



Fundación  
Miguel Lillo  
Tucumán  
Argentina

doi

# Análisis preliminar del efecto de la producción de chuño blanco sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en ríos de los Andes Centrales de Perú

Preliminary analysis of the effect of white chuño production on the aquatic macroinvertebrate community in rivers of the Central Andes of Peru

Manuel Alejandro Silva Poma<sup>1\*</sup>, Jorge Luis Peralta Argomeda<sup>2</sup>,  
Henry Tinoco Vega<sup>3</sup>, Luis Castillo Roque<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Cursos Básicos, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio de Ecología de Invertebrados Acuáticos Continentales, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

<sup>3</sup> Fundación Zoológica de Denver, Denver, Colorado.

<sup>4</sup> ONG Grupo RANA, Lima, Perú.

\* Autor de correspondencia: <msilvap@continental.edu.pe>

## Resumen

Los ecosistemas acuáticos altoandinos de Junín son clave para la biodiversidad y el suministro hídrico, además de sostener prácticas ancestrales como la elaboración de chuño blanco. Esta actividad implica la inmersión prolongada de papas en ríos, proceso que libera glicoalcaloides, compuestos potencialmente tóxicos para la fauna acuática. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la elaboración de chuño blanco sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Huayricucho, Andes centrales del Perú. Se establecieron tres estaciones de muestreo: aguas arriba de las pozas de chuño, en la zona de inmersión y aguas abajo. Se analizaron parámetros fisicoquímicos, hidrológicos y la estructura comunitaria de los macroinvertebrados. Se registraron 2282 individuos distribuidos en 16 géneros.

► Ref. bibliográfica: Silva Poma, M. A.; Peralta Argomeda, J. L.; Tinoco Vega, H.; Castillo Roque, L. 2026. "Análisis preliminar del efecto de la producción de chuño blanco sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en ríos de los Andes Centrales de Perú". *Acta Zoológica Lilloana* 70 (1): 265-279. DOI: <https://doi.org/10.30550/j.azl/2355>

► Recibido: 16 de enero 2026 – Aceptado: 18 de marzo 2026.

► URL de la revista: <http://actazoolologica.lillo.org.ar>



► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

La abundancia y la Equidad de Pielou mostraron diferencias significativas entre estaciones, con una marcada reducción en la zona de inmersión del chuño, mientras que la riqueza no presentó diferencias significativas. El análisis de ordenamiento (nMDS) y la prueba ANOSIM evidenciaron cambios significativos en la composición comunitaria, caracterizados por el predominio de taxones más tolerantes en la estación impactada. Estos hallazgos indican que la elaboración de chuño blanco puede alterar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Aunque esta práctica tiene un alto valor cultural, su manejo sin criterios ecológicos podría comprometer la integridad de los ecosistemas acuáticos altoandinos, por lo que se recomienda integrar estrategias de conservación que armonicen el conocimiento ancestral con la sostenibilidad ambiental.

**Palabras clave:** Contaminación, monitoreo, ríos altoandinos, invertebrados acuáticos.

## Abstract

The high Andean aquatic ecosystems of Junín are key to biodiversity and water supply, as well as supporting ancestral practices such as the production of white chuño (freeze-dried potatoes). This activity involves the prolonged immersion of potatoes in rivers, a process that releases glycoalkaloids, compounds potentially toxic to aquatic fauna. The objective of this study was to evaluate the effect of white chuño production on the aquatic macroinvertebrate community in the Huayricucho River, in the central Andes of Peru. Three sampling stations were established: upstream of the chuño ponds, in the immersion zone, and downstream. Physicochemical and hydrological parameters, as well as the community structure of the macroinvertebrates, were analyzed. A total of 2282 individuals distributed among 16 genera were recorded. Abundance and Pielou evenness showed significant differences between stations, with a marked reduction in the immersion zone of chuño, while richness did not show significant differences. The ordination analysis (nMDS) and the ANOSIM test revealed significant changes in community composition, characterized by the predominance of more tolerant taxa at the impacted station. These findings indicate that the production of white chuño (freeze-dried potatoes) can alter the structure of aquatic macroinvertebrate communities. Although this practice has high cultural value, its management without ecological criteria could compromise the integrity of high-Andean aquatic ecosystems. Therefore, it is recommended to integrate conservation strategies that harmonize ancestral knowledge with environmental sustainability.

**Keywords:** Pollution, monitoring, high Andean rivers, aquatic invertebrates.

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos son de gran importancia debido a la biodiversidad que albergan y a los diversos servicios ecosistémicos que ofrecen. Por ejemplo, son fuente de agua dulce utilizada en actividades como el cultivo de truchas, el abastecimiento de bebederos para ganado, entre otros (Pascual et al., 2021). Especial relevancia tienen los ecosistemas acuáticos altoandinos de Junín, que incluyen bofedales, lagos, ríos, entre otros cuerpos de agua (INRENA, 2008). Estos ecosistemas proporcionan suministro hídrico durante todo el año y constituyen hábitats para especies endémicas y en peligro de extinción, como la wancha de Junín (*Telmatobius brachydactylus*) y la rana gigante de Junín (*Telmatobius macrostomus*) (Silva et al., 2021; Castillo y Watson, 2022). La pérdida o degradación de estos ecosistemas podría comprometer tanto la seguridad hídrica como la biodiversidad de la región. Además, en estos ambientes se desarrollan actividades económicas ancestrales como la elaboración de chuño (Cervantes et al., 2022; SERNANP, 2020).

