



Article scientific

Correlation of the indices: water quality and aquatic macroinvertebrates in the Negro River - Aguaytia

Greysy Katherine Minchola Soto ^a, Víctor Manuel Beteta Alvarado ^a and Jorge Alejandro Suarez Vásquez ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

ITEM INFORMATION

Published: 2022-06-30
Accepted: 2022-06-28
Received: 2022-03-30

Keywords:

Water quality
Physicochemical properties
Aquatic macroinvertebrates
Index WQINSF
Index (BMWP)/Col
Anthropic alteration

ABSTRACT

The research to characterize the quality of the water from the Negro River in Aguaytia, Peru, through the use of aquatic macroinvertebrates took place in September, November, and January. Eight sampling points were identified within two specific zones (with anthropic alteration and without anthropic alteration). Later, samples of the water were obtained in order to determine the physicochemical parameters, thus determining the quality of the water through use of the WQINSF index. The samples of aquatic macroinvertebrates were collected by using a surber net and the manual technique was used for the determination of the Shannon - Weaver (H') index and the (BMWP)/ Col index. From the evaluation of the WQINSF index it was determined that the quality of the area without anthropic alteration was "GOOD," while the quality of the area with anthropic alteration was "REGULAR." Eight hundred and forty-two organisms were found, which were distributed into four classes, nine orders, and twelve families of macroinvertebrates. According to the Shannon index, a greater diversity of species exists in the area without anthropic alteration, and with the (BMWP)/Col index it was determined that in the area without anthropic alteration a water quality of "ACCEPTABLE" was obtained, while the area with anthropic alteration had a quality of "DOUBTFUL and CRITICAL." Moreover, it was determined that the correlation between the WQINSF and BMWP indices during the three phases of sampling presented a positive and high correlation.

Correlación de los índices: calidad del agua y macroinvertebrados acuáticos en el río Negro – Aguaytia

RESUMEN

La investigación se realizó en septiembre, noviembre y enero para caracterizar la calidad del agua del río Negro – Aguaytia utilizando macroinvertebrados acuáticos. Se identificaron 8 puntos de muestreo en dos zonas específicas (con alteración antrópica y sin alteración antrópica). Posteriormente se obtuvo muestras de agua para determinar los parámetros fisicoquímicos determinando así la calidad de agua mediante el índice WQINSF. Los ejemplares de macroinvertebrados acuáticos se recolectaron utilizando la red Surber y la técnica manual para la determinación del índice de Shannon – Weaver (H'), y el índice (BMWP/ Col). En la evaluación del índice WQINSF se determinó que el área sin alteración antrópica la calidad es BUENA, mientras que en el área con alteración antrópica presenta calidad REGULAR. Se reconocieron 842 organismos, distribuidos en 4 clases, 9 órdenes y 12 familias de macroinvertebrados, según el índice de Shannon existe mayor diversidad de especies en el área sin alteración antrópica y el índice BMWP/Col nos determinó que en el área sin alteración antrópica se obtuvo como calidad del agua ACCEPTABLE y en el área con alteración antrópica presenta calidad DUDOSA y CRITICA. Además, se pudo determinar que la correlación entre el índice WQINSF y BMWP en las tres fechas de muestreo presenta una correlación positiva y alta.

Palabras clave:

Calidad de agua
Parámetros fisicoquímicos
Macroinvertebrados acuáticos
Índice WQINSF
Índice BMWP/Col
Alteración antrópica



<https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v1i1.2>



INTRODUCCIÓN

La perturbación de los ecosistemas acuáticos requiere la implementación de nuevos métodos para comprender el grado de alteración por causas naturales y/o provocadas por el hombre con el fin de realizar la determinación de la calidad del agua es por ello que se están empleando como indicadores a los organismos biológicos, además de que estas metodologías son más económicas que las fisicoquímicas tradicionales y nos muestran el grado de aceptación que tienen estos organismos en sus diferentes estadios o fases de vida indicando así la calidad del agua. El río Negro es una fuente de agua muy importante para los pobladores de Aguaytía, pero viene siendo contaminada por la liberación de aguas residuales domésticas y arrojado de basura al río es por eso que esta investigación se ejecutó con el fin de determinar la calidad del agua del río negro – Aguaytía, con la aplicación de macroinvertebrados acuáticos y su contraste con los parámetros fisicoquímicos, teniendo como objetivo determinar la correlación de la calidad del agua del río Negro – Aguaytía utilizando como indicadores y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos.

