

DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO JUAN LÓPEZ, ATLÁNTIDA (HONDURAS) EN ÉPOCA SECA

Jesús Rodríguez Matute^a, Francisco Picado Pavón^b

^aDepartamento de Suelos, CURLA, UNAH, La Ceiba, Atlántida (Honduras), jesus.rodriguez@unah.edu.hn

^bCentro para la Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua, UNAN-Managua, Managua (Nicaragua), francisco.picado@cira.unan.edu.ni

Recepción 24/09/2020

Aceptación 02/03/2021

Resumen

Durante la época seca del año 2016, en el río Juan López en El Porvenir (Atlántida), se evaluó la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un transecto de la cuenca baja mediante índices ecológicos, algunos parámetros fisicoquímicos y la composición del sustrato en el fondo del río. Se extrajeron muestras compuestas de sedimentos en 5 sitios con ayuda de una draga y se cuantificaron e identificaron. Fueron encontrados un total de 9.457 ind.m⁻² pertenecientes a la comunidad de macroinvertebrados distribuidos en 4 *phylum*, 9 clases, 19 órdenes y 27 familias. El sitio del río más próximo a la zona costera presentó la mayor densidad de organismos en todas las categorías taxonómicas. El *phylum arthropoda* representó el 75.94 % de abundancia relativa, la clase insecta el 34.46 % de abundancia relativa, orden diptera con 34.30 % de abundancia relativa y la familia *Chironomidae* con 35.35 %. El contenido de partículas finas en el sedimento es alto en general y las texturas que predominan en las secciones de sedimento evaluadas fueron entre limoso y franco limoso, probablemente, debido a procesos de erosión y sedimentación en la cuenca provocados por la actividad agrícola. Los organismos identificados con mayor presencia son los más resistentes y oportunistas ante estos procesos. En los sitios con menor contenido de materia orgánica y mayor contenido de partículas finas, tuvieron menores diferencias en diversidad (H') y diversidad máxima (H_{max}).

Palabras clave: macroinvertebrados acuáticos, abundancia relativa, parámetros fisicoquímicos, materia orgánica, partículas finas, sustrato

DIVERSITY OF THE AQUATIC MACROINVERTEBRATES COMMUNITY IN THE JUAN LÓPEZ RIVER, ATLÁNTIDA (HONDURAS) DURING THE DRY SEASON

Jesús Rodríguez Matute^a, Francisco Picado Pavón^b

^aDepartment of Soils, CURLA, UNAH, La Ceiba, Atlántida (Honduras), jesus.rodriguez@unah.edu.hn

^bNicaraguan Aquatic Resources Research Center, UNAN-Managua, Managua (Nicaragua), francisco.picado@cira.unan.edu.ni

Received 24/09/2020

Accepted 02/03/2021

Abstract

During the dry season of 2016, on the Juan López River in El Porvenir (Atlántida), the diversity of the benthic macroinvertebrate community in a transect of the lower basin was evaluated using ecological indexes, some physicochemical parameters and the composition of the substrate in the sediment of the river. Composite sediment samples were extracted at 5 sites with the help of a dredge and quantified and identified. A total of 9.457 ind.m⁻² belonging to the macroinvertebrate community distributed in 4 *phylum*, 9 classes, 19 orders and 27 families were found. The site of the river closest to the coastal zone had the highest density of organisms in all taxonomic categories. *The phylum arthropoda* represented 75.94 % relative abundance, the insecta class 34.46 % relative abundance, diptera order with 34.30 % relative abundance and the *Chironomidae* family with 35.35 %. The content of fine particles in the sediment is generally high, and the textures that predominate in the sediment sections evaluated were between silt and silt, probably due to erosion and sedimentation processes in the basin caused by agricultural activity. The organisms identified with the greatest presence are the most resistant and opportunistic to these processes. In sites with lower organic matter content and higher fine particle content they had smaller differences in diversity (H') and maximum diversity (H_{max}).

Keywords: benthic macroinvertebrates, relative abundance, physicochemical parameters, organic matter, fine particles, substrate

Introducción

La evaluación de los macroinvertebrados en el río Juan López (El Porvenir), en el departamento de Atlántida, permite saber el estado de salud de un ecosistema acuático, que es constantemente amenazado por las actividades antropogénicas, especialmente las prácticas agrícolas de la zona, que provocan el transporte de partículas de sedimentos y residuos de agroquímicos que ingresan al río causando efectos en la estructura de la comunidad de organismos acuáticos, que funcionan como indicadores de la calidad del ecosistema y su aprovechamiento.

Es indispensable la preservación de la calidad natural de las aguas para los fines comunes de los actores involucrados, por tanto, la inexistencia de un dimensionamiento de fuentes antrópicas de contaminación ambiental por medio de estudios científicos que estimen la salud de este ecosistema crea una necesidad de evaluar el impacto que se genera en el río y en la zona costera. El efecto en la calidad hídrica e hidrobiológica se puede explorar mediante un análisis de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (MIA), utilizando índices ecológicos y comparando con otros estudios en zonas costeras tropicales.

Para futuros estudios es recomendable considerar una mayor cantidad de sitios de muestreo para obtener datos más robustos, en esta ocasión, un sitio no fue evaluado con los parámetros de granulometría y materia orgánica debido a la composición del sustrato que no permitió la colecta de la muestra con los dispositivos con los que se contaban.

Metodología

Con el fin de estudiar la calidad hídrica e hidrobiológica, se evaluaron las comunidades de los macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de índices ecológicos, en un transecto del río Juan López en El Porvenir, Atlántida (Figura 1). El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque pretende medir un fenómeno y de acuerdo con el diseño metodológico el tipo de estudio es descriptivo, pues pretende evidenciar el estado en que se encuentran las comu-

nidades de macroinvertebrados, según el método de estudio es observacional (Piura-López, 2006).

