

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/330144510>

# Macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad del agua en cafetales con Dosel Abierto Integrado (DAI), en la Aldea de Subirana, Yoro, Honduras. Aquatic macroinvertebrates...

Preprint · January 2019

CITATIONS

0

READS

1,628

2 authors:



Kelly Diaz

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Martin Alfredo Murillo

Instituto Tecnológico Superior de Tela UNAH

6 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Bibliografía Entomológica de Honduras. Entomological Bibliography of Honduras. [View project](#)



Distribución y Diversidad de Insectos Acuáticos en Relación al Microhábitat en la quebrada La Conga Alubarén, Francisco Morazán. Distribution and Diversity of Aquatic Insects in Relation to the Microhabitat in the Conga Stream, Francisco Morazán. [View project](#)

**Macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad del agua en cafetales con Dosel Abierto Integrado (DAI), en la aldea de Subirana, Yoro, Honduras.**

**Aquatic macroinvertebrates indicators of water quality in coffee plantations with Integrated Open Canopy (DAI), in the village of Subirana, Yoro, Honduras.**

Kelly A. Diaz y Martin A. Murillo<sup>1</sup>

1.- Mesoamerican Development Institute (MDI)

Correos de contacto: [martinalfredo92@hotmail.com](mailto:martinalfredo92@hotmail.com), [kellydiaz95@hotmail.com](mailto:kellydiaz95@hotmail.com)

## **Resumen**

La pérdida potencial de la biodiversidad nativa como resultado del cultivo y procesamiento del café es sustancial, actualmente Honduras destina 349,510 hectáreas del territorio nacional a cultivos de café. A partir del 2016 se implementó en un paisaje cafetero de Subirana, Yoro, el método denominado “Dosel Abierto Integrado<sup>TM</sup>–DAI”, en el cual se procura que exista una relación equivalente entre plantación y bosque de 1:1. Este sistema da lugar a condiciones para restaurar el bosque y sobre todo permite la conservación de los cuerpos de agua y a su vez de la fauna acuática. El objetivo de la presente investigación fue determinar la condición ecológica de dos cuerpos de agua, la quebrada Maira influenciada directamente por una finca de café DAI y el río Jacagua el cual en su margen derecho posee una finca de café sol, con este fin se realizó la valoración de su calidad mediante el Índice Biótico modificado para Costa Rica (BMWP-CR). Se establecieron cuatro estaciones de muestreo; a) Franja de bosque (20 m) rodeando la finca de café b) Franja de bosque (6 m) rodeando la finca de café c) Zona alejada del sistema DAI y d) Río Jacagua cercana a finca sol. Los resultados indican que los macroinvertebrados acuáticos responden a dos factores principalmente, la contaminación orgánica y la sedimentación, reflejando el mayor impacto sobre los ambientes acuáticos de la erosión y tala en la finca cafetalera tradicional comparada con la finca DAI.

Comprender que las amenazas a los que están expuestos los ecosistemas terrestres afectan también el medio acuático y tener herramientas para evaluar estos impactos, es esencial para la implementación de medidas de conservación en paisajes productivos como los son las zonas cafetaleras en el país.

**Palabras clave:** Cultivo de café, Calidad del agua, macroinvertebrados, Subirana, Yoro.

## Abstract

The potential loss of native biodiversity as a result of coffee cultivation and processing is substantial, currently Honduras allocates 349,510 hectares of national territory to coffee crops. As of 2016, the method called “Integrated Open Canopy TM–DAI” was implemented in a coffee landscape of Subirana, Yoro, in which it is sought that there is an equivalent ratio between plantation and forest of 1: 1. This system gives rise to conditions to restore the forest and, above all, allows the conservation of water bodies and, in turn, aquatic fauna. The objective of the present investigation was to determine the ecological condition of two bodies of water, the Maira stream directly influenced by a DAI coffee farm and the Jacagua river which in its rights margin owns a sun coffee farm, for this purpose it was carried out the assessment of its quality through the modified Biotic Index for Costa Rica (BMWP-CR). Four sampling stations were established; a) Forest strip (20 m) surrounding the coffee farm, b) Forest strip (6 m) surrounding the coffee farm, c) Remote area of the DAI system and d) Río Jacagua near Sol farm. The results indicate that aquatic macroinvertebrates respond mainly to two factors, organic pollution and sedimentation, reflecting the greater impact on the aquatic environments of erosion and logging in the traditional coffee farm compared to the DAI farm.

Understand that the threats to which terrestrial ecosystems are exposed also affect the aquatic environment and have tools to assess these impacts, is essential for the implementation of conservation measures in productive landscapes such as coffee areas in the country.

**Keywords:** Coffee cultivation, Water quality, macroinvertebrates, Subirana, Yoro.

## Introducción

El agua es el componente más abundante sobre la tierra y posee características físicas y químicas que la hacen fundamental para el desarrollo de la vida (Roldan, 2003), además es el elemento más importante para la existencia y desarrollo de actividades humanas, cuyo acceso está vinculado al desarrollo y bienestar de las personas (SERNA 2009). El uso de este recurso es el mejor indicador del grado de desarrollo social y económico de un país. No solo es esencial para la preservación de la vida en el planeta, sino también para la conservación de la flora y fauna. Su conservación y calidad están vinculadas prácticamente a todas las actividades económicas y sociales, así como a la salud de la población. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80 % de las enfermedades del mundo se deben a problemas relacionados con el agua (Calvo 2015).

En la actualidad, los cuerpos de agua se encuentran bajo una constante presión debido a diferentes actividades antropogénicas (Ecological Society of America, 2003). Como región, América Central es el segundo mayor productor de café después de Brasil, Honduras es el mayor productor de América Central. En las elevaciones más altas, el café compite con los bosques nublados y los parques nacionales establecidos para proteger estos recursos y las funciones que proporciona como ser, proveer agua potable a los municipios circundantes y energía hidroeléctrica para la mayor represa eléctrica del país (MDI, 2017).

