

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACIÓN.



TÍTULO.

Tiempo de muestreo para determinar calidad ambiental del agua del río Copinula utilizando el índice biológico de familias de macroinvertebrados modificado para El Salvador.

DATOS DE LOS RESPONSABLES.

Datos de los estudiantes

Nombre	Teléfonos	E mail
Eddie Arturo Vaquerano Madrid	22322211 70905105	eddie_vm23@hotmail.com
José Ricardo Farfán Aguilar	21247466 76363642	Ricardo_Farn16@hotmail.com
José Carlos Escobar Carranza	24402192 73752581	Jc154@live.com

Datos de los docentes directores.

Nombre y formación académica	Lugar de trabajo	Teléfono y E mail	Firma
Ing. Agr. Msc. José Miguel Sermeño Chicas.	Departamento de dirección de investigación UES	7871-5103 jmsermeno@yahoo.com	
Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes	Departamento de protección vegetal UES	72763906 lcervan@hotmail.com	

Visto bueno del Coordinador de procesos de graduación y jefe de departamento

Firma: _____

Coordinador: Ing. Agr. Gustavo Henríquez Martínez

Firma: _____

Jefe: Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes

sello:

Fecha. San Salvador Abril de 2012

Titulo: Tiempo de muestreo para determinar calidad ambiental del agua del río Copinula utilizando el índice biológico de familias de macroinvertebrados modificado para El Salvador.
Vaquerano-Madrid, E.A¹; Farfán-Aguilar, J.R¹; Escobar-Carranza, J.C¹; Sermeño-Chicas, J.M²; Serrano-Cervantes, L².

Resumen

El presente estudio se realizó en la subcuenca del río Copinula ubicada en el municipio de Jujutla del departamento de Ahuachapán; la fase de campo se llevó a cabo durante la época seca del mes de abril del año 2011. Se evaluó el tiempo de muestreo del Índice Biótico a nivel de Familia en El Salvador (IBF-SV-2010) utilizando una red "D" con una malla coladora de 46 cm de longitud con poro de 500µm flexible. Este se determino tomando como testigo el tiempo de 15 minutos con 3 submuestras de 5 minutos evaluados en relación a 21 minutos teniendo 3 submuestras de 7 minutos cada una y 9 minutos con 3 submuestras de 3 minutos cada una. La comparación se realizó a través de la prueba de T Student para determinar la significancia del tiempo en la composición de las tres poblaciones de macroinvertebrados recolectados, específicamente sobre los datos obtenidos con respecto al número de familias, número de individuos y la respuesta del índice en cuanto a la calificación en la calidad del agua.

Para la zona alta del río Copinula se registraron 20 familias con una población de 898 individuos y una calificación de agua de 4.42 (buena) según IBF-SV-2010, utilizando el tiempo de recolecta de 9 minutos. Utilizando el tiempo de 15 minutos se recolectaron 1,119 individuos y 18 familias, se obtuvo una calificación de agua de 4.4 (Buena). Con 21 minutos de recolecta se obtuvo una población de 1,146 individuos y 18 familias, se obtuvo una calificación de agua de 4.32 (buena).

Para la zona intermedia, utilizando un tiempo de recolecta de 9 minutos se obtuvieron 1,359 individuos y 25 familias la calificación de agua fue de 5.06 (regular), haciendo uso de 15 minutos de muestreo se recolectaron 2,454 individuos y 27 familias, la calificación de agua según IBF-SV-2010 fue de 4.98 (buena) y 2.070 individuos y 25 familias utilizando 21 minutos de muestreo mostraron un IBF-SV-2010 de 5.17 (regular).

La zona baja en estudio presento una abundancia de 1972 individuos y 25 familias utilizando 9 minutos de muestreo el IBF-SV-2010 obtenido fue de 5.17 (regular), haciendo uso de 15 minutos de muestreo se recolectaron 2,730 individuos y 27 familias, el IBF-SV-2010 presento valores de 5.28 (regular). Con la aplicación de 21 minutos de muestreo se recolectaron 2,208 individuos y 25 familias, el IBF presento el valor de 4.97 (Buena).

Los resultados del Índice Biótico a nivel de Familia en El Salvador (IBF-SV-2010) para el río Copinula son confiables realizando el esfuerzo de muestreo de nueve minutos, con tres submuestras de tres minutos cada una.

Se desarrollo un cartel ilustrado para reconocimiento de macroinvertebrados acuáticos del río Copinula.

Palabras clave:

Índice de biodiversidad, macroinvertebrados acuáticos, tiempo de muestreo, río Copinula.

1. Estudiantes tesistas de la facultad de Ciencias Agronómicas, UES.
2. Docentes Asesores del Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES.