El estudio se llevó a cabo en la zona con mayor incidencia de procesos de sedimentación, contaminación como es la cuenca baja del río Juan López, siendo este el universo del estudio que corresponde a la cuenca baja del río Juan López, El Porvenir (Atlántida).

En la selección de los sitios de muestreo se procuró la obtención de muestras en zonas con profundidades mayores de 1 m y con una distancia aproximadamente equidistante (Figura 1).

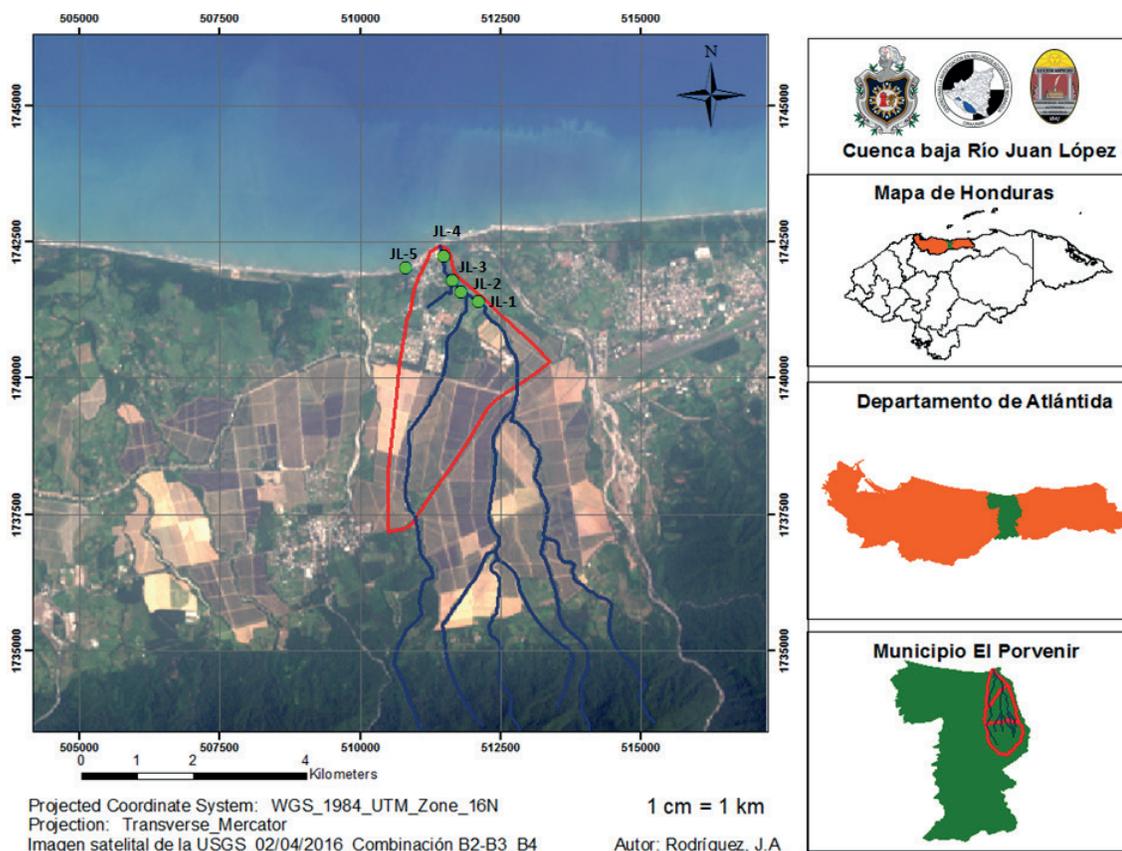
Los sitios para la colecta de sedimentos fueron seleccionados y georreferenciados con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, Garmin, Dakota 20) en un transecto de la cuenca baja y zona costera en el río Juan López, con el apoyo de las autoridades del municipio de El Porvenir. Los sitios muestreados fueron cinco para análisis cualitativo y cuantitativo de macroinvertebrados acuáticos, y en cuatro sitios (JL-1, JL-3, JL-4 y JL-5) para el análisis de granulométrico y de materia orgánica, con excepción del sitio JL-2, ubicado aproximadamente a una distancia de 1,004 m de la línea de costa, debido a la poca profundidad obtenida (< 10 cm) del núcleo de sedimento. El sitio JL-5, ubicado en la zona marina a 49 m de la línea costera, fue considerando por la acumulación de sedimento procedente de la desembocadura del río y que debido a procesos de avulsión o redireccionamiento deltaico cambió de ubicación.

El diseño de muestreo descrito anteriormente se conoce como muestreo aleatorio simple, este diseño es ventajoso para determinar el número de muestras necesarias para cierto nivel de precisión.

El estudio se realizó en el sitio con gran valor recreacional, de transporte y provisión de alimento en el municipio de El Porvenir (Atlántida).

Las muestras fueron colectadas con una draga Van Veen en cantidad de 4 submuestras por cada uno de los 5 sitios de muestreo, cada submuestra fue compuesta por 3 dragados y colocada en bolsas plásticas transparentes rotuladas con el número de submuestra, el sitio, fecha e iniciales de la persona que realizó el muestreo. Cada bolsa fue cerrada por medio de un nudo y se colocó en una bolsa negra, debidamente rotulada con la identificación del sitio de muestreo. Las muestras

Figura 1. Sitios de muestreo en la zona costera y en el transecto en el río Juan López, El Porvenir (Atlántida).



fueron preservadas en frío y transportadas hacia el Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA) del CURLA-UNAH (<https://curla.unah.edu.hn>). Las muestras fueron almacenadas a una temperatura de 9.4 °C aproximadamente, hasta su preparación. Las muestras se tamizaron a través de una malla de 250 µm y concentradas en un frasco plástico rotulado y preservadas con alcohol etílico al 95 %, hasta cubrir la materia orgánica y los organismos

El estudio cualitativo se realizó por el método de observación directa con ayuda de claves taxonómicas (Brusca y Wallerstein, 1977; Edmonson, 1959; Epler, 2001; Glynn y Glynn, 1974; Gutiérrez, 2012; Gutu y Ramos, 1995; Komicker, 1970; LeCroy y Richardson, 2004; Merritt y Cummins, 1984; Myers, 1976; Roldán, 1988), utilizando un microscopio estereoscópico marca Heerbrugg Wild M3Z con magnificación de 10, 15, 25 y 40X y un microscopio

compuesto marca Leitz Laborlux D con magnificación de 25, 40 y 100X y las imágenes fueron tomadas con una cámara digital Olympus modelo DP72, en laboratorio de hidrobiología del Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua, CIRA/UNAN-Managua (www.cira.unan.edu.ni).