La elaboración de chuño es una actividad económica ancestral que se realiza en zonas altoandinas de países de América del Sur, principalmente en Perú y Bolivia. Este alimento posee una larga vida útil debido a su bajo contenido de agua (Peñarrieta et al., 2011). Aunque su consumo es principalmente local, el chuño también es exportado a otras regiones. Existen dos tipos principales de chuño: el chuño negro y el chuño blanco, este último también conocido como tunta. Ambos difieren en su proceso de elaboración; en particular, el chuño blanco requiere del uso de ríos o cuerpos de agua. Su producción consiste en la congelación natural de las papas durante periodos de heladas por varios días. Posteriormente, las papas son pisadas para retirar la capa superior y luego son colocadas en las zonas de pozas de los ríos durante una o dos semanas, lo que permite la eliminación del almidón y de los glicoalcaloides (Fonseca et al., 2008; Melton et al., 2020). Finalmente, las papas son secadas y almacenadas.

Los glicoalcaloides son compuestos que otorgan amargor a la papa y, por ello, deben ser removidos durante el proceso de lavado en los ríos. Estos compuestos protegen a la papa contra parásitos, insectos y otros microorganismos, pero son tóxicos para los seres humanos y animales (Kurek, 2019). En humanos, el consumo de vegetales con alto contenido de glicoalcaloides puede provocar trastornos intestinales, vómitos, diarreas, entre otros efectos adversos (Schrenk et al., 2020).

Respecto a los efectos de los glicoalcaloides, la papa contiene principalmente alfa-chaconina y alfa-solanina, compuestos que podrían impactar negativamente la biodiversidad acuática durante el proceso de lavado en los ríos. Estudios de laboratorio han demostrado que estos glicoalcaloides causan mortalidad y malformaciones en embriones de ranas del género *Xenopus* (Rayburn et al., 1995), así como efectos negativos en la supervivencia de embriones bovinos (Wang, 2005).

Además, investigaciones en anfibios adultos han evidenciado que estos compuestos reducen el transporte activo de sodio en la piel, afectando su equilibrio osmótico (Blankemeyer et al., 1995).

En insectos, se han observado efectos negativos derivados de la exposición a glicoalcaloides, tales como anomalías morfológicas, por ejemplo, deformaciones en las alas, disminución de la tasa reproductiva y alteraciones en el metabolismo energético, incluyendo la inhibición de la actividad enzimática necesaria para la producción de energía (Ventrella et al., 2016; Winkiel et al., 2024).

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos desempeña un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos, actuando como intermediarios en las cadenas tróficas. Particularmente, en algunos ríos de Junín, los macroinvertebrados sirven como fuente de alimento para peces y anfibios endémicos como la rana gigante de Junín (Watson et al., 2017) y calidad de agua (Silva et al., 2021). Por estas razones, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la elaboración de chuño blanco en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

