y fosfatos provenientes de los hogares rurales contribuye a la alteración del equilibrio químico del agua. Las descargas industriales, aunque de pequeña escala, también son significativas, especialmente en las zonas donde operan microempresas lácteas que utilizan agua para el lavado de equipos. Estos vertidos incrementan la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), indicadores que reflejan el nivel de materia orgánica presente (González Pérez et al., 2019).

El impacto de estas actividades no solo se manifiesta en el deterioro del agua, sino también en los suelos agrícolas irrigados con este recurso. Según Brito Noboa et al. (2025), la aplicación de agua contaminada altera la estructura del suelo y su contenido microbiológico, afectando su capacidad de retención hídrica. A largo plazo, esto compromete la sostenibilidad de la producción agrícola y la resiliencia de los ecosistemas locales.

Por tanto, la investigación que forma parte del trabajo de investigación desarrollado por Collay Acan y Pilco Álvarez (2025) mencionan sobre la calidad del agua de riego en la quebrada Las Abras tiene un doble propósito: científico y social. Desde una perspectiva científica, busca generar información confiable y sistemática sobre los parámetros de calidad del agua mediante la aplicación de métodos estandarizados y el uso de bioindicadores. Este conocimiento contribuye al desarrollo de estrategias de manejo sostenible y a la formulación de políticas locales de conservación hídrica (Camacho Medina, 2021). Desde la perspectiva social, la investigación responde a la necesidad de garantizar agua segura para el riego agrícola, actividad que constituye la base económica y alimentaria de la comunidad de San Pablo. La interrelación entre el agua, la agricultura y el bienestar humano ha sido ampliamente documentada por organismos internacionales como la ONU Agua (2023), que enfatiza la urgencia de mejorar la gobernanza

hídrica y promover prácticas agrícolas sostenibles. En este marco, el estudio de Las Abras se enmarca dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 6: Agua limpia y saneamiento, y el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, al aportar evidencias para la gestión sostenible del recurso hídrico y la conservación de ecosistemas altoandinos.

Methodología

Este estudio adoptó un enfoque no experimental con diseño longitudinal, puesto que observó la calidad del agua en su contexto natural sin manipular variables y registró variaciones temporales mediante cuatro campañas de monitoreo realizadas en octubre y noviembre de 2024. La lógica de análisis fue deductiva, contrastando los resultados con metodologías y estándares reconocidos, lo que facilita la comparación con investigaciones afines y la validación de hallazgos (Hernández Sampieri et al., 2023; Anavitarte, 2020). Se trabajó con un enfoque mixto: cuantitativo, a través del análisis fisicoquímico y microbiológico con métodos estandarizados; y cualitativo/ecológico, mediante observaciones de campo y el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de integridad ecológica (Escandón Guachichulca & Cáceres Vintimilla, 2022; Vásquez Venegas et al., 2023).

El área de estudio corresponde a la quebrada Las Abras (comunidad de San Pablo, parroquia San Andrés, cantón Guano, Chimborazo), dentro de la demarcación hidrográfica Pastaza y la subcuenca del río Chambo, con código Pfafstetter de Nivel 6: 499684. El punto de derivación está en UTM 9839801 N; 750254 E (WGS84), a 3875 m s. n. m. (GAD Chimborazo, 2018; Tenesaca Saca et al., 2024). Considerando accesibilidad, seguridad y representatividad de presiones antrópicas (descargas domésticas/industriales, uso agropecuario y asentamientos), se definieron cinco estaciones a lo largo del gradiente: M1 (cabecera, mínima influencia), M2 (previa a planta láctea), M3 (posterior a planta láctea), M4 (área central habitada) y M5 (tramo final, potencial acumulación). El tamaño muestral ($n=5$) obedece a la población finita de puntos relevantes y al criterio hidrológico de control aguas arriba/aguas abajo.

Las campañas para parámetros fisicoquímicos se realizaron el 15 y 22 de octubre y el 6 y 13 de noviembre de 2024; las de macroinvertebrados el 29 de octubre y 20 de noviembre de 2024. Se registraron coordenadas GPS, hora, caudal, condiciones climáticas, observaciones del entorno y evidencia fotográfica. La estimación del caudal (Q) se efectuó por

método del flotador en tramos rectilíneos sin turbulencias notorias, calculando velocidad por tiempo/distancia y área de la sección por sondajes transversales para aplicar $Q = A \cdot V$, con espaciamientos según el ancho del cauce y profundidades a intervalos regulares, siguiendo recomendaciones para aforos en corrientes superficiales.