El análisis de granulometría fue realizado por el método de la pipeta Kohn (Köhn, 1929) y la clasificación de acuerdo con la norma austriaca L-1061-88 en el laboratorio de Radioquímica Ambiental del CIRA/UNAN-Managua. Las muestras fueron tratadas con H₂O₂ al 15 % y se dejaron secar en baño maría a 80 °C, se adicionó una solución de Na₄P₂O₇·10H₂O, se dejaron reposar y luego se agitaron en tres ocasiones, al cabo de este tiempo, las muestras se pasaron por 3 tamices de diferentes diámetros de orificio (630 µm para partículas gruesas, 200 µm para partículas medianas y 63 µm para

partículas finas) colocados uno sobre otro de mayor a menor tamaño y colocados sobre una capsula de porcelana de 1,000 ml de capacidad.

Después de cada lavado, las partículas retenidas en los tamices fueron colocadas en capsulas de porcelana y llevadas al horno a 100 °C por aproximadamente 12 h.

Los residuos del lavado obtenidos al final del tamizado en la cápsula de porcelana fueron vertidos en una probeta de 1,000 ml de capacidad, se agitó una sola vez por un 1 min, con la pipeta de Kohn se extrajo una alícuota de 20 ml y se vertieron en cápsulas de porcelana previamente pesadas. El procedimiento fue repetido aproximadamente 37 min después que sedimentó la muestra en la probeta. Después de 6 h de reposo, se repitió la extracción de la muestra con la pipeta y se obtuvieron tres alícuotas de 20 ml en capsulas de porcelana, las cuales fueron llevadas al horno para el secado por aproximadamente 12 h. Posteriormente las cápsulas fueron colocadas y transportadas en desecadores para ser pesadas. El peso final de las cápsulas fue restado al peso inicial de las cápsulas conteniendo las alícuotas. A estos resultados les fueron realizados los cálculos en una hoja del programa Excel de Microsoft, para luego hacer la determinación del porcentaje de las partículas de limo grueso, fino, medio y arcilla utilizando el esquema de clasificación textural del suelo.

Para el análisis de materia orgánica se empleó el método de materia oxidable (Walkley y Black, 1934), se pesaron 0.5 g de cada muestra seca y se adicionó una solución de $K_2Cr_2O_7$ 1N y otra de H_2SO_4 al 98 %. Luego se les agregó agua destilada y H_3PO_4 al 85 %, una pizca de NaF y 5 gotas de solución de difenilamina. La valoración se llevó a cabo con una solución de $[(SO_4)_2Fe(NH_4)]$ 0.5 N hasta alcanzar un viraje de color verde claro. Posteriormente, los cálculos fueron realizados como lo prescribe la metodología de ensayo. Para este lote de muestras fue preparado un control de calidad de proporción conocida.

Análisis estadístico

En el estudio cuantitativo, la cantidad de individuos se expresó por unidad de área indicando la riqueza de especies (APHA, 1992). Además, se calcularon

los índices de diversidad (Shannon y Wiener), dominancia (Simpson), equidad (Jacard) y similitud. Para este análisis se utilizó el software estadístico PAST®.

A partir de los datos de campo y de los resultados de los análisis en los laboratorios, se elaboró la base datos correspondiente, utilizando el software estadístico SPSS, versión 20 para Windows. Una vez realizado el control de calidad de los datos registrados, se procedió al análisis estadístico pertinente.

Fueron construidos los gráficos de tipo barras de manera univariadas para variables de categorías en un mismo plano cartesiano. Se realizaron los Análisis de contingencia pertinentes (*cross tab*) para todas aquellas variables no paramétricas a las que se les podrá aplicar la prueba de correlación no paramétrica de Spearman (Rho de Spearman), esta prueba se trata de una variante del coeficiente de correlación de Pearson, el cual permite demostrar la correlación lineal entre variables de categorías, mediante la comparación de la probabilidad aleatoria del suceso, y el nivel de significancia preestablecido para la prueba entre ambos factores, de manera que cuando $p \leq 0.05$ se estará rechazando la hipótesis nula planteada de $\rho = 0$.

Resultados

A lo largo del transecto estudiado en el río Juan López fueron encontradas dos familias en 4 sitios: la familia *Chironomidae* (98.23 % de orden Diptera identificada) JL-1, JL-2, JL-3 y JL-4 es la que presenta la mayor densidad con 3,050 Ind.m⁻² y la familia *Candonidae* (13.72 % de orden Podocopida identificada) en los sitios JL-1, JL-3, JL-4 y JL-5 con una densidad de 220 Ind.m⁻², ambas familias mostraron alta tolerancia en las condiciones de los sitios muestreados. Las familias que se encontraron en dos sitios del transecto fueron, *Parapseudidae* (2,319 Ind.m⁻²), seguido de *Darwinulidae*, *Nereidae*, *Ampharetidae*, *Hydrobiidae*, *Ceratopogonidae*, *Muscidae*, *Dreissenidae* y *Elmidae*. La familia *Chironomidae* con 35.35 % mostró la mayor abundancia relativa, seguido de las familias *Parapseudidae* con 23.78 %, *Darwinulidae* 15.59 %, *Nereidae* 13.72 %, *Ampharetidae* 13.72 %, *Hydrobiidae* 13.72 %, *Ceratopogonidae* 13.72 %, *Muscidae* 13.72 %, *Dreissenidae* 13.72 % y *Elmidae* 13.72 %.