Title: Time sampling for environmental quality Copinula river water using biological index of families of macroinvertebrates modified for El Salvador.

Vaquerano-Madrid, E.A¹; Farfán-Aguilar, J.R¹; Escobar-Carranza, J.C¹; Sermeño-Chicas, J.M²; Serrano-Cervantes, L.²

Abstract

This study was conducted on Copinula river basin, located in the municipality of Jujutla, department of Ahuachapán, the field phase was realized during the dry season in April 2011, and evaluated the sampling time for aquatic macroinvertebrates by using methodology of the Biotic Index of Families modified for El Salvador (IBF-SV-2010) applying a "D" net with a mesh of 500µm. The best sampling for aquatic macroinvertebrates was determined by collecting with the witness time sampling reference of 15 minutes with 3 sub-samples of 5 minutes each compared with 21 minutes sampling time having 3 subsamples of 7 minutes each and 9 minutes sampling time with 3 sub-samples of 3 minutes each. The comparison was performed using the "T" test Student to determine the significance of time in the composition of the three collected macroinvertebrates communities, specifically on the data; the number of families, number of individuals and the response of the index in the classification of the water quality.

For the high river basin the results with 9 minutes sampling time were 20 families, a total of 898 individuals and good water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 4.42. With 15 minutes sampling time were: 18 families, a total of 1,119 individuals and good water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 4.40. With 21 minutes sampling time were: 18 different families, 1,146 individuals and good water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 4.32.

For the intermediate river basin the results with 9 minutes sampling time were 25 families, a total of 1,359 individuals and regular water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 5.06. With 15 minutes sampling time were: 27 families, a total of 2,454 individuals and good water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 4.98. With 21 minutes sampling time were: 25 families, a total of 2,070 individuals and regular water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 5.17.

For the low river basin the results with 9 minutes sampling time were 25 families, a total of 1,972 individuals and regular water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 5.17. With 15 minutes sampling time were: 27 families, a total of 2,730 individuals and regular water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 5.28. With 21 minutes sampling time were: 25 different families, a total of 2,208 individuals and regular water quality. The result obtained in the calculation of IBF-SV-2010 was 4.97.

The results for the sampling time of the Biotic Index at Family in El Salvador (IBF-SV-2010) are reliable by using nine minutes sampling time, with three sub-samples of three minutes each. It was designed a illustrated poster for recognition of aquatic macroinvertebrates of Copinula River.

Keywords:

Biodiversity Index, aquatic macroinvertebrates, sampling time, river Copinula.

1. Student thesis of the Faculty of Agricultural Sciences, UES.

2. Teachers Advisors, Plant Protection Department, Faculty of Agricultural Sciences, University of El Salvador.

1. INTRODUCCIÓN

Existen métodos para conocer sobre el estado de nuestros afluentes naturales, uno de estos es el análisis de la calidad de agua. Actualmente estos análisis se realizan a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que miden la presencia de nitratos, oxígeno, sólidos disueltos, coliformes fecales y otros. Estos métodos evalúan de manera muy precisa el estado de un afluente pero no toman en cuenta el aspecto macro ecológico, muy importante a establecer, ya que la determinación del mismo eleva y revoluciona las capacidades de gestión del recurso hídrico y el desarrollo nacional. Esto se refiere precisamente a un método que no es de carácter sustitutivo, sino, complementario (SNET s.f.).

La Universidad de El Salvador a través de la Facultad de Ciencias Agronómicas ha liderado un proyecto innovador en relación a la investigación científica con el objetivo de proponer una metodología de bajo costo económico para el monitoreo de la calidad ambiental de las aguas de los ríos a partir de macroinvertebrados acuáticos.

Para determinar calidad de agua por medio de macroinvertebrados se utiliza la metodología estandarizada de muestreo multi hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la red "D" haciendo uso del Índice Biótico a nivel de Familia para El Salvador (IBF-SV-2010). Este índice reconoce taxonómicamente a los organismos acuáticos a nivel de familia, se contabilizan los individuos de las diferentes familias recolectadas en cada punto de muestreo, ponderando la abundancia de cada una de ellas al multiplicarlas por puntajes que indican el grado de sensibilidad a la contaminación (desde cero a diez, según se asocien a condiciones desde menor hasta mayor grado de contaminación orgánica) (Cuadro 1). De esta manera se obtiene al final un promedio de la sumatoria, cuyos valores se comparan con un cuadro de rangos (Cuadro 2). (Sermeño Chicas *et al.* 2010b).