Los principales efectos de la actividad cafetalera en Honduras son, deforestación, contaminación de agua y suelo por uso de plaguicidas, contaminación de río y quebradas por aguas residuales procedente de los beneficios de café (Vega 2001), situación similar a lo mencionado para Costa Rica en años anteriores (Fernández y Springer, 2008). Es por ello que en la actualidad existe un reconocimiento creciente en relación a que los sistemas de agua dulce funcionalmente intactos y biológicamente complejos proveen muchos servicios a la sociedad, además de ser hábitat de flora y fauna (Roldan, 2003).

Dentro de las prácticas que el MDI implementa en el departamento de Yoro, se encuentra el método denominado “Dosel Abierto Integrado™ – DAI” (Integrated Open Canopy™ – IOC) aplicado a las fincas de café y otros cultivos. Este método procura que los terrenos de cultivos se realicen con una relación mínima de plantación-bosque de 1:1, creando condiciones para restaurar el bosque. Así la regeneración de la zona boscosa se convierte en un sumidero de carbono o secuestro de carbono (MDI, 2017), mientras que el bosque de las zonas ribereñas ayuda a preservar la calidad del agua de los ríos y quebradas.

Esto es fundamental, ya que como mencionan Arcos y compañía (2005), los ecosistemas ribereños albergan una gran diversidad de hábitats que benefician a un alto número de especies de plantas y animales, reduciendo la conexión entre la fuente de contaminación potencial y el cuerpo de agua receptor.

Agregado a esto los ecosistemas ribereños sirven como barrera física natural contra la entrada de contaminación directa a las fuentes y cursos de agua. Varios estudios demuestran que las comunidades loticas responden a cambios producidos en las condiciones ambientales a lo largo del gradiente longitudinal de los ríos. Dichos estudios se concentran en ecosistemas con alta cobertura boscosa en las riberas o en sistemas influenciados por varios contaminantes (García y Jiménez 2003).

Otras investigaciones han demostrado el impacto de la agricultura en los ecosistemas acuáticos, en Piracicaba, Brasil, un estudio registró que el mal manejo del uso de la tierra afecta la riqueza de macroinvertebrados. En otra investigación en el departamento de Quindío, Colombia, se encontró que los impactos de las actividades ganaderas son evidentes a diferentes niveles, como la calidad física y química del agua, la estabilidad de los cauces y los organismos acuáticos que allí viven (García y Jiménez 2003).

Para medir estos efectos de la contaminación del agua, tradicionalmente se han utilizado parámetros físico-químicos y microbiológicos, los cuales son bastante precisos. Sin embargo, solo reflejan las condiciones puntuales en el tiempo, es decir actúan como una "fotografía". Una alternativa complementaria a estos métodos es la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, los cuales brindan la ventaja de integrar las condiciones a través del tiempo y reflejan la calidad del agua, no solo en el momento del muestreo si no también indican las condiciones de días anteriores (Alba-Tercedor 1996).

Por lo cual, el conocimiento básico de los insectos en una región es indispensable para una producción saludable y amigable con el ambiente. Este también es el caso en los cultivos de café que el MDI está promoviendo, donde el estudio de los insectos es fundamental para minimizar sus efectos negativos y potenciar y aprovechar sus beneficios (adaptado de Zumbado y Azofeifa 2018). En la presente investigación se emplearon bioindicadores acuáticos como herramienta para diagnosticar la calidad de los ecosistemas acuáticos en los ríos con influencia de cultivos de café, además se comparó la calidad del agua en una quebrada adyacente a una finca DAI y un río adyacente a una finca sol.

## Materiales y Métodos

La finca Santa fe, es un sistema de cultivo DAI que se encuentra ubicada en la aldea de Subirana, Yoro. Está rodeada por los ecosistemas de bosque tropical siempre verde estacional aciculifoliado y tropical siempre verde latifoliado. Dentro de la finca Santa Inés nace una quebrada (ahora referida como Qda. Maira) la cual posee una longitud de 0.3 Km y se encuentran entre las altitudes de 1100 a 1300 msnm. La Qda. Maira desemboca en el río Jacagua, el cual es de orden tres y posee una longitud de 5.0 Km aproximadamente, pertenece a la cuenca del río Ulúa y desemboca en la Vertiente del Atlántico (Figura 1).

