

Estado ecológico de laguna de Angasq'ocha del Santuario Nacional de Ampay, Abancay – Apurímac

Ecological Status of Angasq'ocha Lagoon in the National Sanctuary of Ampay, Abancay – Apurímac

Wilber Alviz-Soncco^{1*} , Percy Yanque-Yucra¹ 

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

Correspondencia:

Wilber Alviz-Soncco

walvizsoncco@gmail.com

Cómo citar:

Alviz-Soncco, W., & Yanque-Yucra, P. (2025). Estado Ecológico de la laguna de Angasq'ocha del Santuario Nacional de Ampay, Abancay – Apurímac. *Cantua*, 22(1), 22–29. <https://doi.org/10.51343/cantu.v22i1.1719>

Recibido: 15 mar 2025

Aprobado: 10 may 2025

Publicado: 29 ago 2025

Copyright © 2025 Publicado por Cantua. Este es un artículo de acceso abierto bajo licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco



Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el estado ecológico de la laguna de Angasq'ocha, ubicada en el Santuario Nacional del Ampay (Abancay – Apurímac), durante el periodo 2020–2021, frente a las presiones ambientales derivadas de actividades antrópicas locales. Para ello, se aplicó la metodología integral propuesta por Rico (2006), que considera indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos. Se analizaron la composición y riqueza del fitoplancton, los macroinvertebrados acuáticos, la flora circunlacustre, así como parámetros físico-químicos del ecosistema lacustre. Los resultados evidenciaron una concentración de clorofila a de 2.6 mg/m³, y un Índice de Estado Trófico de Carlson que clasifica a la laguna como mesotrófica, sin presencia de blooms algales. Se identificaron dos familias macroinvertebrados acuáticos (*Planariidae* y *Notonectidae*) 33 especies de vegetación circundante distribuidas en 20 familias, predominando Asteraceae y Lorantheaceae. Este conjunto de indicadores biológicos fue calificado con un estado de calidad “bueno”. En el componente fisicoquímico, se registró una transparencia del agua de 3 m, oxígeno disuelto de 6.09 mg/L, conductividad eléctrica inferior al 0.05 %, pH promedio de 7.94, nitrógeno total de 0.99 mg/L y fósforo total de 0.0815 mg/L, obteniéndose también una calificación global de “bueno”. Respecto a los parámetros hidromorfológicos, la laguna presentó una profundidad promedio de 3.5 m, sin vertidos urbanos ni alteraciones significativas en su ribera, alcanzando una calificación de “muy bueno”. El estado ecológico de la laguna de Angasq'ocha tiene la categoría de “bueno”, lo cual indica un ecosistema funcional, aunque con ciertos indicadores que requieren monitoreo permanente para evitar procesos de deterioro ambiental.

Palabras clave: estado ecológico, fitoplancton, macroinvertebrados acuáticos, humedales altoandinos, calidad del agua, evaluación ambiental.

Abstract

This study aimed to assess the ecological status of the Angasq'ocha Lagoon, located within the Ampay National Sanctuary (Abancay – Apurímac, Peru), during the 2020–2021 period, in response to environmental pressures caused by local anthropogenic activities. To achieve this, the integrated methodology proposed by Rico (2006) was applied, incorporating biological, physicochemical, and hydromorphological indicators. The composition and richness of phytoplankton, aquatic macroinvertebrates, and riparian flora were analyzed, along with key physicochemical parameters of the lacustrine ecosystem. The results revealed a chlorophyll a concentration of 2.6 mg/m³, and the Carlson Trophic State Index categorized the lagoon as mesotrophic, with no evidence of algal blooms. Two families of aquatic macroinvertebrates (*Planariidae* and *Notonectidae*) were identified, as well as 33 plant species from 20 botanical families, with Asteraceae and Lorantheaceae being the most abundant. These biological indicators correspond to a “good” ecological status. In the physicochemical component, water transparency reached 3 m, dissolved oxygen was 6.09 mg/L, electrical conductivity was below 0.05%, and pH averaged 7.94. However, total nitrogen (0.99 mg/L) and total phosphorus (0.0815 mg/L) slightly exceeded reference limits, although the overall physicochemical quality was still rated as “good.” Hydromorphological parameters showed a mean depth of 3.5 m, with no urban discharges or significant shoreline alterations, resulting in a “very good” rating. Overall, the ecological status of the Angasq'ocha Lagoon was classified as “good,” indicating a functional ecosystem, though some indicators highlight the need for continuous monitoring to prevent environmental degradation.