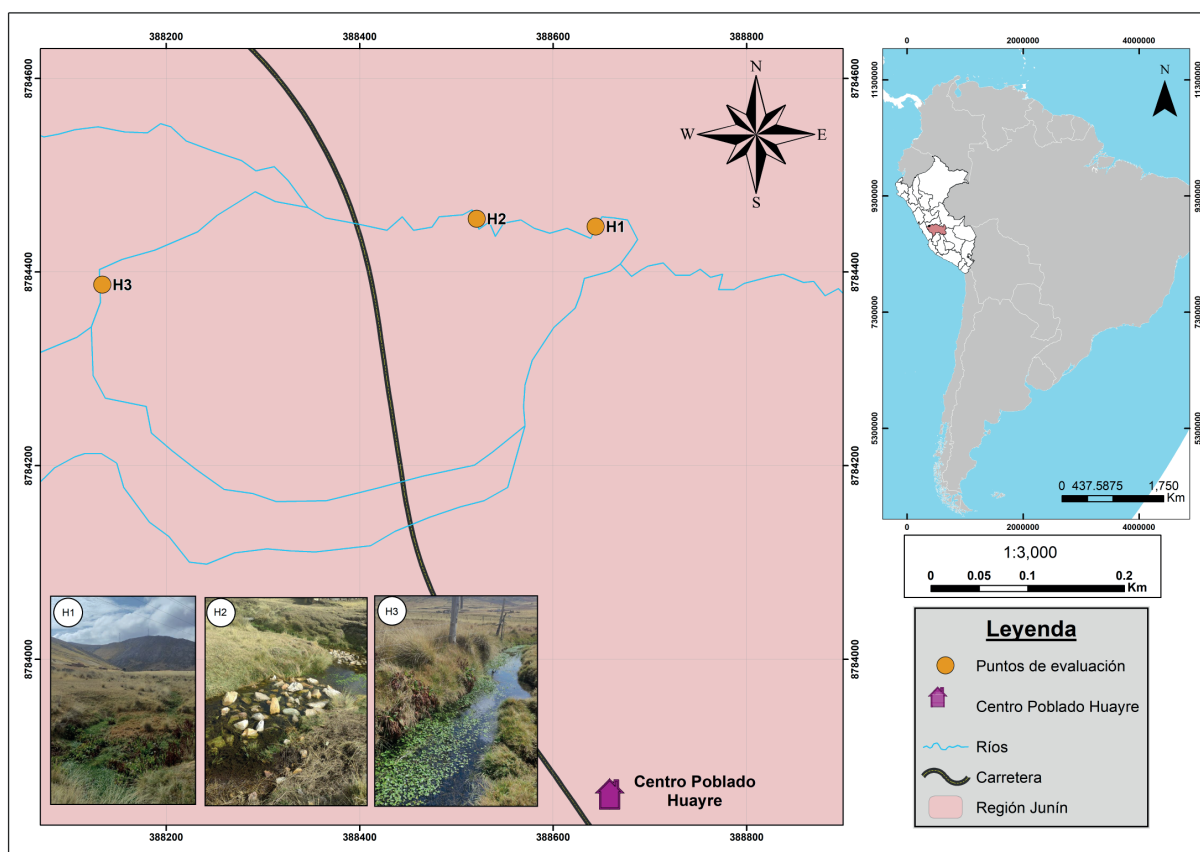
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el río Huayricucho, ubicado en el distrito y provincia de Junín, en los Andes centrales del Perú (Figura 1). El tramo evaluado incluye zonas donde se realiza la elaboración de chuño mediante la formación de pozas en el cauce del río, así como áreas alejadas de esta actividad.

### Diseño de muestreo

Se establecieron tres estaciones de muestreo en función de la influencia de las pozas utilizadas para la elaboración de chuño (Figura 1). La primera estación (H1) se localiza a 100 metros aguas arriba de las pozas, en una zona no afectada por esta actividad. La segunda estación (H2) corresponde al tramo del río donde los pobladores instalan las pozas, sumergiendo costales de papa durante aproximadamente dos semanas. La tercera estación (H3) se sitúa a 50 metros aguas abajo de las pozas, permitiendo evaluar el posible impacto de esta práctica sobre el ecosistema acuático.



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones de muestreo.

**Figure 1.** Location of sampling stations.

En cada estación se midieron parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, temperatura, pH, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica. Además, se evaluaron parámetros hidrológicos como el ancho del cauce, la profundidad y la velocidad de la corriente. Para el análisis de macroinvertebrados acuáticos, se recolectaron cinco muestras por estación, las cuales fueron fijadas en alcohol al 96° y posteriormente analizadas en el Centro de Conservación e Investigación de la ONG Grupo RANA en el distrito de Ninacaca, Pasco.

### Análisis de datos

Para evaluar la estructura comunitaria de los macroinvertebrados acuáticos se calculó la abundancia y riqueza en cada estación de muestreo. Para evidenciar la existencia de diferencias significativas en la abundancia y riqueza entre las estaciones de muestreo, se realizó la prueba de kruskall-wallis, estos análisis se realizaron en el software Past 4.13 (Hammer et al., 2001).

Para analizar el ordenamiento de las muestras en función de su composición y evidenciar posibles patrones, se aplicó el Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) (Shepard, 1962).

Previamente, las variables fueron transformadas con el fin de estandarizar los datos. Posteriormente, para evaluar si la agrupación entre estaciones de muestreo era estadísticamente significativa, se empleó la rutina ANO-SIM. Asimismo, se aplicó la rutina SIMPER para identificar los géneros que contribuyen en mayor medida a la similitud o diferenciación entre estaciones de muestreo. Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa PRIMER v6 (Clarke et al., 2014).