Nereidae 9.79 %, *Ampharetidae* 8.43 %, *Candonidae* 2.55 %, *Hydrobiidae* 1.46 %, y las 21 familias restantes sumaron 3.05 % en total (Figura 2).

En el índice de riqueza, la mayor cantidad de individuos fue observada en el sitio JL-4 y el menor valor fue en el sitio JL-2 (Tabla 1).

Los datos de las variables medidas en el campo (Tabla 2) tales como pH, la conductividad eléctrica y la salinidad del agua muestran una tendencia similar con un aumento evidente en la zona costera (JL-5) en donde la concentración de oxígeno disuelto disminuye significativamente.

Figura 2. Abundancia relativa en la cuenca baja del río Juan López (abril 2016).

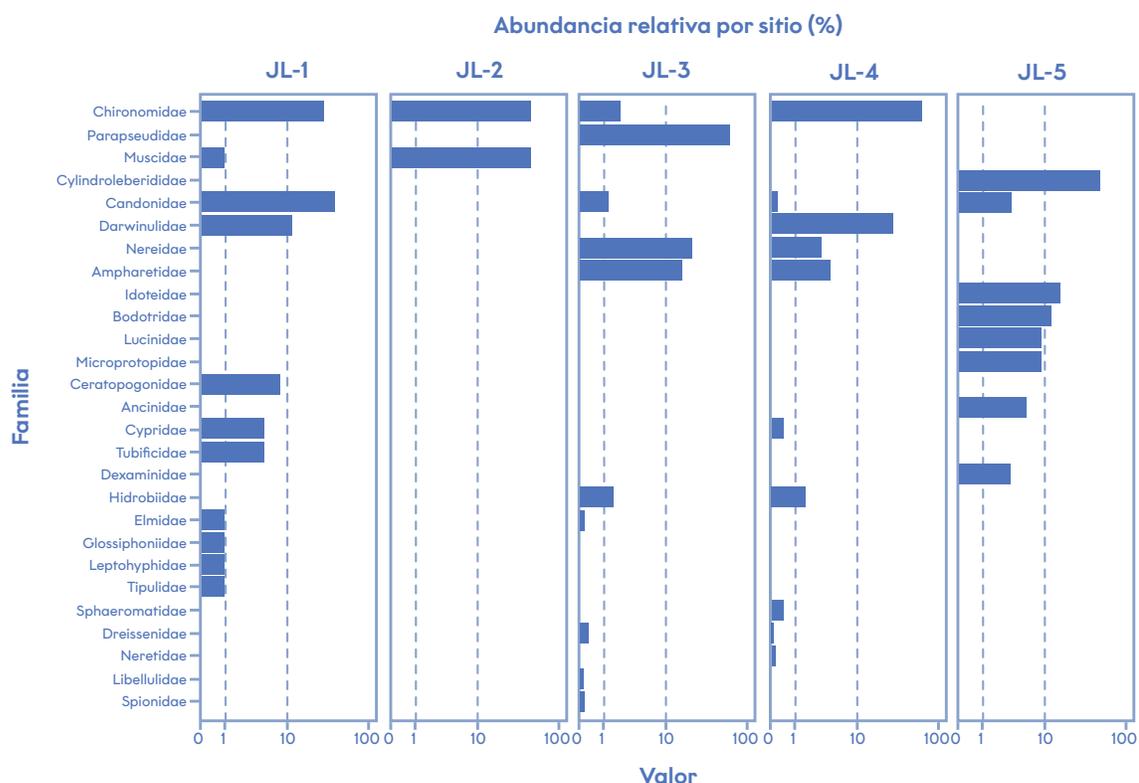


Tabla 1. Índices de riqueza, dominancia, diversidad, similitud, equidad y sitios de muestreo.

Índices	JL-1	JL-2	JL-3	JL-4	JL-5
Taxa (S)	27	3	16	18	11
Individuos	458	16	3 652	4 896	435
Dominancia (D)	0.1621	0.3750	0.3769	0.3011	0.3234
Simpson (1-D)	0.8379	0.6250	0.6231	0.6989	0.6766
Shannon (H')	2.53	1.04	1.32	1.56	1.46
Diversidad (H _{max})	3.30	1.10	2.77	2.89	2.40
Similitud (e ^{-H/S})	0.4637	0.9428	0.2341	0.2646	0.3897
Equidad (J)	0.7668	0.9464	0.4763	0.5400	0.6070

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de agua superficial.

Parámetro	Unidad	JL-1	JL-2	JL-3	JL-4	JL-5	Gráficos de tendencia
		19/04/2016	20/04/2016	27/04/2016	19/04/2016	27/04/2016	
		9:08 a. m.	11:36 a. m.	12:07 p. m.	2:53 a. m.	12:27 m.	
pH	Unidad	5.58	5.56	5.85	5.84	7.82	
Conductividad eléctrica	mS	92.7	87.2	143.6	545	35530	
Temperatura	°C	25.8	29.8	30	30.2	30.3	
Oxígeno	mg/L	6.45	6.17	6.71	6.08	5.68	
Salinidad	g/L	0	0	0.1	0.5	23.6	

Fuente: elaboración propia.

La composición de la fase sedimentaria de la cuenca baja del río Juan López está influenciada por el transporte de las partículas de suelos, principalmente en el rango de limo y arenas, proveniente de la erosión generada por la actividad agrícola de la cuenca media y favorecida por la precipitación durante la estación lluviosa (Figura 3).

Los sedimentos de los sitios con mayor fracción de arena y con menor contenido de materia orgánica corresponden con su cercanía al ambiente costero y con la lejanía al mismo (Figura 3 y Figura 4).

