



## Artículo Original

# Uso y calidad del agua de la Quebrada “El Horno” aplicando el “Índice Holandés” y macroinvertebrados

*Use and water quality of “El Horno” creek using the “Dutch Index” and macroinvertebrates*

Yefrin Valladares,<sup>a,b,1</sup> Alba Osorto,<sup>c</sup> Alicia Lanza,<sup>c</sup> Néstor Valladares,<sup>d</sup> Daniela Martínez<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Sección de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Honduras Tecnológico de Danlí (UNAH-TEC), Danlí, Honduras

<sup>b</sup>Escuela de Posgrado del CATIE, Cartago, Costa Rica

<sup>c</sup>Sección de Química, Universidad Nacional Autónoma de Honduras Tecnológico de Danlí (UNAH-TEC), Danlí, Honduras

<sup>d</sup>Departamento de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras

<sup>e</sup>Departamento de Comunicación y Difusión, Universidad Nacional Autónoma de Honduras Tecnológico de Danlí (UNAH-TEC), Danlí, Honduras

---

*Historia del artículo:*

Recibido: 17 abril 2020  
 Revisado: 12 mayo 2020  
 Aceptado: 5 marzo 2021  
 Publicado: 30 abril 2021

*Palabras clave*

Agua  
 Bioindicadores  
 Contaminación  
 Macroinvertebrados

*Keywords*

Water  
 Bioindicators  
 Pollution  
 Macroinvertebrates

**RESUMEN. Introducción.** El crecimiento de los procesos de urbanización e industrialización promueve la contaminación de los principales sistemas fluviales en Honduras, derivando en el deterioro de estos cuerpos de agua superficiales. Para analizar el uso del agua superficial se han creado una serie de índices que permiten observar las variaciones en los niveles de contaminación a partir de ciertos parámetros físicos-químicos y biológicos, incluyendo el estudio de macroinvertebrados acuáticos. El objetivo de este estudio fue determinar la calidad del agua de la Quebrada El Horno, a su paso por la Colonia Nueva Esperanza en Danlí, Honduras y su uso potencial a partir de los valores de los índices Holandés, BMWP-CR e IBF-SV2010. **Métodos.** Investigación descriptiva de temporalidad transversal. Se definió tres puntos de muestreo a lo largo de la quebrada, tomando mediciones y colecta de macroinvertebrados para determinar los valores de cada índice en dichos puntos. **Resultados.** Según el Índice Holandés muestras tomadas en el punto alto y medio se clasificaron dentro de la Clase III (Contaminación moderada) mientras que el agua en el punto bajo tuvo una categorización Clase IV (Contaminación severa). Además, los valores para el índice BMWP-CR e IBF-SV 2010 confirmaron la mala calidad del agua, evidenciando la mayor afectación en el punto bajo. **Conclusión.** El agua de la Quebrada El Horno, requiere tratamientos avanzados que generen una depuración de contaminantes químicos, microbiológicos y físicos por la contaminación proveniente del punto alto y medio reflejada en las poblaciones de macroinvertebrados a lo largo de esta fuente de agua.

**ABSTRACT. Introduction.** The growth of urbanization and industrialization processes promotes the pollution of the main river systems in Honduras, resulting in the deterioration of these surface water bodies. In order to analyze the use of surface water, a series of indexes have been created to observe variations in pollution levels based on certain physicochemical and biological parameters, including the study of aquatic macroinvertebrates. The study aim was to determine the water quality of the El Horno creek as it passes through Colonia Nueva Esperanza in Danlí, Honduras and its potential use based on the values of the Dutch BMWP-CR and IBF-SV2010 indexes. **Methods.** Descriptive research of cross-sectional temporality. Three sampling points were defined along the creek, taking measurements and collecting macroinvertebrates to determine the values of each index at these points. **Results.** According to the Dutch Index, samples taken at the high and middle points were classified within Class III (moderate contamination) while the water at the low point has a Class IV categorization (severe contamination). In addition, the values for the BMWP-CR and IBF-SV 2010 indexes confirmed the poor quality of the water, showing the greatest affectation at the low point. **Conclusion.** The water of El Horno creek requires advanced treatments that generate a purification of chemical, microbiological and physical contaminants due to the contamination coming from the high and middle point reflected in the macroinvertebrate populations along this water source.

---

<sup>1</sup> Autor corresponsal: [yacruz@unah.edu.hn](mailto:yacruz@unah.edu.hn), Universidad Nacional Autónoma de Honduras Tecnológico de Danlí, Danlí, Honduras

Disponible en <https://doi.org/10.5377/innovare.v10i1.11405>

© 2021 Autores. Este es un artículo de acceso abierto publicado por UNITEC bajo la licencia <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

## 1. Introducción

La problemática ambiental y la salud de los ecosistemas limnéticos tienen efectos notables en los seres vivos, sumado a la reducción de los usos potenciales del agua, la poca disponibilidad para consumo humano y brotes de epidemias (Barrera et al., 2011) que muestran la importancia de la vigilancia de la calidad del agua, la toma de decisiones para mejorar su calidad, proporcionando beneficios significativos para la salud y reduciendo la transmisión de enfermedades (Briñez et al., 2012). Campuzano et al. (2014) y Montoya (2015) coinciden en sus investigaciones realizadas en la zona central de Honduras y en específico sobre la calidad del agua del Río Choluteca, que el crecimiento urbanístico e industrial han promovido la contaminación de los principales sistemas fluviales. Esto ha derivado en el deterioro de cuerpos de agua superficiales y subterráneas, importantes para el consumo humano.

La búsqueda de fuentes de agua que permitan el desarrollo demográfico y urbanístico de una comunidad puede ser compleja, ya que los procesos de purificación y tratamiento del agua son costosos; por lo que es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente, para evitar no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos (Chulluncuy, 2011). Por lo anterior, las mediciones analíticas de la calidad del agua a partir de parámetros fisicoquímicos como: temperatura, color, turbidez, sodio, potasio, hierro, azufre, fósforo, nitrógeno entre otros han sido de suma importancia, ya que el agua dulce puede presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, composición que puede verse alterada por actividades humanas y por la misma naturaleza del ecosistema (Lafuente, 1990).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020) reconoce y valora el suelo como recurso por su efecto sobre las fuentes de agua subterráneas o superficiales, ya que la contaminación de este recurso afecta la calidad del agua provocando un desequilibrio de sus nutrientes. Al igual que los parámetros químicos, los parámetros microbiológicos del agua (coliforme fecales y totales) son marcadores importantes que indican la contaminación de un cuerpo de agua superficial y el uso que puede tener (OMS, 1998).

