



Calidad ecológica en humedales con caracoles portadores de *Fasciola hepática* en el municipio de Huarina

Ecological quality in wetlands with snails carrying hepatic *Fasciola* in the municipality of Huarina

Shirley Rocío Choque Mamani

RESUMEN:

Se evaluaron humedales en diferentes comunidades del Municipio de Huarina (Dpto. La Paz), con el objetivo de evaluar la composición y riqueza de macroinvertebrados y determinar su calidad ecológica (índice BMWP/Bol) además se consideró parámetros fisicoquímicos del agua, la comunidad de macrófitas, la cantidad de caracoles y la prevalencia de parasitosis en estos, para entender qué factores podrían explicar la abundancia de caracoles. Los muestreos se realizaron en la época seca (mayo, junio, julio), se eligieron veinticuatro humedales, en donde se identificaron 18 familias distribuidas en 13 órdenes, el orden más representativo es Díptera con cuatro familias, según el índice BMWP/Bol que nos indica la calidad de agua el 60% de los humedales presenta calidad MUY CRÍTICA y el 40% calidad CRÍTICA, al agrupar los diferentes tipos de humedales se encontró que el tipo "ríos" tiene el valor más elevado de riqueza pero además entre estos grupos de humedales no existe diferencia entre la composición de macroinvertebrados. Por otra parte, se realizó un análisis de macroinvertebrados con parámetros fisicoquímicos y la comunidad de macrófitas, donde el grupo 2 tiene mayor diversidad de macrófitas, mayor número de familia de macroinvertebrados, son bajas las cantidades de cloruros, carbonato de calcio y pH. Por último, al realizar la relación de macroinvertebrados con presencia de caracoles y la prevalencia de parasitosis de estos, se encontró que no hay relación entre ellos. Con los datos obtenidos no se encontró relación sobre el número de caracoles y la prevalencia de parasitosis de estos, se sugiere realizar estudios específicos.

PALABRAS CLAVE:

Calidad de agua, macroinvertebrados, humedal, Índice BMWP/Bol.

ABSTRACT:

Wetlands were evaluated in different communities of the Municipality of Huarina (Dept. La Paz), with the objective of assessing the composition and richness of macroinvertebrates and determining their ecological quality (BMWP/Bol index) and physicochemical parameters of water were also considered, the community of macrophytes, the number of snails and the prevalence of parasitosis in these, to understand what factors could explain the abundance of snails. Sampling was carried out in the dry season (May, June, July), twenty-four wetlands were chosen, where 18 families distributed in 13 orders were identified, the most representative order is Diptera with four families, according to the BMWP/Bol index that we water quality indicates that 60% of wetlands have VERY CRITICAL quality and 40% CRITICAL quality, when grouping the different types of wetlands it was found that the type "rivers" has the highest value of wealth but also among these groups of wetlands there is no difference between macroinvertebrate composition. On the other hand, a macroinvertebrate analysis with physicochemical parameters and the macrophyte community was performed, where group 2 has a greater diversity of macrophytes, a greater number of macroinvertebrate families, the amounts of chlorides, calcium carbonate and pH are low. Finally, when performing the relationship of macroinvertebrates with the presence of snails and their prevalence of parasites, it was found that there is no relationship between them. With the data obtained, no relationship was found on the number of snails and their prevalence of parasites, specific studies are suggested.

KEYWORDS:

Water quality, macroinvertebrates, wetland, BMWP/Bol Index

AUTOR:

Shirley Rocío Choque Mamani: Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. e.umsa.aa@gmail.com

Recibido: 15/10/2020. **Aprobado:** 25/11/2020.



INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas donde el agua es el componente que determina su estructura y funcionamiento (RAMSAR, 2006). Son vitales para el mantenimiento de los sistemas de vida porque son uno de los entornos más productivos del mundo, son cunas de diversidad

biológica, fuentes de agua y productividad primaria. Estos ecosistemas albergan innumerables especies plantas y animales con importancia socioeconómica y ecológica. (Leyton, 2015)

En el Altiplano Norte de Bolivia, ubicado entre las cadenas montañosas: Cordillera

Occidental y la Oriental o Real se distribuyen varios humedales, el más representativo de ellos es el lago Titicaca (sitio RAMSAR desde 1998). Este lago forma parte de la cuenca endorreica donde se distribuyen humedales como ríos, bofedales y vegas principalmente.

Específicamente, el Municipio de Huarina, provincia Omasuyus, del departamento de La Paz, forma parte de esta cuenca endorreica. Dada la vocación lechera en esta zona, el uso del suelo es intensivo para la producción de forraje, producción agrícola y pastoreo principalmente de ganado vacuno (PDM, 2012 – 2016). Una limitante importante de estas actividades es el agua, entonces la producción agrícola y forrajera depende solo del Río Keka, pero el nivel del agua en este río reduce en época seca.

Uno de los problemas que existe en el municipio de Huarina, al igual que varios distribuidos en la cuenca Katari, es la presencia de ganado infectado con *Fasciola hepática* descrito en el PDM 2012-2016. Esta es una de las enfermedades parasitarias que ha generado mayor pérdida de la producción de leche y muerte en el ganado. Según los pobladores es probable que el contagio sea cerca de los humedales, donde el ganado consume agua y algunas plantas que habitan estos sistemas.