El sitio de JL-1, en comparación con los sitios JL-3 y JL-4, es el menos impactado por la presencia de partículas finas (limo % + arcilla %) y contenido de materia orgánica; bajo estas condiciones, presentó 11 familias, de las cuales 6 se encontraron solamente en JL-1 y que difieren de las 9 encontradas solamente en JL-3 y JL-4; estos sitios contienen una mayor presencia de partículas finas y materia orgánica.

El sitio de JL-1, en comparación con los sitios JL-3 y JL-4, es el menos impactado por la presencia de partículas finas (Limo % + Arcilla %) y contenido de materia orgánica (Figura 5).

En general, se encontró que en los sedimentos analizados hay una correlación más estrecha entre la materia orgánica y el % limo y una correlación media con el % arcilla. En cambio, se encontró una correlación inversa con la arena (-0.824) (Tabla 3).

Discusión

Determinar la abundancia de la estructura comunitaria de los macroinvertebrados

El sitio de JL-1 (Figura 2) con menor contenido de partículas finas y de materia orgánica, en comparación con los sitios JL-3 y JL4, presentó 11 familias, de las cuales 6 familias se encontraron solamente en JL-1 y que difieren de 9 familias encontradas solamente en JL-3 y JL-4, estos sitios contienen una mayor presencia de partículas finas y materia orgánica, entre las familias encontrados están Am3aretidae, Sphaeromatidae, Neretidae, Nereidae y Cyprididae que se han encontrado en sitios poco profundos, cercanos a la costa con presencia de arena, alta tolerancia a los cambios en salinidad, temperatura y pH (Benson, 1959; González *et al.*, 2009; Hartwell y Claflin, 2005). Hidrobidae y Elmidae que se adaptan en condiciones estresantes en presencia de material erosionado como partículas finas y materia orgánica (Kennish, 1986, citado por Molina-Bolívar y Severeyn, 2010; Shepard, 2004). Libellulidae del género *Macrothemis*, que generalmente se encuentra en aguas poco contaminadas y en sustratos como cantos rodados, guijarros, grava y arena (Fenoglio *et al.*, 2008; Fenoglio *et al.*, 2004), se ha encontrado en sitios con sedimentos limosos con

Figura 3. Distribución vertical de la granulometría de los sedimentos de la cuenca baja del río Juan López, época seca de 2016.

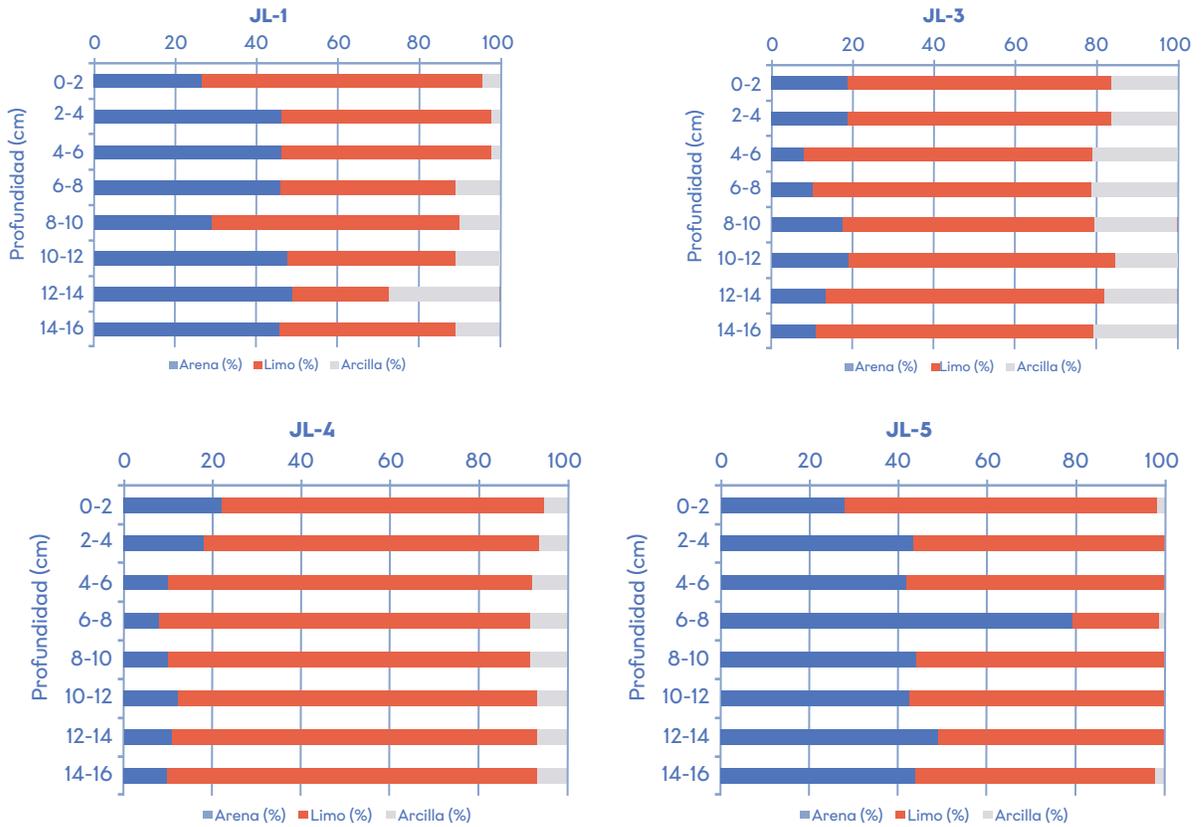


Figura 4. Distribución vertical del contenido de materia orgánica de los sedimentos de la cuenca baja del río Juan López, época seca de 2016.