Keywords: ecological status, phytoplankton, aquatic macroinvertebrates, andean wetlands, water quality, environmental assessment.

INTRODUCCIÓN

La laguna de Angasq'ocha, ubicada en el Santuario Nacional del Ampay (Abancay – Apurímac), ha sido históricamente reconocida por su biodiversidad y por los múltiples servicios ecosistémicos que proporciona. No obstante, en las últimas décadas ha enfrentado presiones crecientes debido a actividades humanas como la expansión agrícola, el turismo sin control y la falta de planificación ambiental. Esta situación ha generado alteraciones en la composición florística, en la calidad del agua y en las funciones ecológicas de sus comunidades biológicas.

Diversos estudios han evidenciado la importancia de evaluar integralmente el estado ecológico de humedales altoandinos mediante indicadores fisicoquímicos, biológicos e hidromorfológicos. Por ejemplo, Hauenstein et al. (2008) estudiaron la flora y el estado trófico de lagunas costeras chilenas, subrayando la sensibilidad de estos cuerpos de agua frente a la presión antrópica. De forma similar, Pilar & Gómez (2006) investigaron la presencia de microalgas en humedales urbanos en Colombia, asociando la composición fitoplanctónica con niveles crecientes de urbanización. En esa línea, Pangea (2007) identificó que la pérdida de biodiversidad en humedales colombianos respondía tanto a factores naturales como al deterioro ocasionado por actividades humanas. Hernández (2015) complementó estos hallazgos al analizar indicadores de calidad ambiental en humedales chilenos, concluyendo que la industrialización tenía efectos directos sobre la funcionalidad ecológica.

En el contexto andino peruano, Alvis y Cevalloz (2018) realizaron una caracterización de la Laguna de Usphaq'ocha, aportando datos sobre su composición biológica y estado ecológico, mientras que Castro & Ríos (2000) documentaron la flora presente en el humedal de Huacarpay, resaltando la diversidad vegetal de la región surandina. A nivel del altiplano, Choque & Calle (2020) desarrollaron una evaluación integral del humedal Upaqocha, incorporando variables florísticas y parámetros fisicoquímicos del agua. Asimismo, Nina

Arce (2017) realizaron un estudio ecológico del humedal Phuyuqocha en Cusco, enfatizando la relevancia de conservar los ecosistemas húmedos ante el avance de la frontera agrícola.

Los aportes de Senhandji et al. (2017), quienes evaluaron el estado ecológico de 29 humedales en Colombia, coincidieron en señalar la urbanización, la contaminación por aguas residuales y el cambio en el uso del suelo como amenazas comunes en entornos húmedos latinoamericanos. Por su parte, el Ministerio del Ambiente (2015) remarcó la urgencia de generar información sistemática sobre los humedales del Perú para orientar su gestión sostenible.

En términos metodológicos, Rico (2006) propuso un enfoque integral para evaluar ecosistemas acuáticos lacustres, articulando parámetros biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos, metodología que ha sido ampliamente aplicada en diversos estudios ecológicos andinos y tropicales. Así también, la American Public Health Association et al. (2017) establecieron los estándares para el análisis de agua y aguas residuales, siendo este manual una referencia técnica esencial en investigaciones ambientales.

A nivel regional, Hauenstein et al. (2008) y Gómez et al. (2021b) han remarcado la importancia de considerar tanto la diversidad biológica como las dinámicas tróficas en ecosistemas de humedales. Investigaciones como la de López et al. (2020) en azúcares solubles y la de Gómez et al. (2018) sobre el rol de la prolina en condiciones de estrés, muestran cómo las respuestas fisiológicas también pueden ser indicadores del estado ambiental de las plantas acuáticas.