Los humedales en la zona de estudio pueden contaminarse a través de diferentes vías, principalmente por conexiones erradas que vierten agua contaminada, sin ningún control a este afluente, lo que contribuye en la alteración de las propiedades físico – químicas y microbiológicas afectando así la calidad de agua, además del uso inadecuado del suelo alrededor de los humedales donde se ubican viviendas de invasión, botaderos de residuos sólidos de tipo orgánico e inorgánico. (Muños y Laura, 2008)

La baja planificación territorial y prácticas inadecuadas de las actividades socioeconómicas generaron diferentes problemas sanitarios en toda la cuenca del lago Titicaca. En Batallas y Ancoraimes (municipios cercanos de Huarina) se confirmó la presencia de *Entamoeba*

coli, *Blastocystis hominis* y *Encolinas nana*, con una frecuencia de parasitosis de hasta 50%, 45% y 32% en personas respectivamente. (Aparicio *et al.*, 2015)

Los diferentes enfoques de los estudios para tratar estos problemas se centraron en: estudiar las perturbaciones humanas del lago Titicaca que están relacionadas con las actividades económicas-productivas que se llevan a cabo cerca de cuerpos de agua dulce, a los que usualmente van a parar los residuos generados por dichas actividades, reduciendo progresivamente su calidad hídrica (Bertness *et al.*, 2002). Sin embargo, la información referente a las fuentes de contaminación del lago Titicaca y su impacto real es limitada. (Salvarredy-Arangure *et al.*, 2008)

El conocimiento de aspectos ecológicos para tratar de controlar el problema de *Fasciola hepática* es limitado para poner en marcha estrategias de control puntuales sin provocar otros daños al ambiente. Es así como esta tesis pretende dar los lineamientos sobre aspectos ecológicos del tema, específicamente qué relación hay entre la calidad ecológica de los humedales, la presencia de caracoles y su nivel de prevalencia de parasitosis, aspectos que permitirán formular trabajos específicos que ayuden a entender integralmente esta problemática en el municipio de Huarina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la Región del Altiplano Norte, entre la Cordillera Occidental y Oriental o Real, a 74 Km de la ciudad de La Paz, en el municipio de Huarina (Cuarta Sección Municipal de la Provincia Omasuyos del Departamento de La Paz), una pequeña parte de este municipio se encuentra a orillas del Lago Titicaca (PDM Huarina, 2012 - 2016). El Municipio de Huarina se encuentra entre los paralelos 16°11'31.95" de latitud Sur y 68°36'2.88" de longitud Oeste, a una altitud de 3.823 m.

Diseño de muestreo

En la época seca de 2017 (mayo, junio, julio), se eligieron 24 humedales distribuidos en el municipio de Huarina (tabla 2), los sitios tienen altitudes comparables y la selección del muestreo en terreno estuvo condicionada por dos factores fundamentales: 1) presencia de humedales asociados al uso humano, ganadero representativo de la problemática en estudio y 2) la accesibilidad a los sitios. La toma de muestras de macroinvertebrados se realizó con una red de arrastre “D” tipo Kick net en cada humedal, la identificación de estos fue en el laboratorio de Bentos. (Unidad de Limnología, Instituto de Ecología, UMSA)

Las macrófitas se obtuvieron por el método de transectos lineales (intercepción de puntos) en cada humedal, ya que pueden influir en la presencia de caracoles (Loza, 2017). La colecta de caracoles fue por unidad de esfuerzo, se los guardó en frascos y se los llevó al laboratorio para su conteo y análisis de prevalencia de parasitosis. Los indicadores fisicoquímicos se los midieron en laboratorio

para lo cual se tomó muestras de un litro de agua por humedal. (Choque, 2018)

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos

En los 24 humedales evaluados, se identificaron 18 familias distribuidas en 13 órdenes, el orden más representativo es Díptera con cuatro familias. La única familia que se registró en todos los sitios de muestreo fue *Naididae* (Oligochaeta). Otras familias importantes fueron: Ostrácoda (Crustáceo) registrado en 19 sitios y *Chironomidae* (Díptera) en 18 sitios. Solo cuatro familias (*Syrphidae*, *Ephydriidae*, *Coenagrionidae* y *Hydroptilidae*) fueron registrados en un solo sitio.

Las comunidades Isla Cojata, Wiscantia, Sipe y Coromata Baja presentaron mayor riqueza de macroinvertebrados (8, 7, 7, 7 taxones) respectivamente, seguido por las comunidades Copancara Pueblo, Challapata, Pairumani y Cota Alta que registraron 6 taxones cada una. La riqueza más baja se encontró en Playa verde y Quimsachata con 2 taxones. (ver figura 1)

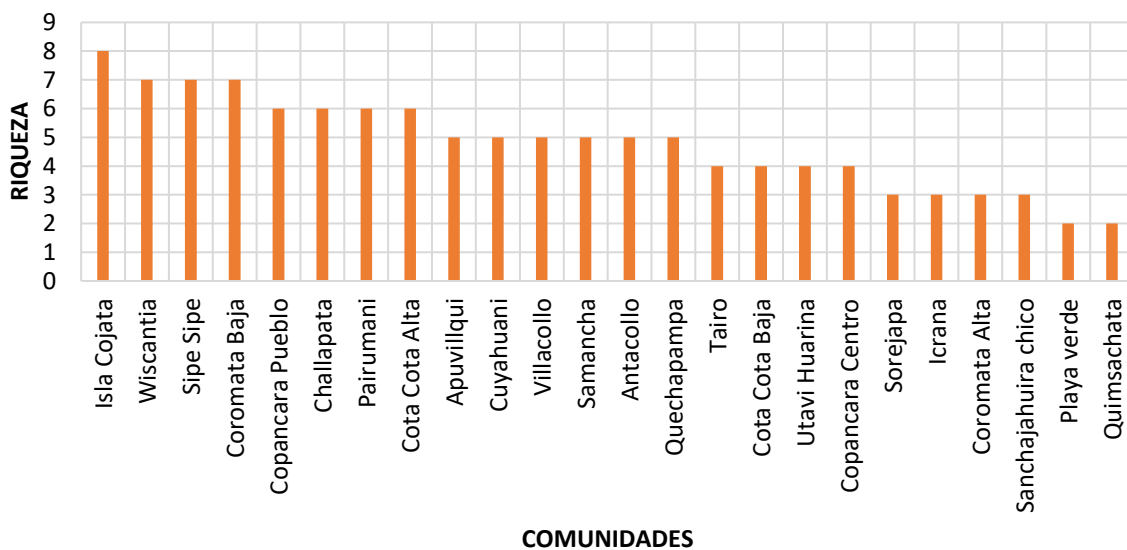


Figura 1: Riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos en 24 humedales del Municipio de Huarina.

En los 24 humedales evaluados del municipio de Huarina el orden Díptera presentó mayor cantidad de familias: *Chironomidae*, *Syrphidae*, *Limonidae*, *Ephydriidae*. Además, destaca la alta presencia de *Chironomidae* en diferentes estadios (desde pupas a adultos) en todos los sitios a excepción de Utavi Huarina, Quimsachata y Copancara.