Para determinar la calidad del agua y los usos potenciales, se han creado una serie de índices que permiten observar las variaciones en los niveles de contaminación (Robledo et al. 2014). Uno de los índices adoptados en Costa Rica es el “Índice Holandés de valoración de la calidad del agua” (ICA Holandés), que se basa en tres indicadores: la demanda bioquímica de oxígeno, el nitrógeno amoniacal y el porcentaje de saturación de oxígeno por medio del oxígeno real *in situ* (Calvo & Mora, 2012).

Otros índices de calidad de agua se basan en el estudio de macroinvertebrados acuáticos (MIA) (Suárez, 2015),

siendo uno de ellos el índice IBF-SV2010 (Sermeño et al., 2010) el cual es una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental del agua de los ríos utilizando insectos acuáticos. Gutiérrez & Lorion (2014) y Salvatierra (2012) hacen referencia a la variabilidad de estos índices dependiendo del ecosistema en que se apliquen, razón por la cual Costa Rica desarrolló su propio índice biológico denominado BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party de Costa Rica) (Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, 2007), que se basa únicamente en la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados acuáticos y sus valores de tolerancia asignados, totalmente independiente de la cantidad de géneros o individuos recolectados de cada familia, lo que facilita su aplicación (Springer et al., 2010).

El departamento de El Paraíso ubicado, en la región centro-oriente de Honduras, cuenta con un área tipificada como Zona Productora de Agua de Honduras, declarada mediante decreto legislativo N22-1992 (Sánchez, 2011). Esta área protegida que engloba la ciudad de Danlí es una fuente de agua superficial donde tiene su nacimiento la Quebrada el Horno, que se extiende a lo largo de 4.7 kilómetros, cruzando la Colonia Nueva Esperanza, la más grande y con mayor población en Danlí (Instituto Nacional de Estadística de Honduras, 2018; Observatorio Demográfico UNAH, 2021).

Considerando que la Quebrada El Horno es una fuente de agua importante para los habitantes de la colonia Nueva Esperanza, se efectuó un análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para determinar el uso potencial del agua mediante la clasificación del “Índice Holandés” y se colectaron macroinvertebrados acuáticos para valorar los índices biológicos de la calidad de agua BMWP-CR e IBF-SV2010 considerando las características propias de este ecosistema.

## 2. Métodos

Este estudio es cuantitativo con enfoque descriptivo donde su temporalidad es transversal, ya que se tomó durante la época lluviosa de 2018.

### 2.1. Área de estudio

Se definieron tres sitios de muestreo, un punto central en el cruce de la Colonia Nueva Esperanza (II), y dos puntos adicionales, 1.5 km río arriba (I) y 1.5 km río abajo (III) desde punto central, para determinar las características previas y posteriores a la influencia antropogénica en el agua (Figura 1).

### 2.2. Muestreo biológico

Para recolectar MIA se realizaron tres muestreos durante

el inicio de la época lluviosa, mediados y al finalizar, esto según las modalidades de lluvia de la región oriental de Honduras (Zuniga, 1990) en los puntos mencionados (Figura 1). Se utilizó la metodología de Ramírez (2010a) en el BMWP-CR y Estrada et al. (2013) en el IBF-SV 2010 que desarrolló inicialmente por Hilsenhoff (1987). Posteriormente, 10 estudiantes de la UNAH-TEC, quienes durante un periodo de 30 minutos removieron rocas del cauce de la quebrada para recolectar MIA usando pinceles y botes de 100 ml llenos con alcohol al 70% para su preservación. Para la identificación se aplicó las claves taxonómicas de Merritt & Cummins (2008) y Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica (Flowers & De La Rosa, 2010; Ramírez, 2010b; Springer, 2010). Por último, se realizó la aplicación de los valores de los índices biológicos BMWP-CR que constituye un indicador de diversidad taxonómica y valoración relativa a nivel de familia. El índice considera únicamente la presencia de familias y su cálculo se puede definir:

$$BMWP-CR' = \sum Ptj$$

Donde:

Ptj = Valor constante de calidad de agua para la familia (valor de 1 al 10)

El Índice Biológico IBF-SV 2010 es otro índice que bioestadísticamente considera la abundancia de MIA de cada familia reconocida, por ende, asignan a estas familias valores de ponderación en función de dicha abundancia. Este índice es construido a partir de la sumatoria de los productos entre los valores ponderados y sensibilidad

inversa establecida previamente. A su vez se puede establecer mediante la siguiente fórmula (Sermeño et al., 2010):

Donde:

Ind = Número de individuos pertenecientes a una familia i

Ptj = Categoría de calidad de agua para la familia i (valor 1 al 10)

T = Número total de individuos

### 2.3. Muestreo de parámetros físicos-químicos

Se determinaron *in situ* parámetros físicos-químicos mediante el uso de una sonda multiparamétrica HANNA HI9829 para: temperatura, conductividad, oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno (PSO) y pH. Además, para los parámetros *ex situ* se utilizaron botellas estériles de un litro de capacidad debidamente identificadas las cuales se sumergieron y llenaron con agua del cauce de la quebrada para posteriormente ser analizados elementos y compuestos como: aluminio, cadmio, calcio, cianuro, cloro, cobalto, cobre, cromo, hierro, zinc, magnesio, plomo, potasio, flúor, nitrógeno amoniacal, salinidad, alcalinidades, detergentes, formaldehído, fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos, sulfuros y color. Al finalizar, cada muestra fue sellada con adhesivo y se preservaron con hielo a 4 °C. Se transportaron al laboratorio de química de la UNAH-TEC para su análisis a través de espectrofotometría UV-Visible HACH DR6000.