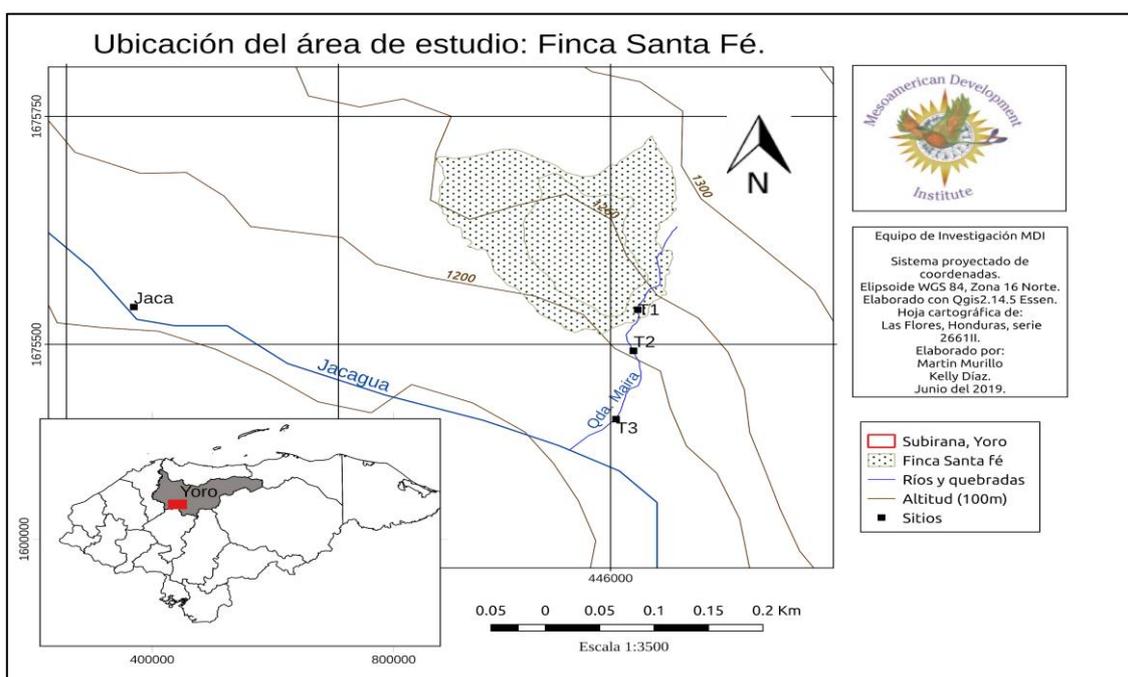


Figura 1. Ubicación de los sitios muestreados en río Jacagua y quebrada Maira en Finca Santa fé.

La microcuenca en las cual se encuentran los cuerpos de agua en estudio, posee una forma alargada con un área de 22.05 Km<sup>2</sup> y se encuentra entre los 1000 a 1800 msnm (Tabla 1)

Tabla 1. Características morfométricas de la microcuenca del río Jacagua.

N°	Parámetro Morfológicos	Valor
1	Área (Km2)	22.05
2	Perímetro (Km)	27.62
3	Altura Máxima de la Cuenca (msnm)	1800.00
4	Altura Mínima de la Cuenca (msnm)	1000.00
5	Ancho Medio de la Cuenca (Km)	2.56
6	Longitud Máxima de la cuenca (Km)	8.62
7	Factor de Forma	0.30

8	Coefficiente de Gravelius	1.66
9	Longitud Máxima del Cauce (Km)	11.20
10	Longitud Total de los Tributarios (Km)	12.81
11	Densidad de Drenaje (Km-1)	0.58
12	Constante de Mantenimiento	1.72
13	Pendiente del Cauce Principal (%)	7.14
14	Tiempo de Concentración (Km/H)	3.63
15	Índice de Alivio	0.09

Durante el mes de diciembre del año 2018, se muestreó tres transectos (ahora referidos como T1, T2 y T3) dentro de la Qda. Maira, agregado se muestreó cinco puntos en el río Jacagua (ahora referido como Jaca) el cual proviene de la aldea Tegucigalpita (Figura 1). Los sitios muestreados se detallan en la tabla 2, en estos se midieron parámetros ambientales, morfológicos, físico-químicos y se colectaron macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 2. Localización de las estaciones de muestreo.

Sitio	Ubicación	Cuerpo de agua
<b>T1</b>	Dentro de una franja de 20 m de bosque, finca DAI	Qda. Maira
<b>T2</b>	Dentro de una franja de 6 m de bosque, finca DAI	Qda. Maira
<b>T3</b>	Cercana a confluencia con el río Jacagua	Qda. Maira
<b>Jaca</b>	Al borde de finca sol, después de una carretera y previo a confluencia con Qda. Maira.	Río Jacagua

En los transectos muestreados en Qda. Maira se delimitó un tramo de 15 metros de longitud donde se marcaron los puntos de inicio, medio y final, en los cuales se midieron los parámetros morfométricos de profundidad de la columna de agua, velocidad de la corriente y ancho del cauce, con lo cual luego se determinó el caudal por medio de la fórmula de Welch (1948). Se midieron además los parámetros físico-químicos de temperatura del agua (°C), conductividad (ms/cm), pH, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos con medidores digitales, agregado a esto se tomaron las variables ambientales de temperatura y humedad relativa por medio de un higrómetro. En el río Jacagua los parámetros se midieron en un tramo adyacente a una finca sol (Tabla 2, imagen 1).

Para la colecta de organismos acuáticos, se tomaron 10 muestras (área de 30 cm<sup>2</sup>) en cada transecto en la quebrada y dos en cada punto de muestreo en el río. Lo anterior se realizó por medio de una red surber o una red de mano según fuera el caso, para lo cual se consideraron los microhábitats de roca, macrófitas, arena-grava y hojarasca.

Las muestras fueron colocadas y preservadas en frascos con alcohol al 95% y rotulados indicando el código (transecto y cuadrícula), microhábitat, lugar y fecha de colecta.

### Etapas de laboratorio y análisis

La limpieza de los organismos acuáticos se realizó parcialmente en las instalaciones de Villa Santa Fe, con el objetivo de eliminar materia orgánica e inorgánica de cada una de las muestras, a fin de conservar intactas la mayoría de características morfológicas necesarias para la identificación de los organismos colectados. Una vez separados los organismos se identificaron al nivel taxonómico de familia utilizando un microscopio digital, los organismos de menor tamaño se revisaron en un microscopio de disección Leica ez4 en las instalaciones del Zamorano EAP. Los macroinvertebrados identificados fueron depositados en las instalaciones de la Colección Entomológica de La Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano\* (depósito en proceso).

El análisis de los datos se realizó en el programa R versión 3.4.0 (R Core Team 2017), con el cual se obtuvieron las medidas de tendencia central y dispersión para los parámetros físico-químicos, morfométricos y ambientales obtenidos en los muestreos.

Para determinar si había diferencias significativas en los parámetros entre transectos, se utilizó las pruebas de Kruskal-Wallis o anova según fuera el caso. Para el análisis de la comunidad de organismos acuáticos se obtuvieron las medidas de tendencia central y dispersión. Las diferencias en composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en Qda. Maira y río Jacagua se determinaron utilizando los estimadores de abundancia y riqueza. Para conocer si hubieron diferencias significativas se aplicó las pruebas de Kruskal-Wallis y Nemenyi (pos-hoc). Para establecer las relaciones entre la comunidad de insectos y los parámetros ambientales se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman.