Este resultado se puede explicar porque los Díptera son abundantes en ríos, arroyos, quebradas, lagos y otros tipos de humedales (Clavijo y Amarillo 2013, Rengifo 2003). Su amplia distribución se explica porque habitan todo tipo de sustratos, por su alta tolerancia a condiciones adversas y diversas calidades de aguas (Clavijo y Amarillo 2013).

Macroinvertebrados y calidad de agua en los humedales de Huarina

Según el índice BMWP/Bol, la mayoría de los humedales (60%) presentan calidad MUY CRÍTICA (<15, Clase V), en esta categoría se incluye a las comunidades: Apuvillqui, Centro Copancara, Coromata Alta, Cota Alta, Cota Cota Baja, Cuyahuani, Playa Verde, Quimsachata, Samancha, Sankajahuira Chico, Sorejapa, Tairo, Utavi Huarina e Icrana, donde los humedales están con mayor degradación. El 40% presenta una calidad CRÍTICA (16-35, Clase IV), esta categoría se encontró en las comunidades Antacollo, Challapata, Coromata Baja, Isla Cojata, Pairumani, Quechapampa, Sipe, Villacollo y Wiscantia. Es preocupante notar que ninguna muestra presentó CALIDAD, ACEPTABLE o DUDOSA (61-100, Clase II; 36-60, Clase II) respectivamente.

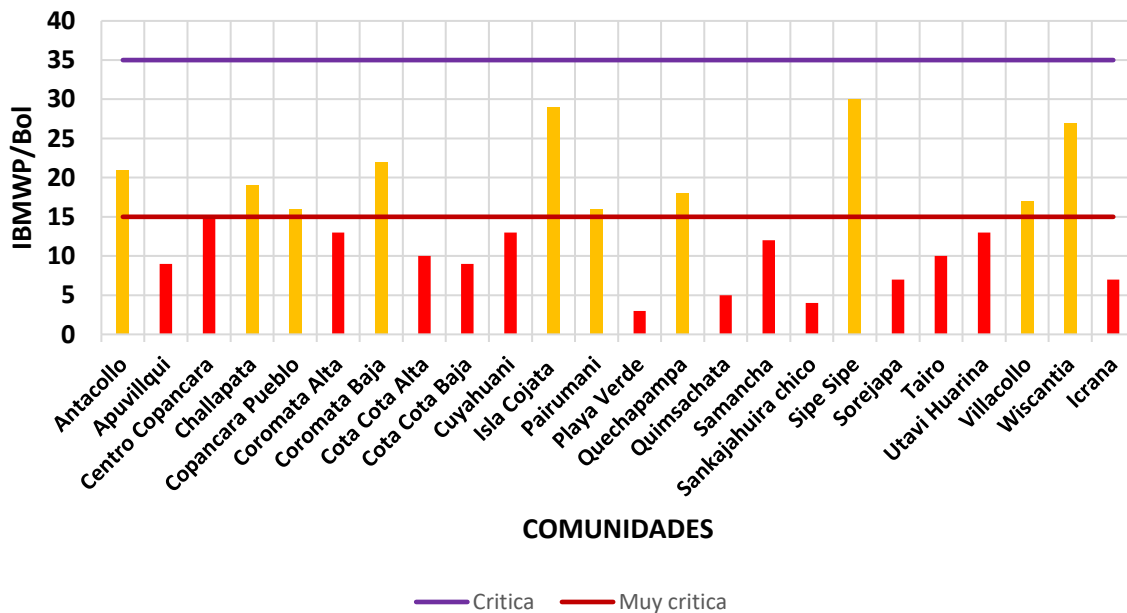


Figura 2. Valoración biológica según del índice biológico BMWP Bolivia en 24 humedales de las comunidades del Municipio de Huarina, época seca.

La baja calidad del agua en los humedales evaluados de Huarina es relativamente comparable con lo encontrado en la parte baja de la cuenca Khullu Cachi (cuenca vecina al municipio de Huarina), donde la calidad del agua varía de DUDOSA a CRÍTICA. En esta zona, en

cuatro de cinco humedales evaluados la calidad del agua llegó a DUDOSA, en contraste, en el presente trabajo ningún sitio llegó a calidad DUDOSA y apenas dos sitios (Isla Cojata y Sipe Sipe) presentaron los valores más altos en la calidad CRÍTICA (28 y 30 respectivamente)

(Meneses *et al.*, 2013). Esto puede explicarse porque los habitantes del municipio de Huarina realizan su actividad agrícola y ganadera cerca a los humedales, entonces los agroquímicos utilizados escurren y contaminan los suelos y agua en el área (PDM 2012 - 2016). Esta situación se evidenció en los humedales más degradados del municipio de Batallas (con calidad de DUDOSA a CRÍTICA) donde la cantidad de nutrientes como el fósforo en el agua varía de 0.04 a 0.07 mgP-PO₄/L y el potasio varía de 1.1 a 1.5 mg/L (Meneses *et al.*, 2013).

La ganadería y agricultura generan cambios en los procesos ecológicos debido al aumento de la carga de nutrientes, al incremento de sedimentos finos, a la proliferación de las especies exóticas y a la alteración en el régimen hidrológico (Steiman *et al.*, 2003).

Particularmente la acción de la ganadería puede causar impactos directos o indirectos. Entre los directos se incluyen a la presión por el pastoreo de la vegetación acuática, al aporte de nutrientes de orina y deposiciones fecales. El pisoteo incrementa los procesos erosivos y produce síntomas de sedimentación (Collins *et al.*, 1998; Steiman *et al.* 2003). Los impactos indirectos incluyen cambios en la composición y estructuras de las macrófitas, mayormente inducidas por el aporte de nutrientes y el pastoreo selectivo (Kutschker *et al.*, 2014). Estos impactos pueden causar la eutrofización del sistema y

afectar a los niveles tróficos superiores que dependen de esos autótrofos ya sea como hábitat, refugio o alimento, lo que en consecuencia puede disminuir la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema (Kadoya *et al.*, 2011).