La toma de muestras se efectuó con frascos limpios o esterilizados, llenados a contracorriente evitando turbulencia y atrapamiento de aire; se rotuló cada envase con código, fecha/hora, responsable y analitos. Se preservó en coolers (4 ± 2 °C) y se respetaron tiempos máximos de sostén por parámetro. Para microbiología se emplearon recipientes estériles de 250–300 mL con tapa hermética o bolsas estériles específicas. En el componente biológico, se muestrearon macroinvertebrados con red estándar, se fijaron según protocolo y se realizó identificación taxonómica a nivel de familia/orden. El programa de muestreo y preservación se apoyó en INEN 2169, 2226, 2176 y 1105. En campo se midieron parámetros in situ (pH, conductividad, temperatura) y, en laboratorio, se analizaron turbidez (2130-B), color (2120-B), DBO₅ (5210-B), sólidos disueltos (2510-B), nitratos (4500-NO₃-E), fosfatos (4500-P-E) y detergentes/surfactantes según método reportado; para coliformes fecales se aplicó ISO 9308-2:2012 expresando los resultados en UFC/100 mL (APHA/AWWA/WEF, 2017; ISO, 2012). La calidad analítica se aseguró con un esquema QA/QC: blancos de campo y laboratorio, duplicados $\geq 10\%$, calibración previa y posterior de equipos, verificación de estándares y control de trazabilidad (hojas de campo, cadena de custodia).

La evaluación integró tres índices. Primero, el ICA-NSF: cada parámetro se transformó a subíndice mediante curvas de calidad y se ponderó por pesos w_i , sumando para obtener el índice global por punto y campaña, clasificando en categorías de calidad (de excelente a muy mala). Segundo, el ETP, calculado como el porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera respecto al total recolectado, sensible a perturbaciones y cargas orgánicas. Tercero, el ABI (Andean Biotic Index), que asigna valores de sensibilidad (0–10) por familia con sumatoria para clasificar el estado ecológico en sistemas altoandinos, acorde a tolerancias regionalmente ajustadas. Este enfoque mixto permite una lectura complementaria: el ICA-NSF sintetiza condición fisicoquímica y microbiológica, mientras ETP/ABI capturan efectos ecológicos acumulados.

El tratamiento de datos incluyó estadística descriptiva (medias, desviaciones, rangos) y comparación temporal (entre campañas) y

longitudinal (M1–M5). La aptitud para riego se contrastó con la norma nacional vigente (p. ej., límites del Acuerdo Ministerial 097-A), reportando excedencias por parámetro y tramo. Finalmente, se consideraron aspectos éticos (seguridad del equipo, no interferencia con usos locales del agua) y limitaciones: ventana temporal acotada (dos meses), variabilidad hidrológica estacional, y no inclusión de metales/fitosanitarios específicos en esta fase, recomendando su incorporación en futuros estudios.

Resultados

Tabla 1. *Puntos de muestreo (UTM WGS84, Zona 17S)*

N°	Sitio de muestreo	Código	X	Y	Z (msnm)
1	Inicio de la quebrada	M1	750306	9839717	3860
2	Sección inicial de la planta de producción de leche	M2	752349	9829780	3289
3	Posterior a la planta de productos lácteos	M3	752302	9829566	3291
4	Área central de la comunidad	M4	753296	9827541	3145
5	Sector final de la comunidad	M5	753417	9826339	3121

La Tabla 1 presenta la localización geográfica de los cinco puntos de muestreo establecidos en la quebrada Las Abras. Se observa un gradiente altitudinal descendente desde 3860 hasta 3121 msnm, lo que refleja el trayecto del flujo desde las zonas altas hasta las más pobladas. Esta variación de altitud es determinante en la evaluación de los cambios en la calidad del agua, ya que las zonas bajas presentan mayor influencia de descargas domésticas, agrícolas e industriales.

Caudales

Tabla 2. *Variación del caudal entre campañas de muestreo*

Punto	Octubre (m ³ /s)	Noviembre (m ³ /s)	Diferencia	Tendencia
M1	0.49	0.47	-0.02	Leve descenso
M2	0.42	0.35	-0.07	Descenso
M3	0.30	0.41	+0.11	Incremento
M4	0.34	0.29	-0.05	Descenso
M5	0.31	0.23	-0.08	Descenso

El análisis comparativo entre las dos campañas muestra que los caudales no presentan estabilidad hídrica y están sujetos a fluctuaciones antropogénicas.