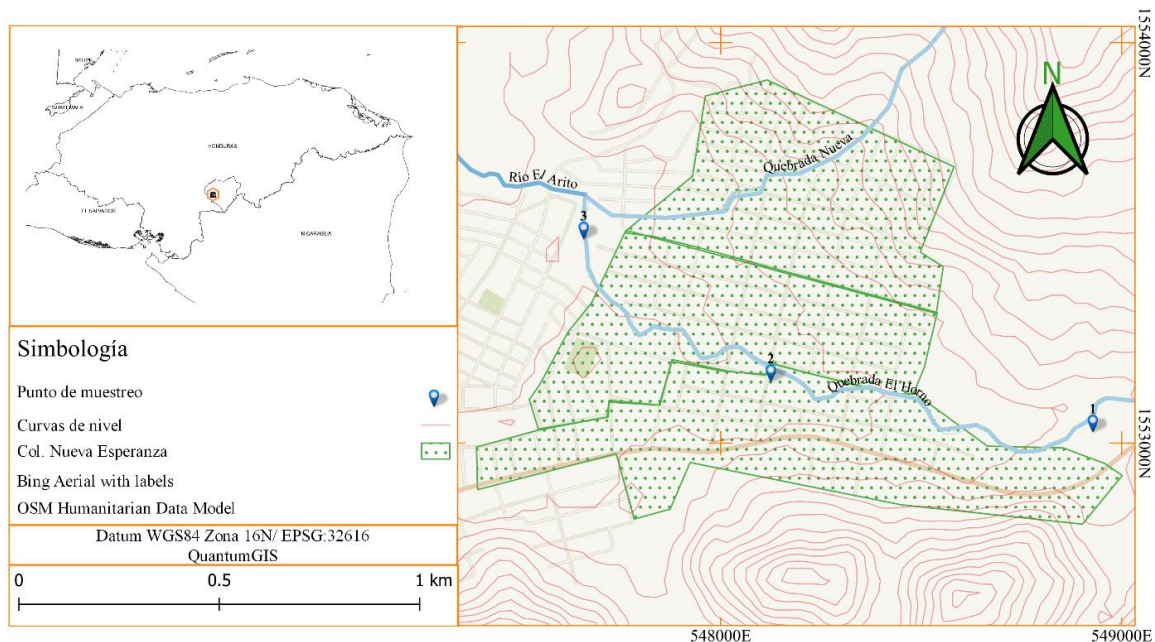


Figura 1. Puntos de muestreo en la Quebrada el Horno. Fuente: elaborado por el biólogo Yefrin Valladares.

Asimismo, DQO y DBO<sub>5:20</sub> fueron colectados en botellas de un galón de capacidad identificadas, selladas y se cubrieron con papel aluminio para evitar la penetración de la luz solar (Muñoz-Nava et al., 2012). Posteriormente, se transportaron en un recipiente con hielo a 4 °C al laboratorio de química de UNAH-TEC. Para la DQO se utilizó un reactor HACH DRS200 y para la cuantificación se usó la espectrofotometría UV-visible. En el caso de la DBO<sub>5</sub> se usó el sensor VELP SCIENTIFICA F102B0133. Igualmente, se aplicó el “Índice Holandés” de calidad de agua usando los valores de estos análisis PSO, DBO, N-NH<sub>4</sub> para establecer los posibles usos que pueden darse al agua (Robledo et al., 2014) de la Quebrada El Horno.

#### 2.4. Muestreo microbiológico

Las muestras microbiológicas fueron recolectadas con la metodología usada por OMS (1998) bajo normas de bioseguridad tomando en cuenta el uso de guantes de látex y bolsas bacteriológicas de 100 ml. Fueron transportadas en recipientes con hielo a 4 °C al laboratorio de microbiología

de UNAH-TEC, donde se analizaron coliformes totales y fecales (termotolerantes) usando el método de filtros de membranas mediante una rampa de filtración con bomba de vacío ECOLAN FL-G a partir de una dilución de (10-1). La cuantificación de colonias formadoras de coliformes fue determinada bajo Norma Técnica Regional de Calidad de Aguas de Centro América y El Caribe (CAPRE/Secretaría de Salud de Honduras, 2001).

### 3. Resultados

#### 3.1. Análisis biológico

En el primer muestreo de MIA realizado el 8 de julio del 2018, se obtuvo 1132 individuos equivalente al 24.10% del muestreo total del estudio. Se identificaron 17 familias donde el punto de mayor cantidad de individuos fue el punto bajo (Cuadro 1), con 403 individuos de los cuales 386 (95.78%) pertenecieron al orden *Chironomidae*.

**Cuadro 1**

Número de individuos encontrados por familia de primer muestreo biológico de Quebrada El Horno y aplicación de índices biológicos.

Familia	Punto Alto (I)					Punto Medio o Central (II)					Punto Bajo (III)				
	BMWP		IBF-SV2010			BMWP		IBF-SV2010			BMWP		IBF-SV2010		
	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T
<i>Psephenidae</i>	1	4	7	7	0.02										
<i>Crustacea</i>						2	5								
<i>Chironomidae</i>	4	2	8	32	0.09	40	2	8	320	0.87	386	2	8	3088	7.66
<i>Simuliidae</i>	192	4	6	1152	3.2	3	4	6	18	0.05					
<i>Baetidae</i>	51	5	6	306	0.85	97	5	6	582	1.58					
<i>Caenidae</i>	5	4	7	35	0.1	4	4	7	28	0.08					
<i>Leptohyphidae</i>	10	5	6	60	0.17	15	5	6	90	0.24	8	5	6	48	0.12
<i>Leptophlebiidae</i>	9	8	5	45	0.13	32	8	5	160	0.43					
<i>Oligoneuriidae</i>						5	5				1	5			
<i>Gerridae</i>	7		6	42	0.12										
<i>Veliidae</i>	39		5	195	0.54	117		5	585	1.59					
<i>Hirudinea</i>						9	3	7	63	0.17	3	3	7	21	0.05
<i>Corydalidae</i>	12	6	7	84	0.23	8	6	7	56	0.15					
<i>Coenagrionidae</i>	21	4	9	189	0.53	28	4	9	252	0.68					
<i>Calopterygidae</i>	3	4	7	21	0.06	2	4	7	14	0.04					
<i>Oligochaeta</i>						3	1	10	30	0.08	5	1	10	50	0.12
<i>Hydropsychidae</i>	6	5	5	30	0.08	4	5	5	20	0.05					
Σ Individuos				362					367					403	
Σ BMWP-CR				56					56					16	
Σ IBF-SV 2010				6.11					6.01					7.96	

Ind (individuos), Ptj (puntaje), T (total de individuos en el muestreo de cada punto), BMWP (Biological Monitoring Working Party) e IBF-SV2010 (Índice Biológico por Familias de El Salvador).