La calidad del agua depende del uso posterior que se dará, sea para consumo, pesca, recreación, u otros, por ello la Organización Mundial de la Salud (OMS) desarrolla normas internacionales para la calidad del agua y la salud humana en forma de pautas y regulaciones basadas en países de todo el mundo, además el comité europeo menciona que la disponibilidad del agua potable es un requisito básico para el mantenimiento de la vida y protección de la salud. El agua dulce es fundamental para el abastecimiento de agua, elaboración de alimentos y uso en actividades recreativas, por ello es necesario vigilar zonas específicas del agua antes de que sean destinadas al consumo humano para evitar una posible contaminación (OMS, 2018). Para conocer la calidad del agua existen muchos indicadores que nos brindan información de las condiciones que se deben mantener para que así tener un ecosistema equilibrado y que cumplan las condiciones de calidad, y si estas condiciones muestran variaciones es porque está ocurriendo alguna alteración en el ecosistema (OMS, 2018). Los parámetros fisicoquímicos dan a conocer el tipo de contaminante y garantiza la información brindada por estos análisis, siendo transitoria y puntal; sin embargo, la principal desventaja de uso consiste en el costo elevado. Los indicadores biológicos en la evaluación de la calidad del agua se determinan como especies que tienen requisitos especiales para una o un conjunto de variables físicas y químicas, cualquier cambio en la existencia/ausencia, cantidad, forma o comportamiento de la especie indica que las variables consideradas están cerca de los límites de tolerancia (Álvarez y Pérez, 2007). Rosenberg y Resh (1993), menciona que los macroinvertebrados son organismos acuáticos con una longitud de más de 0,5 mm, por lo que son visibles a simple vista. Por ello, el término “macro” significa que estos organismos son retenidos por una red con un tamaño entre 200-500mm. Los invertebrados son los organismos mejor adaptados para los ecosistemas fluviales porque habitan en la mayor parte de los ríos y arroyos del mundo, excepto en las zonas de transición o zonas con contaminación. Además, la abundancia y biodiversidad de invertebrados se encuentran en mayor proporción, con hasta mil especies encontradas en ríos muy analizados, estos habitan en sedimentos rocosos, blandos, plantas y hojas sumergidas (Rodríguez et al., 2009). El índice de Calidad de Agua National Sanitation Foundation (WQINSF) de Estados Unidos, se estableció para calcular las permutaciones de la calidad del agua a lo largo del tiempo en diferentes tramos, se usa 9 parámetros: pH, variación de temperatura, DBO, coliformes fecales, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos (Hernández, 2016). Este índice considera la riqueza y abundancia, y está basado en la teoría de la información usando una escala logarítmica, cero (0) es cuando existe una sola especie y el máximo es $\lg 2S$ (S es riqueza de especies), toma el máximo valor cuando todas las especies tienen el mismo número de individuos. También, mide la incertidumbre de predecir a que especie puede pertenecer un individuo escogido al azar y asume que todos los individuos están representados en todas las muestras seleccionadas al azar (Orellana, 2009). El Biological Monitoring Working Party (BMWP) se estableció en Reino Unido en 1970 como método rápido y simple de utilizar macroinvertebrados como indicadores biológicos para evaluar la calidad del agua. Pero se pide llegar hasta la clasificación taxonómica de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). Según la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, la puntuación oscila entre 1 y 10. Las familias más sensibles son Perlidae y Oligoneuriidae y tiene una puntuación de 10, mientras que familias más tolerantes a la contaminación tienen una puntuación de 1, como Tubificidae. La suma de las puntuaciones de estas familias da la puntuación total de BMWP (Roldán, 2003).

MATERIALES Y METODOS

Lugar de ejecución

Este trabajo de investigación se realizó en 2 fases; primero se ejecutó el muestreo en la ciudad de Aguaytía que pertenece al distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, región de Ucayali; en la segunda etapa se realizó la identificación de las muestras de macroinvertebrados en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

que se encuentra en la ciudad de Tingo María que pertenece al distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

Materiales y equipos

Los materiales empleados fueron: Alcohol, 8 frascos de vidrio, 200 frascos pequeños, guantes, mascarillas, pinzas entomológicas, cooler de plástico, botas, machete, wincha, cuaderno de campo, manual de identificación de macro invertebrados, red surber, oxímetro La Motte tipo DO 6 PLUS, pH – metro HANNA-HI98128, microscopio, estereoscopio, GPS Garmin, termómetro digital, laptop, cámara digital, cronómetro, test KIT de fosfatos Hanna, test KIT de nitratos Hanna, caldo peptonado y caldo E. coli.

Metodología

Recolección de muestras de macroinvertebrados

La colecta de macroinvertebrados se realizó según los lineamientos del (MINAM, 2014) "Métodos para la recolección, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifon, plancton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales peruanas" y el "Manual de monitoreo: Macroinvertebrados acuáticos como un indicador de la calidad del agua", utilizando 2 metodologías: recolección manual, que implica alzar piedras, ramas y tallos de árboles.

Utilizar pinzas entomológicas de punta fina para recolectar microorganismos y colocarlos en un frasco que contenga 70% de alcohol; para la red surber, incluye colocar un contorno de metal de 30x30 (triángulo) en la corriente de agua inferior para detener a los macroinvertebrados transportados por la corriente de agua, para finalmente recoger los organismos en una botella con alcohol; además, en cada lugar muestreado se delimitó un espacio de 20 metros de largo y se dividió en tres partes, recolectando cada parte durante media hora, un total de 1:30 horas por punto de muestreo, y luego se trasladó al Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Recolección de muestras de agua

Teniendo en cuenta el método propuesto por la Autoridad Nacional del Agua (2016) se realizó el muestreo en 8 puntos utilizándose botellas de vidrio de 500 ml, desinfectadas y etiquetadas. Después de encontrar el punto de muestreo, se abrió la botella y se sumergió rápidamente a 20 cm. Las muestras recolectadas se guardaron en una caja refrigerante (hielera) y se trasladaron al Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su correspondiente estudio. Posteriormente se determinó la relación existente entre las variables desarrollando el análisis de varianza para cada parámetro evaluado con el software INFOSTAT.

Determinación del índice WQINSF

Se calculó el índice WQINSF, según lo indicado por Fernández y Solano (2005) haciendo uso del Microsoft Excel 2013; se distribuyeron los pesos de cada parámetro considerado en el estudio, el cual al sumar nos da como factor de ponderación la unidad; posteriormente se ingresaron los valores de cada parámetro con su respectiva unidad de medida junto al subíndice determinado, el cual se basa en las curvas de calidad; cada subíndice se multiplicó con su respectivo factor de ponderación dando como resultado el subtotal, obteniendo el valor final del índice; este valor es interpretado según la clasificación.