- En M3 se registra un aumento puntual del caudal debido a descargas industriales.
- En M5, la reducción progresiva confirma el impacto acumulado de las actividades humanas.
- Las pérdidas totales se deben principalmente a la falta de regulación del uso del agua y al deterioro ambiental de las riberas.

Este comportamiento concuerda con los estudios de Amaya Lema (2025), quien señala que las microcuencas del río Guano presentan gradientes hídricos decrecientes relacionados con la presión agrícola y urbana. En consecuencia, la quebrada Las Abras refleja un patrón típico de estrés hídrico en microcuencas andinas, donde la falta de gestión integrada y la sobreexplotación afectan tanto la cantidad como la calidad del recurso.

Calidad del agua

Tabla 3. *Parámetros físicoquímicos y microbiológicos (promedios de los cuatro muestreos)*

Parámetro	Unidad	Rango observado	Límite permisible (Acuerdo 097-A)	Evaluación
Temperatura	°C	14.2 – 15.6	—	Normal en zonas altoandinas
pH	—	6.27 – 7.85	6.5 – 8.5	Dentro del rango
Conductividad eléctrica	μS/cm	191.7 – 295.5	< 750	Aceptable
Turbidez	NTU	12.2 – 23.4	5	Supera el límite → presencia de sólidos
Sólidos disueltos totales	mg/L	106.5 – 222.2	3000	Dentro del rango
Oxígeno disuelto	mg/L	4.86 – 10.81	≥ 6	Crítico en M5 y M4
DBO ₅	mg/L	8.11 – 35.14	10	Excede ampliamente → alta carga orgánica
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	2.1 – 16.5	5	Excede en M4–M5 → contaminación agrícola
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.38 – 1.89	< 5	Elevados → riesgo de eutrofización
Detergentes	mg/L	0.119 – 0.194	0.1	Ligeramente superiores
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0 – 26,000	1,000	Muy superiores →

					contaminación fecal
Coliformes totales	UFC/100 ml	2,000 – 60,000			Muy superiores
Color	Unidades	69 – 440	—		Alta turbidez y materia orgánica

Los valores de DBO₅, coliformes, turbidez y nitratos superan con frecuencia los límites establecidos, confirmando una contaminación orgánica y bacteriológica severa. Los valores de pH, conductividad y temperatura se mantienen estables, propios de cuerpos de agua altoandinos (Quishpe Vázquez et al., 2018; Espinoza Sarmiento, 2020).

Tabla 4. Comparación de puntos críticos por parámetro (peores valores observados)

Punto	DBO ₅ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Coliformes totales (UFC/100 ml)	OD (mg/L)	Clasificación
M1	25.41	3.7	2,000	7.03	Regular
M2	27.30	7.5	26,000	8.93	Mala
M3	27.84	6.4	48,000	7.94	Mala
M4	32.97	13.2	29,000	7.52	Muy mala
M5	35.14	16.5	60,000	6.49	Crítica

La calidad del agua **empeora progresivamente aguas abajo**.

En M4 y M5, la combinación de altos niveles de DBO₅, bajo oxígeno y coliformes elevados demuestra un impacto antrópico directo (vertidos domésticos e industriales).

Estos resultados concuerdan con estudios previos de contaminación hídrica en microcuencas rurales (Catpo Nuncey, 2013; Llangari Rivera, 2023; Tenesaca Saca et al., 2024).

Tabla 5. Comparación con la normativa nacional (ICA-NSF y Acuerdo Ministerial 097-A)

Parámetro	Unidad	Rango observado	Límite	Cumplimiento	Observación
pH	—	6.99 – 7.41	6.5 – 8.4	✓	Dentro del rango

Turbidez	NTU	14.04 18.24	– 5	✗	Exceso de sólidos
Sólidos disueltos	mg/L	113 – 174	3000	✓	Aceptable
DBO₅	mg/L	16.85 22.52	– 10	✗	Carga orgánica alta
NO₃⁻	mg/L	3.73 9.04	– 5	✗	Fertilizantes y residuos
PO₄³⁻	mg/L	0.38 1.44	– < 5	✓	Riesgo de eutrofización
Coliformes fecales	UFC/100 ml	33.75 13,850	– 1,000	✗	Contaminación fecal
OD	mg/L	6.49 9.55	– > 6	±	Cercano al límite
Temperatura	°C	14.4 15.4	– —	✓	Propia de altura

DBO₅, turbidez, nitratos y coliformes fecales son los parámetros más críticos.