## **Resultados**

Los transectos T1, T2 y T3 presentaron sustratos compuestos de roca madre desnuda y cubierta en parte por sustrato limoso arcilloso, con pendientes pocas pronunciadas, en su ribera se observó helechos, musgos y plantas de las familias Araceae, Musaceae, Piperáceas, Malvaceae, Acanthaceae. Los tramos muestreados en el río Jacagua mostraron pendientes llanas, su sustrato se compuso principalmente de arena y rocas, su vegetación de ribera presentó plantas herbáceas de las familias Cannaceae y árboles.

### Análisis de parámetros

Dentro de los 12 parámetros medidos en los transectos, los sólidos totales disueltos (STD), oxígeno disuelto y el porcentaje de la entrada de luz muestran diferencias estadísticamente significativas (Tabla 3). El caudal de las estaciones muestreadas dentro de la quebrada Maira, en promedio fue de 0.092 m<sup>3</sup>/s, aumentando al llegar al río Jacagua a 2.82 m<sup>3</sup>/s.

Tabla 3. Promedio de los parámetros tomados en las estaciones de muestreo dentro de la quebrada Maira (T1, T2 y T3) y el río Jacagua (Jaca).

Parámetro	T1	T2	T3	Jaca
Temperatura ambiente (C°)	20.8	15.6	13.6	13
Temperatura del agua (C°)	18.6	17	15	15.3
Conductividad (S/cm)	369.66	276	292	281.6
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.4	6.61	7.34	6.73
Saturación de oxígeno (%)	89.06	90.87	95.83	90.69
pH	7.7	7.7	8.4	7.7
Sólidos disueltos totales (mg/L)	172.33	161.33	138.33	132.66
Entrada de Luz (%)	38.33	22.66	30.33	94.5
Humedad (%)	80	83.6	88.33	86
Ancho (m)	1.14	0.68	0.6	4.1
Profundidad (cm)	4.8	5.95	8.38	7.72
Velocidad (m/S)	0.034	0.027	0.03	0.12
Caudal (m3/s)	0.12	0.069	0.087	2.82

Los STD fueron mayores en el T1, con un promedio de 172 mg/L (Figura 2), disminuyendo a medida se descendía en altura por los transectos. El oxígeno disuelto en el agua durante los muestreos fue de 6.77 mg/L en promedio, este fue en aumento desde el T1 hasta el T3, disminuyendo nuevamente en Jaca (Figura 3). Este efecto se ve reflejado de igual manera en el porcentaje de saturación de oxígeno. La entrada de luz en promedio fue menor al 40% desde el T1 al T3, aumentando hasta 94.5% en Jaca.

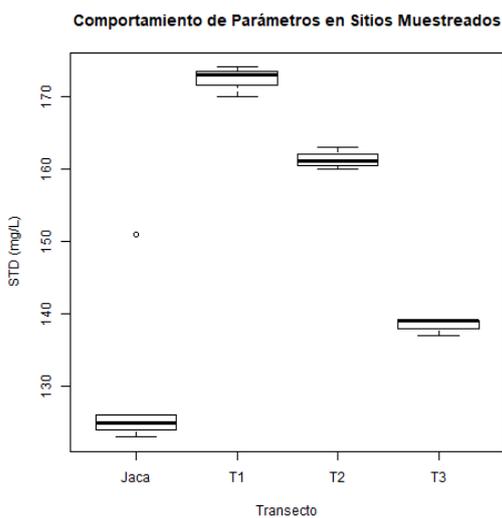


Figura 2. Comportamiento de los sólidos totales disueltos a lo largo de los transectos muestreados.

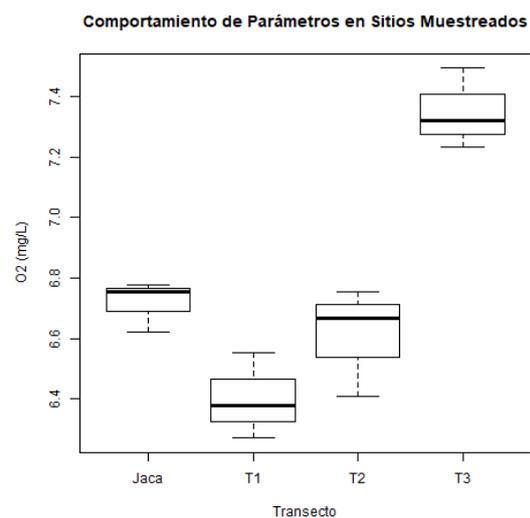


Figura 3. Comportamiento del oxígeno disuelto a lo largo de los transectos muestreados.

El análisis del coeficiente de Spearman indicó correlaciones principalmente entre los parámetros de temperatura ambiente y temperatura del agua ( $P=$

0.93), temperatura del agua y oxígeno disuelto ( $P= -0.81$ ), humedad ambiental y oxígeno disuelto en el agua ( $P= 0.77$ ), oxígeno disuelto y pH ( $P= 0.75$ ), temperatura del agua y STD ( $P= 0.67$ ) (Figura 4, anexo).

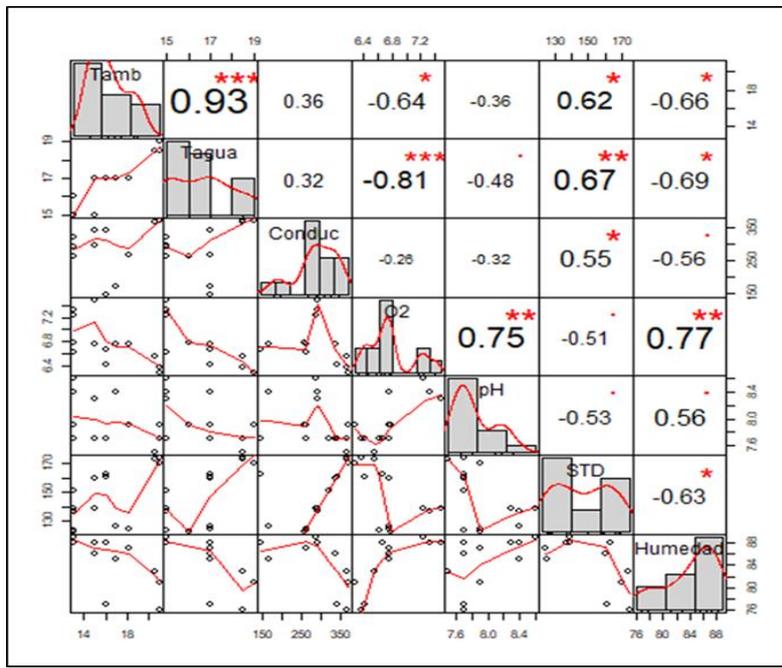


Figura 4. Correlaciones entre parámetros medidos de acuerdo al coeficiente de Spearman.