Este tramo de la quebrada fue el índice más bajo de calidad de agua ya que presentó valores de 16 para el índice BMWP-CR equivalentes a agua de calidad mala, muy contaminada (rango 16-35) y valores de 7.96 para IBF-SV2010 indicativo de agua muy pobre, contaminación orgánica severa (rango 7.26-10.00).

En el segundo muestreo de MIA realizado el 8 de agosto de 2018, se obtuvo 1605 individuos que representaron el 34.18% del muestreo total del estudio (4696). Se identificaron 15 familias, siendo el punto bajo con la mayor cantidad de individuos (Cuadro 2), con 740 individuos (46.11% del muestreo). La familia *Chironomidae* presentó la mayor cantidad de individuos con 717. El punto con mayor cantidad de especies fue el punto alto, con 12 familias entre las cuales la más numerosa fue la familia *Simuliidae*. Las valoraciones de mayor contaminación para la calidad del agua estuvieron en el punto bajo con valores de 17 para el BMWP-CR equivalentes a agua de calidad mala, muy contaminada y valores de 7.96 para IBF-SV2010 indicativo de agua muy pobre, contaminación orgánica severa. El tramo alto y medio como se observa en la Cuadro 2 fueron los tramos con mayor diversidad y con índices de contaminación menores.

En el último muestreo de MIA realizado el 8 de septiembre de 2018, se cuantificaron 1959 individuos (41.72% de la muestra total de 4696) fraccionados en 20 familias. El punto con mayor número de macroinvertebrados fue el punto bajo (Cuadro 3) con 819 individuos que simbolizó el 41.50% del total del muestreo. La familia *Chironomidae* representó el 40.84% (800 individuos) de ese punto de muestreo. Al igual que en los demás muestreos la mayor abundancia la presentó este tramo. Otras familias representativas fueron las *Simuliidae* con 239 individuos que representó el 12.20% del total del muestreo y que se encontró en mayor cantidad en el punto alto. Los niveles de polución del tramo bajo fueron los mayores para BMWP-CR. Se clasificó este tramo en el equivalente a agua de calidad mala, extremadamente contaminada (valoración <15). Para IBF-SV2010, el valor fue de 8.02 que se clasificó como agua muy pobre, contaminación orgánica severa.

### 3.2. Análisis de parámetros físicos y químicos

Las valoraciones máximas para el color del agua (Cuadro 4) que se dieron del punto bajo fueron 88 UC teniendo como resultado una media en ese punto de 71 UC. Para los muestreos de parámetros químicos se realizaron 31 diferentes tipos de análisis (Cuadro 4). El aluminio en el primer muestreo en el punto alto fue de 0.42mg/l, en la media 0.43mg/l y en el punto bajo 0.46mg/l. El fosfato en el segundo muestreo en el punto medio presentó valoraciones de 0.26mg/l y en el caso del punto bajo todos los muestreos se encontraron sobre lo establecido por la norma como aceptable. En el tercer muestreo también se encontraron los

valores más altos de hierro en los tres puntos; en el punto alto presentó valores máximos sobre la normativa de 0.44mg/l, en el punto medio se determinó el valor máximo de 0.45mg/l y en el punto bajo 0.66mg/l. El hierro es el único parámetro que se encontró sobrepasando la Norma Técnica Regional.

Por último, el manganeso (Mn) en cada punto durante los tres muestreos, presentó alteraciones que superó sus valores máximos normales (0.5mg/l). La muestra con mayor cantidad de este elemento se dio en el punto alto durante el primer muestreo con un valor de 3.32mg/l lo cual superó en 6.62 veces lo establecido como valor máximo permisible.

El resultado de la DQO con mayor valoración se dio en el segundo muestreo con 34mg/l y para la DBO fue de 21mg/l. En el caso del punto medio el segundo muestreo presentó los valores más elevados (Cuadro 4). Por último, en el punto bajo el valor máximo de DQO se dio en la segunda muestra con 34mg/l y para la DBO el valor máximo fue 19mg/l. Para validar los resultados obtenidos en los muestreos y establecer los posibles usos que se le pueden dar al agua de la Quebrada El Horno a partir del “Índice Holandés” se obtuvieron valores promedios para cada parte de la cuenca: el PSO (porcentaje de saturación oxígeno) y nitrógeno amoniacal (Cuadro 4) además del promedio para DBO. Los valores de este índice para el punto alto fueron de 9, en el caso del punto medio fue de 8 y para último, el punto bajo se estimó en 10. Las muestras tomadas en el punto alto y medio se clasificaron dentro de la Clase III (Contaminación moderada) mientras que el punto tomado en el tramo bajo tienen una categorización Clase IV (Contaminación severa) (Calvo & Mora, 2012).

### 3.3. Análisis microbiológico

Las concentraciones de los microorganismos indicadores como coliformes totales (Ct) y fecales (Cf) evaluados, mostraron valores para el punto alto menores en relación con cantidad de unidades formadoras colonias (UFC). Para el caso del punto medio, valores máximos de Ct 2860 UFC/100 ml, la Cf se encontró en su valoración máxima de 4150 UFC/100ml (Cuadro 4). En el punto bajo se indicó incontables la relación de la cantidad de coliformes, i.e., por su abundancia fue imposible cuantificar la cantidad exacta.

## 4. Discusión

Según el análisis conjunto de cada muestreo de MIA realizados en la Quebrada El Horno, el punto bajo o punto III mostró para índice BMWP-CR agua de mala calidad a muy mala calidad. Sobre el IBF-SV2010 la calidad del agua fue la misma que el índice de Costa Rica. Ya que según IBF-SV2010 el agua se encuentra extremadamente contaminada.

**Cuadro 2**

Número de individuos encontrados por familia de segundo muestreo biológico de Quebrada El Horno y aplicación de índices biológicos.