La reducción de la calidad del hábitat acuático conduce a la reducción de la diversidad de macroinvertebrados, en este caso, se encontró que solo los taxones más resistentes permanecen. Esto es congruente con la alta presencia de *Chironomidae* encontrada en los humedales evaluados. Este grupo es abundante en aguas contaminadas y con alto contenido de materia orgánica (Liévano y Ospina, 2007), donde pocos competidores y depredadores toleran estas condiciones (Corranza, 2006). En aguas limpias la principal familia presente es *Simuliidae* (no encontrada en los humedales evaluados). Y, contrariamente Tipulidae y Chironomidae son familias que están en aguas contaminadas (Clavijo y Amarillo 2013).

Riqueza y composición de macroinvertebrados según el tipo de humedal

Agrupando los sitios de trabajo según el tipo de humedal en la figura 3 se puede observar que los humedales en la categoría de “ríos” tienen el valor más elevado de riqueza (mediana de 7). En cambio, la “zona litoral” es el que tiene menor riqueza en relación con los macroinvertebrados bentónicos (mediana de 3).

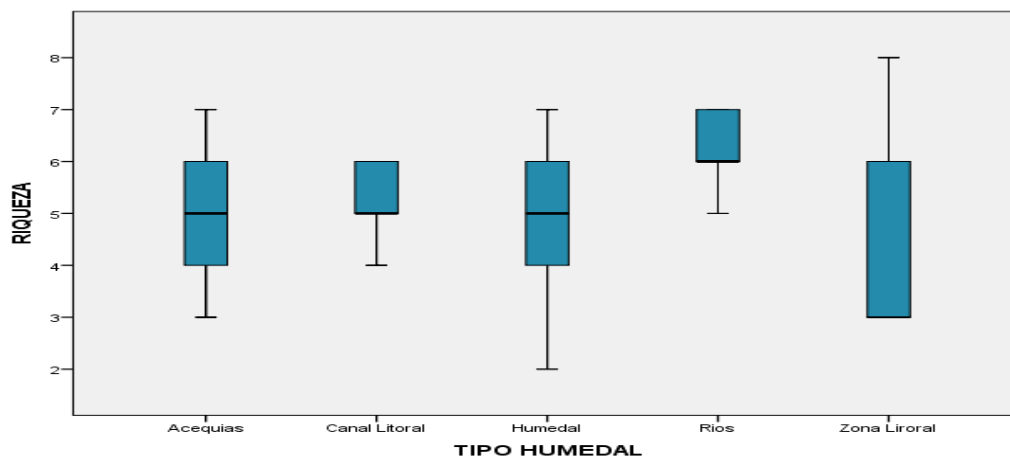


Figura 3. Box plot de riqueza de macroinvertebrados bentónicos según el tipo de humedal.

No se incluyeron las muestras obtenidas en Qotaña porque la cantidad de muestras fue menor a cinco.

Los ríos son ambientes donde existe movimiento de corriente, por lo tanto, no hay agua estancada (Rivera *et al.*, 2013) y son los sitios donde habitan las familias de macroinvertebrados que indican buena calidad del agua (Ephemeroptera, Plecóptera y Tricóptera).

Por lo general, la zona litoral contiene el mayor número de especies de macroinvertebrados en los ambientes lenticos

porque sus aguas son someras con plantas creciendo al fondo (Hanson *et al.*, 2010). Pero debemos tomar en cuenta que los puntos de muestreo de la zona litoral en la comunidad de Huarina estaban con barro a causa de la época seca, ya que disminuye la altura del lago Titicaca.

La composición de macroinvertebrados no es muy diferente entre los tipos de humedales evaluados (stress=0.26). Aunque se muestrearon diferentes tipos de humedales, la composición entre estos no difiere lo suficiente como para caracterizar cada tipo de humedal evaluado. (Figura 4)

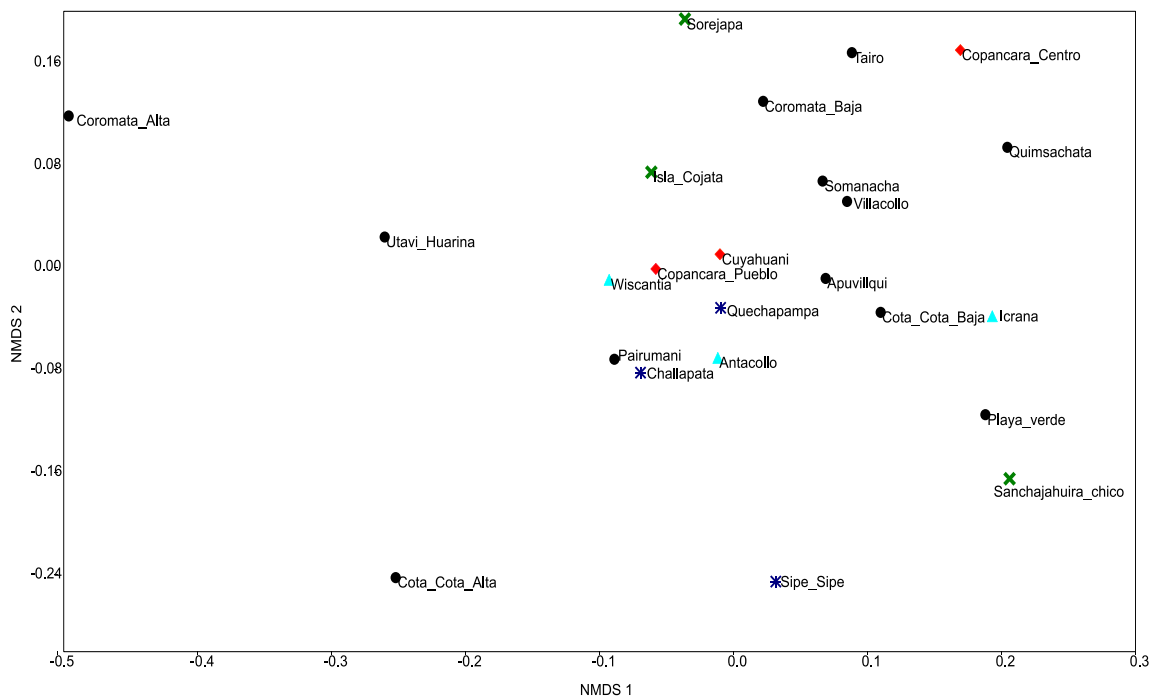


Figura 4. Ordenación de las familias de macroinvertebrados según el tipo de humedales evaluados en Huarina.