### Riqueza, abundancia de macroinvertebrados acuáticos

El análisis realizado a nivel de familia indica que tomando intervalos de confianza del 40%, el error estándar de la muestra para esta investigación fue de 2.56, mientras que la precisión de los muestreos fue de 0.091 (9%). A lo largo de los muestreos se registraron 949 organismos distribuidos en 53 familias de macroinvertebrados acuáticos (anexo).

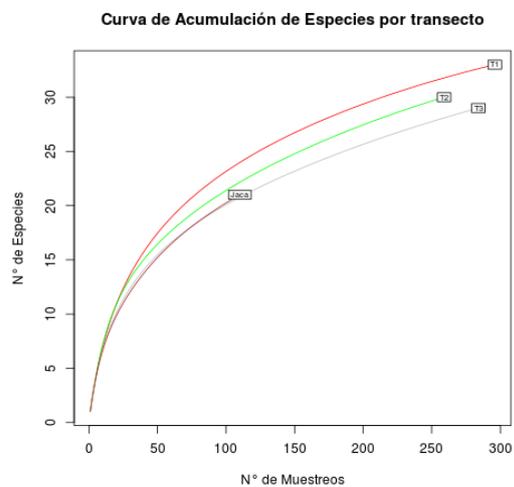


Figura 5. Curva de acumulación de especies para los transectos muestreados.

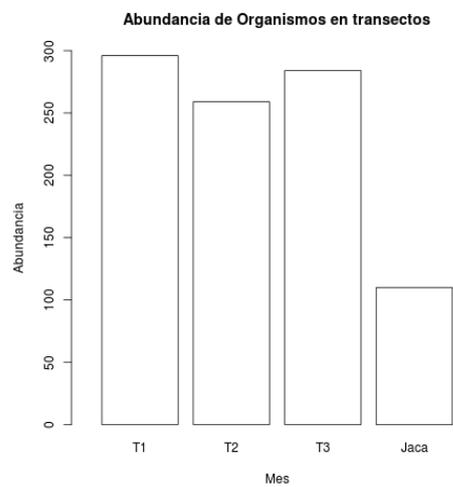


Figura 6. Abundancia de organismos para los transectos muestreados.

El transecto con mayor riqueza fue el T1 con 33 familias, seguidos por el T2 con 30, y el T3 con 29 y por último el Jaca con 21 familias (Figura 5). La abundancia de macroinvertebrados, fue mayor en el T1 con 296 individuos, seguido por el T3 con 284 y el T2 con 259, el valor más bajo se obtuvo en el Jaca con 110 individuos (Figura 6, tabla 4).

Tabla 4. Parámetros biológicos indicadores de la calidad del agua a lo largo de los transectos muestreados.

Transecto	Riqueza	Abundancia	Calidad del agua	
			Puntaje	Categoría
T1	33	296	168	Excelente
T2	30	259	142	Excelente
T3	29	284	139	Excelente
Jaca	21	110	102	Muy buena

La familia más abundante fue Hydropsychidae, con un total de 194 individuos y 48 individuos en promedio, la segunda familia más abundante fue Chironomidae con 79 organismos en total y 19.5 en promedio, por último la familia Ptilodactilidae con 74 individuos en total y 18.5 en promedio (Figura 7).

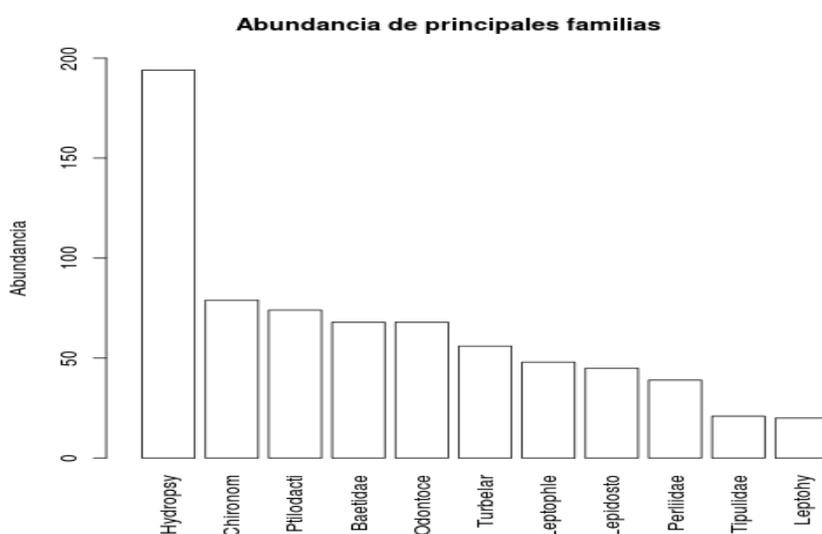


Figura 7. Familias más abundantes en el estudio.

### Calidad del agua

En cuanto a la calidad del agua, difirió entre los distintos transectos muestreados, de acuerdo al BMWP-CR, los transectos T1, T2 y T3 mostraron una excelente calidad del agua libre de contaminación, mientras que en el Jaca la calidad disminuyó a muy buena, por lo que no están alteradas de manera

sensible (Tabla 4). La calidad del agua, a su vez muestra una relación con la riqueza, abundancia de insectos acuáticos y los STD, disminuyendo a medida se desciende por los transectos (Figura 8).