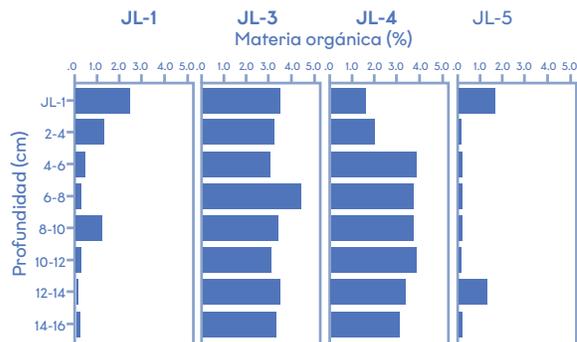
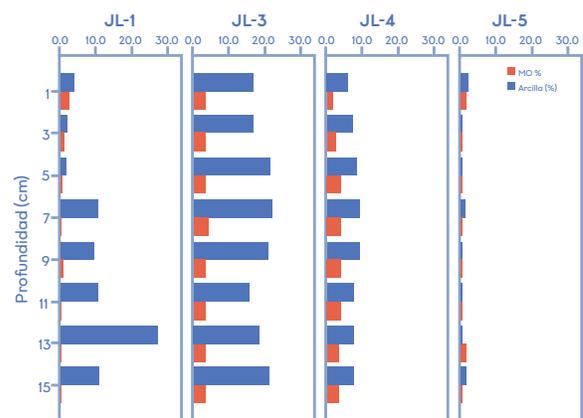


Figura 5. Comportamiento vertical de la fracción de arcilla y el contenido de materia orgánica en la cuenca baja del río Juan López, época seca de 2016.



alto contenido de hierro (Meurgey, 2009), también se ha encontrado en el río Juan López (DVUS, 2014).

Diversidad de los macroinvertebrados utilizando índices de valoración

En el índice de riqueza, la mayor cantidad de individuos fue observada en el sitio JL-4 y el menor valor fue en el sitio JL-2 (Tabla 1). Este último se debió posiblemente a que la velocidad de la corriente generada en la confluencia es mayor y consecuentemente la resuspensión de los sedimentos, lo cual resulta en una disminución del alimento y la alteración de las condiciones adecuadas para el establecimiento de las comunidades de macroinvertebrados. La mayor dominancia (D) de las especies fue observada en los sitios JL-3 y JL-2 (Tabla 1), en cuanto al menor valor fue observado en el sitio JL-1.

La diversidad (H) es más alta en el sitio JL-1 y los sitios con menor diversidad fueron JL-2 y JL-3 (Tabla 1). En el primer caso posiblemente la influencia las condiciones físicas en el sitio no permitieron el establecimiento de más comunidades y en el segundo caso la presencia muy marcada de la familia Parapseudidae: género *Discapseudes* sp. influye en una diversidad baja. En cuanto a la diversidad máxima o el máximo de población en una comunidad ecológica en condiciones ideales, el mayor valor fue para el sitio JL-1 y la más baja fue para JL-2 (Tabla 1 y Figura 6), esta última posiblemente se debe a las perturbaciones del sitio, el tipo de sustrato y la dinámica de la corriente, por tanto, la diferencia entre la diversidad (D) y la diversidad máxima es baja (0.06), por lo antes expuesto no significa que exista una condición ideal. Otra diferencia menor entre H' y H_{\max} se obtuvo en el sitio JL-1 (0.77), en cambio los sitios con mayor diferencia fueron JL-3 y JL-4, siendo estos los que presentan mayor perturbación en las comunidades de macroinvertebrados (Figura 6).

Factores físicos y químicos y su relación con el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados

Los valores de pH, conductividad eléctrica y salinidad aumentan, de un medio ácido de baja conductividad y salinidad nula (JL-1) hacia un medio alcalino con conductividades hasta un orden de magnitud mayor y con salinidad hasta 0.5 % (JL-4). En zonas con pH y salinidad baja, (Tabla 2) como lo observado en la cuenca baja del río Juan López, las partículas en suspensión contienen cargas positivas en su superficie, las cuales propician que algunos contaminantes orgánicos, por su formulación tiendan a concentrarse en los sedimentos los cuales ofrecen mayoritariamente cargas negativas. Por tanto, estas partículas en suspensión disminuyen a medida que aumenta la salinidad y consecuentemente la fuerza iónica aumenta (Achterberg *et al.*, 2003). En el sitio más alejado del mar (JL-1) se observó la menor temperatura (25.8 °C) en comparación con el resto de los sitios que presentaron incrementos progresivos, pero cuyas diferencias fueron pequeñas, muy común en estos ecosistemas fluviales (Wetzel, 2001).

La concentración del oxígeno disuelto fue variable durante el periodo de muestreo, sin embargo, en los sitios costeros JL-4 y JL-5, fue notoria una disminución, posiblemente el efecto de la temperatura y salinidad provocó la baja solubilidad del oxígeno en el agua (Wetzel, 2001), (Warner *et al.*, 1996). La disminución entre JL-3 y JL-5 fue de 18.13 %, muy cerca del 20 % de lo que menciona la literatura (Wetzel, 2001).