En cruces verdes se muestran los sitios en la Zona Litoral, en triángulos celestes los Canales Litorales, en círculos negros los humedales, en asteriscos azules los Ríos y en rombo rojo las Acequias. Se aplicó el análisis NMDS con el índice de similitud de Sorensen (datos presencia-ausencia). Stress=0.26.

Según Moya (2009), la baja diferenciación en la composición de macroinvertebrados según el tipo de humedales puede deberse a la alta degradación en los sitios evaluados, los impactos generados parecen haber dejado solo las familias resistentes a la perturbación (Oligoquetos, Ostrácodos y Chironómidos). También puede ser causado por el patrón hidrológico de la cuenca ya que es el

principal factor forzante para los humedales (Centro de Ecología Aplicada, 2006).

Análisis de macroinvertebrados con las variables ambientales (condiciones físico - químicas) y la comunidad de macrófitas.

El análisis de componentes principales (ACP), se desarrolló con las condiciones físico – químicas. El análisis indicó que los cuatro componentes principales explican el 80% de la varianza acumulada. El primer eje se correlacionó positivamente con el cloruro, el segundo con el carbonato, el tercero con el oxígeno disuelto y el cuarto con el pH. Al aplicar el análisis de conglomerados con estas cuatro variables se pudo ver claramente cuatro grupos, los cuales se analizaron con el ANOVA y la prueba Duncan.

En la tabla 1, el primer grupo diferenciado por su contenido de cloruros ($F_{3,18} = 64.9$, $P < 0.0001$). De acuerdo con las comparaciones de Duncan, el grupo 3 (Copancara Pueblo, Cuyahuani, Isla Cojata, Sorejapa, Utavi Huarina y Villacollo) tienen las cantidades más altas de Cloruros con un promedio de 250,72 mg/l. El resto de los grupos 1, 2 y 4 son estadísticamente iguales con cantidades bajas de cloruros.

El carbonato de calcio (mg/l) también muestra diferencias entre los humedales ($F_{3,18} = 7.9$, $P < 0.0014$), tabla 7. El grupo 1 (Antacollo, Challapata, Coromata Alta, Cota Cota Baja, Quimsachata y Sipe Sipe), tiene las cantidades más altas de carbonatos de calcio con un promedio de 607,33 mg/l. Los grupos 2 y 4 son estadísticamente iguales con cantidades bajas de carbonato de calcio, y el grupo 3 es diferente de los anteriores.

El oxígeno disuelto también es diferente ($F_{3,18} = 3.7$, $P < 0.0317$) tabla 8, el grupo 4 (Cota Cota, Quechapampa y Tairo) tiene las cantidades más elevadas con un promedio de 79,80 mg/l. Los grupos 1 y 2 son estadísticamente iguales con cantidades bajas de cloruros y el grupo 3 es diferente de los anteriores.

Finalmente, el pH también es diferente entre grupos ($F_{3,18} = 7.2$, $P < 0.0023$) tabla 9, las comparaciones muestran que los grupos 1 y 4 son estadísticamente iguales con respecto al pH, ya que estos tienen un promedio de pH 8,77 y 8,72. Los grupos 2 y 3 son estadísticamente iguales ya que el valor es menor a 8,12.

El grupo 2 tiene mayor diversidad de macrófitas (índice de Shannon 1.19), mayor número de familias de macroinvertebrados bentónicos (6), los cloruros, carbonato de calcio y oxígeno disuelto tienen bajas presencias con respecto a los otros puntos, además el pH es bajo indicando que los humedales muestreados son neutros a ligeramente ácidos.

En cambio, en el grupo 1 y 3, se puede observar que el índice de Shannon de la diversidad de macrófitas es muy bajo, la riqueza de macroinvertebrados es diferente al grupo 2 (Shannon: 0.72 y 0.31; Riqueza: 4) respectivamente. En el grupo 1 la cantidad de cloruros y oxígeno disuelto es menor, pero la cantidad de carbonato de calcio es mucho mayor. En el grupo 3 la cantidad de cloruros, carbonato de calcio y oxígeno disuelto es mayor a los del grupo 2. Además, que en los dos grupos el pH es básico.

Estos grupos indican que bajas concentraciones de cloruros y carbonatos son favorables para mantener mayor diversidad de macrófitas y más familias de macroinvertebrados.

Los grupos encontrados con este análisis sugieren que los macroinvertebrados tienden a agruparse por las características químicas del agua y por las especies de macrófitas; en concordancia con los resultados de este estudio sobre la baja separación de macroinvertebrados según el tipo de humedal. (ver figura 4)

Tabla 1. Comparación de los grupos, con respecto a la prueba de media Duncan, riqueza de macroinvertebrados y macrófitas.

Variables	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Comunidades	Antacollo, Challapata, Coromata Alta, Cota Cota Baja, Quimsachata y Sipe Sipe	Apuvillqui, Centro Copancara, Coromata Baja, Pairumani, Samancha, Wiscantia e Icrana.	Copancara Pueblo, Cuyahuani, Isla Cojata, Sorejapa, Utavi Huarina y Villacollo.	Cota Cota Alta, Quechapampa y Tairo.
Cloruros (medias)	10,88 mg/l	23,26 mg/l	250,72 mg/l	12,23 mg/l
Prueba Duncan	B	B	A	B
CaCO ₃ (medias)	607,33 mg/l	326,29 mg/l	456 mg/l	295,33 mg/l
Prueba Duncan	A	B	AB	B
Oxígeno disuelto (medias)	44,8 mg/l	52,1 mg/l	62,33 mg/l	79,8 mg/l
Prueba Duncan	B	B	AB	A
Ph (medias)	8,72	7,71	8,12	8,77
Prueba Duncan	A	B	B	A
Macroinvertebrados (riqueza)	4	6	4	3
Familias de macroinvertebrados	Ostracoda, Chironomidae, Naididae y Planorbidade	Dytiscidae, Isotomidae, Ostracoda, Chironomidae, Lymnaeidae y Naididae	Isotomidae, Ostracoda, Chironomidae y Naididae.	Dytiscidae, Isotomidae y Naididae.
Macrófitas (Índice de Shannon)	0,72	1,19	0,31	1,06
Especies de macrófitas	Juncus, Ranunculus uniflorus, Hydrocotyle ranunculoides y Poaceae,	Juncus, Callitriche Ranunculus uniflorus, Poaceae, Myriophyllum quitense, Chara y Alopecurus.	Chara, Hydrocotyle ranunculoides y Schoenoplectus californicus.	Juncus, Lilaeopsis macloviana y Plantago tubulosa.