No obstante, a pesar de la valiosa información generada por estudios previos, persistió una falta de datos específicos y actualizados sobre la laguna de Angasq'ocha. Este vacío limitó la toma de decisiones orientadas a la conservación efectiva del ecosistema.

Este estudio se orientó a llenar ese vacío, evaluando el estado ecológico de la laguna de Angasq'ocha mediante el análisis integrado de la riqueza y composición del fitoplancton, macroinvertebrados acuáticos y flora acuática, así como el registro de variables fisicoquímicas y parámetros hidromorfológicos, siguiendo la metodología propuesta por Rico (2006) y considerando los estándares establecidos por la American Public Health Association et al. (2017).

El objetivo general fue evaluar el estado ecológico

de este humedal durante el periodo 2020-2021, contribuyendo a generar información relevante para orientar estrategias de conservación y restauración. La información obtenida no solo permitirá reforzar el conocimiento científico sobre los humedales altoandinos, sino también fortalecer el vínculo entre las comunidades locales y la conservación del patrimonio natural, promoviendo prácticas sostenibles compatibles con la riqueza biológica de la región (MINAM, 2015; Hernández, 2015).

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló en la laguna de Angas'ocha, localizada dentro del Santuario Nacional del Ampay, en el distrito de Abancay, región Apurímac, Perú (Figura 1). Este ecosistema lacustre de alta montaña se sitúa en un contexto biogeográfico de gran relevancia ecológica, caracterizado por su altitud, régimen climático andino y amplia diversidad biológica. La laguna cumple la función de hábitat para especies endémicas y como fuente de servicios ecosistémicos para las comunidades rurales circundantes, lo que justifica la necesidad de una evaluación detallada de su estado ecológico.

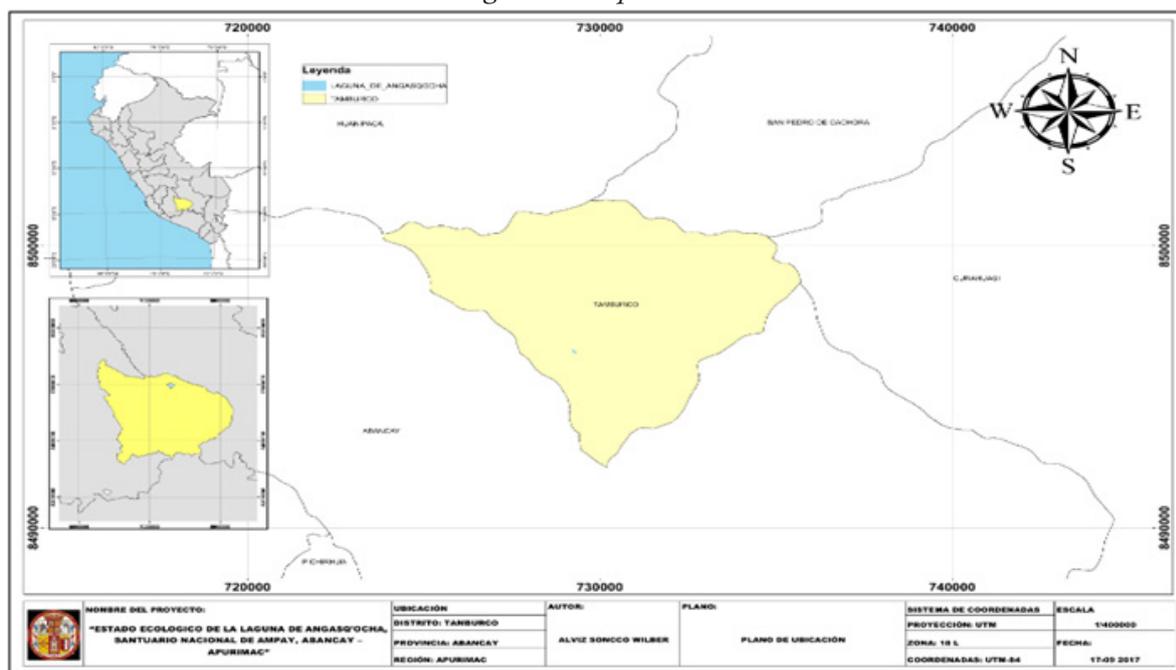
Para el análisis de la comunidad fitoplanctónica se consideraron tres aspectos: concentración de clorofila a, clasificación del estado trófico mediante el índice de Carlson, y la detección visual de afloramientos algales. Las

muestras fueron recolectadas con redes de fitoplancton de 35 µm, conservadas en formaldehído al 4% y transportadas en condiciones refrigeradas.

