

Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú

Influence of the microhabitat on water quality indexes in a montano forest stream, Junín, Peru

Janet Isabel Sajamí Reymundo ¹, Ana Asunción Huamantínco Araujo ²

Recibido: 08/01/2021 - Aprobado: 08/03/2021 – Publicado: 18/06/2021

RESUMEN

Los macroinvertebrados acuáticos son ampliamente utilizados en los estudios ambientales principalmente en la bioindicación donde su adecuada utilización depende del conocimiento que se tenga de esta comunidad. El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del microhábitat sobre dos de los índices más utilizados para evaluar la calidad del agua BMWP/Col y ABI, para lo cual se evaluaron cuatro microhábitats (piedra, grava, musgo y hoja retenida en la corriente) colectándose 103 géneros distribuidos en 52 familias de macroinvertebrados acuáticos. De los cuatro microhábitats evaluados, hoja retenida en la corriente presentó la más alta riqueza y abundancia (90 géneros y 5 069 individuos). Los resultados mostraron que los diferentes microhábitats tuvieron un efecto significativo sobre las métricas de bioindicación BMWP/Col y ABI ($p < 0.05$) asimismo las comparaciones múltiples *post hoc* evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los microhábitats de piedra-hoja y musgo-hoja resaltando la importancia de un muestreo multihábitat. Se concluyó que tanto el índice BMWP/Col y ABI dependen de la heterogeneidad del hábitat y el uso de ambos se complementarían para determinar la calidad acuática en quebradas de un ecosistema montano.

Palabras claves: Bioindicación; bosque montano; calidad del agua; macroinvertebrados acuáticos; microhábitat.

ABSTRACT

Aquatic macroinvertebrates are widely used in environmental studies, mainly in bioindication, where their use depends on the knowledge of this community. The objective of the present study was to determine the influence of the microhabitat on two of the most used indices to evaluate the water quality BMWP / Col and ABI, for which four microhabitats were evaluated (stone, gravel, moss and leaf retained in the stream) collecting a total of 103 genera distributed in 52 families of aquatic macroinvertebrates. Of the four microhabitats evaluated, leaf registered the greatest richness and abundance (90 genera and 5 069 individuals). The results showed that the different microhabitats had a significant effect on the bioindication metrics BMWP/Col and ABI ($p < 0.05$), and multiple *post hoc* comparisons showed significant differences ($p < 0.05$) between the stone-leaf microhabitats. and moss-leaf highlighting the importance of multi-habitat sampling. It was concluded that both the BMWP/Col and ABI index depend on the heterogeneity of the habitat and the use of both would complement each other to determine the aquatic quality in streams of a montane ecosystem.

Keywords: Bioindication; montane forest; water quality; aquatic macroinvertebrates; microhabitat.

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Invertebrados Acuáticos. Lima, Perú.
E-mail: janetsajamireymundo@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8650-5592>

² Investigadora RENACYT - CONCYTEC (Grupo María Rostworowski - Nivel I). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
E-mail: ahuamantíncoa1@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6558-1326>

I. INTRODUCCIÓN

El uso de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores se remonta al siglo XIX (año 1848), según lo mencionado por Roldán-Pérez (2016) y aunque su uso se ha diseminado ampliamente esto no ha ido a la par con el conocimiento taxonómico y ecológico de los diferentes grupos de esta comunidad, siendo indispensable un conocimiento previo antes de su adecuada utilización. Asimismo, el uso de las métricas de bioindicación tomando en cuenta esta comunidad debe ser cuidadosamente revisada a fin de saber si es apropiado para el tipo de ambiente a evaluar, dado que cada métrica fue desarrollada para ecosistemas determinados y solo en algunos casos adaptados. Además, si bien la comunidad de macroinvertebrados acuáticos son ampliamente usados en la bioindicación, su rol principal es formar parte de la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos (Thorp, J.H., 2018), desarrollar ciclos de vida, interactuar con su entorno biótico y abiótico, responder a cambios ambientales naturales y antropogénicos, etc.

La heterogeneidad del hábitat juega un rol importante, donde el arrastre desde las partes altas del río promueve la sedimentación y deposición cambiando las características fisiográficas del ambiente (Allan & Castillo, 2007; Huaylinos Villalva et al., 2003) y que son determinantes en el establecimiento de esta comunidad acuática. La hoja retenida en la corriente representa el principal sustrato de un ecosistema acuáticos montano albergando la mayor riqueza y abundancia de esta comunidad, debido a que es una fuente extraordinaria de alimento y refugio para estos organismos (Wallace & Webster, 1996; Ramírez et al., 1998; Huamantínco & Nessimian, 1999; Baptista et al., 2001; Graça, 2001; M. A.S. Graça et al., 2001; Meza-S et al., 2012), además de ser ampliamente disponible en ecosistemas montañosos. Si bien los hojarasca retenida en la corriente podría ser considerado el microhábitat principal se resalta la importancia de otros microhábitats tales como piedra, grava y musgo debido a las preferencias y especificidad de algunos grupos de invertebrados, siendo importante un reconocimiento previo del área de estudio para su evaluación. Respecto a lo mencionado, autores como Dávila-Recinos et al. (2019), encontraron un efecto significativo del microhábitat sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en los ríos La Labor y Tzununá, en la cuenca del lago Atitlán en Guatemala; así también Meza-S et al. (2012) encontraron efectos significativos del microhábitat sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos resaltando la disponibilidad de la hojarasca en el río Chinchiná y las quebradas El Diamante y La Oliva, subcuenca alta del río Chinchiná en Colombia, señalando en ambos casos la importancia de la heterogeneidad del hábitat. Maestre & Carranza (2018) también señalaron que una mayor diversidad de sustratos es apropiada para el desarrollo de esta comunidad.

En cuanto a la bioindicación, su uso se ha extendido ampliamente en los estudios ambientales como la minería, utilizando bacterias como bioindicadores para la remediación (Lovera, D., Zavaleta, A., Puente, L., Quiñones, J., Gagliuffi, P., Coronado, R., Arias, V., Terrel, M., Revilla, A., Diego, J., Semino, 2008), hasta el uso de índices de integridad biótica que toma en

cuenta a los peces. Los efectos adversos en un ambiente acuático involucran cambios en las estructuras de las comunidades acuáticas (Alba-Tercedor, 1996), desde las bacterias hasta los vertebrados como los peces; donde los macroinvertebrados acuáticos, dado su asociación con el sedimento, nos proveen información sobre dichos cambios y que de acuerdo a su sensibilidad nos permite obtener índices tales como el *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) que fue inicialmente desarrollado por la Unión Europea y posteriormente adaptado para Colombia (BMWP/Col) basándose en puntuaciones asignadas a diferentes familias de acuerdo a su grado de sensibilidad y tolerancia (Roldán, 2003); y, el Índice Biótico Andino (ABI) propuesto por Acosta et al. (2009) para ríos altoandinos que se encuentren sobre los 2 000 m s. n. m. y se basa en la sumatoria de puntuaciones asignadas a cada familia, similar al BMWP/Col.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la influencia del microhábitat (piedra, grava, musgo y hoja retenida en la corriente) sobre las métricas BMWP/Col según Roldán (2003) y el ABI según la propuesta de Acosta et al. (2009). Asimismo, se detalla la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos por microhábitats. Es importante mencionar que el conocimiento previo del hábitat acuático y de las comunidades que alberga permitirá tomar una adecuada decisión sobre el manejo de los ecosistemas.

II. MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La evaluación tuvo lugar en la quebrada Pichita, coordenadas 8 773 232 N y 452 228 E (*World Geodetic System* 1984) Zona 18 L a una altitud de 2 295 m s. n. m. dentro de la Concesión para la Conservación del Bosque Puyu Sacha perteneciente al Fundo Vista Alegre de la Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible (APRODES) en la Selva Central del Perú, distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo y departamento de Junín (Reynel, 2012).

El área de estudio se ubicó en la Zona de vida Bosque muy húmedo Montano bajo Tropical (bmh-MBT), según la clasificación ecológica desarrollada por Holdridge (2013); y a la ecorregión de Selva alta o Ceja de Selva según Brack Egg & Mendiola (2000).

El Bosque Puyu Sacha se ubica al Sur del Santuario Nacional de Pampa Hermosa, presentando escasa intervención antrópica. Existen pocos registros climatológicos del lugar siendo la estación más cercana la estación de Huasahuasi según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) reportándose una temperatura media de 19°C y una precipitación total anual promedio de 2 100 mm (Reynel, 2012).

2.2. Caracterización ambiental

En cada campaña (bimestral) se midieron las variables fisicoquímicas considerándose las siguientes: pH, oxígeno disuelto (mg/L), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (ppm), sólidos totales disueltos (mg/L), temperatura ambiental

(°C) y temperatura del agua (°C). Para la medición del pH se usó un pH-metro PHD-T104, para la medición del oxígeno un Oxímetro HANNA HI 9146; y, para la medida de la conductividad, salinidad, sólidos totales disueltos, temperatura ambiental y temperatura del agua se usó un Conductímetro EXTECH. Además, se calculó la velocidad de la corriente (m/s) y el caudal (L/s).

2.3. Recolección de muestras

Se realizaron seis colectas bimestrales entre marzo del 2013 y enero del 2014. Los macroinvertebrados fueron extraídos mediante el uso de una red surber de (30 cm x 30 cm) con luz de malla de 200 µm. Las muestras fueron fijadas en alcohol de 96° y almacenadas en bolsas plásticas. Las muestras fueron obtenidas de cuatro microhábitats representativos a lo largo de la quebrada Pichita: piedra, grava, musgo y hoja retenida en la corriente, obteniéndose cinco réplicas por cada tipo de microhábitat y durante cada una de las 6 campañas de evaluación. La identificación fue realizada según las claves taxonómicas de Domínguez et al. (2006), Domínguez & Fernández (2009), Epler (1995), Hamada et al. (2019), Manzo (2005), V. Manzo & Archangelsky (2008), Merritt, R. W., K. W. Cummins & Berg (2008), Ottoboni Segura et al. (2011), Passos et al. (2007), Ruiz-Moreno, J., Ospina-Torres, R., Gómez-Sierra, H., & Riss (2000) y, Thorp, J.H. (2018).

2.4. Análisis de datos

Para el análisis estadístico se consideraron las cinco réplicas por cada microhábitat. Se obtuvo la riqueza a través del número de géneros y la abundancia a través del número de individuos. Se calcularon las métricas de bioindicación BMWP/Col y ABI según la propuesta de Acosta et al. (2009). Se hizo un análisis paramétrico de Análisis de varianza (ANOVA) de una vía, luego de probar el supuesto de normalidad según la prueba de Kolmogorov-Smirnov; además se realizaron comparaciones múltiples *post hoc* según el método de Games-Howell. Asimismo, se construyeron barras de error para graficar la variación promedio de los índices BMWP/Col y ABI en los cuatro microhábitats.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización ambiental

Respecto a la caracterización ambiental, los meses con más caudal y velocidad de la corriente fueron: marzo (2013), noviembre (2013) y enero (2014); mientras que los meses julio (2013) y setiembre (2013) fueron los más secos disminuyendo el caudal y la velocidad de la corriente. Las medidas fisicoquímicas hidrológicas no mostraron diferencias marcadas excepto el oxígeno disuelto que fue más bajo en el mes de julio (Tabla 1).

3.2. Composición y riqueza

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos estuvo conformada por 103 géneros, agrupados en 52 familias y los siguientes órdenes taxonómicos: Amphipoda, Basommatophora, Coleoptera, Entomobryomorpha, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera, Trombidiformes y un orden no determinado (clase Clitellata). De todos los órdenes registrados, Diptera presentó 46 géneros distribuidos en 15 familias. Seguidamente el orden Coleoptera presentó 25 géneros agrupados en 11 familias de las cuales la familia Elmidae registró la mayor riqueza con 10 géneros. El tercer orden más abundante fue Trichoptera con 15 géneros distribuidos en 15 familias (Tabla 2).

El microhábitat con mayor número de individuos de macroinvertebrados acuáticos fue hoja retenida en la corriente (5 069 individuos, 36%) seguido de musgo (3 497, 25%) y grava (3 214 individuos, 23%) y en menor abundancia en piedra (2 365 individuos, 16%) (Figura 1).

Respecto a los géneros que fueron los más abundantes según tipo de microhábitat se tuvo al género *Gigantodax* con un 14.4% en el microhábitat de piedra; a *Farrodes* (9.4%), *Anchytarsus* (7.7%) y *Anacroneuria* (7.5%) en el microhábitat de grava; a *Rheotanytarsus* (19.4%) en el microhábitat de musgo; y a *Parametrioctenemus* (13.7%) y *Phylloicus* (12.6%) en el microhábitat de hoja (Figura 2).

3.3. Índices de bioindicación

La aplicación del análisis de varianza para conocer si hay diferencias en los índices según el tipo de microhábitat,

Tabla 1. Medidas fisicoquímicas e hidrológicas de la quebrada Pichita (marzo-2013 a enero-2014)

Parámetros	Unidades	2013					2014
		Marzo	Mayo	Julio	Setiembre	Noviembre	Enero
pH	unidades de pH	7.07	7.98	7.88	7.8	7.64	7.45
Conductividad	µS/cm	92.6	103.9	101	79.8	72.7	65.5
Salinidad	ppm	45.5	50.7	50.6	40.2	36.2	32.3
Sólidos Totales	mg/L	64.8	72.5	70.9	55.8	50.6	44.8
Oxígeno disuelto	mg/L	7.6	7.15	5.64	6.02	6.47	7.75
Temperatura ambiental	°C	15.9	21.7	15.1	22.8	18.8	16.1
Temperatura del agua	°C	13.7	13.9	13.6	13.7	14.3	14.7
Velocidad de la corriente	m/s	0.52	0.66	0.25	0.33	0.83	0.69
Caudal	L/s	127.3	52.83	4.92	33.56	218.6	224.6

Tabla 2. Abundancia relativa (AR %) de los macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Pichita