Con respecto a esta metodología todavía existen muchas interrogantes y falta investigar a fondo para determinar maneras más óptimas de su aplicación para el país. Las identificaciones taxonómicas de los macroinvertebrados encontrados se realizaron utilizando las claves de las guías ilustradas para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos en El Salvador (Sermeño Chicas *et al.* 2010), y el libro *An Introduction to the aquatic insects of North America* (Merritt 1978).

Cuadro 1. Ejemplo de cálculo del IBF-SV-2010, con datos hipotéticos.

Grupos taxonómicos	Abundancia	Puntaje	Abd * Ptj	(Abd * Ptj)/Total
Diptera: Chironomidae	136	8	1088	4.217054264
Trichoptera: Hydroptilidae	3	4	12	0.046511628
Odonata: Coenagrionidae	2	9	18	0.069767442
Ephemeroptera: Leptohyphidae	60	6	360	1.395348837
Ephemeroptera: Leptophlebiidae	38	5	190	0.736434109
Gastropoda: Planorbidae	14	7	98	0.379844961
Decapoda	5	6	30	0.11627907
Abundancia total	258	IBF-SV-2010		6.96

Fuente: Sermeño Chicas *et al.* 2010b.

Cuadro 2. Categorías de calidad del agua, según resultado obtenido a través del cálculo del IBF-SV-2010.

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
0.00 – 3.75	 1	Excelente	Contaminación orgánica improbable
3.76 – 4.25	 2	Muy buena	Contaminación orgánica leve posible
4.26 – 5.00	 3	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5.01 – 5.75	 4	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
5.76 – 6.50	 5	Regular pobre	Contaminación sustancial probable
6.51 – 7.25	 6	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
7.26 – 10.00	 7	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable

Fuente: Hilsenhoff 1988 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010b.

Como una respuesta a las necesidades de investigación, se realizó el presente estudio donde se evaluó el tiempo de muestro para la metodología aplicada en el Índice Biótico a nivel de Familia en El Salvador por medio de conocer la confiabilidad del método comparando tiempos de 9, 15 y 21 minutos. Así, se pretende determinar los resultados en variabilidad con respecto al número de familias, el número de individuos y la calidad del agua para los tiempos respectivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio está localizada al sur del departamento de Ahuachapán dentro del área que corresponde a los municipios de Jujutla, Guaymango y Ataco. Posee una gran diversidad biológica en cuanto a vegetación nativa, fauna y una gran variedad de recursos hídricos con potencial turístico y recreativo; uno de los atractivos de esta zona son las cascadas de “Don Juan” o río San Juan como lo llaman los lugareños. La investigación se realizó en la subcuenca del Río Copinula según cartografía nacional. Este río fue seleccionado, por la ubicación estratégica de su cauce que abastece de agua a comunidades de Jujutla y Guaymango, además esta área de la cuenca posee potencial agroecoturístico y en futuro podría ser considerada área natural protegida.

La investigación se realizó en el período comprendido del mes de enero a octubre del año 2011, dentro de este tiempo se llevó a cabo la fase de campo en los meses de la época seca (febrero-Abril) y la fase de laboratorio y documentación de Junio-Octubre.

2.1 Geografía

Al norte y oeste la región se encuentra limitado por la cordillera Apaneca-Lamatepec y al sur por el Océano Pacífico (Fig.1). Villa Jujutla está rodeada por los ríos: Cauta, Copinula, Los Apantes y Rosario (MOP, 1985).

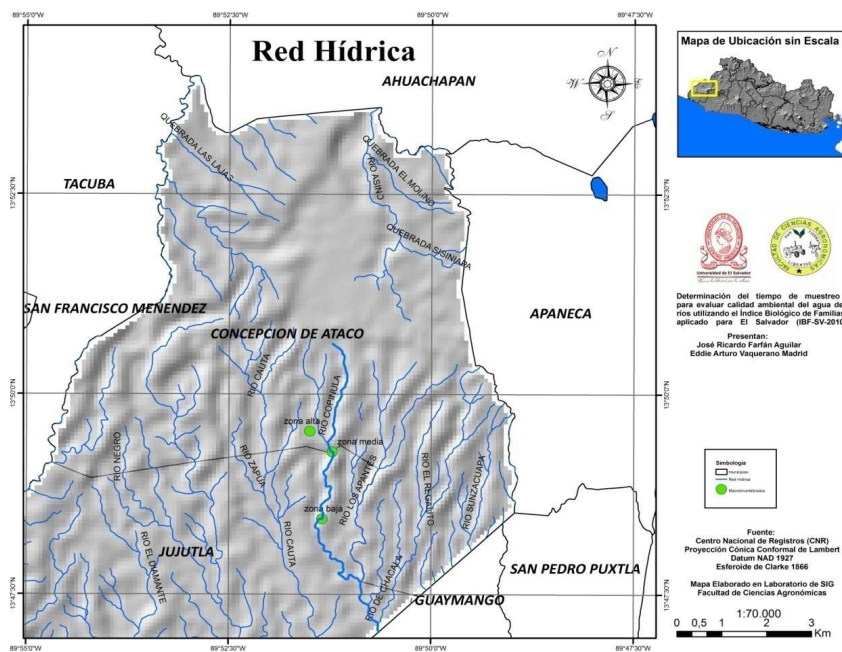


Figura 1. Mapa de red Hídrica del área de estudio.