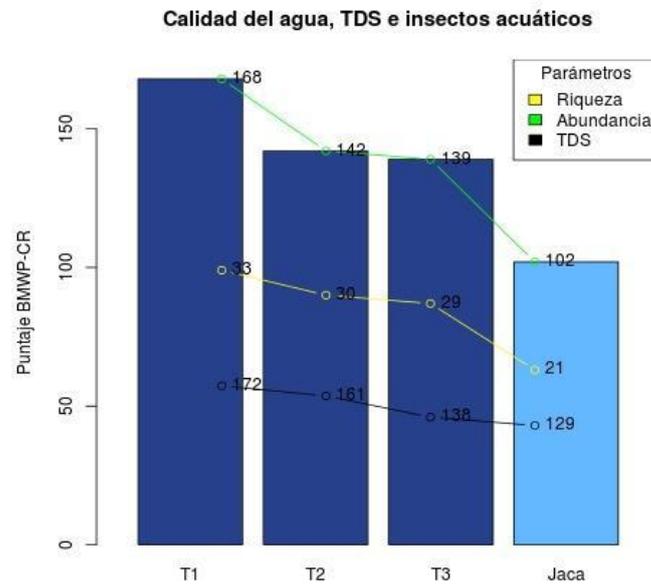


Figura 8. Relación entre riqueza de macroinvertebrados, calidad del agua y sólidos disueltos totales (TDS) en la Qda. Maira (T1, T2, y T3) y el río Jacaqua (Jaca).

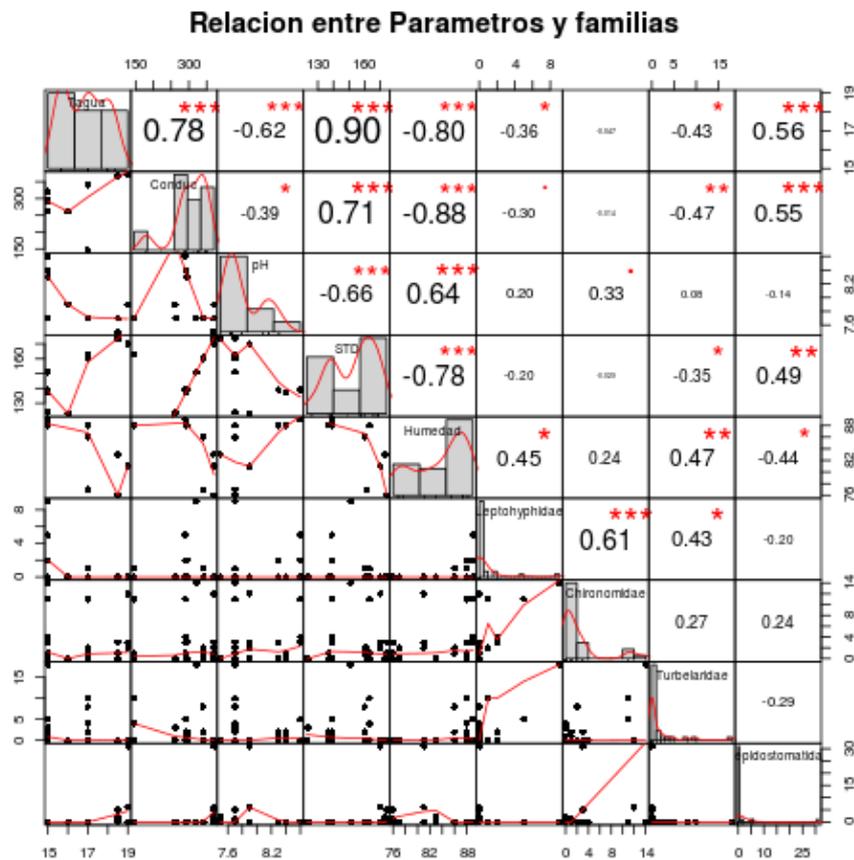


Figura 9. Relación entre parámetros y principales familias de macroinvertebrados de acuerdo al coeficiente de Spearman.

De las familias más abundantes, las que mostraron una relación con los parámetros medidos están Leptohyphidae con la humedad ( $P=0.45$ ), temperatura del agua ( $P= -0.36$ ) y conductividad ( $P= -0.30$ ); Chironomidae con el pH ( $P=0.33$ ); Lepidostomatidae con temperatura del agua ( $P= 0.56$ ), conductividad ( $P= 0.55$ ) y con el oxígeno disuelto ( $P= -0.53$ ); Turbellaridae con la conductividad ( $P= -0.47$ ), humedad ( $P= 0.47$ ), temperatura del agua ( $P= -0.43$ ) y STD ( $P= -0.35$ ).

## Discusión

La caficultura en Honduras ha sido considerada como una de las mayores fuentes de generación de divisas y de empleo rural, por lo que ha sido beneficiada con políticas de apoyo gubernamental lo cual alimenta la expansión del cultivo a nivel nacional (Vega, 2001). Sin embargo, a lo largo de la historia ha quedado evidenciado que los usos del suelo, en este caso el cultivo del café, ejercen una influencia sobre la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos. La implementación de tecnologías como el sistema DAI (Doseo Abierto Integrado), contribuyen al aumento de la resiliencia de los ecosistemas naturales.

Los resultados de los parámetros físico-químicos en el presente estudio son similares a los obtenidos por García y Jiménez (2003), en la subcuenca del río Tascalapa (Yoro, Honduras) donde predomina el uso de la tierra para cultivo de café. En la quebrada Maira, el T1 presentó fragmentos de bosque ribereño (franja de 20 m en promedio), mientras que en el T2 el ancho de la franja disminuyó a seis metros, viéndose esto reflejado en la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. En cambio, a medida se descendía al T3 donde el bosque ribereño fue más abundante, aumentaron el oxígeno disuelto, la humedad relativa y la profundidad (Tabla 3) indicadores de una mejor salud ecosistémica. Por otro lado, el Río Jacagua (el cual posee un cultivo de café sol en su margen izquierdo), no presentó estas características, mostrando un descenso en los niveles de oxígeno disuelto, profundidad del agua y humedad ambiental en comparación al T3 en Qda. Maira donde la vegetación riparia contribuye a la estabilización de las orillas, reduciendo los riesgos de erosión y aumenta la capacidad de autopurificación (Granados et al, 2006).

