



Evaluación ambiental del río Chorobamba en época de creciente, Oxapampa-Pasco

Environmental assessment of the Chorobamba river during the flood season, Oxapampa-Pasco

Avaliação ambiental do rio Chorobamba durante a época das cheias, Oxapampa-Pasco

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.428>

Luis Ricardo Gomez Rosales¹
luisricardogomezrosales25@gmail.com

Leonidas Felix Villaorduña Caldas³
villaordunacaldasleonidas@gmail.com

Jesús Marino Gomez Miguel²
jgomez@undac.edu.pe

Inés Viza Pucllas³
inesviza1cristian@gmail.com

Hitlser Juan Castillo Paredes²
hcastillo@undac.edu.pe

¹Ministerio de Agricultura, Agencia Agraria de Oxapampa, Perú

²Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Oxapampa, Perú

³Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú

Artículo recibido: 4 de noviembre 2025 / Arbitrado: 12 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

La contaminación de ríos en reservas de biosfera representa una amenaza crítica para la salud pública y los ecosistemas, requiriendo evaluación urgente durante eventos climáticos extremos como crecientes. Por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar la calidad ambiental del río Chorobamba en su tramo urbano durante la época de creciente, mediante análisis físico-químico y microbiológico, para determinar el impacto antrópico. Estudio observacional con muestreo en seis puntos. Se midieron parámetros físico-químicos in situ y en laboratorio, y se analizaron enterobacterias lactosa negativa como indicador microbiológico. Se registró alta turbidez (hasta 54,6 NTU), salinidad elevada (309,1 mg/L) y, críticamente, contaminación microbiológica generalizada (>100,000 UFC de enterobacterias en todos los puntos), indicando contaminación fecal severa. Se observó además hipoxia extrema (0,12% saturación O₂) y alta conductividad (585,6 µS/cm) en puntos específicos, superando estándares de calidad. La calidad del agua se ve seriamente afectada por descargas de desechos líquidos, con riesgo sanitario alto, exigiendo intervenciones inmediatas en saneamiento básico.

Palabras clave: Calidad del agua; Contaminación fecal; Impacto antrópico; Monitoreo ambiental; Reserva de la biosfera

ABSTRACT

River pollution in biosphere reserves represents a critical threat to public health and ecosystems, requiring urgent assessment during extreme climate events such as floods. Therefore, the objective of the work was to evaluate the environmental quality of the Chorobamba River in its urban stretch during the flood season, through physico-chemical and microbiological analysis, to determine anthropogenic impact. Observational study with sampling at six points. Physico-chemical parameters were measured in situ and in the laboratory, and lactose-negative enterobacteria were analyzed as a microbiological indicator. High turbidity (up to 54,6 NTU), elevated salinity (309,1 mg/L), and, critically, widespread microbiological contamination (>100,000 CFU of enterobacteria at all points) were recorded, indicating severe fecal contamination. Extreme hypoxia (0,12% O₂ saturation) and high conductivity (585,6 µS/cm) were also observed at specific points, exceeding quality standards. Water quality is seriously affected by liquid waste discharges, with a high health risk, demanding immediate basic sanitation interventions.

Key words: Anthropogenic Impact; Biosphere Reserve; Environmental Monitoring; Fecal Contamination; Water Quality

RESUMO

A poluição de rios em reservas da biosfera representa uma ameaça crítica para a saúde pública e os ecossistemas, requerendo avaliação urgente durante eventos climáticos extremos, como cheias. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade ambiental do rio Chorobamba no seu trecho urbano durante a época de cheia, mediante análise físico-química e microbiológica, para determinar o impacto antrópico. Estudo observacional com amostragem em seis pontos. Parâmetros físico-químicos foram medidos in situ e em laboratório, e enterobactérias lactose-negativas foram analisadas como indicador microbiológico. Foram registradas alta turbidez (até 54,6 NTU), salinidade elevada (309,1 mg/L) e, criticamente, contaminação microbiológica generalizada (>100,000 UFC de enterobactérias em todos os pontos), indicando contaminação fecal severa. Observou-se ainda hipóxia extrema (0,12% de saturação de O₂) e alta condutividade (585,6 µS/cm) em pontos específicos, superando os padrões de qualidade. A qualidade da água é seriamente afetada por descargas de resíduos líquidos, com alto risco sanitário, exigindo intervenções imediatas de saneamento básico.

Palavras-chave: Qualidade da Água; Contaminação Fecal; Impacto Antrópico; Monitoramento Ambiental; Reserva da Biosfera

INTRODUCCIÓN

La provincia de Oxapampa, que constituye más del 50% del territorio de Pasco, alberga la Reserva de la Biosfera Oxapampa-Asháninka-Yánesha, un espacio reconocido por la UNESCO por su invaluable patrimonio natural y cultural (1,2). Esta región, con una gradiente altitudinal que va desde los 300 hasta los 4 500 msnm, presenta una compleja diversidad de pisos ecológicos que sostienen una rica biodiversidad y actividades económicas clave, como la agricultura y la ganadería (3). En este contexto, los sistemas hídricos que la recorren son fundamentales para la sostenibilidad socioecológica de la zona.