2.2 Determinación de los sitios de muestreo.

Localización geográfica de los puntos de muestreo; primer sitio, parte alta de la cuenca X=89°51'30.0486, Y=13°49'29.1756; segundo sitio de muestreo, parte media de la cuenca X=89°51'13.4922, Y=13°49'13.7604; el tercer sitio de muestreo está ubicado en la parte baja de la cuenca X=89°51'20.9988, Y=13°48'23.4678.

Se obtuvieron tres tipos de muestra: la primera los insectos recolectados con la red “D” en cada sitio de muestreo utilizando el tiempo de recolecta de 9 minutos con 3 submuestras de 3 minutos cada una; la segunda utilizando el tiempo de recolecta de 15 minutos, con 3 submuestras de 5 minutos cada una y la última utilizando el tiempo de recolecta de 21 minutos, con 3 submuestras de 7 minutos cada una, para comparar el comportamiento en cuanto a la abundancia y variación de macroinvertebrados a través de la eficiencia del método para la determinación de la calidad del agua. Se tomaron tres muestras por sitio, haciendo un total de 81 submuestras en toda la investigación.

2.3 FASE DE CAMPO

2.3.1 Muestreo con Red “D”

Uno los instrumentos de gran utilidad para la recolecta de artrópodos es la Red “D”, la cual ha sido un instrumento común en investigaciones de macroinvertebrados acuáticos realizadas en diferentes lugares a nivel mundial; La red tipo “D” posee un aro metálico de en forma de letra “D”, con un agarradero de 86cm, una malla coladora de 46 cm de longitud con un poro de 500 µm flexible (Fig. 2).

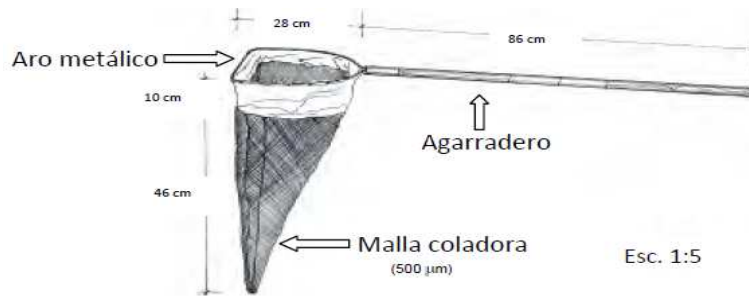


Figura 2. Red “D” para recolectar macroinvertebrados acuáticos (Sermeño Chicas *et al* 2010b).

2.3.2 Previsiones para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos.

Se hizo una planificación lógica del recorrido, procurando en lo posible la optimización de los recursos financieros, logísticos y del personal que estará involucrado en el trabajo de campo. Se tomo en cuenta las posibilidades de acceso, transporte adecuado, estado del tiempo, etc. Se estructuro un formulario o protocolo para el registro de las condiciones particulares de cada sitio, garantizando de esta manera obtener el mismo tipo de información ambiental o geográfica de los sitios sometidos a investigación. Se previo la disponibilidad de materiales y equipo necesario auxiliar durante el muestreo, tales como: pinzas flexibles, pinceles, trajes de vadeo, lentes, guantes, frascos plásticos de aproximadamente 50 - 100 cc de capacidad, recipiente para transportar muestras, red D, etanol 90%, etc (Fig. 3).



Figura 3. a) colocación del traje de vadeo, b) recolecta de macroinvertebrados acuáticos, c) Bolsa Ziploc lista para almacenar material biológico, d) colocación de material biológico, e) aplicación de alcohol al 70%, f) transporte de muestras en jabas

2.3.3 Equipo e Insumos para toma de Información ambiental en los diferentes sitios de muestreo.

Se tomo la información necesaria para analizar las diferentes condiciones de microhabitat como: Fecha, Temperatura ambiental, Caudal, Velocidad del río, Profundidad, Tipo de sustrato, Tipo de bosque, Vegetación. También se elaboro una viñeta para las muestras recolectadas con: Fecha, Tratamiento (tiempo de 9,15 y 21 minutos de muestreo), Repetición (1.3.1, 1.3.2, 1.3.3), Altitud (msnm), Nombre del recolecto. Como apoyo a

estos propósitos se utilizó equipo especializado tales como sonda multiparametros, y micromolinetes hidráulicos (Fig. 4).