El ICA-NSF se determinó por la siguiente fórmula:

$$ICA_{NSF} = \sum_{i=1}^9 (Q_i \times W_i) \quad (1)$$

Medición de parámetros indicadores

La forma de evaluar los parámetros fisicoquímicos como muestra la tabla 1 fue de manera directa (in situ) utilizando los equipos existentes (oxímetro, medidores de pH, termómetros) y los organismos microbiológicos, como los coliformes fecales, se usan la tecnología de tubos de fermentación múltiple, y analizando el fosfato y nitrato a nivel de laboratorio.

Tabla 1

Métodos de medición de los parámetros fisicoquímicos

Parámetro	Unidad	Método
Temperatura	°C	Medición de temperatura in situ en el punto de muestreo determinado por el termómetro digital
Oxígeno disuelto	% saturación	Se realizó según el método de electrodo de membrana y se utilizó in situ el oxímetro La Motte tipo DO 6 PLUS

pH	unidades de pH	La medición de pH se realizó in situ con el equipo de la marca HANNA modelo HI 98128.
DBO	mg/L	Se determinó utilizando el oxímetro La Motte modelo DO 6 PLUS.
Nitratos	mg/L	Se utilizó el kit de nitrato HANNA HI 3874 (APHA, 1992) y se siguió los siguientes procedimientos: <ul style="list-style-type: none"> • Se enrazó el cubo de plástico con 10ml de muestra • Se adicionó 01 sobre de reactivo HI 3874-0 y se agitó durante 1 minuto. • Después de 4 minutos se espera a que nos indique la coloración. • Se analizó el resultado obtenido con el recipiente de comparación de color y se registró el resultado.
Fosfatos	mg/L	Se utilizó el kit de prueba de fosfatos HANNA HI 3874 (APHA, 1992) y se siguió el siguiente procedimiento: Se sabe que el fósforo se puede encontrar en las aguas naturales normalmente como fosfatos (PO_4^{3-}) <ul style="list-style-type: none"> • Se agregó 1 sobre de reactivo HI 3833-0 a la muestra. • Se mezcla la solución hasta que se pueda disolver • Después de 1 minuto, se determinó el color y registramos el resultado.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Para medir los STD se usó el equipo de la marca HANNAN modelo HI 98131
Turbidez	NTU	Para la medición se utilizó un turbidímetro de 2100P turbidimeter HACH
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Se usó la metodología del número más probable (NMP)

Determinación del índice BMWP/Col.

Utilizando los resultados de la identificación de macroinvertebrados acuáticos, se desarrolló el cálculo del índice BMWP/Col. De acuerdo con la tabla 2, a las familias identificadas se les asignan sus puntajes de tolerancia. Posteriormente, se suman las puntuaciones correspondientes a cada familia existente para obtener el valor del índice BMWP/Col como resultado final. La interpretación de la calidad biológica del agua se basa en la tabla 3, que detalla la categoría, calidad, significado y color de los valores obtenidos del índice (Roldán, 2003).

Tabla 2

Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Valiidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydroptychidae, Leptohephidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveiidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralodae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoridae, Dolichopodidae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Tabla 3*Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo a BMWP/Col*

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150	Aguas muy limpias	Blue
		101 - 120	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas se evidencian efectos de contaminación	Light Green
			Aguas moderadamente contaminadas	
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Critica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas, situación critica	Red

Fuente: Roldán (2003)

Cálculo para la correlación

Para hallar la correlación del índice biótico BMWP/Col frente al índice WQINSF se utilizó el software estadístico INFOSAT. La correlación lineal de Pearson está definida por Faults (2012) con base en la covarianza de las variables aleatorias X e Y. La covarianza es una medida que indica cómo X e Y cambian juntos. Dadas dos variables aleatorias X e Y, que tienen valores medios μ_x y μ_y y varianzas σ_x^2 y σ_y^2 , respectivamente; la correlación entre X e Y viene dada por:

$$p_{x,y} = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E[(X-\mu_x)(Y-\mu_y)]}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la calidad fisicoquímica del río Negro con el índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (WQINSF) utilizando parámetros fisicoquímicos