El descenso en humedad relativa en el ambiente alrededor del río Jacagua, puede asociarse a la pérdida de bosque ribereño observado durante el estudio, como se ha demostrado en otras investigaciones (Studinski y compañía 2012). Cabe mencionar que la cobertura de suelo en dicha microcuenca, está representada en un 85% por cultivos de café. El descenso de la conductividad y los STD desde la naciente de la Qda. Maira hasta su confluencia con el río Jacagua podrían deberse al aporte constante de ácidos húmicos y otros elementos disueltos procedente de la descomposición de la hojarasca procedente de la vegetación de la ribera en la cuenca alta (García y Jiménez, 2003).

## Riqueza, abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua

En la presente investigación se registró una riqueza de 53 familias de macroinvertebrados acuáticos, en estudios similares, Fernández y Springer (2008), registraron 30 familias de insectos acuáticos en dos ríos de la Península de Alajuela, Costa Rica, en Honduras. Arcos y compañía (2005) registraron 42 familias en el río Sensesmiles, Copán, en Yoro García y Jiménez (2003), registraron 62 familias con un esfuerzo de muestreo mucho mayor. La relativamente mayor riqueza registrada en la presente investigación se debe al carácter cuantitativo de los muestreos (diez cuadrículas de 30cm<sup>2</sup> por transecto), como sugieren Gutiérrez y Lorion (2014), los métodos cuantitativos son más eficientes para coleccionar los taxones presentes en un sitio determinado.

La mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos registrados en Qda. Maira (31 taxones en promedio) comparada con el río Jacagua (21 taxones), es una consecuencia de la conservación del bosque de ribera en la Finca Santa Fe, la cual contribuye a la conectividad de la red fluvial, favoreciendo la dispersión y estabilidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (García y Jiménez 2003; Altermatt, 2008), en estudios similares de quebradas cercanas a cultivos se ha encontrado que la riqueza de estos organismos se ve reducida producto de la sedimentación excesiva (Fernández y Springer, 2008; Arcos et al., 2005).

En la Qda. Maira predominaron las familias Baetidae, Leptophlebiidae, Perlidae, Calamoceratidae, Hydropsychidae, Odontoceridae, Ptilodactylidae y Tipulidae pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, característicos de aguas de buena calidad (Ladrera 2012; Barba et al., 2013; Flowers y De la Rosa 2010). Las familias Lepidostomatidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae se presentaron únicamente en el T1, estas familias de trichópteros dependen principalmente del detrito procedente de la vegetación de ribera para su alimentación y refugio (Vasquez et al., 2014) por lo cual están asociadas son dependientes de la conservación del bosque de ribera y aguas bien oxigenadas. Las familias Stratiomyidae, Empididae y Ceratopogonidae son especies de dípteros oportunistas (Ladrera 2012), las cuales están asociadas a la acumulación de sedimento como consecuencia de la deforestación observada cerca de T2. Las familias Leptohiphidae y Libellulidae capaces de tolerar niveles relativamente altos de contaminación asociadas a la acumulación de sedimentos (Flowers y De la Rosa 2010; Ramírez 2010), se presentaron principalmente en el río Jacagua, el cual no solo soporta la carga de sedimentos procedente de las tierras cultivadas con café, sino también la contaminación procedente de las aguas grises de la ciudad de Tegucigalpa.

## Calidad del agua

La quebrada Maira presentó agua de excelente calidad a lo largo de su cauce de acuerdo con el BMWP-CR. Sin embargo, un análisis más detallado de la distribución de los macroinvertebrados acuáticos registrados en el presente estudio demuestra lo susceptible que es la integridad ecológica de la quebrada ante los cambios en el uso del suelo. Esto se ve reflejado en la excelente calidad del agua mostrada cerca de la naciente (T1). Sin embargo, la deforestación de unos metros de vegetación riparia para el cultivo de café, sumado a pendientes más pronunciadas en el T2 resultó en la disminución de la riqueza de macroinvertebrados presentes, producto del asolvamiento de los mismos (Granados et al, 2006) y por ende en el descenso en el puntaje de la calidad del agua. Por otro lado, la calidad del agua en el río Jacagua disminuye a muy buena, producto de la deforestación de su ribera para el cultivo de café sol.

En la microcuenca estudiada, la dinámica fluvial, está determinada en gran medida por la- geomorfología del cauce y la vegetación riparia predominante. Ambos elementos estrechamente interrelacionados, contribuyen al flujo de energía dentro de los ecosistemas y hacen posible la infiltración de agua en el suelo, la cual constituye uno de los mayores reservorios de agua. El manejo integral de los bosques junto a las plantaciones de café, es esencial considerando la forma alargada de la microcuenca puesto que como lo menciona Romero y López (1987), dicha forma posee un alto potencial erosivo. Por lo cual, la adopción de métodos de conservación como lo son las fincas DAI, ayudan a conservar no solo la salud ecosistémica del bosque, sino también de los cuerpos de agua a los cuales están vinculados Studinski y compañía (2012).

## **Bibliografía**

- Alba, T. J. (1996). Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos. Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada.
- Altermatt, F., Seymour, M. y Martinez, N. (2008). River network properties shape a-diversity and community similarity patterns of aquatic insect communities across major drainage basins. *Elsevier: Forest Ecology and Management* 256: 1124–1132. Florida, Estados Unidos.
- Arcos, I., Jiménez, F., Harvey, C., Campos, J., Casanoves, F. y León, J. (2005). Efectos del ancho del bosque ribereño en la calidad del agua de la microcuenca río Sesesmiles, Copán, Honduras. *Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambiente*, 48:29-34.