Figura 4. a) medidor de PH, b) sonda multiparametros, c) medición de tramo del río, d) hoja de campo para lectura de micromolinetes.

2.4 Fase de laboratorio

Para la limpieza de cada una de las muestras biológicas se utilizaron: bandejas, agua, pinzas, coladores, recipientes plásticos, alcohol al 70%, papel vegetal y marcador. Además se utilizaron microscopios estereoscópicos para la extracción e identificación taxonómica de organismos muy pequeños. La limpieza de las muestras inicio con un lavado por inundación en el que se extrajo todo el material orgánico y rocas, esto facilita la observación de los macroinvertebrados al quedar limpios en el agua, luego de estos los organismos fueron depositados en frascos con alcohol etílico al 70% para su conservación (Fig. 5).



Figura 5. a) área de trabajo de laboratorio, b) limpieza de material por medio de inundación, c) depuración de material orgánico como hojas, trozos de troncos y raíces, d) limpieza a profundidad, e) selección de sustrato con macroinvertebrados; auxiliándose de coladores de uso doméstico.

2.4.1 Limpieza de las muestras e identificación taxonómica de los macroinvertebrados

Para esta fase se utilizaron utensilios plásticos, pinzas, pizetas, alcohol al 70%, marcador, papel vegetal para la elaboración de viñetas. También material teórico para la identificación de organismos a nivel de orden y familia. Posteriormente al lavado por inundación, la muestra de sustrato con macroinvertebrados libre de partículas grandes se colocó en recipientes para la extracción de los organismos usando esteroscopios, estos fueron contabilizados e identificadas a nivel de orden y familia, se les asignó una clave correlativa por muestra y se identificó debidamente usando viñetas de papel vegetal dentro de frascos con alcohol al 70% para la conservación de estos (Fig. 6).



Figura 6 a) Colocación del sustrato con organismos en recipientes plásticos, b) limpieza de muestras usando microscopios estereoscopios, c) macroinvertebrados recolectados en cada muestra, d) identificación taxonómica de las familias de macroinvertebrados.

2.4.2 Procesamiento de datos finales de cada submuestra.

Se aplicó análisis de varianza y prueba de T para el número de familias y abundancia por familias obtenido en los diferentes tiempos de muestreo por medio de un modelo comparativo, considerando como testigo el periodo de recolecta de quince minutos que se utilizan en el Índice Biótico de Familias aplicado para El Salvador (IBF-SV-2010); considerando que los resultados que mostrasen la varianza con menor grado de dispersión sugeriría el mejor tiempo de trabajo, comparado con el tiempo de “T tablas”.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada uno de las zonas estudiadas los niveles de significancia de T calculado en función de la abundancia por familias y cantidad de individuos por familias tuvieron comportamientos muy variables, a continuación se presenta un resumen de las tres zonas de estudio en el que se comparan los resultados de los tiempos de recolección (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de los tiempos de muestreo en relación al número de Familias y abundancia por familias de macroinvertebrados acuáticos.

	Tt=0.1=2.92			Número de Familias de Macroinvertebrados por Tiempo de muestreo								
	TI	Tc/	IBF-SV-	C	TI	Tc/	IBF-SV-	C	TI	Tc/	IBF-SV-	C
	9min	9min,15min	2010		15min	15min,21min	2010		21min	9min,21min	2010	
Zona Alta. 1053m	898	3.15	4.42	B	1199	2.26	4.4	B	1146	3.84	4.32	B
Zona Media. 914m	1359	1.32	5.06	R	2454	1.95	4.98	B	2070	2.26	5.17	R
Zona Baja. 763m	1972	0.95	5.17	R	2730	2.01	5.28	R	2208	2.28	4.97	B
Suma	4,311				6,383				5,424			

C = Calidad del agua..

B = Buena.

R = Regular.

TI = Total de individuos.

Tc= Estadístico de "t" calculado.

IBF-SV-2010= Índice biológico de familias modificado para El Salvador.

Para la Zona alta en estudio (Fig. 7), la utilización de 9 minutos (3 minutos por submuestra) obtuvo una abundancia de 898 individuos, los datos de variabilidad obtenida mostraron un valor de 3.15 de T calculado > a 2.92 de T tablas por lo tanto no presento diferencia significativa para el número de familias y abundancia por familias encontradas durante el muestreo de campo utilizando 15 o 21 minutos de recolecta, el resultado de abundancia por familias y abundancia de individuos por familia dará de forma igual si en un muestreo de campo se utilizan 15 o 21 minutos en las recolectas de macroinvertebrados., el Índice Biológico de Familias para esta zona presento el valor 4.42 con características buenas de agua. La interpretación del grado de contaminación orgánica sugiere alguna contaminación orgánica probable.