Díaz (2018), durante su investigación obtuvo valores de oxígeno disuelto de 4.74 mg/l a 6.40 mg/l, mientras que Custodio y Chanamé (2016) obtuvieron valores de 4.09 mg/l a 10.16 mg/l, estos resultados se asemejan a la investigación ya que en el río Negro el oxígeno disuelto varía de 4.1 mg/l a 6.32 mg/l según el punto de muestreo. Al respecto Preqb (2004) señala que niveles altos de oxígeno disuelto expresan una mejor calidad del agua, por lo tanto, permite la existencia de organismos animales y vegetales, es por ello que en el punto de muestreo 1 se encontró mayor porcentaje de oxígeno. La investigación realizada por Custodio y Chanamé (2016) obtuvieron valores de 0.001 mg/l a 0.400 mg/l, estos datos no concuerdan con los resultados del río Negro ya que los valores de nitrato que se encontró en las dos fechas de muestreo fue 0 es decir no se encontró presencia de dicho parámetro mientras que en el tercer muestreo los datos fueron de 10 mg/l, pese a ello estos valores se encuentran dentro del rango de tolerancia (13 mg/l) establecido por ECA del (MINAM, 2017). Por otra parte, (Preqb, 2004), señala que la contaminación por nitratos se debe en su mayoría de casos a las actividades agrícolas, ganaderas y en determinadas áreas actividades industriales. Esto concuerda con la investigación ya que los datos son tolerables debido a que la población que habita en las riberas del río no se dedica a las actividades descritas anteriormente. La investigación realizada por Custodio y Chanamé (2016) obtuvieron valores de 0.001 mg/l a 0.126 mg/l, estos datos no concuerdan con los resultados del río Negro ya que el valor de fosfatos fue de 5 mg/l para todos los puntos en las 2 primeras fechas de muestreo con un caudal de 4,05 m/s, mientras que en el último muestreo el valor fue de 4 mg/l con un caudal de 6,07 m/s, esto debido a la contaminación por la existencia de residuos por las actividades humanas en la ribera del río, como lavado de ropa y desfogue de sus aguas residuales domesticas en algunas zonas; así mismo Villacres *et al.* (2018) señala que la disminución del caudal conlleva a que se presente una mayor concentración de fosfatos. Los valores de pH en la investigación de Bullón (2016) varían de 7.2 a 8.3, estos datos concuerdan con la investigación ya que el pH varía de 7.23 a 9.4 según el punto de muestreo; además EPA (2007) señala que el nivel de pH es uno de los factores más importantes en existencia de la vida en el agua, y el valor recomendado es de 6,5 a 8,5; por ello que en las tres fechas muestreados el rango promedio

se mantuvo en los puntos del 1 al 7, mientras que en el punto 8 los valores superaron el límite, esto debido a una mayor acumulación de residuos en las aguas del río. Los valores de DBO en las dos primeras fechas muestreadas oscilan entre 0,45 a 1,53, mientras que en la tercera los valores tienen un rango de 3,99 a 5,63; así mismo estos datos según MINAM (2017) son menores a los que se establece el Estándar de Calidad Ambiental en Perú, es decir cumple con este, debido a que la materia orgánica se está biodegradando (Davis y Cornwell, 1998). La investigación realizada por Bullón (2016) indica que los valores de Conductividad Eléctrica ha variado de 130 a 251,4, estos datos concuerdan con los resultados obtenidos en la presente investigación ya que los valores de conductividad del río Negro en las tres fechas muestreadas del punto 1 al 7 oscilan entre 31,1 hasta 95 a diferencia del punto 8 que presenta mayores valores; de acuerdo a lo que indica Tamani (2014) se debe a que las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de las viviendas que se encuentran a las riberas del río conteniendo Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} , u otros iones que conllevan al aumento de este parámetro. ALPHA (1992) establece que los sólidos totales hacen referencia a la cantidad de calcio, magnesio, sodio y cationes de potasio, carbonato de hidrogeno, cloruro, sulfato y aniones de nitrato, provenientes de aguas residuales domesticas; por ello que en la investigación todos los resultados de los puntos de muestreo se encuentran en un nivel de 126,8 a 288; así mismo estos valores según MINAM (2017) se encuentran debajo de los ECA ya que son menores que 400 mg/l. Los valores de temperatura en el primer muestreo oscilan de 28.6°C hasta 32.8°C, el segundo de 26.1°C hasta 31.2°C y en el tercer muestreo de 22.5°C hasta 24.3°C; esto concuerda con lo que establece MINAM (2017), donde la variación de la temperatura debe ser de 3°C; así mismo Javier (2010) señala que la temperatura es muy importante en el agua ya que influye en los hábitos alimenticios y reproductivos de los organismos acuáticos. Los valores encontrados de bacterias coliformes fecales en el punto P1 fue de 27 NPM/100 mL en las tres fechas de muestreo, mientras que en los demás puntos se encontraron valores de 1100 NPM/100 mL en los tres muestreo realizados; así como lo indica la OPS (1988) que la presencia de estos organismos en el río puede causar diferentes enfermedades a los seres humanos ya que la mayoría de estas bacterias son provenientes de las heces de los animales; así mismo estos valores se encuentran debajo del límite establecido por los ECA de agua (MINAM, 2017). Los valores del índice WQINSF del punto P1 como muestra las tablas 4, 5 y 6 en las tres fechas muestreadas indican que la calidad fue BUENA mientras que en los demás puntos de muestreo la calidad fue REGULAR y esto se debe a una fuerte actividad antrópica dando una variabilidad en los parámetros evaluados; así mismo el estudio realizado por Cespedes (2016) concuerda con la presente investigación ya que indican que las variables físico-químicas clasificaron la calidad del agua de la quebrada Córdova y Cocheros de mala a excelente según el punto de muestreo.