- Clorofila a: Se utilizó espectrofotometría según el método de APHA (2017), incluyendo acidificación para cálculo de feofitina a. Los resultados se expresaron en mg/m³.
- Estado trófico: Se aplicó el índice de Carlson (TSI) a partir de mediciones de transparencia (disco de Secchi), concentración de clorofila y fósforo total, clasificándose como: oligotrófico (TSI < 30), mesotrófico (30–60), eutrófico (60–90) o hipereutrófico (TSI > 90).
- Blooms algales: Se evaluó visualmente la cobertura superficial de afloramientos algales, categorizándose en: muy bueno/bueno (sin presencia), moderado (<25%), malo (25–75%) y muy malo (>75%).

Se establecieron transectos en distintos sectores de la laguna para el muestreo de macroinvertebrados. Las muestras fueron recolectadas con red tipo D, conservadas en etanol al 70% e identificadas en el laboratorio de Ecología de la UNSAAC, siguiendo claves taxonómicas especializadas (Nina y Arce, 2016). La clasificación ecológica de calidad se basó en la riqueza taxonómica obtenida: Bueno (>3), Moderado (entre 2 y 3) y Malo (<2).

Figura 1. Mapa de Ubicación



Se analizaron los siguientes parámetros:

- **Transparencia:** Medida con disco de Secchi en condiciones controladas. Estado de calidad: muy bueno (>3 m), bueno (2–3 m), moderado (1–2 m), malo (<1 m).
- **Temperatura:** Determinada al mediodía con termómetro digital calibrado. Estado óptimo según MINAM (2014): 14 °C (muy bueno); 11–14 °C o 14–17 °C (bueno); <11 °C o >17 °C (malo).
- **Oxígeno disuelto:** Método del azida modificado (SMEWW, 2017). Estado bueno/muy bueno: >5 mg/L.
- **Conductividad eléctrica:** Indicador de salinidad. Estado bueno/muy bueno: <0.05%; malo: >0.05% o con desviación >50% del valor natural.
- **pH:** Determinado según SMEWW (2017). Estado muy bueno: pH = 7; bueno: 6.5–9; malo: <6.5 o >9.
- **Nitrógeno total:** Medido según PE 335 Rev.3 (2016). Estado bueno: ≤0.315 mg/L; malo: >0.315 mg/L.
- **Fósforo total:** Determinado con método 4500-P (SMEWW, 2017). Estado bueno: ≤0.035 mg/L; malo: >0.035 mg/L.

Se evaluaron dos componentes:

- **Profundidad:** Se consideraron los impactos de agricultura y ganadería en la cuenca. Estado bueno: vegetación natural sin presión significativa.
- **Zona ribereña:** Se analizó la integridad de la línea de costa. Estado bueno: sin daños permanentes; malo: con alteraciones físicas relevantes.

La valoración general del estado ecológico se realizó mediante un enfoque integrador que consideró:

- **Parámetros biológicos:** fitoplancton, flora acuática, macroinvertebrados.

- **Parámetros fisicoquímicos:** transparencia, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, nitrógeno, fósforo.
- **Parámetros hidromorfológicos:** profundidad y ribera.

Cada parámetro fue calificado con un puntaje de 0 a 4 (Muy Malo a Muy Bueno). Se promediaron los resultados por grupo de indicadores, priorizando los biológicos para la calificación final, salvo que el estado físico-químico o hidromorfológico indicara afectaciones severas que justificaran una reclasificación del ecosistema.

RESULTADOS

El análisis de la comunidad fitoplanctónica en la laguna de Angas’ocha reveló una notable diversidad taxonómica. Se identificaron géneros representativos de cuatro divisiones principales, destacando *Closterium*, *Gonatozygon* y *Euglena*, con un total de 298 organismos registrados (Tabla 1).