Familia	Punto Alto (I)					Punto Medio o Central (II)					Punto Bajo (III)				
	BMWP		IBF-SV2010			BMWP		IBF-SV2010			BMWP		IBF-SV2010		
	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T
<i>Dytiscidae</i>	1	4	7	7	0.02										
<i>Hydrophilidae</i>	2	3	7	14	0.04	1	3	7	7	0.01					
<i>Psephenidae</i>						1	7	4	4	0.01					
<i>Staphylinidae</i>	1	4	6	6	0.02										
<i>Crustacea</i>						2	5								
<i>Chironomidae</i>	4	2	8	32	0.1	117	2	8	936	1.74	717	2	8	5736	7.75
<i>Culicidae</i>	3	2	10	30	0.09	1	2	10	10	0.02					
<i>Simuliidae</i>	185	4	6	1110	3.4										
<i>Baetidae</i>	58	4	5	290	0.89	132	4	5	660	1.22					
<i>Leptohyphidae</i>	5	5	6	30	0.09	8	5	6	48	0.09	18	5	6	108	0.15
<i>Leptophlebiidae</i>	11	8	5	55	0.17	28	8	5	140	0.26					
<i>Belostomatidae</i>						3	4	7	21	0.06					
<i>Veliidae</i>	28		5	140	0.43	236		5	1180	2.19					
<i>Corydalidae</i>	12	6	7	84	0.26										
<i>Coenagrionidae</i>	16	4	9	144	0.44	10	4	9	90	0.17					
Σ Individuos				326					539					740	
Σ BMWP-CR				51					44					17	
Σ IBF-SV 2010				5.96					5.76					7.96	

Ind (individuos), Ptj (puntaje), T (total de individuos en el muestreo de cada punto), BMWP (Biological Monitoring Working Party) e IBF-SV2010 (Índice Biológico por Familias de El Salvador).

En el caso del primer muestreo se presentó valores asociados con agua de mala calidad, contaminada para el punto alto y punto medio según BMWP-CR y de agua regular con contaminación sustancial para IBF-SV2010. Los puntos alto y medio mostraron usos de suelo diferentes asociados con las actividades antropogénicas como es el caso de los cultivos: los cuales generalmente contaminan indirectamente las fuentes de agua superficiales adyacentes (Sarabia-Meléndez et al., 2011) y las urbanizaciones que generan contaminación directa sobre los lagos, ríos o quebradas ya sea por químicos, residuos sólidos y microorganismos patógenos afectando así la biota del agua (Armon & Hänninen, 2015; López & Sedeño, 2015).

En el segundo muestreo las condiciones relacionadas con la contaminación fueron semejantes a los resultados obtenidos en el primer muestreo ya que los puntos altos y medio mantuvieron niveles de contaminación indicadores de agua de mala calidad según BMWP-CR y de agua regular con contaminación sustancial para IBF-SV2010. A su vez el punto bajo sigue teniendo niveles altos de contaminación donde la familia predominante en este punto sigue *Chironomidae*. Además, tiene los mayores índices de

contaminación por el transporte de materia orgánica y residuos sólidos provenientes de los puntos altos y medios (Plata & Ibarra, 2015).

Por último, en el tercer muestreo biológico se vieron diferencias leves entre los resultados del muestreo uno y dos (agua de calidad mala, contaminada) con relación al BMWP-CR donde las valoraciones del muestreo tres establecieron: agua regular con contaminación moderada por tanto se ve el ascenso de las familias ya que se presentan fluctuaciones en número de taxones y abundancia por efecto de las condiciones ambientales (Rico et al., 2014). Para IBF-SV2010 en los puntos alto y medio los niveles de contaminación siguen similares. El punto bajo presentó valoraciones de 11 para BMWP-CR y 8.02 para IBF-SV2010 que son los más bajos de todos los muestreos. Esto se debe a la alta actividad ganadera y a que aumenta la presencia de asentamientos provocando una gran cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos que son liberados al cauce provocando la degradación del punto (Villanueva & Esquivel, 2012).

En el caso de las características físicas de la Quebrada El Horno las valoraciones según Norma Técnica Regional, no

son permisibles en ningún punto ya que el valor máximo que se permite es de 15 UC. La Quebrada El Horno a lo largo del cauce hace ostensibles sólidos suspendidos que genera un café rojizo, esto se atribuye a que el suelo erosionado llega a la quebrada (D'Amario, 2016).

De los 31 análisis realizados a la Quebrada El Horno, al compararlos con la Norma Técnica Regional, da como resultado que 23 de estos parámetros se encuentran dentro de los rasgos establecidos por la norma. Por el contrario, los análisis químicos que exceden los valores legales permitidos son el aluminio (Al), hierro (Fe), manganeso (Mn) y fosfatos (PO4). En el primer muestreo, en cada uno de los puntos, se encontraron concentraciones mayores a 0.2 mg/l de aluminio. Esto se debe a que los suelos de la ciudad de Danlí son suelos ácidos y arcillosos donde este metal pesado forma aluminosilicatos (Fertilizer Management, 2019; Simons, 1969).

El hierro y manganeso son dos metales que

frecuentemente se hallan asociados (OMS, 2003; Valencia, 2011). En este caso, el manganeso superó en proporciones 1:6 la cantidad de hierro en el agua de la Quebrada El Horno. Esto genera una relación inversamente proporcional en la cantidad de estos metales. El punto alto tuvo las mayores concentraciones de Mn 3.31mg/l, el dato más alto de todo el muestreo. Su elemento asociado presentó concentraciones de 0.41mg/l que fue el valor más bajo de este elemento en los tres muestreos. Asimismo, las concentraciones notables del Fe se dieron en el punto bajo en el muestreo tres teniendo como resultado 0.66mg/l y su contraparte asociada de Mn presentó la concentración más baja de todos los tres muestreos con 1.03mg/l. Para Valencia (2011) el hierro y el manganeso, por lo general, no presentan efectos nocivos sobre la salud de las personas expuestas en cantidades traza durante periodos de exposición corto, pero a largo plazo sí. Es por esta razón que se encuentran normados bajo regulaciones de calidad de agua latinoamericanas.

**Cuadro 3**

Número de individuos encontrados por familia de tercer muestro biológico de Quebrada El Horno y aplicación de índices biológicos.