Así mismo las repeticiones de muestreo realizadas con 15 minutos por bloque de muestras obtuvieron una abundancia de 1,119 individuos, los datos de variabilidad obtenida mostraron un valor de 2.26 de T calculado < 2.92 de T tablas por lo tanto no presento diferencias significativa para las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 5 y 7 minutos., El Índice Biológico de Familias presento el valor de 4.4 con características de agua buena, de manera similar al IBF obtenido con en muestro de 9 minutos

Las muestras colectadas con 21 minutos por bloque de muestras obtuvieron una abundancia de 1,146 individuos, los datos de variabilidad obtenida mostraron un valor de 3.84 para T calculado > a 2.92 de T tablas lo cual presento diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 21 minutos., El Índice Biológico de Familias presento un valor de 4.32 muy similar a los bloques de repeticiones con 9 y 15 minutos de muestreo.



Figura 7. Zona alta de la sub cuenca del río Copinula, con una altitud de 1053 msnm.

La zona intermedia en estudio (Fig. 8), presento una abundancia de 1,359 individuos utilizando 9 minutos de muestreo, los datos de variabilidad obtenida mostraron un valor de 1.32 de T calculado menor a 2.92 de T tablas lo cual no presento diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 15 minutos., El Índice Biológico obtuvo un valor de 5.06 con características regulares de agua, la interpretación del grado de contaminación orgánica demuestra que existe contaminación sustancial probable.

Las repeticiones de muestreo realizadas con 15 minutos por bloque de muestras obtuvieron una abundancia de 2,454 individuos, los datos de variabilidad obtenida mostraron un valor de $1.95 < 2.92$ de T tablas lo cual no presento diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 5 y 7 minutos. , El Índice Biológico de Familias presento un valor de 5.06 el cual califica el agua como regular.

Las muestras realizadas con 21 minutos por bloque de muestras obtuvieron 2,070 individuos, los datos de variabilidad mostraron un valor de $2.26 < 2.92$ de T tablas lo cual no presento diferencia significativa para el numero de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 21 minutos., El Índice Biológico de Familias presento un valor de 5.17 que a igual manera en las muestras anteriores califica el agua de manera regular.



Figura 8. Río de montaña de la zona intermedia de muestreo, altitud 914 msnm

La zona baja (Fig. 9), presento una abundancia de 1,972 individuos utilizando 9 minutos de muestreo, los datos de variabilidad obtenida demostraron un valor de 0.95 de T calculado menor a 2.92 de T tablas por lo tanto no presento diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 15 minutos., estos datos presentaron la menor variabilidad en cuanto a las prueba de T student, el índice Biológico de familias obtuvo un valor de 5.17 que a igual manera en el muestreo de 21 minutos de la zona intermedia calificaron el agua de manera regular.

Las muestras realizadas con 15 minutos por bloque de muestras obtuvieron una abundancia de 2,0730 individuos colectados, los datos de variabilidad obtenida muestran un valor de $2.01 < 2.92$ en relación a T student no presento diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 15 y 21 minutos., el Índice Biológico de Familias presento un valor de 5.28 que de igual forma califica el agua como Regular en donde la interpretación del grado de contaminación orgánica menciona que es probable en forma sustancial.

El muestreo final realizado con 21 minutos por bloque de muestras obtuvo 2,208 individuos colectados, los datos de variabilidad en cuanto a la prueba de T student fueron de $2.28 < 2.92$ estadísticamente menor y menciona que es no significativo en cuanto a su análisis comparativo de 9 minutos, El Índice Biológico de familias obtuvo el valor de 4.97 para un tiempo de 21 minutos y califica el agua como buena, el grado de contaminación orgánica menciona que existe contaminación probable



Figura 9. Río de montaña de la zona baja del cauce, altitud 763 msnm.

4. Conclusiones

1. Los resultados del Índice Biótico a nivel de Familia en El Salvador (IBF-SV-2010) para el río Copinula son confiables realizando el esfuerzo de muestreo de nueve minutos, con tres submuestras de tres minutos cada una.
2. Al determinar la variabilidad en los tiempos de muestreo con respecto al número de familias y respuesta en la calificación de calidad de agua, no existen diferencias significativas ya que el IBF-SV-2010 obtiene similares resultados usando nueve, quince o veintiún minutos de muestreo y de igual forma la abundancia de familias esta dentro de rangos aceptables.
3. El río Copinula en general presento una calidad ambiental de agua con características: buenas para la zona alta de muestreo, de buena a regular para la zona intermedia y buena a regular para la zona baja de muestreo.