ORDEN	Género	Piedra	A.R. %	Grava	A.R. %	Musgo	A.R. %	Hoja	A.R. %
Familia									
AMPHIPODA									
Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	0	0.00	2	0.06	0	0.00	0	0.00
BASOMMATOPHORA									
Planorbidae	Planorbidae nd	0	0.00	3	0.09	1	0.03	1	0.02
COLEOPTERA									
Curculionidae	Curculionidae nd	0	0.00	2	0.06	0	0.00	5	0.10
Elmidae	<i>Austrolimnius</i>	7	0.30	78	2.43	6	0.17	3	0.06
	<i>Cyloepus</i>	41	1.73	118	3.67	26	0.74	85	1.68
	Elmidae nd	11	0.47	0	0.00	94	2.69	2	0.04
	<i>Heterelmis</i>	23	0.97	41	1.28	188	5.38	223	4.40
	<i>Hexanchorus</i>	0	0.00	0	0.00	2	0.06	0	0.00
	<i>Huleechius</i>	6	0.25	74	2.30	3	0.09	12	0.24
	<i>Macrelmis</i>	1	0.04	2	0.06	1	0.03	4	0.08
	<i>Neoelmis</i>	38	1.61	146	4.54	9	0.26	36	0.71
	<i>Onychelmis</i>	2	0.08	0	0.00	11	0.31	1	0.02
	<i>Pseudodisersus</i>	1	0.04	12	0.37	3	0.09	21	0.41
Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>	0	0.00	4	0.12	0	0.00	2	0.04
Hydraenidae	<i>Hydraena</i>	1	0.04	2	0.06	1	0.03	33	0.65
Hydrophilidae	<i>Dactylosternum</i>	1	0.04	0	0.00	0	0.00	11	0.22
	Hydrophilidae nd	4	0.17	0	0.00	5	0.14	14	0.28
Lampyridae	Lampyridae nd	0	0.00	1	0.03	3	0.09	10	0.20
Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>	42	1.78	12	0.37	30	0.86	170	3.35
Psephenidae	<i>Pheneps</i>	31	1.31	83	2.58	10	0.29	11	0.22
Ptilodactylidae	Ptilodactylidae nd	13	0.55	4	0.12	28	0.80	71	1.40
	<i>Anchytarsus</i>	19	0.80	248	7.72	1	0.03	10	0.20
Scirtidae	<i>Cyphon</i>	4	0.17	4	0.12	33	0.94	178	3.51
Staphilinidae	<i>Ambodina</i>	1	0.04	0	0.00	0	0.00	1	0.02
	<i>Oxytelus</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	0.10
	<i>Paracyusa</i>	0	0.00	0	0.00	5	0.14	0	0.00
	<i>Philonthus</i>	2	0.08	0	0.00	32	0.92	31	0.61
ENTOMOBRYOMORPHA									
Entomobryidae	Entomobryidae nd	25	1.06	12	0.37	17	0.49	99	1.95
DIPTERA									
Blephariceridae	Blepharicerinae nd	12	0.51	0	0.00	3	0.09	0	0.00
	<i>Limonicola</i>	10	0.42	0	0.00	3	0.09	0	0.00
	<i>Paltostoma</i>	6	0.25	0	0.00	5	0.14	0	0.00
Canaceae	<i>Canacea</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	11	0.22
Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>	1	0.04	1	0.03	10	0.29	2	0.04
	<i>Bezzia</i>	4	0.17	25	0.78	67	1.92	72	1.42
	Ceratopogonidae nd	11	0.47	25	0.78	126	3.60	46	0.91
	<i>Forcipomyia</i>	14	0.59	0	0.00	4	0.11	6	0.12
	<i>Probezzia</i>	19	0.80	67	2.08	88	2.52	110	2.17
	Chironomidae	Chironomidae nd	8	0.34	17	0.53	18	0.51	23
Chironomidae	<i>Corynoneura</i>	6	0.25	3	0.09	48	1.37	67	1.32
	<i>Cricotopus</i>	48	2.03	100	3.11	47	1.34	131	2.58
	<i>Dicrotendipes</i>	3	0.13	10	0.31	0	0.00	1	0.02

ORDEN	Género	Piedra	A.R. %	Grava	A.R. %	Musgo	A.R. %	Hoja	A.R. %
	Larsia	5	0.21	9	0.28	4	0.11	7	0.14
	Metriocnemus	2	0.08	2	0.06	0	0.00	22	0.43
	Nanocladius	1	0.04	2	0.06	0	0.00	17	0.34
	Onconeura	11	0.47	6	0.19	19	0.54	38	0.75
	Parametriocnemus	51	2.16	52	1.62	137	3.92	695	13.71
	Pentaneura	14	0.59	15	0.47	18	0.51	39	0.77
	Polypedilum	13	0.55	21	0.65	4	0.11	31	0.61
	Rheocricoptopus	1	0.04	5	0.16	0	0.00	0	0.00
	Rheotanytarsus	86	3.64	13	0.40	679	19.42	42	0.83
	Stenochironomus	3	0.13	1	0.03	3	0.09	5	0.10
	Stictocladius	0	0.00	8	0.25	0	0.00	4	0.08
	Tanytarsus	22	0.93	139	4.32	127	3.63	52	1.03
Dixidae	<i>Dixela</i>	9	0.38	3	0.09	1	0.03	45	0.89
Dolichopodidae	Dolichopodidae nd	0	0.00	0	0.00	2	0.06	7	0.14
Empididae	<i>Hemerodromia</i>	3	0.13	0	0.00	1	0.03	0	0.00
	Neoplasta	31	1.31	30	0.93	99	2.83	166	3.27
Muscidae	Muscidae nd	0	0.00	0	0.00	1	0.03	2	0.04
Psychodidae	<i>Maruina</i>	32	1.35	3	0.09	14	0.40	4	0.08
	Psychoda	0	0.00	0	0.00	9	0.26	77	1.52
Simuliidae	Gigantodax	340	14.38	55	1.71	67	1.92	36	0.71
	Simulium	135	5.71	82	2.55	123	3.52	125	2.47
Stratiomyidae	Myxosargus	0	0.00	1	0.03	0	0.00	3	0.06
Tabanidae	<i>Chrysops</i>	0	0.00	2	0.06	2	0.06	0	0.00
	Tabanus	0	0.00	1	0.03	1	0.03	0	0.00
Tanyderidae	Tanyderidae nd	1	0.04	0	0.00	0	0.00	19	0.37
Tipulidae	<i>Tipula</i>	0	0.00	5	0.16	17	0.49	55	1.09
Limoniidae	<i>Cryptolabis</i>	3	0.13	3	0.09	0	0.00	0	0.00
	Dactylolabis	7	0.30	5	0.16	22	0.63	39	0.77
	Hexatoma	1	0.04	28	0.87	2	0.06	8	0.16
	Limnophila	2	0.08	199	6.19	5	0.14	24	0.47
	Limonia	1	0.04	5	0.16	6	0.17	24	0.47
	Limoniinae	0	0.00	2	0.06	3	0.09	2	0.04
	Molophilus	0	0.00	0	0.00	23	0.66	10	0.20
EPHEMEROPTERA									
Baetidae	<i>Baetodes</i>	188	7.95	61	1.90	69	1.97	10	0.20
	Mayobaetis	71	3.00	50	1.56	68	1.94	109	2.15
Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>	21	0.89	104	3.24	5	0.14	19	0.37
	Leptohyphes	9	0.38	16	0.50	11	0.31	30	0.59
Leptophlebiidae	<i>Atopophlebia</i>	0	0.00	1	0.03	0	0.00	0	0.00
	Farrodes	144	6.09	303	9.43	70	2.00	293	5.78
	Thraulodes	15	0.63	48	1.49	1	0.03	2	0.04
HEMIPTERA									
Hydrometridae	Bacillometra	0	0.00	0	0.00	1	0.03	2	0.04
LEPIDOPTERA									
Crambidae	<i>Petrophila</i>	2	0.08	8	0.25	7	0.20	1	0.02
ND									
ND	Clitellata nd	4	0.17	12	0.37	71	2.03	8	0.16
ODONATA									