Familia	Punto Alto (I)					Punto Medio o Central (II)					Punto Bajo (III)				
	BMWP			IBF-SV2010		BMWP			IBF-SV2010		BMWP			IBF-SV2010	
	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T	Ind	Ptj	Ptj	Ind*Ptj	(Ind*Ptj)/T
<i>Hydrophilidae</i>	2	3	7	14	0.03										
<i>Psephenidae</i>						2	7	4	8	0.01					
<i>Chironomidae</i>	4	2	8	32	0.07	99	2	8	792	1.19	800	2	8	6400	7.81
<i>Simuliidae</i>	239	4	6	1434	3.03										
<i>Tipulidae</i>	1	4	5	5	0.01	2	4	5	10	0.01					
<i>Baetidae</i>	67	5	6	402	0.85	211	5	6	1266	1.90					
<i>Caenidae</i>	4	4	7	28	0.06										
<i>Leptohyphidae</i>	10	5	6	60	0.13	7	5	6	42	0.06	4	5	6	24	0.03
<i>Leptophlebiidae</i>	9	8	5	45	0.10	38	8	5	190	0.28					
<i>Oligoneuriidae</i>	1	5				24	5								
<i>Gerridae</i>	8	0	6	48	0.10										
<i>Veliidae</i>	67	0	5	335	0.71	231	0	5	1155	1.73					
<i>Hirudinea</i>	1	3	7	7	0.01	21	3	7	147	0.22	2	3	7	14	0.02
<i>Corydalidae</i>	10	6	7	70	0.15										
<i>Coenagrionidae</i>	19	4	9	171	0.36	15	4	9	135	0.20					
<i>Calopterygidae</i>	3	4	7	21	0.04	2	4	7	14	0.02					
<i>Gomphidae</i>	10	7	7	70	0.15	2	7	7	14	0.02					
<i>Libellulidae</i>	3	6	7	21	0.04	3	6	7	21	0.03					
<i>Oligochaeta</i>						6	1	10	60	0.09	13	1	10	130	0.16
<i>Hydropsychidae</i>	15	5	5	75	0.16	4	5	5	20	0.03					
Σ Individuos				473					667					819	
Σ BMWP-CR				75					66					11	
Σ IBF-SV 2010				6					5.81					8.02	

Ind (individuos), Ptj (puntaje), T (total de individuos en el muestreo de cada punto), BMWP (Biological Monitoring Working Party) e IBF-SV2010 (Índice Biológico por Familias de El Salvador).

**Cuadro 4**

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos tomados de la Quebrada El Horno.

Análisis	Unidad	Norma	Punto Medio o Central								
			Punto Alto (I)			(II)			Punto Bajo (III)		
			Muestreo			Muestreo			Muestreo		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III
Alcalinidad	mg/l $\text{CaCO}_3$	300 <sup>a</sup>	37.4	75.1	100	66.9	92.7	129	80.6	104	158
Aluminio	mg/l	0.2	0.42	0.01	0.02	0.43	0.01	0.03	0.46	0.02	0.03
Cadmio	mg/l	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calcio	mg/l $\text{CaCO}_3$	100	7.03	5.63	2.32	6.03	5.36	1.98	6.02	5.32	2.14
Cianuro	mg/l	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro	mg/l	250	0	0.58	0.53	0	0.36	0.76	0	0.36	0.39
Cobalto	mg/l	0.05 <sup>a</sup>	0.03	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02
Cobre	mg/l	2	0.03	0.01	0.05	0.02	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03
Color	UC	15	54	50	31	67	65	36	88	82	43
Coliformes totales	UFC/100 ml	10	2,430	2,130	4,321	2,860	2,220	2,015	<i>Incon</i>	<i>Incon</i>	<i>Incon</i>
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0	630	1,000	1,754	1,170	4,150	6,103	<i>Incon</i>	<i>Incon</i>	<i>Incon</i>
Conductividad	$\mu\text{s}/\text{cm}$	1000	92	255	282	189	229	238	221	270	288
Cromo	mg/l	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Detergentes	mg/l	--	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	0.06	0.26	0.25
DQO	mg/l	10	26	34	12	14	20	17	20	34	33
DBO <sub>5</sub>	mg/l	3	16	21	7	8	10	9	18	19	14
Fluoruro	mg/l	0.7-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formaldehido	$\mu\text{g}/\text{l}$	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosfatos	mg/l	0.1	0.08	0.20	0.07	0.04	0.26	0.07	0.16	0.48	0.15
Hierro	mg/l	0.3	0.40	0.42	0.44	0.41	0.41	0.45	0.47	0.54	0.66
Manganeso	mg/l	0.5	3.31	2.67	1.1	2.86	2.54	1.95	2.78	2.54	1.03
Nitratos	mg/l	25-50	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3
Nitritos	mg/l	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Amoniacal	mg/l	0.5	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.43
OD	mg/l	5	19	12.3	15.2	26.3	14.3	25.6	12.5	6.21	8.88
PSO	%	--	56.1	28.7	32.9	55.2	31.1	49.9	27.7	14.6	19.6
pH		6.5-8.5	7.49	8.34	7.79	7.9	8.22	8.15	7.64	7.6	7.63
Plomo	$\mu\text{g}/\text{l}$	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potasio	mg/l	10	0.49	0.3	0.7	0.5	0.4	0.3	0.7	0.9	0.8
Salinidad	mg/l	---	0.09	0.12	0.13	0.11	0.12	0.11	0.11	0.13	0.14
Sulfuros	mg/l	250	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
SS	mg/l	80 <sup>a</sup>	7	4	6	6	5	4	12	6	10
Zinc	mg/l	3	0.06	0.06	0.01	0.06	0.06	0.02	0.08	0.06	0.01

Datos comparados con Norma Técnica Regional de Calidad de Aguas de Centro América y El Caribe publicada por CAPRE/Secretaría de Salud de Honduras, 2001. (\*) Normado con parámetros utilizados para uso agrícola, los demás: agua para abastecimiento para la población.



Valoraciones para PO<sub>4</sub> en los muestreos revelaron que el punto medio en cada uno de ellos sobre pasó la normativa y además contiene los valores elevados de muestreo con 0.48mg/l, ya que concentraciones altas de fosfato existentes en el agua, pueden producir la eutrofización. Tan sólo 1g de PO<sub>4</sub> provoca el crecimiento de hasta 100g de alga (Putz, 2008). Por lo tanto, la contaminación de lechos acuáticos con fosfatos afecta el equilibrio ambiental que genera el lixiviado del ión (Bolaños et al., 2017).