Además, las cuencas hidrográficas son unidades esenciales para la gestión integrada del recurso hídrico, ya que proveen servicios ecosistémicos vitales y son el sustento para las poblaciones humanas y la biodiversidad (4,5). Su conservación es, por lo tanto, un pilar para el desarrollo regional, especialmente en áreas de alta vulnerabilidad ambiental y valor biocultural como la selva alta peruana.

Sin embargo, a nivel global, los cuerpos de agua dulce enfrentan una presión sin precedentes debido a la contaminación de origen antrópico, la cual compromete su calidad y pone en riesgo la salud pública y los ecosistemas (6). Esta problemática es particularmente aguda en los ríos de montaña, donde las actividades humanas

concentradas aguas arriba pueden degradar rápidamente la calidad del agua en todo el curso fluvial (7).

Por consiguiente, numerosos estudios evidencian que el impacto humano es un determinante crítico en la degradación de los ríos. Investigaciones en Argentina han demostrado que las descargas cloacales y los efluentes no tratados elevan significativamente los niveles de nutrientes como nitratos y fosfatos, alterando la calidad del agua (8). De modo similar, en ríos de montaña de Córdoba, se ha modelado un claro deterioro de la calidad hídrica correlacionado directamente con la intensificación de las actividades antrópicas (9).

Por otro lado, en Ecuador, la aplicación de índices de calidad del agua en el río Portoviejo reveló condiciones aceptables, pero destacó la imperiosa necesidad de un monitoreo continuo para prevenir su deterioro (10). Esta situación se replica en ecosistemas altoandinos, donde comparaciones biológicas entre ríos usando índices como el BMWP/Col han mostrado diferencias significativas en su estado ecológico, directamente vinculadas al grado de intervención humana (11).

Asimismo, la contaminación microbiológica representa una de las amenazas más inmediatas para la salud. Estudios en Colombia han identificado niveles alarmantes de coliformes fecales en ríos como el Manaure y el Casacará, indicando una grave contaminación por residuos domésticos

(12). Estos riesgos microbiológicos, ampliamente documentados en revisiones clínicas, subrayan la urgencia de evaluar los patógenos en el agua para consumo y recreación (13).

En consecuencia, la evaluación integral de la calidad del agua requiere enfoques multidisciplinarios. Revisiones sistemáticas sobre métodos para ríos altoandinos enfatizan la utilidad de combinar parámetros fisicoquímicos con indicadores biológicos, como las diatomeas y los macroinvertebrados bentónicos, para obtener un diagnóstico robusto (14,15). En la propia microcuenca San Alberto de Oxapampa, los macroinvertebrados han demostrado ser indicadores efectivos del estado de salud acuático (16).

No obstante, la variabilidad climática estacional introduce un factor de complejidad adicional. La gestión del agua se ve desafiada por fenómenos extremos, como las crecidas, que pueden alterar drásticamente la hidrodinámica y la carga de contaminantes en una cuenca (17,18). Comprender la dinámica de la calidad del agua durante estas épocas es, por tanto, crucial para una gestión adaptativa.

Ante este panorama, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo varían los parámetros físicos, químicos y biológicos que determinan la calidad ambiental del río

Chorobamba durante la época de creciente? ¿En qué medida los valores registrados se alejan de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en el Perú? ¿La presencia de indicadores de contaminación microbiológica, como las enterobacterias, evidencia un impacto significativo de las actividades antrópicas en el tramo urbano del río?

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar la calidad ambiental del río Chorobamba en su tramo urbano durante la época de creciente, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos, para determinar el grado de impacto antrópico y contribuir con información base para su gestión sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y un diseño observacional, transversal y descriptivo. La investigación fue ejecutada por investigadores de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC), en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Agencia Agraria de Oxapampa. El trabajo de campo y los análisis de laboratorio se realizaron durante la época de creciente (temporada de lluvias) del año 2022, específicamente en el mes de febrero, para obtener las condiciones hidrológicas propias de este período.

Al respecto, se evaluó un sector de río Chorobamba, junto a la ciudad de Oxapampa, tomando como base los criterios generales de monitoreos de la calidad de recursos hídricos recomendados. En este caso se tomaron muestras

de agua para análisis de campo y laboratorio en época de creciente. Previo a la ejecución del proyecto se establecieron puntos de monitoreo (PM) y lugares de muestreo, coordenadas y altitud Tabla 1.

Tabla 1. Puntos de monitoreo según lugar de muestreo, coordenadas y altitud.