Esta diversidad sugiere un ecosistema acuático activo y funcional, aunque la vigilancia continua es esencial para detectar cambios en la salud ecológica del hábitat.

La concentración de clorofila a fue de 2.6 mg/m³, lo que según los criterios establecidos se clasifica como un estado de calidad “muy bueno/bueno”.

En cuanto al Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI), se obtuvo un valor de 47.57 mg/m³ para la clorofila a, 41.87 para el disco de Secchi y 58.6 mg/m³ para el fósforo total (Tabla 2). En conjunto, estos resultados permiten clasificar la laguna como mesotrófica, es decir, en un estado de eutrofización moderada, correspondiente a una categoría de calidad “buena”. Durante el periodo de evaluación no se detectaron afloramientos algales o blooms, por lo que, de acuerdo con los criterios de calificación, se asignó a este indicador una categoría de estado “muy bueno”.

Tabla 1. Número de Especies de Fitoplancton en 10 bandas

DIVISION	GENERO	BANDAS DE CONTEO										TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Charophyta</i>	<i>Closterium</i>	6	4	5	7	6	8	6	9	8	7	66
<i>Charophyta</i>	<i>Spyrogira</i>	4	6	5	9	8	1	2	3	4	6	48
<i>Chlorophyta</i>	<i>Gonatozygon</i>	8	6	8	5	2	5	8	7	4	5	58
<i>Cianophyta</i>	<i>Nosctoc</i>	5	3	2	3	4	3	2	3	1	2	28
<i>Euglenophyta</i>	<i>Euglena</i>	5	6	5	6	6	6	6	6	5	5	56
<i>Euglenophyta</i>	<i>Phacus</i>	6	5	6	3	4	3	3	4	4	4	42
TOTAL											298	

Tabla 2. Índice de estado trofico de Carlson (TSI)

Descripción	Valor	TSI
Clorofila a (mg/m3)	2.6	47.57
Disco Secchi (m)	3	41.87
Fosforo Total mg/m3)	81.5	58.6

El muestreo de macroinvertebrados acuáticos en 11 puntos distribuidos en el ecosistema permitió identificar a Notonectidae como la familia más representativa. El número de individuos registrados y su diversidad relativa indican un estado de calidad “bueno” para este componente, lo cual refuerza la interpretación de que la laguna mantiene condiciones favorables para la vida acuática (Tabla 3).

Respecto a la vegetación circunlacustre, se registraron 33 especies distribuidas en 20 familias botánicas, siendo Asteraceae y Loranthaceae las más representativas (Tabla 4).

Tabla 3. Número de individuos de macroinvertebrados acuáticos en 11 puntos de muestreo

Clase	Orden	Familias observadas	Total
Insecta	Hemiptera	Notonectidae	600
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	338

No se observó vegetación flotante ni emergente, lo cual podría ser un indicio de condiciones hidrológicas o morfológicas particulares que limitan el establecimiento de estas formas vegetales. Sin embargo, la vegetación circundante mantiene una cobertura adecuada, lo que permite clasificar este indicador con un estado de calidad “bueno”.

En cuanto al Índice de Valoración de Humedales, se destaca la ausencia de especies vegetales introducidas, lo que contribuye a una calificación “muy buena/buena” para este parámetro, indicando una baja alteración del ecosistema por agentes exógenos.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados reflejan un estado de conservación mixto, con indicadores de alta calidad en algunos aspectos y niveles preocupantes en otros. La transparencia del agua, con una profundidad de disco de Secchi superior a 3 metros, junto con una temperatura estable de 14 °C, fueron clasificados como “muy buenos”, lo que sugiere una adecuada penetración de luz y condiciones térmicas óptimas para la productividad acuática.