ORDEN	Género	Piedra	A.R. %	Grava	A.R. %	Musgo	A.R. %	Hoja	A.R. %
Aeschnidae	<i>Allopetalia</i>	3	0.13	4	0.12	2	0.06	15	0.30
	<i>Rhionaeschna</i>	0	0.00	9	0.28	2	0.06	3	0.06
Corduliidae	<i>Neocordulia</i>	1	0.04	0	0.00	1	0.03	13	0.26
Polythoridae	<i>Polythore</i>	18	0.76	22	0.68	15	0.43	32	0.63
PLECOPTERA									
Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	97	4.10	242	7.53	60	1.72	278	5.48
TRICHOPTERA									
Anomalopsychidae	<i>Contulma</i>	0	0.00	10	0.31	9	0.26	12	0.24
Atriplectididae	<i>Neotriplectides</i>	0	0.00	1	0.03	0	0.00	0	0.00
Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	39	1.65	83	2.58	24	0.69	637	12.57
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	177	7.48	28	0.87	12	0.34	4	0.08
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	124	5.24	109	3.39	32	0.92	22	0.43
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	9	0.38	12	0.37	20	0.57	4	0.08
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	143	6.05	195	6.07	45	1.29	154	3.04
	<i>Smicridea</i>	27	1.14	6	0.19	157	4.49	17	0.34
Hydroptilidae	<i>Metrichia</i>	55	2.33	2	0.06	420	12.01	5	0.10
	<i>Neotrichia</i>	0	0.00	1	0.03	9	0.26	0	0.00
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	2	0.08	8	0.25	49	1.40	243	4.79
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	11	0.47	62	1.93	3	0.09	17	0.34
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	4	0.17	4	0.12	6	0.17	8	0.16
Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	1	0.04	2	0.06	0	0.00	1	0.02
Xiphocentronidae	<i>Xiphocentron</i>	2	0.08	0	0.00	2	0.06	0	0.00
TROMBIDIFORMES									
Limnesiidae	Limnesiidae nd	9	0.38	18	0.56	9	0.26	24	0.47
Número de individuos		2 365	100	3 214	100	3 497	100	5 069	100
Número de géneros		80		82		87		90	

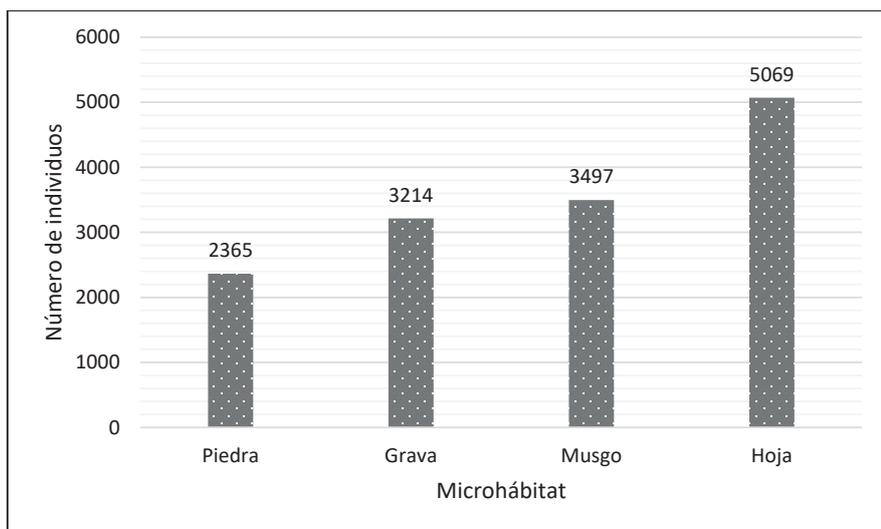


Figura 1. Abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos según microhábitats (piedra, grava, musgo y hoja).

Los resultados del Anova de una vía se muestran en la Tabla 3, donde se encontró diferencias estadísticamente significativas con el índice BMWP/Col ($F= 6.365$; $p< 0.05$) y el índice ABI ($F= 6,512$; $p< 0.05$). Asimismo, las comparaciones múltiples *post hoc* también evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p< 0.05$) entre los microhábitats de piedra-hoja y musgo-hoja tanto para el índice BMWP/Col y el índice ABI (Tabla 4). Los gráficos de barras de error (Figuras 3 y 4) muestran estas diferencias donde resalta el microhábitat de hoja retenida en la corriente con el más alto índice promedio respecto a los demás microhábitats. En cuanto a la calidad del agua en la quebrada Pichita esta varió entre “dudosa”, “aceptable” y “buena” según el índice BMWP/Col; y, entre “moderada”,

“buena” y “muy buena” según el índice ABI; así mismo se registró los índices promedios más bajos en el mes de marzo (Tabla 5).

IV. DISCUSIÓN

Los resultados hidrológicos en la quebrada Pichita evidenciaron una reducción del caudal y velocidad de la corriente entre julio y setiembre del año 2013. La temporalidad parece ser un patrón marcado en Perú con lluvias intensas durante el verano y con una tendencia a disminuir hacia los meses de mayo a noviembre. Resultados obtenidos en el río Cañete por Acosta Riveros (2009), en el río Utcubamba por