PM	Lugar de muestreo	Coordenadas		Altitud (msnm)
1	50 m gradiente de la confluencia del río Esperanza	0455210 E	8829598 N	1829
2	200 m gradiente abajo del río Esperanza	0455359 E	8829730 N	1828
3	50 m gradiente arriba del puente colgante	0455413 E	8830314 N	1827
4	350 m gradiente arriba del puente Villar	0455373 E	8830426 N	1827
5	10 m gradiente arriba del puente Villar	0405543 E	8830960 N	1824
6	200 m gradiente abajo del camal	0455272 E	8831182 N	1823

La Figura 1, muestra la ubicación de los puntos de muestreo-Zona urbana del río Chorobamba e ilustra la distribución espacial de los seis puntos de monitoreo (PM1 a PM6) establecidos a lo largo del tramo urbano del Río Chorobamba. Estratégicamente, el diseño de muestreo plasmado en la figura evidencia un enfoque longitudinal o de gradiente. La secuencia de puntos, desde el

PM1 (cerca de la confluencia con el río Esperanza) hasta el PM6 (aguas abajo del camal), sigue el flujo del río a través del área de mayor influencia antrópica. Esta disposición permite analizar cómo la calidad del agua varía espacialmente al recibir presiones urbanas, cumpliendo con un principio fundamental en la evaluación de la contaminación difusa y puntual en sistemas lóticos.

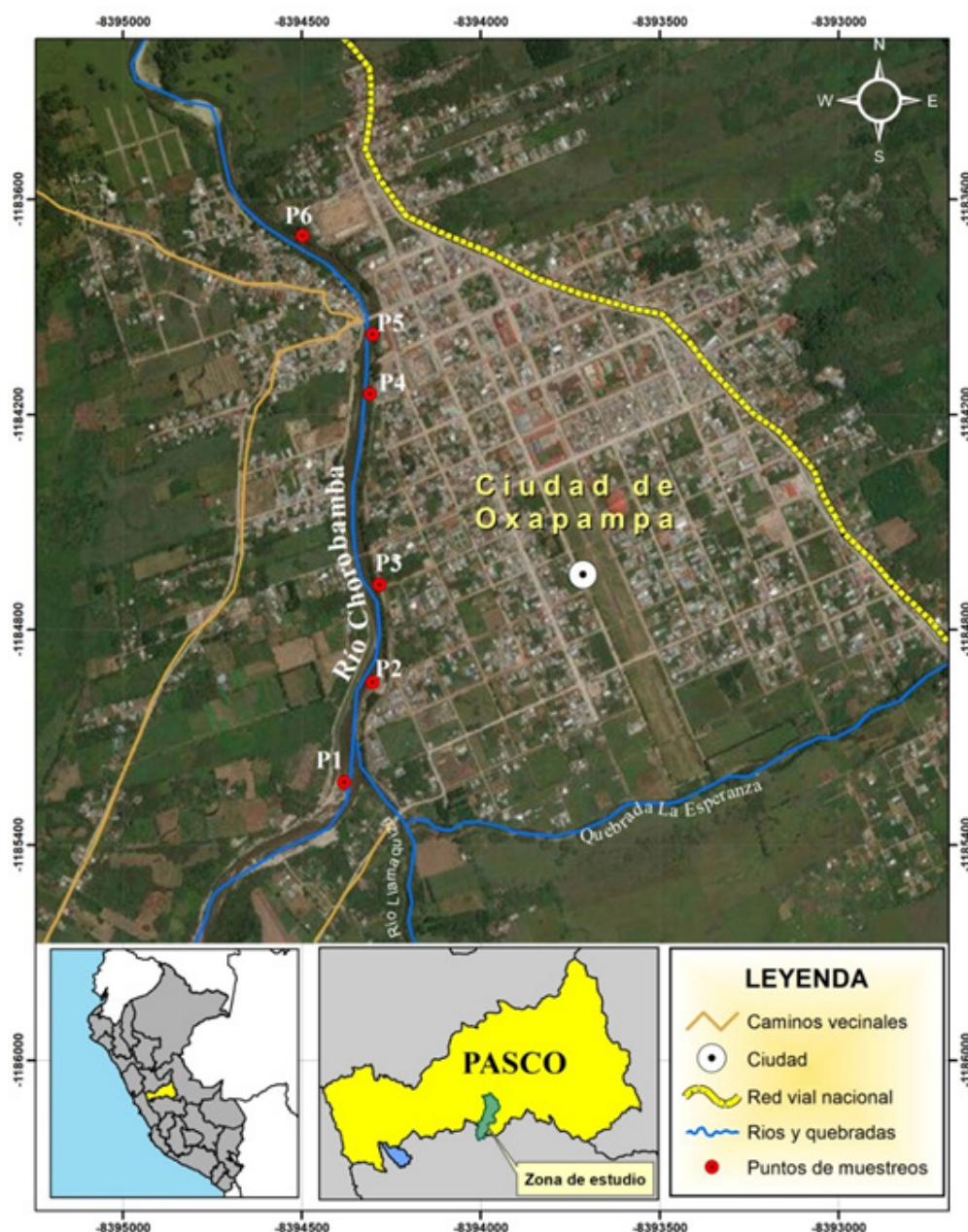


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo-Zona urbana. Nota: La imagen muestra la ubicación de los puntos de muestreo-Zona urbana del río Chorobamba. Elaboración propia.