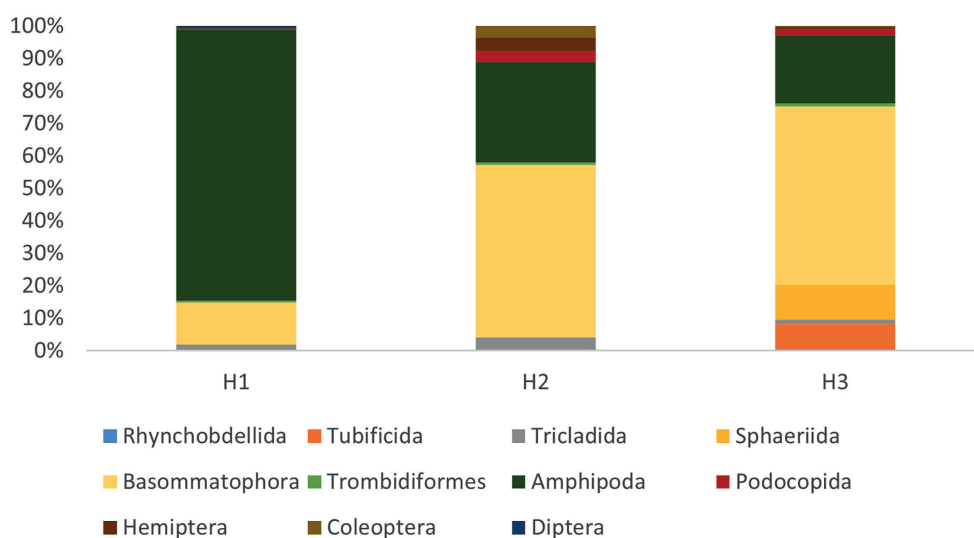
## RESULTADOS

En total se identificaron 2282 macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en ocho clases, 11 órdenes, 12 familias y 16 géneros (Tabla 1). En la estación H1, ubicada antes de las pozas de chuño, el orden más representativo fue Amphipoda, el cual abarcó el 84% de la abundancia total en esta estación. En la estación H2, ubicado en donde se ubican las pozas de chuño, el orden más representativo fue Basommatophora, el cual abarcó el 53% de la abundancia total en esta estación. En la estación H3, ubicado después del transecto en donde están las pozas de chuño, el orden más representativo fue Basommatophora, el cual abarcó el 55% de la abundancia total en esta estación (Figura 2).

**Tabla 1.** Lista de macroinvertebrados acuáticos presentes en las estaciones de muestreo.

**Table 1.** List of aquatic macroinvertebrates present at the sampling stations.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxón	H1	H2	H3
Annelida	Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphonidae	Glossiphonidae sp.	2	0	2
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	Naididae sp.	2	0	35
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	Dugesiidae sp.	27	7	6
Mollusca	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	Sphaeriidae sp.	1	0	48
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa sp.	148	84	232
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	Planorbidae sp.	59	7	13
Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Hydrozetidae	Hydrozetidae sp.	8	1	4
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.	1346	53	93
Arthropoda	Ostracoda	N.D.	N.D.	Ostracoda sp.	3	6	9
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	Ectemnostega sp.	1	7	3
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Hydroporinae sp.	1	0	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Austrelmis sp.	1	6	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Tanypodinae sp.	12	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Orthoclaadiinae sp.	24	20	3
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironominae sp.	3	1	1
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Podonomus sp.	0	2	0



**Figura 2.** Abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo.

**Figure 2.** Relative abundance of the aquatic macroinvertebrate community at the sampling stations.

En cuanto a las variables ambientales, la prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las estaciones para las variables: velocidad de corriente, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales (TDS) y conductividad. La estación H2 presentó los valores más altos para estas variables: velocidad promedio de 0,29 m/s, oxígeno disuelto promedio de 5,5 mg/L, TDS promedio de 0,26 ppt y conductividad promedio de 0,47  $\mu\text{S/cm}$ . El ancho del cauce también fue mayor en H2, con un promedio de 2,12 m. La mayor profundidad promedio se registró en H3, mientras que la temperatura más alta se observó en esta misma estación, con un valor promedio de 13,87 °C. En cuanto al pH, el valor más alto se registró en H2, con un promedio de 7,32 (Tabla 2).

La riqueza no mostró diferencias significativas entre estaciones de muestreo ( $p > 0,05$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis, la mayor riqueza promedio se registró en la estación H1 con 8,6 géneros, mientras que, la menor riqueza promedio se registró en la estación H2 con 7,4 géneros (Figura 3 y Tabla 3).

La abundancia mostró diferencias significativas entre estaciones de muestreo ( $p < 0,05$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis, la mayor abundancia promedio se registró en la estación H1 con 327,6 individuos, mientras que, la menor abundancia promedio se registró en la estación H2 con 38,8 individuos (Figura 4 y Tabla 3).

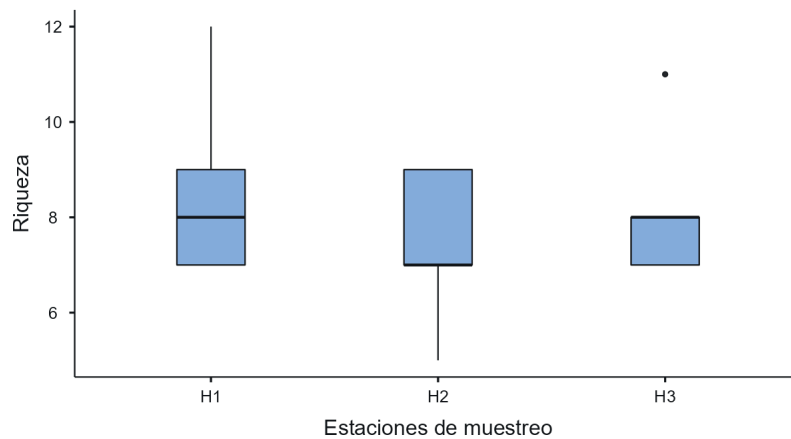
La equidad de Pielou mostró diferencias significativas entre estaciones de muestreo ( $p > 0,05$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis, el mayor valor de la Equidad de Pielou se registró en la estación H2 con 0,769, mientras que, el menor valor se registró en la estación H1 con 0,348 (Figura 5 y Tabla 3).