Tabla 4

Valores de WQINSF, calidad y color en los puntos de muestreo del 28 de septiembre del 2019

Punto de muestreo	NSF	Calidad	Color
P1	74,08	BUENA	
P2	58,88	REGULAR	
P3	59,33	REGULAR	
P4	57,13	REGULAR	
P5	56,12	REGULAR	
P6	54,92	REGULAR	
P7	59,43	REGULAR	
P8	55,80	REGULAR	

Tabla 5

Valores de WQINSF, calidad y color en los puntos de muestreo del 9 de noviembre del 2019

Punto de muestreo	NSF	Calidad	Color
P1	74,53	BUENA	
P2	62,21	REGULAR	
P3	59,89	REGULAR	
P4	57,82	REGULAR	
P5	56,35	REGULAR	
P6	56,25	REGULAR	
P7	58,01	REGULAR	
P8	56,75	REGULAR	

Tabla 6

Valores de WQINSF, calidad y color en los puntos de muestreo del 5 de enero del 2020

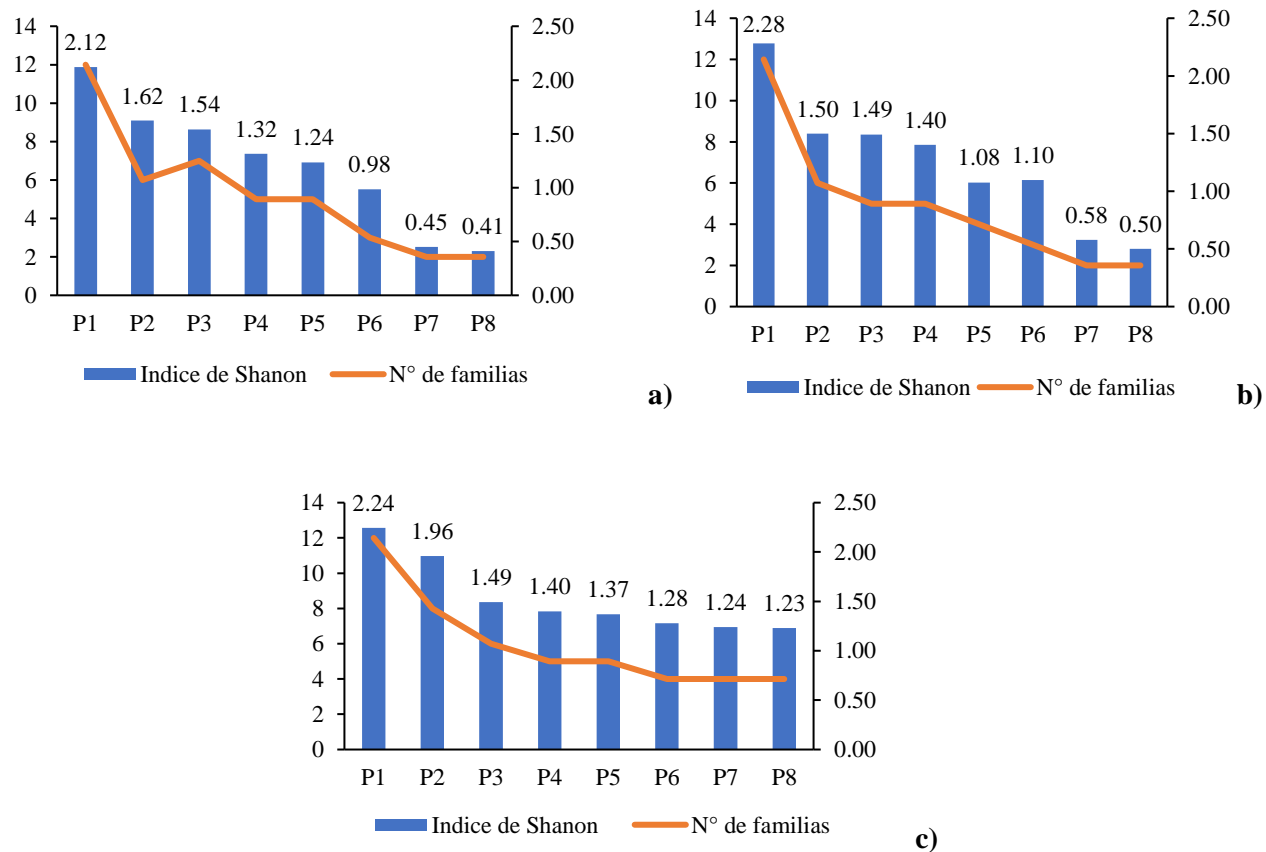
Punto de muestreo	NSF	Calidad	Color
P1	74,53	BUENA	
P2	62,21	REGULAR	
P3	59,89	REGULAR	
P4	57,82	REGULAR	
P5	56,35	REGULAR	
P6	56,25	REGULAR	
P7	58,01	REGULAR	
P8	56,75	REGULAR	

Estimación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados aplicando el índice de Shannon-Weaver

La investigación realizada por Arrunategui (2016) muestran valores del índice de Shannon que varían de 1.821 a 2.35, estos datos concuerdan con la investigación ya que en el punto 1 (P1) se obtuvo valores de 2.12 a 2.28 como muestran las figuras 1, 2 y 3, para ello Figueroa *et al.*, (2003) menciona que las características físicas, geográficas y climáticas permiten a los organismos crecer y reproducirse con normalidad; mientras que los demás puntos de muestreo el índice de Shannon fue de 0.41 a 1.96 y esto se debió según al impacto de las actividades humanas en a las orillas del río (Álvarez y Pérez, 2007).