En el caso de los parámetros según Norma Técnica Regional todos los datos analizados para la DQO y DBO se encontraron fuera de lo permisible. Si se compara con los datos mostrados por (Valladares et al., 2018) para el parámetro de DQO se ve una disminución notable en relación con los datos del 2018. Respecto al uso que se le puede dar al agua de la Quebrada El Horno se sabe que el punto alto y la medio se clasificaron dentro de la categoría III que indica contaminación moderada. Esto revela que puede ser usada para el abastecimiento de agua, para uso y consumo humano y para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano, con la aplicación de tratamientos avanzados. Además, es utilizable para generación hidroeléctrica, navegación, riego de especies arbóreas, cereales, y plantas forrajeras. Es de uso ilimitado para el abastecimiento de agua para abrevaderos y actividades pecuarias (Calvo & Mora, 2012). Por último, el punto bajo se categorizó en IV lo que indica contaminación severa. Esto hace que el uso del punto bajo sea limitado para abastecimiento de agua para abrevaderos, actividades pecuarias y generación hidroeléctrica (Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, 2007).

Las concentraciones de coliformes totales y fecales en el agua de la Quebrada El Horno excedieron las concentraciones permisibles por la normativa establecida en Centro América, ya que en el punto alto (I) y medio (II) se pudieron cuantificar UFC con dificultad. Existieron proporciones en el caso Ct en el punto alto. La proporción fue 1:432 (10 UFC/100ml: 4321 UFC/100ml) o de Cf máxima fue de 1:603 en el punto medio. Por último, no se pudo comparar el tercer punto (I) que se encuentra en la parte baja de la colonia, ya que en cada uno de los muestreos dicha localidad siempre mostró una alta cantidad de coliformes, tanto totales como fecales o termotolerantes, la cual se denomina incontables al ojo humano. Por lo general, las partes bajas de los puntos son las que tuvieron los niveles más elevados de contaminación de microorganismos que al final llegan a la zona léntica cuenca de ríos o arroyos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de EEUU, 2000; Muñoz-Nava et al., 2012).

## 5. Conclusión

El nivel de polución cuantificado por la aplicación de índices biológicos utilizando MIA en la Quebrada El Horno indica que en los tres puntos de muestreo la contaminación

y la mala calidad del agua se hizo presente de manera ascendente, ya que los menores niveles de contaminación se encuentran en el punto I o aguas arriba y a medida que avanza por su cauce. Los niveles de contaminación aumentan con severidad, resultando en el punto III o aguas abajo como el lugar con contaminación severa o agua de muy mala calidad, evidenciado por la gran cantidad de individuos de familias del orden *Díptera*, que viven en aguas con altos niveles de contaminación. Basándose en el “Índice Holandés” de calidad del agua; el agua de la Quebrada El Horno para su uso potable requiere tratamientos avanzados que generen una depuración de contaminantes químicos, microbiológicos y físicos para agua proveniente del punto alto (I) y medio (II). En el caso del punto bajo después de su tratamiento, su uso podría ser pecuario y para abrevadero. Si bien es cierto, los usos que se le dan al agua de la Quebrada El Horno por una fracción de la población de la Colonia Nueva Esperanza son los antes mencionado, estos se realizan sin ningún tratamiento lo que provoca enfermedades e insalubridad en los hogares de estas personas.

En general las diferencias de caudal que genera la época lluviosa (la cual provoca una dilución natural del efluente) tienen un efecto directo sobre la calidad de agua de la Quebrada El Horno que permite que haya una mejora relativa en relación con la época seca.

## 6. Contribución de los Autores

YV, AO, AL y NV diseñaron el estudio. YV y NV recolectaron datos en el campo. YV, AO, AL y NV participaron en los análisis de laboratorio. NV trabajó aspectos de orden entomológico. DM validó la tabulación de datos. Todos los autores participaron en la preparación del manuscrito.

## 7. Conflictos de Interés

Los autores presentan ningún conflicto de interés.

## 8. Referencias Bibliográficas

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de EEUU. (2000). *Resumen de Salud Pública: Manganeso*. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs151.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs151.pdf)
- Armon, R., & Hänninen, O. (Eds.). (2015). *Environmental indicators*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2>
- Barrera, Y., Aguirre, C., & Castro, J. (2011). *Proyecto “Fortalecimiento de capacidades de técnicos de las entidades socias TROCAIRE y actores locales de las microcuencas Orocuina, Las Jaguas, El Espinal y el municipio La Conquista, para la implementación de acciones de ordenamiento territorial y gestión de riesgos”*: Calidad del agua de pozos y aguas superficiales en la microcuenca Las Jaguas, municipio de Ciudad Antigua. Universidad Nacional Agraria. Managua. <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN10B272.pdf>
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>