Además, el diseño experimental consistió en un muestreo puntual sincrónico en los seis PM establecidos. En cada punto, se recolectaron muestras de agua en duplicado para análisis in situ y ex situ. Las coordenadas geográficas y altitud

de cada PM fueron registradas con un dispositivo GPS de mano, garantizando la replicabilidad del muestreo. La toma de muestras se realizó siguiendo protocolos estandarizados para evitar la contaminación cruzada.

Para la evaluación de parámetros físico-químicos in situ, se emplearon instrumentos portátiles previamente calibrados. La temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS), salinidad, potencial de óxido-reducción (ORP) y oxígeno disuelto se midieron con un equipo multiparamétrico marca HANNA. La turbidez se cuantificó con un turbidímetro portátil.

Por otro lado, las muestras para análisis de laboratorio fueron transportadas en neveras a 4 °C hasta el Laboratorio de Aguas de la UNDAC. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se determinó por el método de reflujo cerrado y titulación. La Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5) se midió mediante el método de dilución y incubación a 20 °C. El análisis microbiológico para enterobacterias lactosa negativa se realizó por la técnica de filtración por membrana y siembra en agar específico.

Respecto al análisis de datos, se empleó estadística descriptiva para resumir los resultados. Para cada parámetro en los seis puntos de muestreo, se calculó el valor mínimo, máximo y se realizó una comparación directa con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua vigentes en Perú. A pesar, del diseño descriptivo y el número limitado de puntos, se aplicaron pruebas de inferencia estadística comparativa.

Además, todos los análisis se procesaron utilizando el software Microsoft Excel 2019 para la organización de datos y la generación de tablas. El estudio se condujo bajo principios éticos de rigor científico e integridad en la recolección y reporte de datos. Al tratarse de una evaluación ambiental que no involucró sujetos humanos, se priorizaron los principios de no maleficencia hacia el ecosistema y se siguieron las normativas nacionales para el monitoreo de recursos hídricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2, presenta los resultados de los parámetros físicos evaluados en seis puntos de monitoreo (PM1 a PM6) del río Chorobamba durante la época de creciente. Los datos revelan una notable variabilidad espacial en todos los indicadores medidos. La temperatura del agua osciló entre 19,80 °C (PM4) y 22,40 °C (PM2 y PM5), mostrando un rango térmico moderado. El pH se mantuvo en un intervalo de 6,83 (PM3) a 7,38 (PM4), lo que indica condiciones ligeramente ácidas a neutro-alcalinas a lo largo del tramo estudiado. Este rango es compatible con diversos usos del recurso hídrico.

En primer lugar, destaca la amplia fluctuación en la conductividad eléctrica, con un valor máximo de 585,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el PM1, que contrasta marcadamente con el mínimo de 96,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$

registrado en el PM2. Esta diferencia, superior a un factor de seis, sugiere una entrada significativa de iones disueltos en el punto inicial del gradiente urbano, posiblemente asociada a una fuente puntual de contaminación o a la influencia de un afluente. Tal variación subraya la heterogeneidad en la composición química del agua a pequeña escala espacial Tabla 2.

Adicionalmente, los valores de turbidez mostraron una tendencia claramente ascendente en sentido del flujo, desde 9,38 NTU en el PM1 hasta 54,60 NTU en el PM6. Este incremento progresivo, casi séxtuple, es consistente con el arrastre y resuspensión de material particulado a medida que el río recorre la zona urbana, pudiendo estar relacionado con procesos erosivos de las riberas, escorrentía superficial urbana o descargas de sólidos en suspensión. La turbidez es un parámetro crítico que afecta directamente la penetración de luz y la ecología acuática Tabla 2.

No obstante, el parámetro más crítico identificado es la saturación de oxígeno, el cual exhibió variaciones extremas. Mientras que en el

PM4 se registró un valor de 53,60%, en el PM1 se obtuvo un valor mínimo de 0,12%. Esta hipoxia severa en un punto específico es un resultado alarmante que indica un proceso de consumo intenso de oxígeno, probablemente debido a la descomposición de materia orgánica proveniente de descargas de aguas residuales no tratadas. Este ambiente sería inhabitable para la mayoría de la fauna acuática aerobia Tabla 2.

También, los parámetros de potencial eléctrico (1,20 a 186,70 mV) y resistencia eléctrica (1,575 a 17,18 Ω) complementan el perfil fisicoquímico, reflejando cambios en las condiciones redox y la composición iónica del agua. La coherencia interna de los datos, donde el punto PM1 muestra simultáneamente la mayor conductividad, la menor resistencia y la hipoxia más severa, apunta a que este sitio actúa como un foco de alteración significativa. En conjunto, la tabla evidencia que el tramo urbano del río no presenta condiciones físicas homogéneas, sino que está sujeto a impactos localizados que degradan su calidad ambiental de forma diferencial Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros físicos del agua del río Chorobamba en época de creciente.

Parámetros físicos	Puntos de monitoreo					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura del agua (°C)	21,70	22,40	20,30	19,80	22,40	20,30
pH (Unidades de pH)	7,14	7,31	6,83	7,38	7,10	7,21
Conductividad (μ S/cm)	585,60	96,10	135,40	103,20	119,90	99,20
Turbidez (NTU)*	9,38	20,40	10,28	26,90	46,00	54,60
Potencial eléctrico (mV)	1,20	186,70	45,80	93,30	5,80	6,50
Resistencia eléctrica (Ω)	1,575	4,54	6,012	9,64	7,91	17,18
Saturación de oxígeno (%)	0,12	4,40	0,15	53,60	7,60	8,40

Nota: *Significativo.