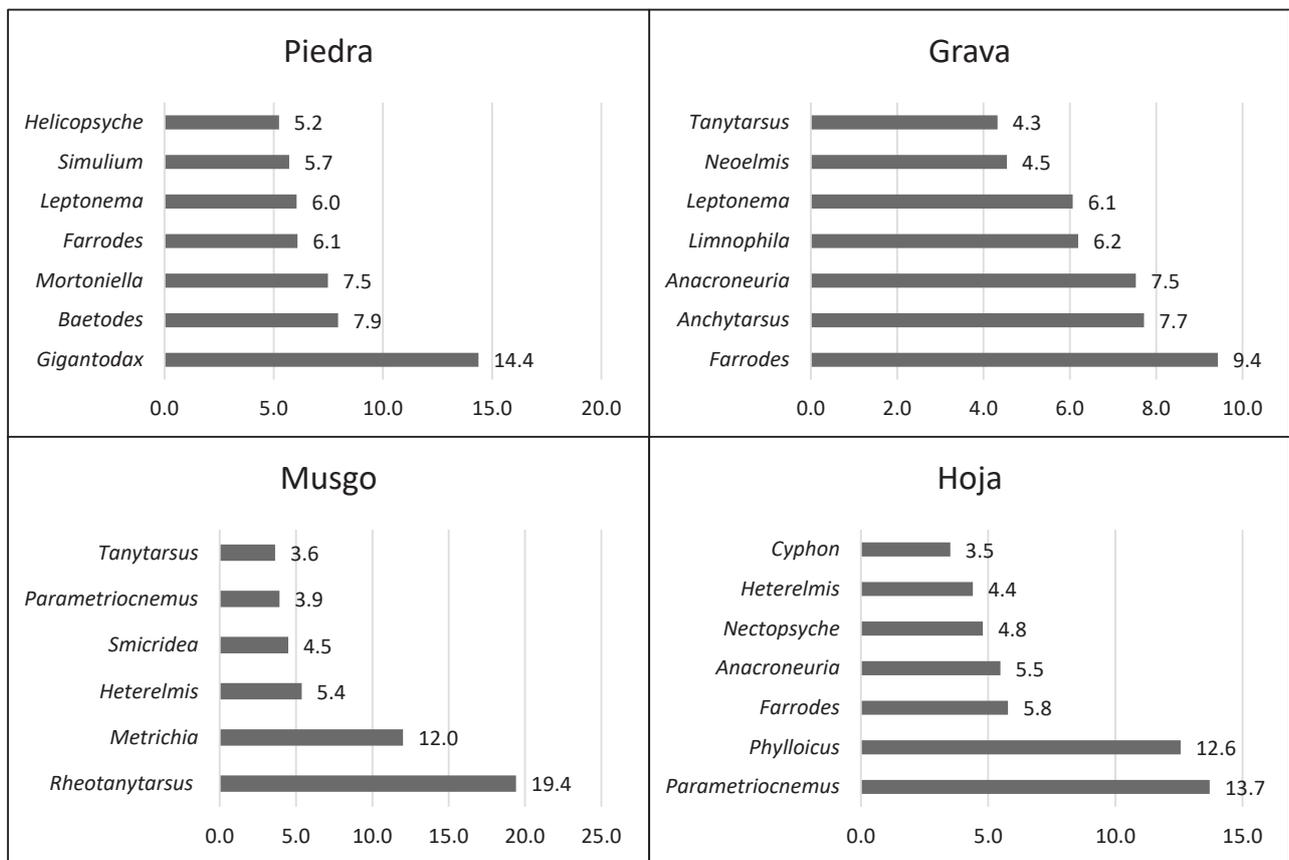


Figura 2. Abundancia relativa (A.R. %) de los géneros de macroinvertebrados acuáticos más abundantes según microhábitats en la quebrada Pichita.

Tabla 3. Resultado del Anova de una vía (F, valor F de Fisher; gl, grados de libertad)

Variable dependiente	Microhábitats	Estadísticos			
		Suma de cuadrados	gl	F	p
BMWP/Col	Entre grupos	26901	3	6.365	.001
	Dentro de grupos	159184	113		
	Total	186084	116		
ABI	Entre grupos	20236	3	6.512	.000
	Dentro de grupos	117050	113		
	Total	137286	116		

Tabla 4. Comparaciones múltiples post hoc según el método de Games-Howell ($p < 0.005$)

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p
BMWP/Col	Piedra	Grava	-16.200	10.948	.456
		Musgo	-17.011	9.660	.303
		Hoja	-41,900*	9.340	.000
	Grava	Piedra	16.200	10.948	.456
		Musgo	-.811	10.156	1.000
		Hoja	-25.700	9.851	.056
	Musgo	Piedra	17.011	9.660	.303
		Grava	.811	10.156	1.000
		Hoja	-24,889*	8.397	.023
	Hoja	Piedra	41,900*	9.340	.000
		Grava	25.700	9.851	.056
		Musgo	24,889*	8.397	.023
ABI	Piedra	Grava	-16.500	9.521	.316
		Musgo	-16.319	8.260	.210
		Hoja	-36,633*	8.074	.000
	Grava	Piedra	16.500	9.521	.316
		Musgo	.181	8.623	1.000
		Hoja	-20.133	8.446	.093
	Musgo	Piedra	16.319	8.260	.210
		Grava	-.181	8.623	1.000
		Hoja	-20,315*	6.993	.026
	Hoja	Piedra	36,633*	8.074	.000
		Grava	20.133	8.446	.093
		Musgo	20,315*	6.993	.026

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

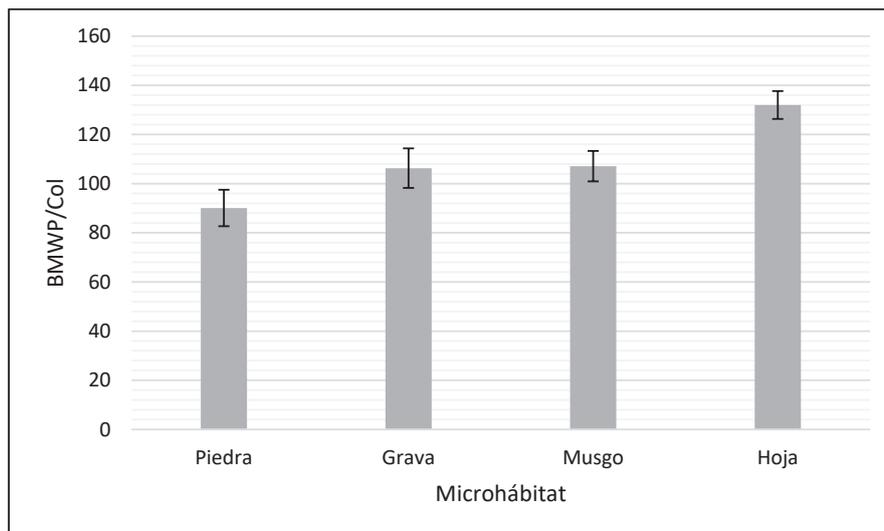


Figura 3. Barras de error típico del índice BMWP/Col según microhábitats de la quebrada Pichita.

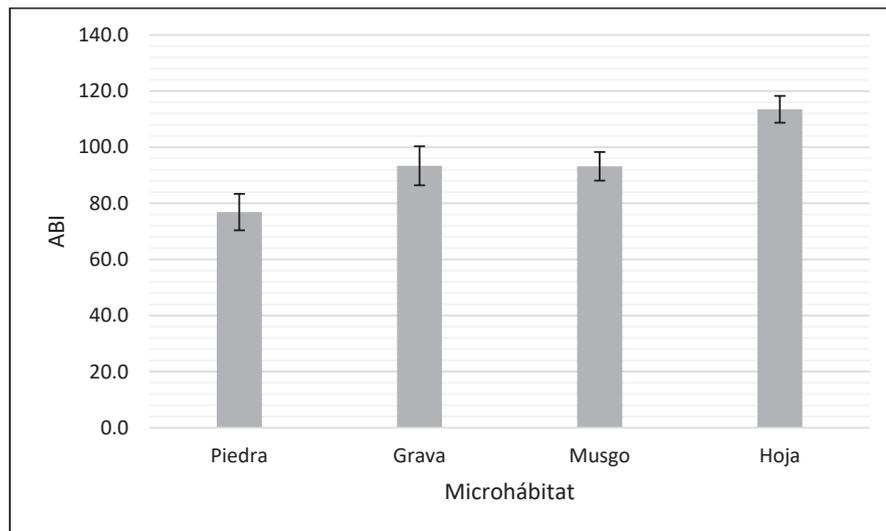


Figura 4. Barras de error típico del índice ABI según microhábitats de la quebrada Pichita.