Los macroinvertebrados dependen de las condiciones físico – químicas del agua que afectan la distribución y composición de estos, sobre todo las características como pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura (Carvacho, 2012). Estas variables afectan la fisiología individual de los organismos, siendo limitantes para los grupos más sensibles.

El aumento de cloruros puede explicarse por la mayor presión antrópica porque aumenta por la orina de animales y el hombre (Catalán *et al.*, 1981). En un experimento con poblaciones del género *Smicridea* (Tricóptero) se evidenció que el carbonato de calcio en altas concentraciones (desde 10 a 500 mg/l) es un factor de doble estrés porque dificulta el correcto

funcionamiento de procesos metabólicos y los organismos necesitan mayores esfuerzos energéticos que ponen en marcha mecanismos para evadir el daño de este compuesto salino (Guerra, 2017). Contrariamente grupos como los Dípteros (específicamente *Ephydriidae*) pueden soportar concentraciones de salinidad superior a la del mar. (Sala *et al.*, 2016)

El oxígeno disuelto influye en el establecimiento de organismos como *Hydroptilidae*, *Naididae* y *Psychodidae* (Gil, 2014). Las macrófitas proveen alimento y hábitat para los macroinvertebrados de los humedales (Murkin *et al.*, 1992; Batzer y Wissinger, 1996; King *et al.*, 2000), su presencia crea microhábitats que difieren de la velocidad del

agua, intensidad de la luz, temperatura, concentración de oxígeno, etc. (Van der Valk, 2012), sosteniendo la mayor diversidad y abundancia de macroinvertebrados dentro de los humedales. (Batzer y Boix, 1999)

Población de caracoles encontrados en los sitios muestreados (humedales).

Se recolectaron en total de 414 caracoles de la familia Lymneidae y 44 ejemplares de Biomphalaria, estos fueron hallados en los

diferentes humedales de las comunidades de Huarina, se puede apreciar que el caracol encontrado con mayor frecuencia fue Lymneidae.

Además, se encontraron diferentes tipos de humedales en el río (Sipe Sipe, Villacollo), canal litoral (Copancara Pueblo) y humedales (Coromata Alta, Cota Cota Alta, Pairumani, Playa Verde, Utavi Huarina). La presencia de caracoles de Lymneidae fue prácticamente nula en la zona litoral del lago Titicaca (Isla Cojata, Sankajahuira Chico).

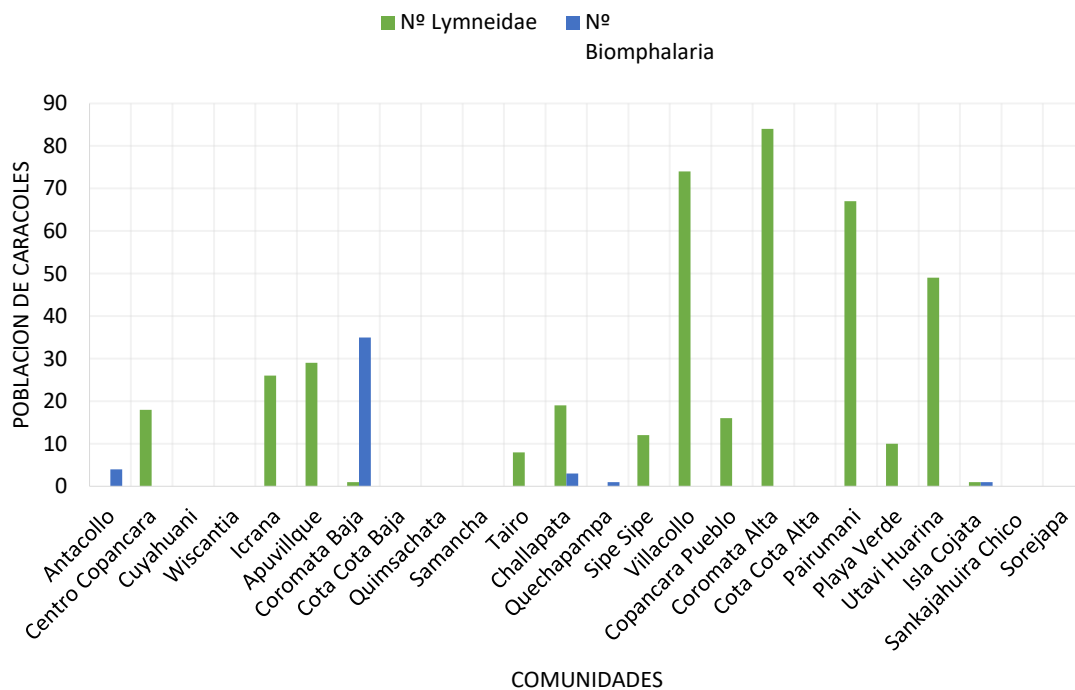


Figura 5. Población de los caracoles encontrados en los humedales de las comunidades de Huarina.

Los caracoles encontrados en Huarina son similares a los caracoles encontrados en Cuyahuani (6.3%), Huacullani (43.5%), Belén (13%) y Viacha (19.6%), donde se encontraron poblaciones de *Lymnaea truncatula* tanto en época de lluvia como en la seca (incluso la última semana) en cuerpos de agua permanentes, se evaluó mediante el estudio de agua dulce cerca de las cinco estaciones meteorológicas, se usaron métodos tradicionales de búsqueda y muestreo malacológico. (Fuentes *et al.*, 1999). Para realizar el muestreo de los caracoles en Huarina

se realizó el método de esfuerzo para la búsqueda de caracoles.