Tabla 4. Especies por familia de la vegetación circunlacustre

FAMILIA	ESPECIE
	<i>Ageratina pentlandiana</i>
	<i>Bacharis latifolia</i>
	<i>Bacharis odonata</i>
	<i>Bacharis sp</i>
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>
	<i>Coniza bonariensis</i>
	<i>Senecio rudbeckiaefolius</i>
	<i>Senecio sp</i>
Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
	<i>Descuraria aff. Mycrophyla</i>
Berberidaceae	<i>Berberis boliviana</i>
	<i>Berberis carinata</i>
Cariophyllaceae	<i>Arenaria sp</i>
Coryphyllaceae	<i>Poronichya sp</i>
Cyperaceae	<i>Scirpus sp</i>
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>
Escalloniaceae	<i>Escallonia mirtiloides</i>
Fabaceae	<i>Astragalus garbancillo</i>
Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>
Grossulariaceae	<i>Ribes bachibotris</i>
	<i>Minthostachys setosa</i>
Loranthaceae	<i>Salvia sp</i>
	<i>Dendrophthora clavate</i>
	<i>Brachyotum sp.</i>
Melastomataceae	<i>Miconia alpine</i>
Poligonaceae	<i>Muehlenbeckia volcánica</i>
Ranunculaceae	<i>Ranunculus praemorsus</i>
	<i>Acaena argétea</i>
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>
Schraphylonaceae	<i>Veronica humifusa</i>
Solanaceae	<i>Saracha punctate</i>
	<i>Pilea dombeyana</i>
Urticaceae	<i>Urtica magellanica</i>

El oxígeno disuelto, medido en dos puntos con valores de 6.05 mg/L y 6.013 mg/L, fue suficiente para sustentar comunidades acuáticas diversas, clasificándose también como “muy bueno”. La conductividad eléctrica fue inferior al 0.05 %, lo que indica baja salinidad y escasa influencia de fuentes de contaminación, asignándose igualmente la categoría de “muy bueno/bueno”

En contraste, los niveles de nutrientes presentaron valores que exceden los límites recomendados. El nitrógeno total alcanzó los 0.99 mg/L, mientras que el fósforo total registró 0.072 mg/L y 0.091 mg/L en los puntos 1 y 2, respectivamente. Estas concentraciones

fueron clasificadas como “malas”, dado que superan los umbrales establecidos por la normativa Nacional (D.S. N°004-2017-MINAM), indicando una tendencia hacia la eutrofización del sistema.

El pH se mantuvo entre 7.91 y 7.97, lo que denota una ligera alcalinidad compatible con ecosistemas andinos, clasificándose como “bueno”. La evaluación hidromorfológica evidenció una profundidad media de 3.5 m y la ausencia de impactos significativos asociados a vertidos urbanos o prácticas agrícolas intensivas. Esto permitió calificar este componente como “muy bueno/bueno”.

Del mismo modo, la estructura de la ribera se mantuvo íntegra, sin alteraciones físicas relevantes ni modificaciones artificiales permanentes, por lo que recibió también una calificación de “muy buena”.

Estos resultados reflejan que, a pesar de ciertas presiones antrópicas, la morfología natural de la laguna permanece en estado funcional.

La valoración de los diferentes grupos de indicadores ambientales se realizó mediante la asignación de puntajes estandarizados en una escala de 0 a 4 (ver Tabla 5). El resumen de los valores obtenidos fue el siguiente:

- Parámetros biológicos: 3.4 (estado: bueno)
- Parámetros fisicoquímicos: 2.86 (estado: bueno)
- Parámetros hidromorfológicos: 3.75 (estado: muy bueno)

El estado ecológico de la laguna de Angasq'ocha se calculó como el promedio ponderado de los tres grupos de parámetros mencionados. El valor resultante fue de 3.3, correspondiente a un estado de calidad general “bueno” (ver Tabla 5). Este diagnóstico indica que, si bien el ecosistema mantiene un equilibrio ecológico aceptable, existen señales tempranas especialmente en la dimensión de nutrientes que ameritan un monitoreo regular y la implementación de medidas preventivas para evitar procesos de degradación ecológica en el futuro.

DISCUSION

La laguna de Angasq'ocha presentó una comunidad vegetal circunlacustre compuesta por 33 especies distribuidas en 20 familias botánicas, siendo Asteraceae

y Lorantheae las más representativas. Esta composición florística guarda semejanzas con estudios realizados en otros humedales altoandinos, como el de Castro & Ríos (2000) en Huacarpay, donde también se destacó la dominancia de Asteraceae, aunque en combinación con *Cactaceae* y *Scrophulariaceae*. Las diferencias observadas en la estructura vegetal podrían explicarse por variaciones altitudinales, condiciones edafoclimáticas y presión antrópica diferencial en cada ecosistema.