**Tabla 2.** Parámetros hidrológicos y fisicoquímicos en las estaciones de muestreo.**Table 2.** Hydrological and physicochemical parameters at the sampling stations.

Variables ambientales	Estaciones	Media	Mediana	DE
Ancho (m)	H1	1,417	1,500	0,284
	H2	2,120	2,070	0,180
	H3	1,400	1,390	0,135
Profundidad (m)	H1	0,190	0,200	0,135
	H2	0,133	0,120	0,042
	H3	0,303	0,260	0,084
Velocidad de Corriente (m/s)	H1	0,020	0,020	0,010
	H2	0,293	0,290	0,025
	H3	0,053	0,050	0,006
Oxígeno Disuelto (mg/L)	H1	2,800	2,860	0,187
	H2	5,500	5,290	0,490
	H3	1,270	0,860	0,736
Temperatura (°C)	H1	12,700	12,500	0,625
	H2	13,267	13,300	0,058
	H3	13,867	13,800	0,208
pH	H1	7,090	7,100	0,046
	H2	7,320	7,310	0,026
	H3	7,070	7,070	0,050
TDS(PPT)	H1	0,250	0,250	0,000
	H2	0,260	0,260	0,000
	H3	0,247	0,250	0,006
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	H1	0,457	0,460	0,006
	H2	0,470	0,470	0,000
	H3	0,447	0,450	0,006

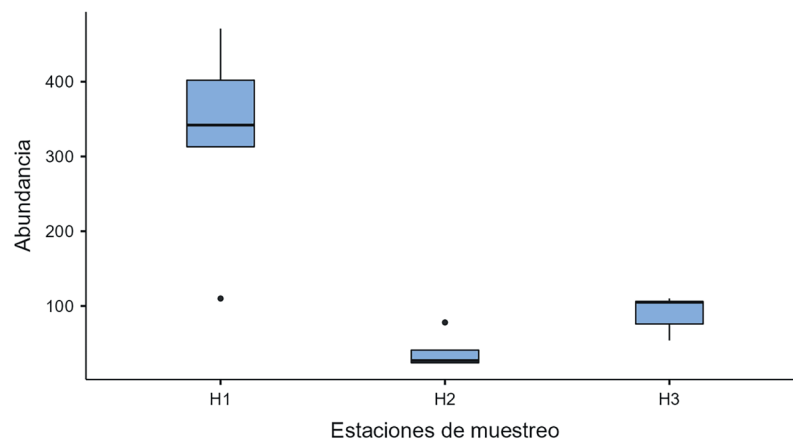
**Tabla 3.** Índices comunitarios de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo.**Table 3.** Community indices of the aquatic macroinvertebrate community at the sampling stations.

Índices comunitarios	Estaciones	Media	Mediana	DE
Riqueza	H1	8,6	8	20,736
	H2	7,4	7	16,733
	H3	8,2	8	16,432
Abundancia	H1	327,6	342	1358,944
	H2	38,8	27	230,152
	H3	90,2	105	243,557
Equidad de Pielou ( $J'$ )	H1	0,348	0,244	0,1941
	H2	0,769	0,796	0,1263
	H3	0,619	0,657	0,0897
Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )	H1	1,112	0,741	0,7611
	H2	2,208	2,233	0,5173
	H3	1,876	1,846	0,3737



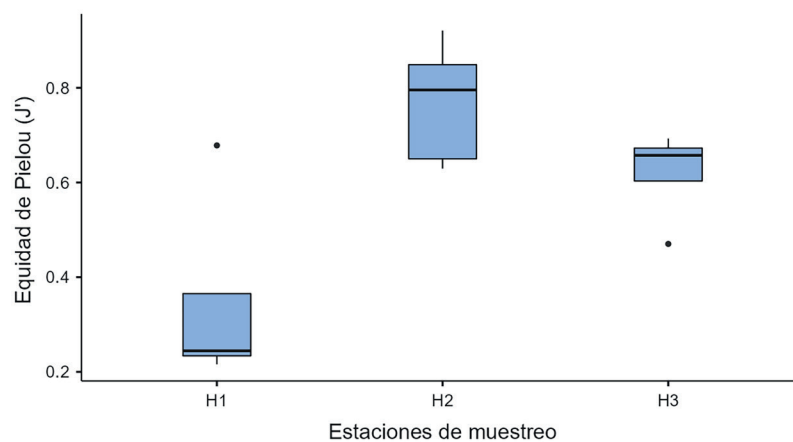
**Figura 3.** Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo.