Tabla 5. Valores promedio y calidad del agua de los índices BMWP/Col y ABI según microhábitats y meses evaluados en la quebrada Pichita

Mes	Piedra		Grava		Musgo		Hoja	
	Valor promedio	Calidad del agua						
BMWP/Col								
Marzo	36.2	Dudosa	41.6	Dudosa	112.4	Buena	142.6	Buena
Mayo	63.4	Aceptable	91.2	Aceptable	113.6	Buena	134.6	Buena
Julio	155.4	Buena	124.2	Buena	107.5	Buena	129.8	Buena
Setiembre	115.2	Buena	166.2	Buena	154.2	Buena	162.2	Buena
Noviembre	88.6	Aceptable	124.6	Buena	66	Aceptable	99.8	Aceptable
Enero	81.8	Aceptable	90	Aceptable	89.2	Aceptable	123	Buena
ABI								
Marzo	28.8	Moderada	37	Moderada	99.4	Muy buena	125.8	Muy buena
Mayo	50.8	Buena	81	Muy buena	98.6	Muy buena	115.4	Muy buena
Julio	131	Muy buena	110.8	Muy buena	88.5	Muy buena	106.8	Muy buena
Setiembre	103.4	Muy buena	141	Muy buena	130.4	Muy buena	139	Muy buena
Noviembre	76.6	Muy buena	112.8	Muy buena	58.8	Buena	85	Muy buena
Enero	70.6	Buena	77.6	Muy buena	80.6	Muy buena	109	Muy buena

Valcárcel Rojas (2011) y en tributarios de Madre de Dios por Guevara Córdova (2013), señalaron una reducción del caudal en la temporada seca; concordando con lo observado en el área estudiada. Estos cambios hidrológicos definen las características físicas del medio acuático cambiando la disponibilidad de los diferentes microhábitats (Dávila-Recinos et al., 2019; Allan & Castillo, 2007). Los parámetros fisicoquímicos como el pH, temperatura, salinidad, sólidos totales presentaron poca variación a lo largo del año de estudio a diferencia del oxígeno disuelto que sí disminuyó considerablemente en julio. Esta disminución en el oxígeno disuelto estaría asociado a la poca turbulencia debido a las escasas lluvias durante la temporada seca el cual influyó

en el intercambio gaseoso del oxígeno entre el aire y agua (Mulholland et al., 2005).

La composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos evidenció una alta riqueza comparado a lo registrado por Blanco (2005) y Salcedo & Trama (2014) en Oxapampa. Estas diferencias podrían estar asociadas al esfuerzo de muestreo aplicado en este estudio, como la repetibilidad y el monitoreo en cuatro microhábitats diferentes a lo largo de un año. Asimismo, el microhábitat orgánico de hoja retenida en la corriente tuvo una alta abundancia (36%) y riqueza de macroinvertebrados acuáticos (90 géneros) seguido por musgo (87 géneros),

grava (82 géneros) y piedra (80 géneros). El microhábitat de hoja retenida en la corriente es uno de los microhábitats más abundantes en ecosistemas montanos y preferidos por los macroinvertebrados acuáticos, debido a que es una fuente importante de alimento y a su estabilidad y permanencia sobre todo en temporadas secas (Baptista et al., 2001; Wallace & Webster, 1996; Huamantínco & Nessimian, 1999).

En cuanto a los géneros más abundantes por microhábitat, se ha registrado en piedra a *Gigantodax* con la mayor abundancia relativa entre otros géneros como *Baeodes* y *Farrodes* (Ephemeroptera); y, *Mortoniella*, *Helicopsyche* y *Leptonema* (Trichoptera). La presencia de estos insectos en el microhábitat de piedra estaría relacionado a la forma de obtención de sus alimentos para lo cual algunos presentan adaptaciones como cepillos bucales (*Gigantodax*) para filtrar el agua además de presentar estructuras de fijación para sostenerse en un sustrato duro como la piedra (Merritt, R. W.; K. W. Cummins & Berg, 2008; Domínguez & Fernández, 2009). En relación a los efemerópteros, su presencia estaría asociada a zonas con mucha oxigenación debido a que el sustrato pedregoso se ubica principalmente en la zona de rápidos dentro de las quebradas a la remoción constante del agua (Domínguez et al., 2006). Los Trichoptera registrados en este microhábitat estarían asociados a su forma de alimentación, ya que suelen raspar las superficies rocosas para la obtención de su alimento como los géneros de las familias Glossosomatidae (*Mortoniella*) y Helicopsychidae (*Helicopsyche*) (Tomanova et al., 2006).

En el microhábitat de grava el género *Farrodes* fue el más abundante aunque también destacaron *Anchytarsus*, *Anacroneuria*, *Limnophila*, *Leptonema* y *Neelmis*. La presencia de estos géneros estaría relacionado a su alimentación, ya que este microhábitat concentra gran cantidad de material orgánico particulado grueso y fino producto del arrastre y deposición en estos espacios. Estos resultados concuerdan con Dávila-Recinos et al. (2019) quienes señalaron que algunos Ephemeroptera y Chironomidae aprovecharían el detritus acumulado en este microhábitat.

En el microhábitat de musgo se registró como el más abundante al género *Rheotanytarsus* (Chironomidae) seguido de *Metrichia* (Hydroptilidae). La preferencia de estos géneros por el microhábitat de musgo ya ha sido citada por diversos autores (Pinder, 1986; Merritt, R. W.; K. W. Cummins & Berg, 2008; Maurer & Brusven, 1983; Huamantínco & Ortiz, 2011), quienes mencionan la importancia de estas briofitas para que estos insectos puedan construir sus estuches, además de permanecer fijados y no ser tan fácilmente desalojados por la corriente; donde el musgo adherido a las rocas y piedras en las quebradas, no se utiliza en sí mismo como alimento, sino como lugar donde se acumula alimento en la forma de detrito fino y además constituye un lugar de protección y refugio (Allan & Castillo, 2007).

En cuanto a la hojarasca atrapada en la corriente los géneros *Parametrioctenus* (Chironomidae) y *Phylloicus* (Calamoceratidae) fueron los más resaltantes. La abundancia de este chironomidae estaría asociado a la alta

concentración de detritus producto de la descomposición de hoja retenida en la corriente (Merritt et al. 2008) asociado a la gran disponibilidad de hojarasca a lo largo de la quebrada Pichita. La relación entre *Phylloicus* y la hojarasca atrapada en la corriente se debe a que estos insectos lo utilizan para su alimentación y construcción de sus estuches transportables (Oliveira & Nessimian, 2010).