La Tabla 3, resume los parámetros químicos evaluados en el río Chorobamba. Los resultados muestran una variabilidad considerable entre los seis puntos de monitoreo. El oxígeno disuelto (OD) presentó un rango de 5,20 a 9,90 mg/L, con el valor mínimo registrado en el PM4 y el máximo en el PM3. Los sólidos totales disueltos (TDS) y la salinidad exhibieron sus concentraciones máximas en el PM1 (317,1 mg/L y 309,1 mg/L, respectivamente), disminuyendo progresivamente aguas abajo. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO5) mostraron valores dispares, con puntos que registraron 0 mg/L y otros con concentraciones significativas.

En este sentido, la concentración de oxígeno disuelto, aunque en su mayoría por encima del límite de 5 mg/L establecido para la conservación de la vida acuática, presenta una fluctuación que sugiere procesos dinámicos de consumo y reaireación a lo largo del tramo. El valor de 5,20 mg/L en el PM4, cercano al umbral normativo, podría indicar un estrés puntual para los organismos aerobios. Esta variabilidad espacial debe correlacionarse con los datos de saturación de oxígeno de la Tabla 2 para un diagnóstico integral del estado trófico del cuerpo de agua Tabla 3.

Adicionalmente, la distribución espacial de los TDS y la salinidad es el resultado más revelador de la tabla. La concentración excepcionalmente alta

en el PM1, que luego disminuye drásticamente, constituye una firma clara de una descarga puntual de efluentes con alta carga iónica. Este patrón es consistente con el ingreso de aguas residuales domésticas o residuos de actividad pecuaria no tratados. La progresiva dilución aguas abajo sugiere un proceso de mezcla, aunque los valores en el PM6 (52,18 mg/L de TDS) aún reflejan la influencia de la contaminación Tabla 3.

Asimismo, los resultados de DQO y DBO5 presentan un patrón irregular difícil de interpretar sin el contexto de las condiciones de flujo y los aportes específicos en cada punto. La ausencia de DBO5 en los PM5 y PM6 (0 mg/L) contrasta con valores de hasta 28 mg/L en el PM2. Esta disparidad podría deberse a la naturaleza inmediatamente biodegradable de la materia orgánica en puntos específicos, o a limitaciones metodológicas en la detección. No obstante, los valores positivos de DQO confirman la presencia de materia orgánica no necesariamente biodegradable Tabla 3.

En consecuencia, al contrastar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) peruanos, se identifica que el parámetro más crítico es la DBO5. El valor de 12 mg/L en el PM5 supera el límite de 10 mg/L para la conservación del ambiente acuático en ríos de sierra. Esta superación, junto con la elevada salinidad en el PM1, evidencia que la calidad química del río

se ve comprometida por la actividad antrópica. La combinación de alta carga iónica y materia orgánica refleja un impacto complejo que requiere

una gestión dirigida a controlar las descargas en la zona alta del tramo urbano monitoreado Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros químicos del agua del río Chorobamba en época de creciente.

Parámetros químicos	Puntos de monitoreo					
	1	2	3	4	5	6
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,7	7,9	9,9	5,20	6,6	9,5
Sólidos totales disueltos (mg/l)	317,1	108,2	73,77	66,75	63,65	52,18
Salinidad (mg/l)*	309,1	ND	70,48	74,84	62,69	54,18
DQO (mg/l)	18,0	28,0	9,0	21,00	0,00	0,00
DBO5 (mg/l)	5,0	2,0	2,0	2,00	12,00	2,00

La demanda bioquímica de oxígeno incubando una muestra durante cinco días a 20 °C (DBO5) como estándar de calidad de agua en ríos de costa o sierra o selva es 10 mg/l / * Significativo.

La Tabla 4, presenta los resultados del parámetro microbiológico evaluado en los seis puntos de monitoreo (PM1 a PM6) del río Chorobamba. El único indicador reportado es la concentración de enterobacterias lactosa negativa, expresada en Unidades Formadoras de Colonias (UFC). De manera crítica y uniforme, en todos los puntos de muestreo se registró un recuento superior a 100,000 UFC, sin que se reporten valores cuantitativos diferenciales entre los distintos sitios a lo largo del tramo urbano evaluado. Este resultado homogéneamente elevado en toda la zona de estudio constituye el resultado biológico más alarmante de la investigación.

Al respecto, la presencia de enterobacterias lactosa negativa en concentraciones tan altas y generalizadas es un indicador microbiológico robusto de contaminación fecal reciente y masiva.

Este grupo bacteriano incluye géneros patógenos como Salmonella, Shigella y Yersinia, entre otros, cuyo origen primario son los tractos intestinales de humanos y animales de sangre caliente. La uniformidad de los recuentos en todos los puntos sugiere que la contaminación no es un evento puntual aislado, sino un proceso continuo y difuso a lo largo de todo el sector urbano del río Tabla 4.