**Figure 3.** Richness of the aquatic macroinvertebrate community at the sampling stations.



**Figura 4.** Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo.

**Figure 4.** Abundance of the aquatic macroinvertebrate community at the sampling stations.

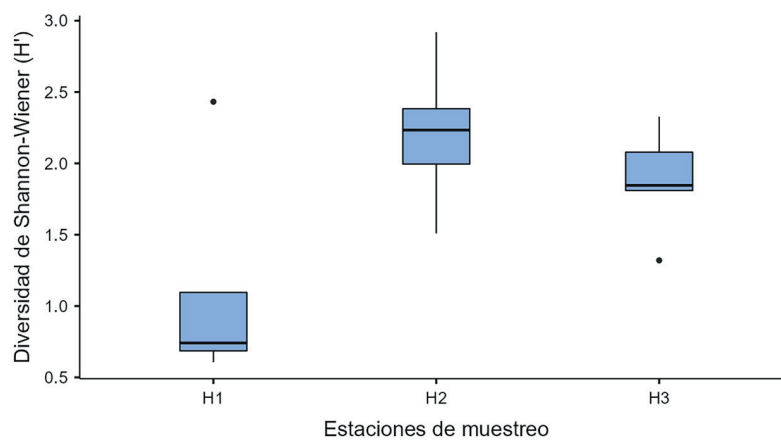


**Figura 5.** Equidad de Pielou de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo.

**Figure 5.** Pielou evenness of the aquatic macroinvertebrate community at the sampling stations.

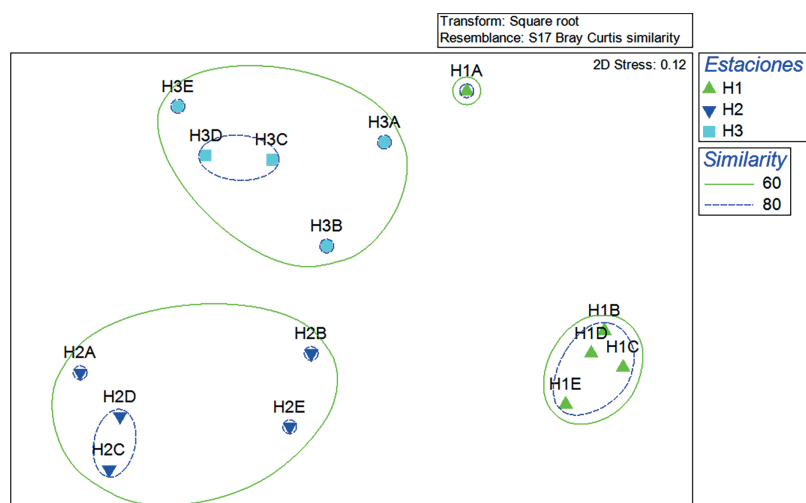
El índice de diversidad de Shannon-Wiener no mostró diferencias significativas entre estaciones de muestreo según la prueba de Kruskal-Wallis ( $p > 0,05$ ), el mayor valor de este índice se registró en la estación H1 con 2,208, mientras que, el menor valor de este índice se registró en la estación H1 con 1,112 (Figura 6 y Tabla 3).

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) mostró un valor de estrés aceptable (Stress 2D = 0,11) y en él se pudo evidenciar la formación de tres grupos con un nivel de similitud del 60%. La prueba ANOSIM ( $R = 0,809$ ,  $p < 0,05$ ) mostró diferencias entre la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos entre las estaciones de muestreo evaluadas (Figura 7 y Tabla 3).



**Figura 6.** Diversidad de Shannon-Wiener de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo.

**Figure 6.** Shannon-Wiener diversity of the aquatic macroinvertebrate community at the sampling stations.



**Figura 7.** Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico de la composición de macroinvertebrados bentónicos en las estaciones de muestreo.

**Figure 7.** Non-parametric multidimensional scaling analysis of benthic macroinvertebrate composition at sampling stations.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que la práctica ancestral de elaboración de chuño blanco, específicamente en su fase de inmersión de papas en cuerpos de agua, generaría alteraciones importantes en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del río Huayricucho. Estas alteraciones se reflejan en una reducción significativa de la abundancia y en una modificación de la composición taxonómica en la estación H2 (zona de impacto directo), donde se observó un dominio del orden Basommatophora, en contraste con la alta representación de Amphipoda en H1 (zona no intervenida). Cambios similares en la dominancia de taxones han sido descritos como indicadores de estrés ambiental asociado a descargas orgánicas y contaminantes naturales o antropogénicos (Pascual et al., 2021; Silva et al., 2021).