En cuanto a los macroinvertebrados, se identificaron dos familias: *Planariidae* y *Notonectidae*, mientras que Alviz & Cevalloz (2018), en su estudio en la laguna Usphaq'ocha, reportaron siete familias y 34 especies. Esta menor diversidad en Angasq'ocha podría asociarse a factores físicos como la menor complejidad estructural del hábitat, la profundidad promedio o el área del cuerpo de agua, elementos que determinan la disponibilidad de nichos ecológicos.

Los resultados refuerzan la premisa de que la heterogeneidad morfológica y la calidad del sustrato son determinantes clave en la diversidad de macroinvertebrados en ecosistemas altoandinos. Desde el punto de vista fisicoquímico, la laguna mostró condiciones favorables en cuanto a oxígeno disuelto, transparencia, temperatura, pH y conductividad.

Sin embargo, los niveles de nitrógeno total (0.99 mg/L) y fósforo total (0.072–0.091 mg/L) excedieron los valores de referencia establecidos por la normativa nacional, ubicándose en una categoría de calidad “mala” para estos nutrientes. En comparación, Alviz & Cevalloz (2018) reportaron menores concentraciones de fósforo y mayor oxigenación en Usphaq'ocha. Asimismo, Choque & Calle (2020) observaron mayores niveles de conductividad en Upaqocha, entre 580 y 1330 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual resalta la variabilidad entre ecosistemas aparentemente similares y subraya la influencia de la geología subyacente y la dinámica hidrogeológica.

Limitaciones del estudio

- Restricciones metodológicas: la falta de uniformidad en las metodologías de muestreo entre estudios limita la comparabilidad. En particular, investigaciones de Alviz & Cevalloz (2018), Choque & Calle (2020) no incluyeron evaluaciones hidromorfológicas, lo que restringe el análisis multicomponente del estado ecológico.

- Variabilidad temporal: el estudio fue desarrollado en un único periodo estacional, lo que no permite capturar las variaciones temporales que pudieran influir significativamente en la estructura biológica y los parámetros de calidad del agua.
- Posibles sesgos de muestreo: la frecuencia y técnica de recolección de macroinvertebrados podría haber subestimado especies con ciclos de vida estacionales o de difícil detección.

Fortalezas del estudio

- Cobertura integral de indicadores: se abordaron

parámetros biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos, permitiendo una evaluación robusta del estado ecológico.

- Comparación multiespacial: el análisis comparativo con estudios regionales permitió evidenciar patrones y diferencias entre humedales altoandinos, reforzando la importancia de estudios contextualizados en cada ecosistema.
- Los resultados sugieren que la diversidad vegetal y la presencia de macroinvertebrados están condicionadas por factores ambientales como altitud, profundidad, conectividad hidrológica y carga de nutrientes.

Tabla 1. Estado ecológico

Grupo de Parámetros	Parámetros	Indicador parcial	Estado de calidad ecológico de parámetro parcial	Valor	Promedio de valoración	Estado de calidad ecológico de indicador general	Promedio Final de valoración	Estado ecológico general
Parámetros biológicos	Fitoplancton	Clorofila a	Muy bueno/Bueno	3.5	3.4	Bueno	3.3	Bueno
		Determinación del estado trófico de la laguna de Carlson	Bueno	3				
		Blooms Algales	Muy bueno	4				
	Macro Invertebrados	Riqueza taxonómica de Macroinvertebrados	Bueno	3				
		Flora Acuática	Cobertura de la comunidad representativa	Bueno				
	Lvh		Muy bueno	4				
Parámetros Físicos y Químicos	Transparencia (disco secchi)		Muy bueno	4	2.86	Bueno	3.3	Bueno
	Temperatura		Muy bueno	4				
	Oxígeno Disuelto (OD)		Muy bueno/Bueno	3.5				
	Salinidad (conductividad eléctrica)		Muy Bueno/Bueno	3.5				
	Potencial de Hidrogeniones (pH)		Bueno	3				
	Nitrógeno total		Malo	1				
	Fosforo total		Malo	1				
Parámetros Hidromorfológicos que podrían afectar a los biológicos	Características Morfológicas	Profundidad	Muy bueno/Bueno	3.5	3.75	Muy bueno		
		Estructura de la zona ribereña	Muy bueno	4				