Adicionalmente, estos resultados tienen implicancias directas y graves para la salud pública. Un cuerpo de agua con tales características microbiológicas representa un riesgo sanitario extremo para las poblaciones que tengan contacto directo o indirecto con él, ya sea a través de actividades recreativas, uso para riego de hortalizas o, potencialmente, como fuente de agua para consumo animal sin tratamiento. La exposición puede derivar en enfermedades gastrointestinales

graves, especialmente en niños, ancianos e individuos inmunocomprometidos Tabla 4.

Por último, la convergencia de este hallazgo microbiológico con los parámetros físico-químicos discutidos previamente, especialmente la hipoxia en PM1 y la elevada carga orgánica e iónica, configura un cuadro integral de deterioro ambiental severo. La materia orgánica de origen

fecal contribuye al consumo de oxígeno (DBO) y promueve condiciones eutróficas. En conjunto, la Tabla 4 evidencia que la contaminación biológica es el problema de calidad de agua más crítico y extendido en el río Chorobamba, demandando intervenciones urgentes en el saneamiento básico y el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Oxapampa Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros biológicos del agua del río Chorobamba en época de creciente.

Parámetro biológico	Puntos de monitoreo					
	1	2	3	4	5	6
Enterobacterias lactosa negativa (UFC)	> 100 000	> 100 000	> 100 000	> 100 000	> 100 000	> 100 000

UFC (unidades formadoras de colonias).

Discusión

Los resultados de este estudio revelan un deterioro significativo de la calidad del agua en el tramo urbano del río Chorobamba durante la época de creciente. Este patrón de degradación ambiental en sistemas lóticos impactados por actividades humanas encuentra amplio respaldo en la literatura científica regional. La investigación evidencia que la contaminación no es un fenómeno aislado, sino una consecuencia directa de las presiones antrópicas sobre los ecosistemas acuáticos, un hecho ampliamente documentado en diversas cuencas de América Latina (6).

En primer lugar, el incremento espacial en parámetros como la turbidez y los sólidos totales disueltos (TDS) desde el PM1 al PM6 refleja un proceso de arrastre y aporte constante de materiales. Este resultado es coherente con lo documentado en cabeceras andinas, donde los eventos de lluvia concentran la mayor movilización de sedimentos y materia orgánica (19). Sin embargo, mientras su estudio cuantificó procesos naturales, los valores extremos en el Chorobamba, especialmente la conductividad de 585,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en PM1, apuntan a una fuente antrópica adicional, probablemente descargas de efluentes no

tratados, una causal reiterada en ríos impactados por centros urbanos (7).

Adicionalmente, la variabilidad espacial observada en los parámetros fisicoquímicos, con puntos de alta alteración como el PM1, corrobora los modelos de impacto antrópico en ríos de montaña. Investigaciones previas demostraron cómo la calidad del agua se deteriora de manera heterogénea en función de las descargas locales (9). Esta similitud subraya que, independientemente de la geografía, la ocupación del territorio sin planificación sanitaria genera puntos críticos de contaminación que afectan el curso fluvial completo (20).

No obstante, un contraste importante se presenta con estudios en otros ríos, donde la calidad del agua se reportó como mayormente aceptable (10). Esta diferencia puede atribuirse a una menor densidad poblacional relativa o a la existencia de cierta capacidad de autodepuración en ese sistema, la cual parece estar sobrepasada en el Chorobamba. La hipoxia severa (0,12% de saturación) registrada en un punto del río peruano es un indicador de un estrés ambiental mucho más agudo, vinculado a una alta carga orgánica de rápido consumo.

Asimismo, los niveles de DBO5 y DQO, aunque con valores máximos puntuales, no alcanzan las concentraciones extremas reportadas en otros cuerpos de agua fuertemente impactados por

industria o agricultura intensiva. Esto sugiere que la principal fuente de contaminación en el Chorobamba es de tipo doméstico y pecuario, una situación análoga a la documentada donde los nutrientes provenientes de descargas cloacales fueron el principal vector de deterioro (8).

Por otro lado, los resultados microbiológicos presentados revelan una contaminación fecal severa y generalizada en el tramo urbano del río Chorobamba, con recuentos de enterobacterias lactosa negativa superiores a 100,000 UFC en todos los puntos de monitoreo, el cual es consistente y aún más grave que los reportados para otros ríos (12,21). Este resultado constituye un indicador robusto de contaminación reciente de origen fecal, principalmente de excretas humanas y animales, lo que representa un riesgo sanitario inminente para la población que tiene contacto directo o indirecto con el agua, coincidiendo con los elevados riesgos microbiológicos documentados en revisiones clínicas sobre agua de consumo y recreación (13).

Adicionalmente, la uniformidad de la contaminación a lo largo de todo el gradiente urbano sugiere un aporte difuso y continuo de aguas residuales no tratadas, más que un evento puntual aislado. Este patrón es consistente con estudios realizados en ríos de Colombia, donde se identificaron niveles alarmantes de coliformes fecales asociados a descargas domésticas, indicando una problemática sanitaria recurrente en

cuencas impactadas por asentamientos humanos (12).