La baja abundancia de Biomphalaria probablemente se deba a que compite por los recursos con los caracoles de *Lymnaea* (Prepelitchi 2009). Similares resultados encontraron Utzinger y Tanner (2000), donde se vio que al aumentar la abundancia de *L. columella* (*Lymneidae*) se reduce la de *Biomphalaria*.

Relación entre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos y el número de caracoles *Lymneidae* y con la prevalencia de parasitosis en éstos

El análisis GLM aplicado indica que la riqueza no afecta el número de caracoles (GLM Quasipoisson, $t = -0.52$, $SE = 0.0029$, $P = 0.60$ (ver figura 6a). Igualmente, la riqueza no afecta la prevalencia de parasitosis en los caracoles (GLM Quasipoisson, $t = -0.36$, $SE = 0.24$, $P = 0.72$ (ver figura 6b).

Este resultado podría deberse a que hay otros procesos además de la calidad biológica del agua (índice BMWP/Bol) que están operando para explicar la variación en el número de caracoles, por ejemplo, la altitud, la composición y diversidad de macrófitas, la densidad de ganado y personas.

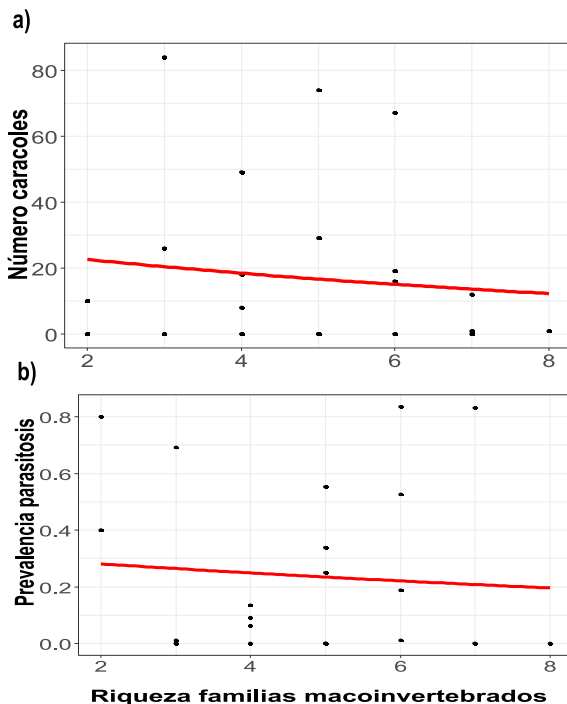


Figura 6. Relación entre calidad del agua (índice BMWP/Bol y los caracoles) a) relación con la riqueza de macroinvertebrados b) relación con la prevalencia de parasitosis

De acuerdo con Choque (2018) los caracoles son más numerosos donde las

características químicas del agua como pH, nitratos y la temperatura son más altas porque influyen significativamente en el desarrollo de estos. En relación con lo encontrado en la tabla 1 también se encontraron características elevadas como el pH. Además, en el Municipio de Huarina existe actividad ganadera, la cual es responsable de la elevada carga de nutrientes orgánicos en los humedales del lugar.

La información revisada sugiere que los caracoles son capaces de vivir sobre el fango, aunque hay especies acuáticas que se desarrollan a centímetros de profundidad, aguas turbas con poca corriente (Prepelitchi, 2009). Los caracoles prefieren zonas de terrenos bajos inundados, el agua debe ser estancada o con poca corriente, rica en oxígeno y nutrientes orgánicos, además el pH del agua debe ser entre 5 y 9 (Jiménez, 2018). Estas características indican que los caracoles no son tan exigentes de la calidad de hábitat que requieren. Sin embargo, los análisis de la relación entre cantidad de caracoles y el índice BMWP/Bol en Huarina no refuerzan estas afirmaciones, es necesario realizar un diseño específico donde se tengan varias réplicas por cada calidad de agua, pero con similares elevaciones y otras posibles covariables

CONCLUSIONES

En 24 humedales evaluados del municipio de Huarina se encontraron 18 familias de macroinvertebrados, el orden más representativo fue el Díptera con la familia *Chironomidae* encontrado en 18 humedales, las familias de *Syrphidae*, *Ephydriidae*, *Coenagrionidae* y *Hydroptilidae* se encontraron solo en un sitio.

La calidad ecológica de los humedales evaluados según el índice BMWP/Bol muestra que el 60% de los humedales tienen calidad MUY CRÍTICA y el 40% tienen calidad CRÍTICA, lo que nos indica que estas aguas no pueden utilizarse para consumo animal y están altamente perturbadas. Además de estar

fuertemente contaminadas principalmente por actividades agropecuarias.

Se encontraron ligeras diferencias en la riqueza de familias de macroinvertebrados según los diferentes tipos de humedales evaluados, donde los ríos tienen mayor riqueza (entre 5-7) a diferencia del resto (entre 2 -7). Mientras, la composición de macroinvertebrados es bastante similar entre los humedales evaluados.

Al analizar los macroinvertebrados, las variables ambientales y la comunidad de macrófitas, se formaron cuatro grupos, el grupo 2 muestra una mayor diversidad respecto a las macrófitas y macroinvertebrados bentónicos, y las variables como cloruros, CaCO₃ y oxígeno disuelto tienen presencias bajas con respecto a los demás grupos formados, esto indica que este grupo es mucho más diverso.