La disminución de la abundancia en H2 podría estar vinculada a la presencia de glicoalcaloides, como la alfa-solanina y alfa-chaconina, los cuales se liberan durante el lavado de papas y son conocidos por su toxicidad en múltiples organismos acuáticos. Estos compuestos han demostrado generar malformaciones embrionarias y alta mortalidad en ranas del género *Xenopus* (Rayburn et al., 1995), así como inhibición del transporte activo de sodio en piel de anfibios (Blankemeyer et al., 1995), afectando su regulación osmótica y la supervivencia general de la fauna sensible.

En insectos acuáticos y terrestres, los glicoalcaloides también provocan efectos adversos, tales como deformaciones morfológicas, inhibición de enzimas clave en el metabolismo energético y reducción de la fecundidad (Ventrella et al., 2016; Winkiel et al., 2024). Estas evidencias respaldan la hipótesis de que la disminución de grupos sensibles en H2 podría estar relacionada con la exposición directa a estos compuestos durante la fase de inmersión prolongada del chuño.

Aunque la riqueza taxonómica no mostró diferencias significativas entre estaciones, los análisis de similitud (ANOSIM) y ordenamiento (nMDS) demostraron una clara separación entre las comunidades, lo que indica una reconfiguración estructural de las mismas, posiblemente en favor de organismos más tolerantes. Este patrón ha sido reportado en estudios que evaluaron la respuesta de macroinvertebrados a diferentes tipos de estrés orgánico, donde la pérdida de especies sensibles se compensa parcialmente con la aparición de especies oportunistas (Clarke et al., 2014; Silva et al., 2021).

El valor más elevado del índice de equidad de Pielou en la estación H2 también puede interpretarse como un efecto indirecto de la disminución de dominancia de especies clave, lo cual sugiere una comunidad más homogénea pero empobrecida funcionalmente. La presencia de géneros tolerantes en esta estación podría ser indicativa de un proceso de desequilibrio ecológico, en el que se reducen las interacciones tróficas y la estabilidad ecosistémica (Watson et al., 2017; Castillo y Watson, 2022).

En relación con el índice de diversidad de Shannon-Wiener, los resultados mostraron que, aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones, sí se observó cierta tendencia en donde el valor más alto se registró en la estación H2, coincidiendo con el área de inmersión del chuño. Este incremento aparente de diversidad podría estar asociado a una reducción en la dominancia de ciertos grupos sensibles y a la consecuente homogenización de la comunidad por el predominio de taxones más tolerantes. Tal patrón ha sido descrito en ambientes sujetos a disturbios intermedios, donde la disminución de organismos dominantes permite la coexistencia temporal de especies oportunistas (Clarke et al., 2014; Silva et al., 2021). No obstante, este aumento relativo de diversidad no debe interpretarse como un indicador de buena calidad ecológica, pues está acompañado de una fuerte reducción en la abundancia total y de cambios en la composición funcional, lo que sugiere una pérdida de resiliencia y estabilidad del ecosistema

En este contexto, la elaboración de chuño blanco, aunque culturalmente valiosa, se presenta como una práctica que puede inducir alteraciones ecológicas significativas si no se gestiona adecuadamente, particularmente en ríos altoandinos que albergan fauna endémica altamente sensible, como *Telmatobius macrostomus* y *T. brachydactylus* (Watson et al., 2016; Castillo et al., 2022). La promoción de estrategias de conservación integradas que consideren tanto el conocimiento ancestral como los principios ecológicos resulta fundamental para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y la biodiversidad asociada.

#### AGRADECIMIENTOS

A Denver Zoo Conservation Alliance por el financiamiento de esta investigación.

#### FINACIAMIENTO

Este trabajo se financió con fondos del Proyecto Guardianes del Chinchaycocha de Denver Zoo Conservation Alliance.

#### PARTICIPACIÓN

M.A.S.P, L.C.R, H.T.V. participaron en el diseño de la guía, salida a campo y redacción del manuscrito. J. P. A. participó en el análisis de datos y redacción final del manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