Asimismo, la presencia masiva de enterobacterias patógenas, como las aquí detectadas, se correlaciona directamente con la degradación ambiental documentada en otros sistemas fluviales bajo presión antrópica. Investigaciones en Argentina y Ecuador han demostrado que la falta de saneamiento básico es un determinante crítico en el deterioro de la calidad del agua, generando condiciones que comprometen la salud pública y los ecosistemas acuáticos, tal como se evidencia en el río Chorobamba (8,10).

Por otro lado, la convergencia de esta contaminación microbiológica con parámetros físico-químicos alterados, como la hipoxia extrema y la alta carga orgánica, configura un cuadro integral de estrés ambiental severo. Esta sinergia de factores, donde la materia orgánica de origen fecal promueve el consumo de oxígeno, ha sido descrita en modelos de impacto antrópico en ríos de montaña, subrayando la complejidad de la degradación en cursos de agua con alta intervención humana (9).

Además, la magnitud y extensión de la contaminación fecal evidencian una clara falla en la gestión de aguas residuales dentro de una Reserva de Biosfera, contradiciendo su estatus de conservación. Este resultado refuerza la

urgente necesidad, señalada en la literatura sobre gestión integrada de cuencas, de implementar sistemas de saneamiento básico y tratamiento de efluentes, alineando la planificación territorial con la protección de los recursos hídricos para salvaguardar la salud pública y la integridad ecológica (4,5).

Por otro lado, la ausencia de análisis de metales pesados en este estudio marca una diferencia metodológica con otras investigaciones (22,23). Si bien los parámetros evaluados son suficientes para diagnosticar una contaminación orgánica y microbiológica severa, la inclusión de metales, nutrientes y plaguicidas proporcionaría un perfil de calidad del agua más integral para una zona con actividad agropecuaria (24).

Cabe destacar que la problemática identificada ocurre dentro de una Reserva de Biosfera UNESCO, lo que agrava la contradicción entre el estatus de conservación y la realidad ambiental. Esto resalta la urgente necesidad de integrar la gestión hídrica con el ordenamiento territorial (4,5). La falta de esta integración, sumada a la variabilidad estacional, exacerba los episodios de contaminación durante las crecientes (17).

Además, los resultados refuerzan la utilidad de los enfoques multimétricos para la evaluación (14,25). No obstante, la omisión de indicadores biológicos como macroinvertebrados o diatomeas representa una limitación. La inclusión de estos

bioindicadores habría permitido una valoración ecológica más robusta del impacto sobre la biota acuática, complementando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos aquí reportados (15,16).

CONCLUSIONES

Ambas márgenes del río Chorobamba habita la población de la ciudad de Oxapampa, siendo la mayor concentración en el margen derecho, que como producto de actividades diarias vienen afectando la calidad ambiental del agua a través del arrojo de residuos sólidos, desechos líquidos; por ende, causando impacto negativo sobre la vegetación y organismos animales acuáticos y ribereños, a tal punto que no es posible los peces llamados anchoveta, que si encuentra en tributarios ubicados en zonas alejadas a la ciudad.

La calidad ambiental en base a los parámetros ambientales físicos, químicos y biológicos del río Chorobamba se determinó que, en época de creciente vario en relación con los puntos de muestreo, resultando significativo para la turbidez, salinidad; también, la calidad ambiental del río Chorobamba en época de creciente se ve afectada por la presencia enterobacterias lactosa negativas.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

1. Municipalidad Provincial de Oxapampa. pdfcoffee.com. 2010. Plan Desarrollo Concertado de La Provincia de Oxapampa 2009-2021. <https://pdfcoffee.com/plan-desarrollo-concertado-de-la-provincia-de-oxapampa-4-pdf-free.html>
2. UNESCO. Plan de acción de la reserva de biósfera Oxapampa Asháninka Yánesha 2015 – 2021 [Internet]. 2015. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-pasco/archivos/public/docs/plan_accion_reserva_biosfera_yanecha.pdf
3. INEI. Pasco: V Censo Nacional Económico, resultados definitivos [Internet]. Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2018. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7382155/6121164-pasco-v-censo-nacional-economico-resultados-definitivos.pdf?v=1734966080>
4. Montero J. Importancia de las cuencas Cachi Mayu y Cajamarca en Sucre: una revisión basada en ecorregiones, políticas y servicios ambientales. Rev Investig E Innov Agropecu Recur Nat [Internet]. diciembre de 2023;10(3):106-25. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182023000300106&lng=es&nrm=iso&tlng=es
5. Rodríguez K, Montealegre H. Diseño de estrategias de conservación, mejoramiento y aprovechamiento del recurso hídrico en el área de influencia de los municipios de Girardot, Nariño, Guataquí, Jerusalén y Tocaima ubicados en el sector sur de la Cuenca Hidrográfica de Río Seco? Revisión Sistemática. J Bus Entrep Stud [Internet]. 2020;4(1). <https://www.redalyc.org/journal/5736/573667940015/html/>
6. Govea E. Causas y efectos de la contaminación del agua: Revisión científica. Neuropolis Sci J [Internet]. 14 de mayo de 2025;3(1):148-53. <https://revistas.ucaribe.edu.pa/index.php/nsj/article/view/27>