Con los datos obtenidos, no se encontró relación o efecto de la riqueza de macroinvertebrados sobre el número de caracoles y sobre su prevalencia de parasitosis, para responder mejor este objetivo se sugiere diseñar estudios específicos para responder esta pregunta, por ejemplo, determinar la presencia y abundancia de caracoles en un gradiente de calidad del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batzer, D., Box, D. (1999). Invertebrates in Freshwater Wetlands. New York –EE.UU. John Wiley & Sons. Disponible en <https://www.springer.com/gp/book/9783319249766>
- Batzer, D., Wissinger, S. (1996). Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual review of entomology* 41(1), 75-100. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15012325>
- Bertness, M. *et al.*, (2002). Anthropogenic modification of New England salt marsh landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(1), 1395-1398. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/11540610_Anthropogenic_modification_of_New_England_salt_marsh_landscapes
- Carvacho, C. (2012). Estudios de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice milimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Linares en Chile.
- Catalán, J. *et al.* (1981). Química del agua. T.G. Alonso. Madrid – España. 423p.
- Centro de Ecología Aplicada. (2006). Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de Humedales. Disponible en <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/GUIAV67JUNIO2007.pdf>
- Choque, C. (2018). Características físico – químicas de humedales con presencia de caracoles, hospederos intermedios de la *Fasciola hepática* Época seca Municipio de Huarina, La Paz. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.
- Clavijo, H., Amarillo, A. (2013). Variación taxonómica y funcional en la artropofauna asociada a comunidades vegetales en humedales altoandinos (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 39(1), 155-163. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v39n1/v39n1a25.pdf>
- Corranza, X. (2006). Evaluación de la fauna de dípteros (Insecta: Díptera) acuáticos de las cuencas de los ríos Prado y la parte baja de Amoya en el departamento de Tolima. (Tesis de grado). Universidad de Tolima. Ibagué – Colombia.
- Fuentes, M. *et al.*, (1999). Analysis of climatic data and forecast indices for human

- fascioliasis at very high altitude. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 93(8), 835-850.
- Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del Río Garagoa. (Tesis de postgrado). Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales. 84p.
- Guerra, D. (2017). Alteración física y fisiológica en un macroinvertebrado acuático (género *Smicridea*) como efecto de cambios en la salinidad Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2017.
- Hanson, P. *et al.* (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista Biol. Trop.* 58(4), 3-37. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/317489779_Capitulo_1_Introduccion_a_los_grupos_de_macroinvertebrados_acuaticos
- Jiménez, G. (2018). Prevalencia e identificación de moluscos Lymneidos transmisores de *Fasciola hepática* en la Parroquia San Francisco de Borja, Cantón Quijos, Provincia de Napo. (Tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Centro de Posgrado. Sangolquí – Ecuador. 58 p
- Kadoya, T. *et al.* (2011). A proposal of framework to obtain an integrated biodiversity indicator for agricultural ponds incorporating the simultaneous effects of multiple pressures. *Ecological Indicators* 11(5), 1396-1402. Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/229218996_A_proposal_of_framework_to_obtain_an_integrated_biodiversity_indicator_for_agricultural_ponds_incorporating_the_simultaneous_effects_of_multiple_pressures
- King, R. *et al.* (2000). Macroinvertebrate assemblage response to highway crossings in forested wetlands: implications for biological assessment. *Wetlands Ecology and Management* 8(4), 243-256. Disponible en
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008479316066>
- Kutschker, A. *et al.* (2014). Aquatic plant composition and environmental relationships in grazed Northwest Patagonian wetlands, Argentina. *Ecological Engineering* 64(1), 37-48. Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/281067188_Aquatic_plant_biodiversity_and_environmental_relationships_in_grazed_northwest_Patagonian_wetlands_Argentina
- Leyton, D. (2015). Ramsar 2015: Por un uso sustentable de los humedales. La Región. Disponible en <http://laregion.com/>
- Liévano, A., Ospina, R. (2007). Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón, Bogotá D.C. Universidad El Bosque. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C. 130p.
- Loza, S. (2017). Recolección y sistematización de macrófitas en el Municipio de Huarina.
- Meneses *et al.* (2015). Caracterización detallada de la cuenca Jacha Jahuira y cuenca Khullu Cachi como base para la formulación de los planes de gestión integrada de cuencas. Documento de análisis de la calidad de aguas: subcuencas Jacha Jahuira y Khullu Cachi. FUNDECO.
- Moya, N. *et al.*, (2009). Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y

- permanentes del altiplano boliviano: implicaciones para el futuro cambio climático. *Ecología Aplicada* 8(2), 105-114. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v8n1-2/a12v8n1-2.pdf>
- Murkin, E. *et al.* (1992). Nektonic invertebrate abundance and distribution at the emergent vegetation-open water interface in the Delta Marsh, Manitoba, Canada. *Wetlands* 12(1), 45-52. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/241754652_Nektonic_macroinvertebrates_in_a_wetland_pond_Crescent_Pond_Delta_Marsh_Manitoba
- Plan de Desarrollo Municipal de Huarina. (2012). Estrategia municipal consolidado ajuste plan de desarrollo municipal. Huarina 2012 – 2016.
- Prepelitchi, L. (2009). Eco epidemiología de *Fasciola hepática* (Trematoda, Digenea) en el norte de la provincia de corrientes destacando aspectos ecológicos de *Lymnaea columella* (Pulmonata, Lymnaeidae) y su rol como hospedero intermediario. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Buenos Aires – Argentina. 148 p. Disponible en http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Thesis/Tesis_4546_Prepelitchi.pdf
- RAMSAR. (2006). Manual de la Convención de RAMSAR, guía a la convención sobre los humedales (RAMSAR, Irán, 1971). 4ª edición. 96p. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd63/manual2006/indice.pdf>
- Rengifo, C. (2003). Guía Principales ordenes de Macroinvertebrados. Disponible en http://artemisa.unicauca.edu.co/~gerardorengifo/RH2/Guia_Macroinvertebrados.pdf
- Rivera, J. *et al.* (2013). Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 18(2), 279-292. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028011005>
- Sala, M. *et al.*, (2016). Chloride and sulphate toxicity to *Hydropsyche exocellata* (Trichoptera, Hydropsychidae): exploring intraspecific variation and sub-lethal endpoints. DOI <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.121>
- Salvarredy-Arangure, M. *et al.* (2008). Contamination of surface waters by mining wastes in the Milluni Valley (Cordillera Real, Bolivia): Mineralogical and hydrological influences. *Applied Geochemistry* 23, 1299-1324.
- Steiman, A. *et al.*, (2003). Influence of cattle grazing, and pastureland use on macroinvertebrate communities in freshwater wetlands. *Wetlands* 23(4), 877-889. Disponible en [https://link.springer.com/article/10.1672/0277-5212\(2003\)023\[0877:IOCGAP\]2.0.CO;2](https://link.springer.com/article/10.1672/0277-5212(2003)023[0877:IOCGAP]2.0.CO;2)
- Van der Valk, A. (2012). The biology of freshwater wetlands. Oxford University Press.