## LITERATURA CITADA

- Blankemeyer, J. T., Atherton, R., & Friedman, M. (1995). Effect of potato glycoalkaloids  $\alpha$ -chaconine and  $\alpha$ -solanine on sodium active transport in frog skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(3), 636–639. <https://doi.org/10.1021/jf00051a015>
- Castillo, L., Elías, R., Tinoco, H., Rodríguez, J. E., & Matamoros, Y. (Eds.). (2022). Taller para realizar un análisis de viabilidad de la población y del hábitat (PHVA) y establecer una estrategia de conservación de la rana gigante de Junín y Pasco (03–05 de junio de 2022). IUCN SSC Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación (CPSG Mesoamérica). <https://www.researchgate.net/publication/361192654>
- Castillo, L., & Watson, A. S. (2022). Are protected areas working for endangered frogs in the Peruvian Andes?. *Biodiversity and Conservation*, 31, 1847–1866. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19294451.v1>
- Cervantes, R., Sánchez, J. M., Alegre, J., Rendón, E., Baiker, J. R., Locatelli, B., & Bonnesoeur, V. (2022). Contribución de los ecosistemas altoandinos en la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica. *Ecología Aplicada*, 20(2), 137–146. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1804>
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., Somerfield, P. J., & Warwick, R. M. (2014). *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation* (3rd ed.). PRIMER-E.
- Fonseca, C., Huarachi, E., Chura, W., & Cotrado, G. (2008). Guía de las buenas prácticas del procesamiento para la producción artesanal de la tunta. International Potato Center. <https://hdl.handle.net/10568/176258>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) (2008). Plan Maestro 2008-2012: Reserva Nacional de Junín. 1–222.
- Kurek, J. (2019). Introductory Chapter: Alkaloids - Their Importance in Nature and for Human Life. *Alkaloids - Their Importance in Nature and Human Life*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.85400>
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. (2001). PAST. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1):1-9.
- Melton, M.A., Biwer, M.E., & Panjarjian, R. (2020). Differentiating Chuño blanco and Chuño negro in archaeological samples based on starch metrics and morphological attributes. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34, 102650. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102650>

- Pascual, M., Barral, M.P., Poca, M., Pessacq, N., García-Silva, L., Albariño, R., Romero, M.E., & Jobbágy, E.G. (2021). Ecosistemas acuáticos continentales y sus servicios: Enfoques y escenarios de aplicación en el mundo real. *Ecología Austral*, 32(1-bis), 195–212. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.1.1290>
- Peñarrieta, J.M., Salluca, T., Tejada, L., Alvarado, J.A., & Bergenstahl, B. (2011). Changes in phenolic antioxidants during chuño production (traditional Andean freeze and sun-dried potato). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 580-587. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.10.006>
- Rayburn, J.R., Friedman, M., & Bantle, J.A. (1995). Synergistic interaction of glycoalkaloids alpha-chaconine and alpha-solanine on developmental toxicity in *Xenopus* embryos. *Food and Chemical Toxicology*, 33(12), 1013–1019. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(95\)00081-X](https://doi.org/10.1016/0278-6915(95)00081-X)
- [SERNANP] Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2020). Reserva Nacional de Junín. Un espejo en medio de los Andes. Primera Edición. Perú.
- Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J.K., Mazo, J., Hogstrand, C., Hoogenboom, L., Leblanc, J., Nebbia, C.S., Nielsen, E., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Schwerdtle, T., Vleminckx, C., Wallace, H., Brimer, L., Cottrill, B., Dusemund, B., Grasl-Kraupp, B. (2020). Risk assessment of glycoalkaloids in feed and food, in particular in potatoes and potato-derived products. *EFSA Journal*, 18(8), 6222. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2020.6222>
- Shepard, R. N. (1962). The analysis of proximities: Multidimensional scaling with an unknown distance function. I. *Psychometrika*, 27(2), 125–140. <https://doi.org/10.1007/BF02289630>
- Silva, M., Castillo, L., Elias, R., Peralta-Argomeda, J. & Huamantínco-Araujo, A. (2021). Water quality of the habitat of two endangered high-andean frogs using aquatic macroinvertebrates as bioindicators. *International Journal of Conservation Science*, 12(3), 1061-1076.
- Ventrella, E., Adamski, Z., Chudzińska, E., Miądowicz-Kobielska, M., Marciniak, P., Büyükgüzel, E., Büyükgüzel, K., Erdem, M., Falabella, P., Scrano, L., & Bufo, S.A. (2016). *Solanum tuberosum* and *Lycopersicon esculentum* Leaf Extracts and Single Metabolites Affect Development and Reproduction of *Drosophila melanogaster*. *PloS one*, 11(5), e0155958. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155958>
- Wang, S., Panter, K.E., Gaffield, W., Evans, R.C., & Bunch, T.D. (2005). Effects of steroidal glycoalkaloids from potatoes (*Solanum tuberosum*) on in vitro bovine embryo development. *Animal reproduction science*, 85(3-4), 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.06.002>

- Watson, A., Fitzgerald, A., Damián-Baldeón, O., Chamorro, A., & Castillo, L. (2016). Ranas Altoandinas en la Región de Junín: Estado Actual y Plan Estratégico de conservación de *Telmatobius macrostomus* (Peters, 1873) y *Telmatobius brachydactylus* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16588.31365>
- Watson, A.S., Fitzgerald, A. L., Damián-Baldeón, O.J., & Elías, R.K. (2017). Habitat characterization, occupancy and detection probability of the endangered and endemic Junín giant frog *Telmatobius macrostomus*. *Endangered Species Research*, 32, 429–436. <https://doi.org/10.3354/esr00821>
- Winkiel, M.J., Chowański, S., Walkowiak-Nowicka, K., Gołębiowski, M., & Słocińska, M. (2024). A tomato a day keeps the beetle away—the impact of Solanaceae glycoalkaloids on energy management in the mealworm *Tenebrio molitor*. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(48), 58581-58598. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35099-4>