7. Fierro D, Muñoz A. Contaminación del Río Magdalena: una Revisión Documental Sobre su Situación Ambiental en el Departamento del Huila. Erasmus Semilleros Investig [Internet]. 19 de diciembre de 2023;8(1):46-51. <https://journalusco.edu.co/index.php/erasmus/article/view/3985>
8. Carbone M, García B, Marcovecchio J, Piccolo M, Perillo M. Impacto antrópico en la calidad del agua superficial de la cuenca media del arroyo Claromecó, Argentina. Cuad Investig Geográfica [Internet]. junio de 2013;39(2):391-404. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/2992>
9. Formica S, Sacchi G, Campodonico V, Pasquini A, Cioccale M. Modelado de calidad de agua en ríos de montaña con impacto antrópico. Caso de estudio: Sierra Chica de Córdoba, Argentina. Rev Int Contam Ambient [Internet]. 2015;31(4):327-41. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-49992015000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
10. Quiroz S, Izquierdo E, Menéndez C. Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. Ing Hidráulica Ambient [Internet]. diciembre de 2017;38(3):41-51. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
11. Meneses Y, Castro I, Jaramillo M, Meneses Y, Castro I, Jaramillo M. Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL y ABL. Acta Biológica Colomb [Internet]. agosto de 2019;24(2):299-310. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-548X2019000200299&lng=en&nrm=iso&tlng=es
12. Castillo M, Fontalvo A, Borja M. Calidad bacteriológica del agua de los ríos Manaure y Casacará, departamento del Cesar, Colombia. Luna Azul [Internet]. 1 de enero de 2018;(46):106-24. <https://revistasoj.s.ualdas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/3110>
13. Alba J de JR, Ortega L, Álvarez G, Cervantes M, Ruiz , Urtiz NE, et al. Riesgos microbiológicos en agua de bebida: una revisión clínica. Quím Viva [Internet]. 2013;12(3):215-33. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278004.pdf>
14. Matovelle C, Quinteros M, Quinteros K, Jaramillo K. Water quality assessment methods of the highland Andean rivers: A scoping systematic review. Heliyon [Internet]. 15 de mayo de 2024;10(9). [https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440\(24\)06583-6](https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440(24)06583-6)
15. Calizaya J, Avendaño M, Delgado I. Evaluación de la calidad del agua fluvial con Diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2013;30(1):58-63. <https://www.scielo.org/pdf/rpmesp/2013.v30n1/58-63/es>
16. Salcedo S, Artica L, Andrea F. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. Apunt Cienc Soc. 2013;3(2):4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5042996>
17. Llontop L, Correa D. Variabilidad estacional en la cuenca Chancay-Lambayeque: desafíos y oportunidades en la gestión de los recursos hídricos. South Sustain. 2023;4(2):e087-e087. <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/1681>
18. Avendaño C, Pino E, Espinoza J, Cabrera F, Ramos L, Chávarri E, et al. El impacto de las inundaciones en la zona norte del Desierto de Atacama: una revisión histórica sistemática de los eventos en el periodo 1911 a 2022. Diálogo Andino. 2024;(75):48-67. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0719-26812024000300048&lng=es&nrm=iso&tlng=es
19. Townsend A, McClain M, Hall B, Noguera J, Llerena C, Brandes J. Suspended sediments and organic matter in mountain headwaters of the Amazon River: Results from a 1-year time series study in the central Peruvian Andes. Geochim Cosmochim Acta. 2008;72(3):732-40. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016703707006825>
20. Ramos M, Berroterán D, Najul M. Patrones de ocupación del territorio en la Cuenca Media del Río Tuy y su impacto en la calidad del agua. Rev Fac Ing Univ Cent Venezuela. 2014;29(3):17-28. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_

abstract&pid=S0798-40652014000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

21. Zambrano D, Delgado G, Zambrano T, Peñaherrera L, Zambrano D, Delgado G, et al. Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*. 2022;9(2). http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2477-88502022000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es

22. Rizzo A, Romina D, Arcagni M, Perez Catán S, Bubach D, Sánchez R, et al. Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte. *Ecol Austral*. 2010;20(2):155-71. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1667-782X2010000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

23. Mancera J, Álvarez L. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colomb*. 2006;11(1):3-23. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-548X2006000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es

24. Jurado M, Mercado I, Jurado M, Mercado . Revisión sistemática de técnicas no convencionales para la evaluación de la calidad del agua de ríos contaminados con plaguicidas. *Entre Cienc E Ing*. 2017;11(21):56-65. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-83672017000100056&lng=en&nrm=iso&tlng=es

25. Zapata D, Oleas N, Páez M, Tobes I. Water Quality Assessment of the Cutuchi River Basin (Ecuador): A Review of Technical Documents. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2021;690(1):012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/690/1/012058>