Figura 1

Índice de Shannon por punto de muestreo: a) 28 de septiembre del 2019, b) 09 de noviembre del 2019 y c) 05 de enero del 2020



Determinación de la calidad biológica del río Negro según el Índice Biological Monitoring Working (BMWP)

El estudio realizado por Goncharov *et al.* (2016) señala que el impacto humano frente a la calidad del agua en la cuenca del río Selenga fue evidente, ya que hubo una disminución significativa de los índices bióticos en varias ubicaciones de muestreo, relacionándose con los resultados de la presente investigación, que se muestran en las tablas 7,8 y 9 donde

según el Índice BMWP en el punto 1 (P1) se tiene aguas ligeramente contaminadas y de calidad ACEPTABLE, mientras que en los puntos P2, P3 y P4 se tiene aguas moderadamente contaminadas de calidad DUDOSA, además los puntos P5, P6, P7 y P8 presenta aguas muy contaminadas a fuertemente contaminadas y de calidad CRITICA a MUY CRITICA; y según Ortiz (2012) se debe a que la comunidad bentónica varía de acuerdo a las condiciones hidrológicas y geomorfológicas en diferentes escalas espaciales, drenaje, tramo y hábitat que existen en los alrededores del río Negro. Las familias que se encontraron en mayor proporción en el punto P1 fueron Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, las que presentan mayor sensibilidad a la contaminación (Figueroa et al., 2013), además según Roldán (2003) las aguas en este punto son más frías, transparentes y bien oxigenadas, mientras que en los demás puntos de muestreo no se visualizó una mayor presencia de estas familias por las condiciones ambientales y físicas inadecuadas de esas zonas.

Tabla 7

Valores de BMWP/Col., clase, calidad y color en los puntos de muestreo (28 de septiembre del 2019)









Punto de muestreo	BMWP/Col	Clase	Calidad	Características	Color
P1	86	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	
P2	38	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P3	43	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P4	40	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P5	40	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P6	17	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	
P7	10	V	Muy Critica	Aguas fuertemente contaminadas	
P8	10	V	Muy Critica	Aguas fuertemente contaminadas	

Tabla 8

Valores de BMWP/Col., clase, calidad y color en los puntos de muestreo (09 de noviembre del 2019)

















Punto de muestreo	BMWP/Col	Clase	Calidad	Características	Color
P1	86	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	
P2	50	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P3	40	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P4	41	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P5	28	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	
P6	17	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	
P7	10	V	Muy Critica	Aguas fuertemente contaminadas	
P8	10	V	Muy Critica	Aguas fuertemente contaminadas	

Tabla 9

Valores de BMWP/Col., clase, calidad y color en los puntos de muestreo (05 de enero del 2020)

Punto de muestreo	BMWP/Col	Clase	Calidad	Características	Color
P1	86	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	
P2	60	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P3	45	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
P4	33	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	
P5	33	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	
P6	24	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	
P7	23	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	
P8	23	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	

Determinación de la correlación que existe entre los macroinvertebrados acuáticos y los parámetros fisicoquímicos del agua en el río Negro – Aguaytía

Las tablas 10, 11 y 12 muestran la correlación de Pearson que existe entre el índice WQINSF y el índice BMWP/Col. en las tres fechas muestreadas del río Negro – Aguaytía, dando a conocer que se presenta una correlación positiva y alta de 0.81 a 0.90 como se observa en las figuras 4, 5 y 6, concordando con la investigación realizada por Palomino (2015) donde indica que existe correlación significativa entre el índice BMWP y las características fisicoquímicas del agua del río Apacheta, sin embargo en la investigación realizada por Céspedes (2016) se determinó que los índices WQINSF y BMWP/Col solo presentan el mismo valor numérico en 4 puntos de muestreo en la época seca, mientras que en época normal solo cumple 1 punto de muestreo.

Tabla 10

Valores de la correlación de Pearson del Índice WQI_{NSF} e índice $BMWP/Col$ (28 de septiembre del 2019)

Variable 1	Variable 2	N	Correlación de Pearson	p-valor
NSF	NSF	8	1.00	0.0001
NSF	BMWP/Col	8	0.83	0.0102
BMWP/Col	NSF	8	0.83	0.0102
BMWP/Col	BMWP/Col	8	1.00	0.0001

Tabla 11

Valores de la correlación de Pearson del Índice WQI_{NSF} e índice $BMWP/Col$ (09 de noviembre del 2019)

Variable 1	Variable 2	N	Correlación de Pearson	p-valor
NSF	NSF	8	1.00	0.0001
NSF	BMWP/Col	8	0.90	0.0025
BMWP/Col	NSF	8	0.90	0.0025
BMWP/Col	BMWP/Col	8	1.00	0.0001