- Barba, A.R., De Lanza, E.G., Contreras, R. A., Gonzales, M, I. (2013). Aquatic insects indicators of water quality in Mexico: study cases, Copalita, Zimatán and Coyula rivers , Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 381-383.
- Calvo, B. G. 2015. Ríos: Fundamentos sobre su calidad y la relación con el entorno socioambiental. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Fernández. L., Springer, M. 2008. El efecto del beneficiado del café sobre los macroinvertebrados acuáticos en tres ríos del Valle Central (Alajuela) de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 56(4): 237-256.
- Flowers R.W., y De la Rosa. C. (2010). Ephemeroptera. Capitulo 4. *Revista de Biología Tropical*, 58(4): 63-93.
- García, L.A., y Jiménez, F. (2003). Efectos del bosque ribereño y de las actividades antrópicas en las características físico-químicas y en poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del río Tascalapa, Honduras. *Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambiente*, 48:35-46.
- Granados, G. D., García, M. Á. y Ríos, G. F. (2006). Ecología de las Zonas Ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(1): 55-69.
- Gutiérrez-Fonseca. P. y Lorion. C M. (2014). Application of the BMWP-Costa Rica biotic index in aquatic biomonitoring: sensitivity to collection method and sampling intensity. *Revista de biología tropical*, 62 (2): 275-289.
- Ladrera, F. R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental*. 39, 24-29.
- Ley General de Aguas. Decreto N.º 181-2009. *SERNA*. (2009).
- Merritt, W., Cummins, K. W., y Berg, M. V. (2009). An introduction to the aquatic insects of North America. 4th ed. Dubuque. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Mesoamerican Development Institute (MDI). (2017). La Iniciativa del Corredor Biológico Yoro: Tecnología Utilizando Energía Renovable para el Procesamiento y Exportación de Café y Otros Productos con Producción Amigable con el Bosque Nublado en Yoro, Honduras: El “Modelo Yoro”. MDI, Honduras. 105 pp.
- MINAE (2007). Reglamento para la clasificación y la evaluación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. No 33903 MINAE-S. Gaceta #178, 17 de septiembre de 2007. San José.

- R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ramírez. A. (2010). Odonata. Capítulo 5. *Revista de Biología Tropical*. 58(4): 97-136.
- Roldan, P. J. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP en Colombia. Universidad de Antioquía, Colombia. *Colección ciencia y tecnología*.
- Romero, D. A y Lopéz, F. B. (1987). Morfometría de redes fluviales: Revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al Guadalquivir. *Papeles de geografía (Física)*, (12): 47-62.
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). (2009). Ley general de aguas. *Gaceta*, 32, 088, 52 pp.
- Serna, D.J., Tamaris, C.E., y Gutierrez, L.C. (2015). Distribución espacial y temporal de las larvas de Trichoptera (Insecta) en el río Manzanares, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 63(2): 465-477.
- Studinski, J.M., Hartman, J.K., Niles, J.M., y Keyser, P. (2012). The effects of riparian forest disturbance on stream temperature, sedimentation, and morphology. *Hydrobiologia*, (686): 107-117.
- Vega, F. C. (2001). Deforestación y contaminación ambiental por las actividades caficultoras en Honduras. *Cuaderno sobre el estado sanitario y ambiental de Honduras*. Centro de estudio y control de contaminantes: 32-34.
- Welch, P. S. (1948). *Limnological Methods*. London. M. Graw-Hill. Book Company.
- Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. (2018). Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

**Anexo**

Anexo. Macroinvertebrados acuáticos registrados durante el estudio en la Quebrada Maira y Río Jacagua en Yoro (Honduras).

Orden	Familia	T1	T2	T3	JACA
Ephemeroptera	Baetidae	29	25	11	3
	Leptohyphidae	0	2	9	9
	Leptophlebiidae	4	14	30	0
Odonata	Calopterygidae	10	6	1	3
	Coenagrionidae	2	7	2	4
	Lestidae	0	0	1	0
	Libellulidae	0	0	0	14
	Gomphidae	2	0	0	0
Hemiptera	Belostomatidae	6	0	4	0
	Veliidae	1	0	3	0
	Hebridae	1	1	1	0
	Ochteridae	0	1	0	0
Plecoptera	Perlidae	15	18	6	0
Blatodea	Blaberidae	3	0	2	1
Orthoptera	Tetrigidae	1	0	0	0
	Trydactilidae	0	0	0	1
Lepidoptera	Crambidae	0	0	0	1
Megaloptera	Corydalidae	0	2	1	1
Trichoptera	Calamoceratidae	5	7	1	0
	Glossosomatidae	0	0	0	1
	Hydrobiosidae	1	0	0	5
	Hydrophilidae	5	2	0	1
	Hydropsychidae	62	45	68	19
	Hydroptilidae	0	0	0	2
	Lepidostomatidae	45	0	0	0
	Leptoceridae	1	0	0	0
	Odontoceridae	19	27	22	0
	Philopotamidae	10	5	2	0
	Xiphocentronidae	1	0	0	0
Coleoptera	Coccinellidae	0	0	0	1
	Curculionidae	0	1	0	0
	Dryopidae	0	1	0	0
	Dytiscidae	7	1	0	0
	Elmidae	1	2	10	2
	Heteroceridae	0	0	1	0
	Hydraenidae	2	0	17	0
	Lampyridae	0	1	0	0
	Ptilidae	0	1	2	0
	Ptilodactilidae	8	25	39	2
	Scirtidae	0	2	1	1
	Staphylinidae	15	0	1	0
	Diptera	Ceratopogonidae	0	4	0
Chironomidae		21	20	24	14
Dixidae		2	0	0	0
Dolichopodidae		2	0	1	0
Empididae		0	1	0	0
Limoniidae		1	0	0	0
Simuliidae		1	1	8	4
Stratiomyidae		0	1	0	0
Tipulidae		8	9	4	0
Crustacea	Styloniscidae	3	0	0	0
Decapoda	Pseudothelphusidae	2	3	1	0
Tricladida	Turbelariidae	0	24	11	21
<b>Total</b>		296	259	284	110