Los resultados encontrados en la quebrada Pichita evidencian que la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos tienden a ocupar más de un tipo de microhábitat (Ramírez & Gutiérrez-Fonseca, 2014) sin embargo se observan preferencias de estos organismos por algunos hábitat en particular tal es el caso, por ejemplo, de algunos géneros como *Leptonema* y *Smicridea* (familia Hydropsychidae) los que tendrían diferentes nichos ecológicos, siendo *Leptonema* muy abundante en los microhábitats de piedra, grava y hoja retenida en la corriente; y, *Smicridea* en el microhábitat de musgo. Respecto a lo registrado, Álvarez-Soraca et al. (2017) encontraron diferencias en las partes bucales de ambos géneros sugiriendo diferencias en la forma de obtención de sus alimentos.

Respecto a las métricas de bioindicación tanto el índice BMWP/Col y ABI registraron diferencias estadísticamente significativas según microhábitats estudiados, encontrándose marcadas diferencias entre los microhábitats de piedra-hoja y musgo-hoja. Estas diferencias están relacionadas a los organismos que se desarrollan en estos microhábitats y a sus valores de tolerancia evidenciando la importancia de los microhábitats inorgánicos y orgánicos en una evaluación. Por un lado el microhábitat de piedra, que a pesar de ser un sustrato duro e inerte permite la fijación de algunas especies además de presentar espacios intersticiales alojando a la comunidad perifítica que sirve de alimento para los raspadores (Velásquez & Miserendino, 2003), asimismo el microhábitat de grava también fue importante debido a que presenta material orgánico particulado grueso y fino traído por la corriente (Allan & Castillo, 2007); y por otro lado los microhábitats orgánicos como el musgo y la hoja retenida en la corriente, que suelen dar estabilidad a muchas especies además de acumular partículas orgánicas en el caso del musgo o ser una fuente rica en nutrientes como la hoja. Estos resultados evidencian la importancia de considerar un monitoreo multihábitat tomando en cuenta todos los microhábitats presentes en un cuerpo de agua y obtener una riqueza representativa del área debido a la especificidad de algunas especies por determinados microhábitats, además la repetibilidad del muestreo podría asegurar la obtención de aquellas especies menos frecuentes, pero con puntuaciones importantes para el puntaje final de cada índice. La aplicación de los índices BMWP/Col y ABI parecen complementarse presentando puntuaciones y resultados de calidad acuática similares en la quebrada Pichita, lo cual podría considerarse como un precedente para gestionar y evaluar la calidad acuática en quebradas de bajo orden y ubicadas dentro de un ecosistema montano.

V. CONCLUSIONES

La presencia de diferentes microhábitats en la quebrada Pichita tuvo un efecto significativo sobre los valores de los índices BMWP/Col y ABI. El uso de ambos índices

se complementa para determinar la calidad acuática en quebradas de primer orden de un ecosistema montano. La información generada en este estudio enfatiza la importancia de un muestreo multihábitat y repetitivo para una adecuada gestión del agua.

VI. AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias al apoyo de la ONG APRODES por el permiso y acompañamiento durante las arduas tareas en campo.

VII. REFERENCIAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35–64. <https://ddd.uab.cat/pub/limnetica/02138409v28n1/02138409v28n1p35.pdf>
- Acosta Riveros, C. R. (2009). Estudio de la Cuenca Altoandina del Río Canete (Peru): Distribucion altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentonicos y caracterizacion hidroquimica de sus cabeceras carsticas. *Universitat de Barcelona, Tesis Doct*, 1–153. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=254655>
- Alba-Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados acuaticos y calidad de las aguas de los rios*. Instituto Tecnológico Geominero de Espana. <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=1b1-WQWRyloC&oi=fnd&pg=PA203&dq=Alba-Tercedor,+1996&ots=VfQbH7Yuup&sig=8IPOMKkRKPEYO2fdpio1A TURGig#v=onepage&q=Alba-Tercedor%2C 1996&f=false>
- Allan, J., & Castillo, M. (2007). *Stream ecology; Structure and Function of Running Waters*. Springer 2nd Ed. Dordretc. <http://41.89.141.8/kmfri/handle/123456789/1152>
- Álvarez-Soraca, K. D., Tamaris-Turizo, C. E., & Guzmán-Soto, C. J. (2017). Morfología de las piezas bucales y hábitos alimenticios de Leptonema y Smicridea (Trichoptera: Hydropsychidae) del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 65(4), 1231–1244. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i4.26638>
- Baptista, D. F., Buss, D. F., Dorvillé, L. F., & Nessimian, J. L. (2001). Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé River basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, 61(2), 249–258. <https://doi.org/10.1590/s0034-71082001000200007>
- Blanco, A. (2005). *The impact of solid and liquid wastes from a rural town on the Chorobamba river, Oxapampa, peruvian amazon*. <https://digitalcommons.fiu.edu/etd/1692/>
- Brack Egg, A., & Mendiola, C. (2000). Ecología del Perú. In *Enciclopedia*. <https://www.peruecologico.com.pe/libro.htm>
- Dávila-Recinos, G., Ortiz, J. R., & Reyes-Morales, F. (2019). Efecto del microhábitat sobre la abundancia y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en dos ríos tropicales de montaña, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 6(1), 7–21. <https://digi.usac.edu.gt/ojsrevistas/index.php/cytes/article/view/657>
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo Tucumán – Argentina. https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M. L., Hubbard, M. D., & Nieto, C. (2006). Ephemeroptera of South America. In *Aquatic Biodiversity in Latin America Biodiversidad Acuatica en America Latina* (Vol. 2, p. 646). Pensoft Publisher. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=dwaJWle8OfkC&oi=fnd&pg=PA17&dq=Domínguez,+E.,+Molineri,+C.,+Pescador,+M.+L.,+Hubbard,+M.+D.,+%26+Nieto,+C.+\(2006\).+Ephemeroptera+of+South+America.+In+Aquatic+Biodiversity+in+Latin+America+Biodiversidad+Acuatica+en+America+Latina+\(Vol.+2,+p.+646\).+&ots=BsJwKBESHG&sig=onUEkTpQH9yygOqOi2ovPvtmnnQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=dwaJWle8OfkC&oi=fnd&pg=PA17&dq=Domínguez,+E.,+Molineri,+C.,+Pescador,+M.+L.,+Hubbard,+M.+D.,+%26+Nieto,+C.+(2006).+Ephemeroptera+of+South+America.+In+Aquatic+Biodiversity+in+Latin+America+Biodiversidad+Acuatica+en+America+Latina+(Vol.+2,+p.+646).+&ots=BsJwKBESHG&sig=onUEkTpQH9yygOqOi2ovPvtmnnQ#v=onepage&q&f=false)
- Epler, J. H. (1995). Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida. In ... *manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida* <http://www.cabdirect.org/abstracts/19960503385.html>
- Graça, M. A.S., Ferreira, R. C. F., & Coimbra, C. N. (2001). Litter processing along a stream gradient: The role of invertebrates and decomposers. *Journal of the North American Benthological Society*, 20(3), 408–420. <https://doi.org/10.2307/1468038>
- Graça, Manuel A.S. (2001). The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams - A review. In *International Review of Hydrobiology* (Vol. 86, Issues 4–5, pp. 383–393). [https://doi.org/10.1002/1522-2632\(200107\)86:4/5<383::AID-IROH383>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/1522-2632(200107)86:4/5<383::AID-IROH383>3.0.CO;2-D)
- Guevara Córdova, C. H. (2013). *Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera . Madre de Dios-Perú*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3431>
- Hamada, J. L., Nessimian, N., & Querino, R. B. (2019). *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Editora INPA. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1000609/insetos-aquaticos-na-amazonia-brasileira-taxonomia-biologia-e-ecologia>
- Holdridge, L. R. (2013). Ecología basada en zonas de vida. In *1982* (Vol. 53, Issue 9). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>
- Huamantínco, A. A., & Nessimian, J. L. (1999). Estrutura e distribuição espacial da comunidade de larvas de Trichoptera (insecta) em um tributario de primeira ordem do rio Paquequer, Teresópolis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 11(2), 1. [https://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1102E_files/resumo_1_11\(2\).pdf](https://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1102E_files/resumo_1_11(2).pdf)
- Huamantínco, A., & Ortiz, W. (2011). Clave de géneros de larvas de Trichoptera (Insecta) de la Vertiente Occidental de los Andes, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(1). <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i1.54>
- Huaylinos Villalva, W., Quispitúpac Quispitúpac, E., & Martínez Luján, N. (2003). Variabilidad fisicoquímica y fisiográfica del ecosistema de manglar San Pedro-Vice (Piura-Perú). *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*,