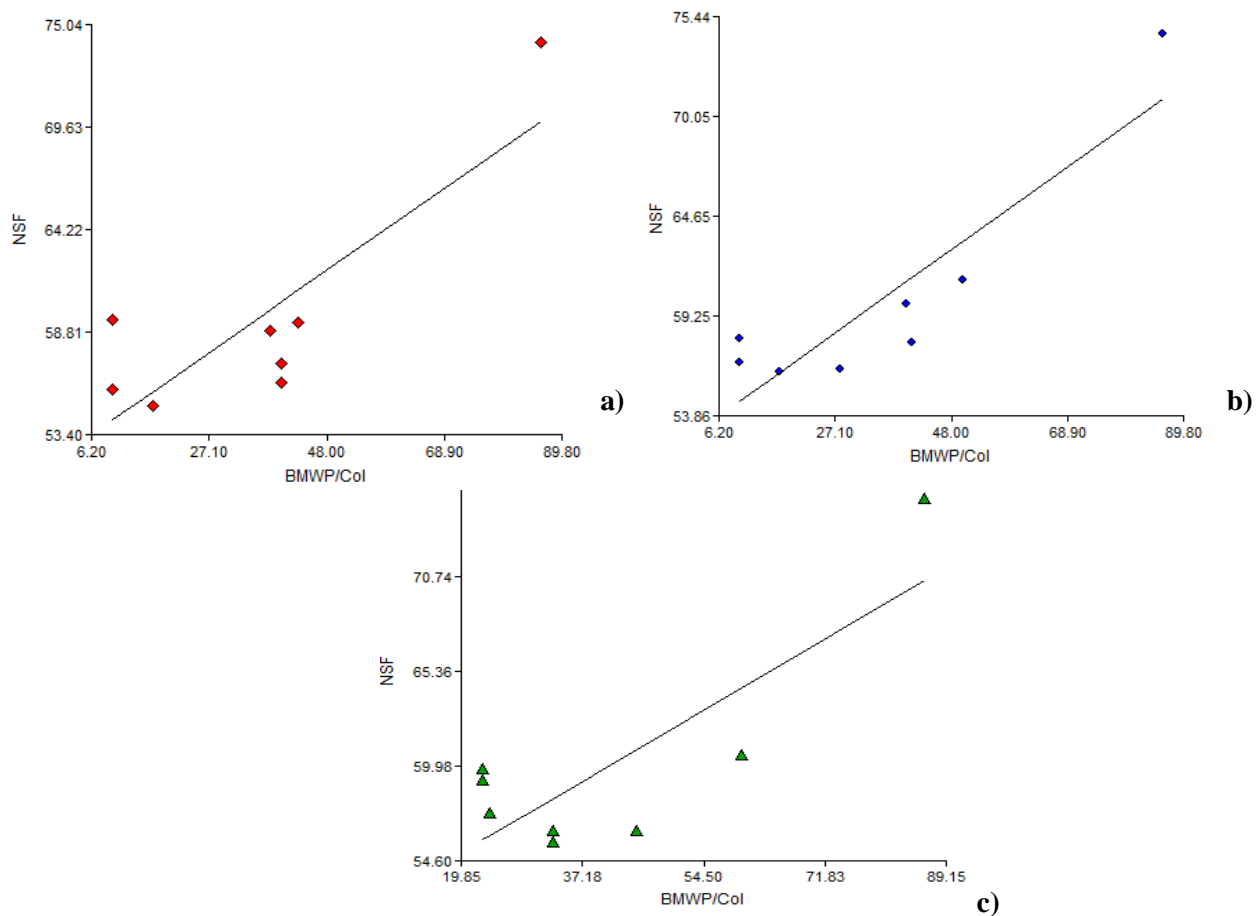
Tabla 12

Valores de la correlación de Pearson del Índice WQI_{NSF} e índice $BMWP/Col$ (05 de enero del 2020)

Variable 1	Variable 2	N	Correlación de Pearson	p-valor
NSF	NSF	8	1.00	0.0001
NSF	BMWP/Col	8	0.81	0.0139
BMWP/Col	NSF	8	0.81	0.0139
BMWP/Col	BMWP/Col	8	1.00	0.0001

Figura 2

Correlación del índice WQI_{NSF} e índice $BMWP/col$ en los puntos de muestreo: a) 28 de septiembre del 2019, b) 09 de noviembre del 2019 y c) 05 de enero del 2020



CONCLUSIONES

El índice WQINSF en las tres fechas muestreadas indica que la calidad del agua varía de BUENA a REGULAR.

El índice de Shannon - Weaver varía de 1.210 (biodiversidad baja) a 2.28 (biodiversidad normal) según las fechas y puntos de muestreo.

El índice BMWP/Col durante las tres fechas muestreadas indica que la calidad de agua varía de ACEPTABLE (Aguas ligeramente contaminadas) a MUY CRÍTICA (Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica).

La correlación que existe entre el Índice WQI_{NSF} y el índice BMWP/Col es directa y alta, es decir se mueven a una misma dirección, si un índice aumenta el otro también en las tres fechas muestreadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, J. (2011). Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1197/14/UPSCT002208.pdf>
- Álvarez, L. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá. 19 -193 p. Repositorio Institucional de Documentación Científica. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- Álvarez, S., Pérez, L. (2007). Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré. [Tesis de grado, Universidad Zamorano]. Repositorio Institucional <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>
- Apha, Awwa, Wpcf. (1992). Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos.
- Arce, O. (2006). Indicadores biológicos de calidad del agua. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, Cochabamba, Bolivia. https://www.academia.edu/30048592/INDICADORES_BIOLOGICOS_DE_CALIDAD_DEL_AGUA
- Arrunátegui, K. (2016). Utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua y algunos parámetros físicoquímicos del río Casca, La libertad, marzo- agosto, 2015. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8761/Arrun%C3%A1tegui%20Rojas%2C%20Katherine%20Kelly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo Nacional para el monitoreo de los Recursos hídricos superficiales. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Bullón, V. (2016). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro]. Repositorio Institucional <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3462>
- Carrera, C., Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Céspedes, C. (2016). Calidad del agua de la Quebrada Córdova y Cocheros mediante Macroinvertebrados acuáticos e índice WQINSF, Tingo María –Huánuco – Perú. (Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Custodio, M. y Chanamé, F. (2013). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales. Junín, Perú. Revista Scientia Agropecuaria, 7 (1) 33 – 44 (2016). <http://doi.org.10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>
- Davis, M.L., D.A, Cornwell. (1998). Introduction to Environmental Engineering. Mc Graw-Hill Inc.
- Díaz, G. (2018). Determinación de la calidad del agua del río Naranjos mediante el uso de los coeficientes cinéticos de auto depuración, distrito de Pardo Miguel, San Martín. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2942>