Composición del sustrato en el fondo del área de estudio del río Juan López

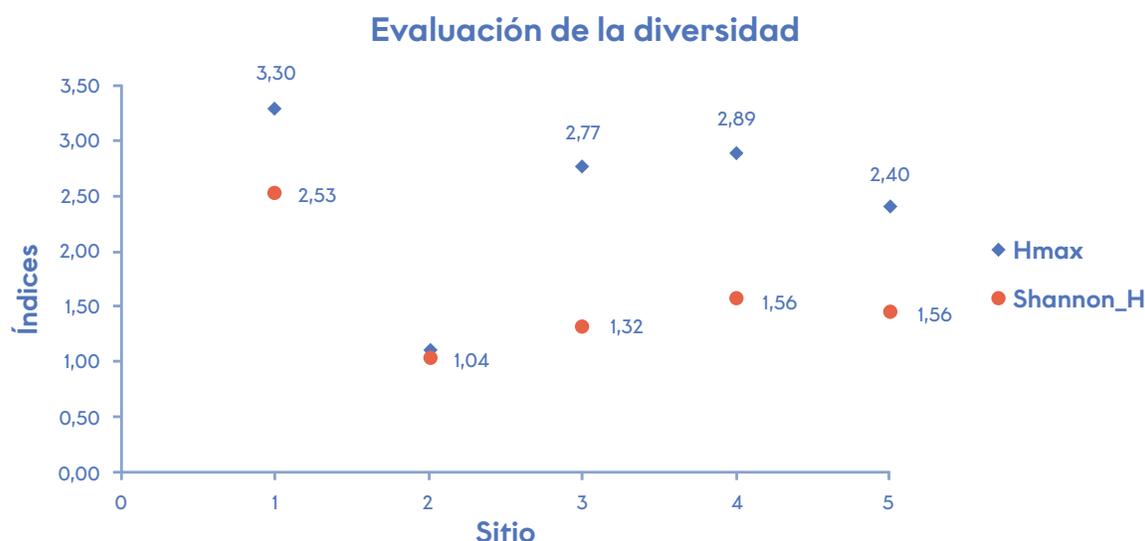
A pesar de que la acumulación vertical de las arenas (Figura 3) no es homogénea en todos los sitios, si se puede observar patrones similares entre los sitios adyacentes JL-3 y JL-4, lo que sugiere condiciones hidráulicas similares. De la misma forma esto es aseverado por el patrón de acumulación de la fracción limo, la cual es la más representativa en ambos sitios. Estos resultados sugieren que ambos

Tabla 3. Correlación y significancia entre tamaños de partícula y materia orgánica de los cuatro sitios muestreados.

Prueba de correlación		Arena %	Limo %	Arcilla %
ρ Spearman	Materia orgánica %	-0.824	0.768	0.447
		Sig. (bilateral)	0.000	0.000

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Diferencia entre índices de diversidad (H') y diversidad máxima (H_{max}) del transecto en el río Juan López.



sitios son el sumidero para la contaminación de la cuenca baja del Río Juan López.

El alto contenido de limo en el lecho del río Juan López se debe a que este atraviesa, en la cuenca media, por suelos tipo Yaruca, clasificado como litosoles, los cuales están formados sobre rocas ígneas metamórficas, con alto contenido de minerales máficos. En la cuenca baja el río también atraviesa por suelos tipo Toyos clasificado como latisoles, en algunos sitios se encuentran piedras en la superficie, sin embargo, generalmente su origen es de rocas meteorizadas, posiblemente este suelo fue en un tiempo una terraza marina o un sistema de conos aluviales (Sim-

mons, 1969). Por otro lado, el transporte efectivo y la deposición de las partículas finas en el lecho del río está asociada a la alta precipitación (Fundación VIDA, 2011) y su acumulación en áreas de baja energía en el sistema fluvial (Nowell *et al.*, 1999) tal como se observa en los sitios de remansos JL-3 y JL-4.

Conclusiones

1. La abundancia de individuos en la estructura comunitaria fue ampliamente notable en los sitios con mayor presencia de partículas

finas y materia orgánica, siendo los géneros más resistentes y oportunistas ante el impacto antropogénico.

2. Los sitios con mayor contenido de partículas finas y poca materia orgánica tienden a mostrar una menor diferencia entre la diversidad de Shannon (H') y la diversidad máxima (H_{max}), por tanto, mayor similitud y equidad, en relación con otros sitios con mayor densidad.
3. Las comunidades de macroinvertebrados más resistentes y oportunistas ante las alteraciones antropogénicas mostraron mayor resistencia a cambios en la conductividad eléctrica y salinidad en la desembocadura del río, ante la poca variación de los demás sitios muestreados con excepción del sitio JL-5, zona costera.
4. El alto contenido de materia orgánica y partículas finas de limo y arcilla, que se acumulan en los remansos cerca de la desembocadura del río posiblemente provengan de los suelos erosionados por las prácticas agrícolas en la cuenca media del río Juan López.

Agradecimientos

Ala DICU/UNAH (ahora Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica, DICIHT), por la concesión de la beca de investigación, al CIRA UNAN/Managua por la facilitación del material para muestreo y gestión de transporte de muestras, al Departamento de Química UNAH/CURLA por el uso de laboratorio de docencia y el LAA-CURLA al equipo de investigación de Ecosistemas Acuáticos de UNAH/CURLA; a la Municipalidad y miembros de la sociedad civil del municipio de El Porvenir.

Referencias

Achterberg, E. P., Herzl, V. M., Braungardt, C. B. y Millward, G. E. (2003). Metal behaviour in an estuary polluted by acid mine drainage: the role of particulate matter. *Environmental Pollution*, 121(2), 283-292. [http://doi.org/10.1016/s0269-7491\(02\)00216-6](http://doi.org/10.1016/s0269-7491(02)00216-6)

APHA (1992). *APHA Method 9221: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (18th ed.) American Public Health Association. <https://archive.org/details/gov.law.apha.method.9221.1992/page/n3/mode/2up>

Benson, R. H. (1959). *Ecology of Recent Ostracodes of the Todos Los Santos Bay, Baja California, Mexico*. Kansas: The University of Kansas. <http://kuscholarworks.ku.edu/handle/1808/3797>

Brusca, R. C. y Wallerstein, B. R. (1977). The marine isopod crustacea of the gulf of California. I. Family Idoteidae. *The American Museum of Natural History*, (2634), 1-17. <https://digitallibrary.amnh.org/bitstream/handle/2246/2949/v2/dspace/ingest/pdfSource/nov/N2634.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DVUS. (2014). *Caracterización Socioeconómica y Medioambiental del Río Juan López, El Porvenir, Atlántida*. UNAH-CURLA.

Edmonson, W. (1959). *Freshwater biology* (2nd Ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.