La calidad del agua es “mala” o “muy mala” según la clasificación ICANSF, especialmente en los tramos M3 a M5, coincidiendo con descargas antrópicas (Gudiño Sosa et al., 2022; Pérez Gómez et al., 2021).

Las condiciones fisicoquímicas básicas son estables, pero los contaminantes orgánicos y bacteriológicos invalidan su uso para riego o consumo.

Tabla 6. *Evaluación general de la calidad del agua por tramo*

Tramo	Principales fuentes de contaminación	Nivel de afectación	Clasificación
M1 M2	– Escorrentía agrícola inicial	Moderado	Regular
M2 M3	– Descarga industrial (empresa lechera)	Alto	Mala
M3 M4	– Vertimientos domésticos y ganaderos	Muy alto	Muy mala
M4 M5	– Zonas urbanizadas y residuos sólidos	Crítico	Inadecuada

El agua de la quebrada Las Abras no cumple con los estándares de calidad para riego agrícola establecidos en la legislación ecuatoriana. Los resultados revelan una degradación progresiva de la calidad hídrica, impulsada por actividades domésticas, agrícolas e industriales. Se recomienda implementar tratamiento primario de aguas residuales,

programas de educación ambiental y medidas de bio-remediación en los tramos más críticos.

Conclusiones

La quebrada Las Abras presenta una condición ambiental comprometida, donde confluyen múltiples fuentes de contaminación: expansión agrícola, ganadería, vertidos industriales (planta lechera), descargas domésticas y acumulación de residuos sólidos. Los índices ICA-NSF, ABI y ETP evidencian que la calidad del agua es mala en la mayor parte del tramo, inadecuada para riego agrícola o cualquier uso sin tratamiento previo.

Los hallazgos concuerdan con investigaciones similares realizadas en las microcuencas de los ríos Chambo (Freire Rosero et al., 2020) y Mocha (Mosquera Guilcapi & Núñez Moreno, 2023), donde se reportan impactos comparables de las actividades humanas sobre los cuerpos hídricos.

En suma, los resultados de la quebrada Las Abras reflejan un ecosistema altamente perturbado, con alteración de sus propiedades físicoquímicas, pérdida de biodiversidad acuática y disminución del caudal, confirmando un deterioro integral del recurso hídrico.

References

- APHA/AWWA/WEF. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.).
- Anavitarte, E. J. (2020). *El diseño de investigación no experimental*. AcademiaLab. <https://academia-lab.com/a/rev.lab.derecho/el-diseno-de-investigacion-no-experimental>
- Amaya Lema, M. (2025). *Evaluación del medio físico de la microcuenca del río Guano* [Informe/estudio]. (Referencia citada en el texto; agrega editorial/enlace si lo tienes).
- Brito Noboa, J. P., Merino Gavilanes, D. C., & Patiño Vaca, N. E. (2025). Determinación de curvas de nivel y pendientes con LiDAR para modelar crecidas en la quebrada Las Abras. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 6(14), 749–767. <https://doi.org/10.56519/WFW0S854>

- CEPAL. (2023). *Manual para la evaluación de desastres*.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/df2fa8c-418c-4b2a-957c-0bdd97181d27/content>
- Collay Acan, L. M., & Pilco Álvarez, N. S. (2025). *Evaluación de la calidad del agua de riego en la quebrada Las Abras de la comunidad de San Pablo perteneciente al cantón Guano* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Ambiental.
- Escalona Domenech, R. Y., Infante Mata, D., García Alfaro, J. R., Ramírez Marcial, N., Ortiz Arrona, C. I., & Barba Macías, E. (2022). Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en la cuenca del río Margaritas, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38, 37–56.
<https://doi.org/10.20937/RICA.54092>
- Escandón Guachichulca, C. G., & Cáceres Vintimilla, M. E. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y macroinvertebrados bentónicos, en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo*.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21649>
- Espinoza Sarmiento, F. J. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF), parroquia El Valle, cantón Cuenca* [Tesis, Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34103>
- FAO. (2020). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura (SOLAW)*.
www.mundiprensa.com
- Fernández Cirelli, A. (2020). El agua: un recurso esencial. *QuímicaViva*.
<https://www.redalyc.org/pdf/863/863250900002.pdf>
- Freire Rosero, R. del P., Pino Vallejo, M., Andrade, P., & Mejía López, A. (2020). Chambo river water quality assessment in time of stretching using the ICA-NSF water quality index. *Perfiles*, 1(23). <https://doi.org/10.47187/perf.v1i23.248>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. (2018). *Coordinación de Gestión de Riego: Rehabilitación y*