5. Recomendaciones

1. Se recomienda utilizar un esfuerzo de muestreo de nueve minutos para muestrear el río Copinula.
2. Es necesario seguir generando investigaciones estadísticas tomando en cuenta el criterio de selección de campo en ríos con altos niveles de contaminación ya que esta investigación fue realizada en un río sin presencia de descargas de materiales orgánicos generados por áreas urbanas.
3. Se requiere de estudios más a fondo para obtener mayor información sobre la ecología, biología, la distribución y taxonomía a nivel de género y especie para macroinvertebrados acuáticos en el país.
4. Para conocer los individuos de macroinvertebrados de acuerdo a su orden, familia, grado de sensibilidad a la contaminación de las aguas y su ordenamiento según la calidad de agua, consulte el cartel ilustrado de uso práctico para reconocimiento de macroinvertebrados generada en este estudio.

6. Bibliografía

Guzmán, P. A. 1985. Diccionario Geográfico de El Salvador. Tomo I A-K. Ministerio de Obras Públicas. El Salvador. Pp. 688.

Merritt, RW.;Cummins, KW. 1978. An Introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt Publishing Company. Ohio, USA. 441 p

Sermeño Chicas, J. M. *et. al.* 2010a. 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). *En:* Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 43 pág.

Sermeño Chicas J.M, Serrano Cervantes L, Springer M, et al. 2010b. Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos; índice biológico de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010). Editorial universitaria (UES) San Salvador. SV. 22p

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV) s.f. Cálculo del Índice de la Calidad de Agua en El Salvador. (en línea). El Salvador. Consultada 21 mayo de 2011. Disponible en www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf

Merritt, RW.;Cummins, KW. 1978. An Introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt Publishing Company. Ohio, USA. 441 p

Anexo 1. Cartel para reconocimiento de Macroinvertebrados Acuáticos del río Copinula.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL



BIO INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA
SUBCUENCA DEL RÍO COPINULA, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

Proyecto de tesis bajo la dirección de:
 Ing. Agr. Msc. José Miguel Serrano Chicas
 Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes

Tesistas: José Ricardo Farfán Aguilar (Ricardo_Farf16@hotmail.com)
 Eddie Arturo Vaquerano Madrid (eddie_vm23@hotmail.com)
 José Carlos Escobar Carranza (jc154@live.com)