- Briñez, K., Guarnizo, J., & Arias, S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(2), 175-182. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/11679>
- Calvo, G., & Mora, J. (2012). Análisis de la calidad de varios cuerpos de agua superficiales en el GAM y la Península de Osa utilizando el Índice Holandés. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(5), 37. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i5.471>
- Campuzano, C., Stefano, L. de, Martínez-Santos, P., Torrente, D., & Willaarts, B. (Eds.). (2014). *Water resources assessment in Latin America: Social and Environmental Implications for a Globalized Economy*. Routledge. [https://www.researchgate.net/publication/281457490\\_Water\\_resource\\_s\\_assessment\\_in\\_Latin\\_America](https://www.researchgate.net/publication/281457490_Water_resource_s_assessment_in_Latin_America)
- CAPRE/Secretaría de Salud de Honduras. (2001). *Norma Técnica Nacional para Agua de: Uso Agrícola y Pecuario, Uso Recreativo, Preservación de Flora y Fauna (calidad básica del agua), Uso de abastecimiento de la población y Uso acuícola*. Secretaría de Salud. <http://docplayer.es/37146056-Republica-de-honduras-secretaria-de-salud-norma-tecnica-nacional-para-agua-de.html>
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial* (29), 153-170. <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
- D'Amario, M. (2016). *Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza)* [Tesis]. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. [http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/7814/tesis-imr-damario-mara-julieta.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/7814/tesis-imr-damario-mara-julieta.pdf)
- Estrada, R., Quintanilla, L., & Hidalgo, B. (2013). Determinación de la calidad ambiental del agua en los ríos San José y El Rosario, El Salvador, usando macroinvertebrados acuáticos. *Bioma*, 1(5), 43-49. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3183>
- Fertilizer Management. (2019). *Aluminio en el suelo: evitando su toxicidad*. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/aluminum-in-soil>
- Flowers, R., & De La Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 63-93. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800004](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800004)
- Gutiérrez, P., & Lorion, C. (2014). Application of the BMWP-Costa Rica biotic index in aquatic biomonitoring: Sensitivity to collection method and sampling intensity. *Revista de Biología Tropical*, 62 Suppl 2, 275-289. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442014000600018&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442014000600018&script=sci_abstract)
- Hilsenhoff, W. L. (1987). An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomologist*, 20(1), 7. <https://scholar.valpo.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1591&context=tgle>
- Instituto Nacional de Estadística de Honduras. (2018). *Danlí, El Paraíso*. <https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2019/07/danli-el-paraiso.pdf>
- Lafuente, C. (1990). *Química del agua*. Editorial Bellisco, Madrid, 424.
- López, E [E.], & Sedeño, J [J.]. (2015). Biological Indicators of Water Quality: The Role of Fish and Macroinvertebrates as Indicators of Water Quality. In R. Armon & O. Hänninen (Eds.), *Environmental indicators* (Vol. 123, pp. 643-661). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2\\_37](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2_37)
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (2008). *An introduction to the Aquatic insects of North America* (4th ed.). Kendall/Hunt Pub. Co.
- Montoya, B. (2015). Análisis de la contaminación del Río Choluteca y sus efectos sobre la población a su paso por Tegucigalpa. *Revista Ciencia y Tecnología*, 0(2), 19-37. <https://doi.org/10.5377/rct.v0i2.1816>
- Muñoz-Nava, H., Suárez-Sánchez, J., Vera-Reyes, A., Orozco-Flores, S., Batlle-Sales, J., Ortiz-Zamora, A. D. J., & Mendiola-Argüelles, J. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 27-38. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100003)
- Observatorio Demográfico UNAH. (2021, enero 12). *Observatorio Demográfico Universitario: Colonia Nueva Esperanza*. <https://odu.unah.edu.hn/>
- OMS. (1998). *Guías para la calidad del agua potable: Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41985/9243545035-spa.pdf?jsessionid=DF33C90734686E1DA090D9D67BCE0423?sequence=1>
- OMS. (2003). *Guías de la OMS para la calidad del agua potable: Aluminio en agua potable*. OMS. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro*. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>
- Plata, A., & Ibarra, D. (2015). Percepción local del estado ambiental en la cuenca baja del río Manzanares. *Luna Azul* (42), 235-255. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.15>
- Putz, P. (2008). *Eliminación y determinación de fosfato*. [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/87050/fofosfos.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87050/fofosfos.pdf)
- Ramírez, A. (2010a). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I: Capítulo 2: Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 41-50. <https://tropicalstudies.org/rbt/pages/suppl/sup58-4.html>
- Ramírez, A. (2010b). Capítulo 5: Odonata. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 97-136. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800005](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800005)
- Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, *Diario Oficial La Gaceta Costa Rica, n°-178* (2007). <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos74387.pdf>
- Rico, A., Rodríguez, A., López, E., & Sedeño, J. (2014). Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México). *Revista de Biología Tropical*, 62, 81-96. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442014000600006](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600006)
- Robledo, J., Vanegas, E., & García, N. (2014). Aplicación del Sistema Holandés para la evaluación de la calidad del agua. Caso de estudio Lago de Izabal, Guatemala. *Ingeniería Agrícola*, 4(2), 15-21. <https://core.ac.uk/download/pdf/45359127.pdf>
- Salvatierra, T. (2012). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el Río Gil González y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua. *Universidad y Ciencia*, 6(9), 38-46. <https://doi.org/10.5377/uyc.v6i9.1958>
- Sánchez, E. (2011). *Legislación Ambiental: Acuerdos y Decretos de Áreas Forestales Protegidas, Vida Silvestre, Parques Nacionales, Monumentos Culturales*. <http://181.210.29.119/cites/sites/default/files/Compendio%20de%20Legislacion%20Areas%20Protegidas%20de%20Honduras.pdf>
- Sarabia-Meléndez, I. F., Cisneros-Almazán, R., Aceves de Alba, J., Durán-García, H. M., & Castro-Larragoitia, J. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), 103-113. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992011000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000200002)
- Sermeño, J., Pérez, D., Muños, S., Serrano, L., Rivas, A., & Monterrosa, A. (2010). *Metodología estandarizada de muestreo multihabitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador*. OEA, Universidad de El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9101/1/METODOLOGIA%20ESTANDARIZADA%20MUESTREO%20INVERTEBRADOS%20ACUATI%20COS.pdf>
- Sermeño, J., Serrano, L., Springer, M., Paniagua, M., Pérez, D., Rivas, A., Menjívar, R., Bonilla, B., Carranza, F., Flores, J., Gonzales, C., Gutiérrez, P., Hernández, M., Monterrosa, A., & Arias, A. (2010). *Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)*. OEA, Universidad de El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2995/1/A%20METODOLOGIA%20DE%20TERMINAR%20CALIDAD%20AGUA%20CON%20INSECTOS%20>

- 20ACUATICOS.pdf
- Simons, C. (1969). *Los suelos de Honduras*. <http://www.fao.org/3/ar884s/ar884s.pdf>
- Springer, M. (2010). Capítulo 7: Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 151–198. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800007](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800007)
- Springer, M., Ramírez, A., & Hanson, P. (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I: Capítulo 1. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4>
- Suárez, T. (2015). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el Río Gil González y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua. *Universidad y Ciencia*, 6(9), 38–46. <https://doi.org/10.5377/uyc.v6i9.1958>
- Valencia, C. (2011). *Química del hierro y del manganeso en el agua, método de remoción* [Monografía]. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>
- Valladares, Y., Osorto, A., Lanza, A., & Martínez, J. (2018). Análisis de calidad de agua de la quebrada El Horno en la colonia Nueva Esperanza, Danlí, Departamento El Paraíso. *Portal de La Ciencia*, 13(0), 66–86. <https://doi.org/10.5377/pc.v13i0.5968>
- Villanueva, M., & Esquivel, R. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cuna. *Apunt. Cienc. Soc.*, 2(2), 130–137. <https://doi.org/10.18259/acs.2012015>
- Zuniga, E. (1990). *Las Modalidades de la lluvia en Honduras*. Guaymuras.