- Effendi, H., Wardiatno, Y. (2015). Estado de la calidad del agua del río Ciambulawung, provincia de Banten, basado en el índice de contaminación y NSF-WQI. *Revista Procedia Environmental Sciences*, 24 (2015), 228 – 237. <http://doi.org.10.1016/j.proenv.2015.03.030>
- Elosegi, A., Sabater, S. (2009). *Conceptos técnicos en ecología fluvial*. (Ed.) Rubes Editorial.
- Environmental Protection Agency. (2007). *Effects of Acid Rain*. <https://www.epa.gov/acidrain/effects-acid-rain>
- Fallas J. (2012). Correlación lineal midiendo la relación entre dos variables. Consultado el 30 de marzo del 2021. [En línea] (https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/correlacion_lineal_2012.pdf)
- Fernandez, N., Ramos, G., Solano, F. (2010). ICA TEST 1.0 – Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del agua, pp. 88-97.
- Figuerola, R., Valdovinos, C., Araya, E., Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 76 (2), 275-285. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>
- Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. [Tesis de maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio Institucional. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Goncharov, A., Baturina, N., Maryinsky, V., Kaus, A. (2016). Evaluación ecológica de la cuenca del río Selenga, principal afluente del lago Baikal, utilizando comunidades de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. *Revista de investigación de los Grandes Lagos* 46(2020) 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2019.11.005>
- Gonzales, C., Riveros, J., Sabando, C., Vila, I. (2013). *Guía de laboratorio de Limnología de Macroinvertebrados acuáticos*. Universidad de Chile.
- González, A. (2014). *Medición del caudal*. Universidad de Medellín. https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf
- Guinard, J., Ríos, T., Bernal, J. (2013). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. Volumen 16 – No.2, Agosto de 2013, Medellín ISSN 0124.177X, pp 61-70. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/39563/41525>
- Hernández, F., Nolasco, E., Tovar, M. (2016). Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta del río Suquiapa, Santa Ana, El Salvador. [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11070/>
- Javier, M. (2010). *Diagnóstico de la calidad del agua del río Pixquiatic durante la temporada de estiaje en el Municipio de Coatepec, Veracruz*. Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42184/JavierCoronaMonica.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Loné, P. (2018). *Indicadores de la calidad del agua*. <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone>.
- Magurran, E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Ministerio del ambiente. (2015). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Montoya, S. (2016). Macroinvertebrados como una herramienta tecnológica para la bioindicación de agua en Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/8578>
- Ñique, M. (2010). *Biodiversidad: Clasificación y cuantificación*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. https://www.researchgate.net/publication/298950055_BIODIVERSIDAD_Clasificacion_y_Cuantificacion
- Ochieng, H., Odong, R., Okot-Okumu, J. (2018). Comparación de versiones templadas y tropicales del índice del Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico (BMWP) para evaluar la calidad del agua del río Aturukuku en el este de Uganda. *Revista Global Ecology and Conservation* 23(2020) e01183. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01183>

- Orellana, J. (2009). Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del Valle de Sacta. (Tesis de grado), Universidad Mayor de San Simón.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. WHO Graphics.
- Ortiz, L. (2012). Distribución Espacio-Temporal de la comunidad de Trichoptera (Insecta) en tributarios de pequeño orden del río Rimac, Huarochirí, Lima. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1428>
- Ott, W. (1978). Environmental indices: theory and practice. United States.
- Palomino, L. (2015). Calidad ambiental de las aguas del río Apacheta y sus principales tributarios. Ayacucho Julio – Noviembre 2013. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional. http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1687/TESIS%20B750_Pal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Prat, N., Ward, J. (1994). The tamed river. Limnology now: a paradigm of planetary problems.
- Preqb. (2004). Puerto Rico Environmental Quality Board, Puerto Rico Water Quality Inventory and List of Impaired Waters, 2004 – 305 (b) /303 (d) Final Report. <http://prwreri.uprm.edu/WQI.php>
- Rodríguez, C., Muñoz, A., Bonada, I., Gaudes, A., Tamonova, S. (2009). La biota de los ríos: los invertebrados. Conceptos y técnicas en ecología. España: Fundación BBVA.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista Academia Colombiana. 40(155): 254-274. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán, G., Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical, Colombia. (2 ed.) Universidad de Antioquia.
- Rosenberg, DM., Johnson, RK., Wiederholm T. (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, USA.
- Secretaria de estado de medioambiente y recursos naturales. (2001). Normas de calidad de agua y control de descargas. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/dom60779.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Senamhi. (2019). Informe técnico: Análisis del periodo lluvioso. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2073107/INFORME-LLUVIAS-20-21_Agosto2021%201%20.pdf.pdf
- Sharifinia, M., Mahmoudifard, A., Imanpour Namin, J., Ramezanpour Z., Yap, CK. (2016). Evaluación de la contaminación en el río Shahrood: Indican los índices fisicoquímicos basados en macroinvertebrados las mismas respuestas a las actividades antropogénicas. Revista Chemosphere, 159, 584-594. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.064>
- Tamani, Y. (2014). Evaluación de la calidad de agua del río Negro, provincia de Padre Abad, Aguaytía. https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PRACTICA%20FINAL%20PARA%20EMPASTAR.pdf
- Villacrés, D., Varela, E., Morales, L., Farinango, T., Pineda, É., Salazar, P. (2018). Relación de temperatura, pH y CE en la variación de concentración de fosfatos en el Río Grande, Cantón Chone. [Congreso de Ciencia y tecnología]. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/807>