1. Orden: Diptera
Familia: Sepsidae



2. Orden: Trichoptera
Familia: Glossosomatidae



3. Orden: Odonata
Familia: Platystictidae



4. Orden: Trichoptera
Familia: Colomacrotalidae



5. Orden: Plecoptera
Familia: Perlidae



6. Orden: Trichoptera
Familia: Polycentropodidae



7. Orden: Coleoptera
Familia: Philodactylidae



8. Orden: Coleoptera
Familia: Limnichidae



9. Orden: Coleoptera
Familia: Gyrinidae



10. Orden: Coleoptera
Familia: Elmidae



11. Orden: Coleoptera
Familia: Elmidae



12. Orden: Coleoptera
Familia: Psephenidae



13. Orden: Trichoptera
Familia: Hydrobiidae



14. Orden: Coleoptera
Familia: Dryopidae



15. Orden: Trichoptera
Familia: Hydroptilidae



16. Orden: Ephemeroptera
Familia: Leptophlebiidae



17. Orden: Acarina



18. Orden: Lepidoptera
Familia: Crambidae



19. Orden: Trichoptera
Familia: Helicopsyphidae



20. Orden: Trichoptera
Familia: Philopotamidae



21. Orden: Trichoptera
Familia: Hydropsychidae



22. Orden: Coleoptera
Familia: Hydrocenidae



23. Orden: Diptera
Familia: Dixidae



24. Orden: Diptera
Familia: Tipulidae



25. Orden: Decapoda
Familia: Pseudoscleropsidae



26. Orden: Diptera
Familia: Stratiomyidae



27. Orden: Diptera
Familia: Simuliidae



28. Orden: Ephemeroptera
Familia: Leptophlebiidae



29. Orden: Ephemeroptera
Familia: Baetidae



30. Orden: Hemiptera
Familia: Velidae



31. Orden: Hemiptera
Familia: Belontiidae



32. Orden: Hemiptera
Familia: Naucocidae



33. Orden: Coleoptera
Familia: Staphylinidae



34. Orden: Diptera
Familia: Tabanidae



35. Orden: Diptera
Familia: Empididae



36. Orden: Hemiptera
Familia: Gerridae



37. Orden: Diptera
Familia: Simuliidae



38. Orden: Odonata
Familia: Libellulidae



39. Orden: Odonata
Familia: Gomphidae



40. Orden: Coleoptera
Familia: Dytiscidae



41. Orden: Megaloptera
Familia: Corydalidae



42. Orden: Ephemeroptera
Familia: Coenidae



43. Orden: Coleoptera
Familia: Dytiscidae



44. Orden: Hemiptera
Familia: Belontiidae



45. Orden: Odonata
Familia: Calopterygidae



46. Orden: Diptera
Familia: Ceratopogonidae



47. Orden: Hemiptera
Familia: Ochseidae



48. Orden: Diptera
Familia: Ceratopogonidae



49. Orden: Diptera
Familia: Chironomidae



50. Orden: Gastropoda



51. Orden: Odonata
Familia: Coenagrionidae



52. Orden: Diptera
Familia: Muscidae



53. Orden: Diptera
Familia: Culicidae



54. Orden: Oligochaeta

El presente estudio se realizó en la cuenca del río Copinula ubicada en el municipio de Jujucla del departamento de Ahuachapán, la fase de campo se llevo a cabo durante la época seca del año 2011.

Los macroinvertebrados acuáticos son considerados indicadores de calidad debido a que algunos organismos pueden sobrevivir en un rango variante de condiciones ambientales y son más "tolerantes" a la contaminación; otras más sensibles al cambio e "intolerantes" a la contaminación.

El monitoreo de un río consiste en establecer los cambios ocurridos mediante observaciones, estudios y posteriores registros del agua, los animales (macroinvertebrados, peces) y la zona de bosque que lo rodea. Así, podemos describir su estado de limpieza o salud con datos en tiempo real. Para estos estudios se utiliza la metodología estandarizada de muestreo multi hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la red "D" haciendo uso del Índice Biótico a nivel de Familia en El Salvador (IBF-SV-2010), el cual relaciona a las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el punto de muestreo, asignándoles un valor específico y califica la calidad del agua según la cantidad de puntos sumados.

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DE AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
0.00 - 3.75	EXCELENTE	EXCELENTE	Contaminación orgánica imperceptible
3.76 - 4.25	MUY BUENA	MUY BUENA	Contaminación orgánica leve probable
4.26 - 5.00	BUENA	BUENA	Alguna contaminación orgánica probable
5.01 - 5.75	REGULAR	REGULAR	Contaminación orgánica bastante sustancial probable
5.76 - 6.50	POBRE	POBRE	Contaminación orgánica probable
6.51 - 7.25	POBRE	POBRE	Contaminación orgánica muy sustancial probable
7.26 - 10.00	MUY POBRE	MUY POBRE	Contaminación orgánica severa probable

Zona	IBF	Calidad de agua
Zona Alta 1053 m.s.n.m.	4.38	Buena
Zona Media 914 m.s.n.m.	5.07	Regular
Zona Baja 763 m.s.n.m.	5.14	Regular



Red Hídrica

Uso del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).

Este índice reconoce taxonómicamente a los organismos acuáticos a nivel de familia, se contabilizan los individuos de las diferentes familias recolectadas en cada punto de muestreo, ponderando la abundancia de cada una de ellas al multiplicarlas por puntajes que indican el grado de sensibilidad a la contaminación (desde cero a diez, según se asocian a condiciones desde menor hasta mayor grado de contaminación orgánica). De esta manera se obtiene al final un promedio de la sumatoria, cuyos valores se comparan con un cuadro de rangos (Serrano Chicas et al. 2010).

El número en cada fotografía representa el grado de sensibilidad del insecto a la contaminación del agua del río

Este material didáctico con carácter ilustrativo no debe ser considerado como referencia taxonómica, ni debe sustituir el criterio profesional de los especialistas.

Ciudad Universitaria Marzo del 2012

Agradecimientos

A la señora Francisca Cortez por facilitarnos el espacio en su finca para el estudio en la zona de Jujutla en el departamento de Ahuachapán, y brindarnos refugio, durante la fase de campo. Sin ello no hubiese sido posible la realización de esta investigación.

A la Ingeniero Agrónomo Jesús Altagracia Zepeda Aguilar, por su excelente disposición y continuo interés en el avance logrado en el trabajo de tesis y por brindar su gran conocimiento en la identificación de las familias de insectos encontrado en el río Copinula.

A la Licenciada en Biología Ana Karla Castillo Ayala, por su ayuda en la toma de datos y la limpieza de las muestras