- 6(11), 7–19. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/517>
- Lovera, D., Zavaleta, A., Puente, L., Quiñones, J., Gagliufi, P., Coronado, R., Arias, V., Terrel, M., Revilla, A., Diego, J., Semino, C. (2008). Hidrometalurgia de minerales sulfurados con presencia de bacterias en medio salinos. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 11(22), 7–12. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/382>
- Maestre, J. A., & Carranza, C. C. (2018). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuicolas del área de influencia del gasoducto PERU LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 20(40), 86–93. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14394>
- Manzo, V., & Archangelsky, M. (2008). A key to the known larvae of South American Elmidae (Coleoptera: Byrrhoidea), with a description of the mature larva of *Macrelmis saltensis* Manzo. *Annales de Limnologie*, 44(1), 63–74. <https://doi.org/10.1051/limn:2008023>
- Manzo, Verónica. (2005). Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(3), 201–208. <https://doi.org/10.1080/01650520500140619>
- Maurer, M. A., & Brusven, M. A. (1983). Insect abundance and colonization rate in *Fontinalis neo-mexicana* (Bryophyta) in an Idaho Batholith stream, U.S.A. *Hydrobiologia*, 98(1), 9–15. <https://doi.org/10.1007/BF00019246>
- Merritt, R. W.; K. W. Cummins & Berg, M. B. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America. *Dubuque [U.S.A.] : Kendall Hunt*, 1158. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=2669
- Meza-S, A. M., Rubio-M, J., G-Dias, L., & M-Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasía*, 34(2), 443–456. <https://www.jstor.org/stable/23641966?seq=1>
- Mulholland, P. J., Houser, J. N., & Maloney, K. O. (2005). Stream diurnal dissolved oxygen profiles as indicators of in-stream metabolism and disturbance effects: Fort Benning as a case study. *Ecological Indicators*, 5(3), 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.03.004>
- Oliveira, A. L. H. de, & Nessimian, J. L. (2010). Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. *Acta Limnológica Brasiliensis*, 22(4), 424–441. <https://doi.org/10.4322/actalb.2011.007>
- Ottoboni Segura, M., Valente-Neto, F., & Fonseca-Gessner, A. A. (2011). Elmidae (Coleoptera, Byrrhoidea) larvae in the state of São Paulo, Brazil: Identification key, new records and distribution. *ZooKeys*, 151, 53–74. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3286224/>
- Passos, M. I. S., Nessimian, J. L., & Ferreira Junior, N. (2007). Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(1), 42–53. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262007000100008>
- Pinder, L. C. V. (1986). Biology of freshwater Chironomidae. *Annual Review of Entomology*. Vol. 31, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.31.010186.000245>
- Ramírez, A., & Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2014). Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: A critical analysis and review of existing literature. *Revista de Biología Tropical*, 62, 155–167. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15785>
- Ramírez, A., Paaby, P., Pringle, C. M., & Agüero, G. (1998). Effect of habitat type on benthic macroinvertebrates in two lowland tropical streams, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(SUPPL. 6), 201–213. <https://doi.org/10.15517/rbt.v46i6.29826>
- Reynel, C. (2012). Flora y fauna del bosque montano nublado puyu sacha. *Asociación Peruana Para La Promoción Del Desarrollo Sostenible APRODES*, 54(1), 383. http://www.aprodes.org/pdf/flora_fauna.pdf
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Aca. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 40(155), 254–274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col. In *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col* (p. 170). [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZEjgIKZTF2UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Roldán,+G.+\(2003\).+Bioindicación+de+la+calidad+del+agua+en+Colombia:+propuesta+para+el+uso+del+método+BMWP/Col.+Colección+Ciencia+y+Tecnología,+Editorial+Universidad+de+Antioquia](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZEjgIKZTF2UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Roldán,+G.+(2003).+Bioindicación+de+la+calidad+del+agua+en+Colombia:+propuesta+para+el+uso+del+método+BMWP/Col.+Colección+Ciencia+y+Tecnología,+Editorial+Universidad+de+Antioquia)
- Ruiz-Moreno, J., Ospina-Torres, R., Gómez-Sierra, H., & Riss, W. (2000). Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. III subfamilias Tanypodinae, Podonominae y Diamesinae. *Caldasía*, 22(1), 34–60. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17550/18401>
- Salcedo, S. A., & Trama, F. A. (2014). *Manual de Identificación de Macroinvertebrados Acuáticos de la Microcuenca San Alberto, Provincia de Oxapampa, Perú* (CONCYTEC (ed.)). <https://isbn.cloud/9789972501715/manual-de-identificacion-de-macroinvertebrados-acuaticos-de-la-microcuenca-san-alberto-provincia/>
- Thorp, J.H., & A. P. C. (2018). Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. In *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-01626-4>
- Tomanova, S., Goitia, E., & Helešić, J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556(1), 251–264. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1255-5>
- Valcárcel Rojas, D. R. (2011). Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuicolas en la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos. *Tesis*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1356>
- Velásquez, S. M., & Miserendino, M. L. (2003). Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos

de montaña de Patagonia. *Ecologia Austral*, 13(1), 67–82. https://www.researchgate.net/publication/262590269_Analisis_de_la_materiaorganica_aloctona_y_organizacion_funcional_de_macroinvertebrados_en_relacion_con_el_tipo_de_habitat_en_rios_de_montana_de_Patagonia

Wallace, J. B., & Webster, J. R. (1996). The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41(1), 115–139. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.000555>