CONCLUSIONES

La evaluación ecológica de la laguna de Angasq'ocha permitió determinar que la comunidad fitoplanctónica está compuesta por géneros representativos de las divisiones Charophyta, Chlorophyta, Cyanophyta y Euglenophyta, con una concentración de clorofila a de

2.6 mg/m³, sin presencia de blooms algales. El estado trófico se clasificó como mesotrófico.

Se identificaron dos familias de macroinvertebrados y 33 especies vegetales distribuidas en 20 familias, lo que indica una riqueza biológica considerable, con un estado biológico calificado como "bueno" (promedio: 3.4).

Los parámetros fisicoquímicos muestran condiciones adecuadas en transparencia, oxígeno disuelto, temperatura y pH. No obstante, la concentración de nitrógeno y fósforo total superó los límites recomendados, situando el estado fisicoquímico en una categoría general de “bueno” (2.86), pero con elementos que requieren atención.

La laguna conserva su morfología natural, sin evidencias de impactos por actividades humanas intensivas, lo que otorga a los parámetros hidromorfológicos una calificación “muy buena” (3.75).

El estado ecológico general de la laguna fue de 3.3, correspondiente a la categoría de calidad “buena”, lo que implica que el ecosistema se encuentra en condiciones saludables, pero con signos de presión nutricional.

La comparación con estudios anteriores muestra la necesidad de incluir evaluaciones hidro-morfológicas para caracterizar de manera más precisa los ecosistemas de humedales altoandinos.

Ampliar la frecuencia y cobertura temporal del muestreo, abarcando diferentes estaciones para captar variaciones estacionales relevantes.

Incorporar otros grupos biológicos, como peces, aves acuáticas o microorganismos, a fin de lograr una caracterización más integral de los humedales altoandinos y sustentar mejores estrategias de manejo y conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baca W., & Cevallos, J. (2018). Estudio de la Laguna de Usphaq'ocha: Composición y estado ecológico. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23^a ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Castro, P. & Rios, E. (2000). Composición florística del humedal de Huacarpay. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Choque, H. & Calle, S. (2020). Evaluación del humedal Upaqocha: Composición florística y parámetros físicos y químicos. Universidad Nacional del Altiplano.
- Hauenstein, E., et al. (2008). Flora y estado trófico de lagunas costeras en Chile. *Revista Chilena de Ecología*, 45(1), 87-99.
- Hernández, M. (2015). Revisión de indicadores de calidad ambiental en humedales chilenos. Universidad de Chile.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). Informe sobre el estado de los humedales en el Perú. MINAM.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). Definición y clasificación de humedales en el Perú. MINAM.
- Nina, K. & Arce, R. (2017). Estado ecológico del humedal Phuyuqocha en Cusco. *Revista de Biología Andina*, 18(2), 45-53.
- Pangea (2007). Evaluación de la flora y fauna en humedales de Colombia. Informe técnico, Instituto de Investigación de Ecosistemas Andinos.
- Pilar, G. & Gomez, F. (2006). Investigación de microalgas en un humedal urbano en Colombia. *Revista Colombiana de Botánica*, 22(4), 304-312.
- Rico, J. (2006). Metodología para la evaluación del estado ecológico de ecosistemas acuáticos lacustres. Editorial Universidad de los Andes.
- Senhandji, S., et al. (2017). Evaluación del estado ecológico de humedales en Colombia. *Revista de Ecología Tropical*, 19(1), 203-215.

Contribución de los autor:

Alvis Soncco: conceptualización, metodología, investigación, recolección de datos, análisis de datos, dibujo, identificación de especies, redacción, edición y diseño de los mapas en ArcMap.

Yanque Yucra: conceptualización, redacción, revisión y edición

Conflictos de interes:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Financiamiento:

Esta investigación fue autofinanciada.