Epler, J. (2001). *Identification Manual for the Larvae Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina*. <https://files.nc.gov/ncdeq/Water%20Quality/Environmental%20Sciences/BAU/Benthos%20Reference/intro.pdf>

Fenoglio, S., Bo, T. y Cucco, M. (2004). Small-scale Macroinvertebrate Distribution in a Riffle of a Neotropical Rainforest Stream (Río Bartola, Nicaragua). *Caribbean Journal of Science*, 40(2), 253-257.

Fenoglio, S., Bo, T., Czekaj, A. y Rosciszew, E. (2008). Feeding Habitats, Fine Structure and Microhabitat Preference of *Euthyplocia hecuba* (Hagen, 1861) (Ephemeroptera: Euthyplociidae) Nymphs from Honduras. *Folia Biológica*, 56(1-2), 43-49. https://doi.org/10.3409/fb56_1-2.43-49

Fundación VIDA. (2011). *Plan de Acción Ambiental Municipal El Porvenir, Atlántida*. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).

Glynn, P. W. y Glynn, C. S. (1974). On the Systematics of Ancinus (Isopoda, Sphaeromatidae), with the description of a new species from the tropical eastern Pacific. *Pacific Science*, 28(4), 401-422. <http://hdl.handle.net/10125/1158>

González, N. E., Carrera-Parra, L. F., Salazar-Silva, P., Llanes-Baeza, C., González-Escalante, L. E.

- y Salazar-Vallejo, S. I. (2009). Macrobentos. En Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G. A. y Hernández-Arana, H. A. (Eds.), *El Sistema Ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe*. ECOSUR. https://www.academia.edu/10094845/El_sistema_Ecol%C3%B3gico_de_la_Bah%C3%ADa_de_Chetumal_Corozal_Costa_Occidental_del_Mar_Caribe
- Gutiérrez, J. A. (2012). Isópodos marinos (Crustacea: Peracarida) de la costa sur de la isla de Margarita, Venezuela. Memoria de la fundación La Salle de Ciencias Naturales, (173-174), 25-38. http://flasa.msinfo.info/portal/bases/biblo/texto/memoria/Mem_2012_173-174_25-38.pdf
- Gutu, M. y Ramos, G. E. (1995). Tanaidaceans (Crustacea, Peracarida) from the waters of Colombian Pacific with the description of two new species. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, 35 (1), 29-48. <http://decapoda.nhm.org/pdfs/31782/31782.pdf>
- Hartwell, S. I. y Claflin, L. W. (2005). Cluster analysis of contaminated sediment data: Nodal Analysis. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(7), 1816-1834. <http://doi.org/10.1897/04-282R.1>
- Köhn, M. (1929). Korngrößenanalyse vermittelte Pipettanalyse. *Tonindustrie-Zeitung*, (53), 729-731.
- Komicker, L. S. (1970). Myodocopid ostracoda (Cypridinacea) from the Philippine Islands. *Smithsonian Contributions to Zoology*, (39), 1-32. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.39>
- LeCroy, S. E. y Richardson, J. S. (2004). *An Illustrated Identification Guide to the Nearshore Marine and Estuarine Gammaridean Amphipoda of Florida: Families bateidae, biancoliniidae, cheluridae, colomastigidae, corophiidae, cyproideidae and dexaminidae* (Vol. 3). https://publicfiles.dep.state.fl.us/dear/labs/biology/biokeys/amphipoda_fl_v3.pdf
- Merritt, R. W. y Cummins, K. W. (1984). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (2nd ed.). USA: Kendall Hunt Pub Co.
- Meurgey, F. (2009). Description of the Larva of Macrothemis Meurgeyi Daigle from the Lesser Antilles (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 38(4), 365-368. <http://natuurtijdschriften.nl/pub/592678>
- Molina-Bolívar, G. E. y Severeyn, H. (2010). *Macroinvertebrados Bentónicos Asociados al Ecosistema Estuarino "El Riíto" (Rioacha, La Guajira Colombiana)* [Tesis de maestría, Universidad de Zulia, Facultad Experimental de Ciencias]. https://www.researchgate.net/publication/278558736_macroinvertebrados_bentonicos_asociados_al_ecosistema_estuarino_el_riito_riohacha_la_guajira_colombiana
- Myers, A. A. (1976). The Genera Megamphopus Norman and Microprotopus Norman (Amphipoda-Gammaridae) in the Mediterranean. *Zoologie*, 3(357), 250. <http://bionames.org/bionames-archive/issn/0300-9386/250/121.pdf>
- Nowell, L. H., Capel, P. D. y Dileanis, P. D. (1999). *Pesticides in Stream Sediment and Aquatic Biota: distribution, trends, and governign factors*. Boca Raton, USA: CRC Press LLC. <http://doi.org/10.1201/9780429104435>
- Piura-López, J. (2006). *Metodología de la investigación: Un enfoque integrador*. Managua, Nicaragua: Publicidad Arellano Vásquez.
- Roldán, P. G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. FEN-Colombia. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Shepard, W. D. (2004). Lotic regions of Belize and their aquatic byrrhoid Coleptera (Dryopidae, Elmidae, Lutrochidae, Psephenidae, Ptilodactylidae). *The Pan-pacific Entomologist*, 80(1-4), 53-59.
- Simmons, C. S. (1969). *Los Suelos de Honduras*. FAO. Roma: PNUD. <https://www.fao.org/3/ar884s/ar884s.pdf>
- Walkley, A. y Black, A. (1934). An Examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Warner, M. J., Bullister, J. L., Wisegarver, D. P., Gammon, R. H. y Weiss, R. F. (1996). Basin-wide distributions of chlorofluorocarbons CFC-11

and CFC-12 in the North Pacific: 1985-1989. *Geophysical Research*, 101(1), 20525-20542. <https://doi.org/10.1029/96jCo1849>

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lakes and Rivers Ecosystems* (3rd ed.). San Diego: Academic Press.