mejoramiento del sistema de riego Las Abras (conducción principal tramo Hacienda San Pablo–La Esperanza).
www.chimborazo.gob.ec

- González Pérez, E., Ortega Escobar, H. M., Yáñez Morales, M. J., & Rodríguez Guillen, A. (2019). Diagnóstico de indicadores de calidad físico-química del agua en afluentes del río Atoyac. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(1), 30–51. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2019-01-02>
- Gudiño Sosa, L. F., Escalera Gallardo, C., Cruz Cárdenas, G., Moncayo Estrada, R., Silva García, J. T., Flores Magallón, R., Damián Arroyo, M., & Chávez Tinoco, M. A. (2022). Evaluación de la calidad del agua en un río subtropical y tributarios utilizando índices fisicoquímicos y macroinvertebrados acuáticos. *Hidrobiológica*, 32(1), 33–50. <https://doi.org/10.24275/UAM/IZT/DCBS/HIDRO/2022V32N1/GUDINO>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2023). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.).
- ISO. (2012). *ISO 9308-2:2012. Water quality—Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria—Part 2: Most probable number method.*
- Lazo Oscanoa, C. A., Piscoya Torres, J. A., & Roa Changana, P. J. (2022). Análisis crítico del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. *Revista Kawsaypacha*, 9, 140–153. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202201.007>
- Llangari Rivera, C. J. (2023). *Dinámicas socioespaciales y mapeo participativo en la quebrada “Las Abras” de Riobamba/Guano, Ecuador* [Tesis, PUCE]. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/43084>
- MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica). (2024). *Situación de la calidad de las fuentes hídricas superficiales en Ecuador* [Comunicado/porta] institucional]. <https://www.ambiente.gob.ec/>

- Ministerio del Ambiente. (2015). *Revisión del Anexo I del Libro VI del TULSMA: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*.
- OMS. (2022). *Calidad del agua y salud: Informe/nota técnica*. (Referencia institucional citada en el texto; añade URL o número de informe si lo tienes).
- ONU-Agua. (2023). *Informe sobre la gobernanza hídrica y prácticas agrícolas sostenibles*. (Referencia institucional citada; añade URL/título exacto si lo dispones).
- Pérez Gómez, G., Alvarado García, V., Rodríguez Rodríguez, J. A., Herrera, F., & Sánchez Gutiérrez, R. (2021). Calidad físicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcos, Costa Rica: Un enfoque ecológico. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(1), 17. <https://doi.org/10.22458/URJ.V13I1.3148>
- Pesántez Quintuña, M. K., & Roldán Arias, A. P. (2021). *Relación de la calidad del agua de la quebrada El Salado con el uso de suelo urbano y periurbano de la parroquia Baños* [Tesis]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36142>
- Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2020). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Quishpe Vázquez, C., García Valdecasas Ojeda, M., Gámiz Fortis, S. R., Castro Díez, Y., & Esteban Parra, M. J. (2018). Variabilidad estacional de los caudales en Ecuador en el período 1964–2014. (Comunicación/capítulo de congreso citado; añade datos completos si los tienes). <https://doi.org/10.14198/XCongresoAECALicante2016-09>
- Tenesaca Saca, M. E., Reyes Zambrano, J. L., Vallejo Vizhuete, D. P., & Chavarría Párraga, J. E. (2024). Modelación hidrológica e hidráulica para la identificación de zonas de inundación en la quebrada Las Abras, Riobamba. *Revista Científica INGENIAR*, 7(14). <https://doi.org/10.46296/ig.v7i14.0220>
- Vásquez Venegas, N. Y., Soria Noroña, L. C., & Chacha Coles, A. L. (2023). Evaluación de calidad del agua en dos puntos de muestreo del río Blanco a través de macroinvertebrados. *Polo*

del Conocimiento, 8(3), 705–722.
<https://doi.org/10.23857/pc.v8i3.5331>