

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS



TIEMPO DE MUESTREO PARA DETERMINAR CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA  
DEL RÍO COPINULA UTILIZANDO EL INDICE BIOLOGICO DE FAMILIAS DE  
MACROINVERTEBRADOS MODIFICADO PARA EL SALVADOR.

POR:

EDDIE ARTURO VAQUERANO MADRID

JOSÉ RICARDO FARFÁN AGUILAR

JOSÉ CARLOS ESCOBAR CARRANZA

CIUDAD UNIVERSITARIA MARZO DE 2012

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



TIEMPO DE MUESTREO PARA DETERMINAR CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA  
DEL RÍO COPINULA UTILIZANDO EL INDICE BIOLOGICO DE FAMILIAS DE  
MACROINVERTEBRADOS MODIFICADO PARA EL SALVADOR.

POR:

EDDIE ARTURO VAQUERANO MADRID

JOSÉ RICARDO FARFÁN AGUILAR

JOSÉ CARLOS ESCOBAR CARRANZA

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL:

DR. ANA LETICIA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL:

---

ING. AGR. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

DOCENTES DIRECTORES

---

ING.AGR. MSc. JOSÉ MIGUEL SERMEÑO CHICAS

---

ING. AGR. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

---

ING. AGR. GUSTAVO HENRIQUEZ MARTINEZ

## 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). 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 un calificación de agua de 4.42 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. 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.

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, haciendo uso de 15 minutos de muestreo se recolectaron 2,454 individuos y 27 familias, la calificación de agua según IBF fue de 4.98 y 2.070 individuos y 25 familias utilizando 21 minutos de muestreo mostraron un IBF de 5.17.

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

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.

Palabras clave:

Índice de biodiversidad, macroinvertebrados acuáticos, tiempo de muestreo.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso quien nos iluminó y nos permitió estudiar y obtener este triunfo tan grande y a la virgen María Santísima por interceder y derramar bendiciones en nuestras personas y familiares.

A nuestros padres quienes creyeron en nosotros siempre, y nos brindaron su confianza y siempre nos dado ánimos en las buenas y en las malas, por su esfuerzo y sacrificio, por todos sus consejos y apoyo brindado en el transcurso de nuestras vida, para poder fórmanos humanamente y profesionalmente. A ellos con todo amor.

A nuestros hermanos, por el apoyo incondicional que siempre nos han brindado.

A nuestros docentes director, Ing. Agr. Msc. José Miguel Sermeño Chicas, Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes por haber confiado en nosotros y por el apoyo brindado, el permanente interés en revisar los informes y la constante preocupación en los momentos en que se torno más difícil el desarrollo de la tesis.

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.

Al Ingeniero Agrónomo MSc. Andrés Rivas, por su apoyo incondicional a nuestro trabajo y por brindarnos sus conocimientos muy valiosos en la parte estadística.

Al Ingeniero Agrónomo MSc. José Mauricio Tejada, por su excelente disposición en brindar sus conocimientos hidrológicos para la toma de datos en los puntos de muestreo.

Al Ingeniero Agrónomo Luis Romero, por su apoyo incondicional a nuestro trabajo y por su orientación en la elaboración de los mapas.

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

Al Bachiller Rubén Sorto, por su apoyo incondicional a nuestro trabajo.

A los docentes del Departamento de Protección Vegetal; por brindarnos de una u otra forma sus conocimientos y valores; y contribuir así en nuestra formación académica.

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

A los señores: Adonay Martínez, José Domingo Pineda Aguilar, Miguel Pineda Aguilar Domingo y Jesús Martínez por brindarnos su compañía, amistad, conocimientos, y apoyo para realización de nuestro trabajo de investigación en las actividades de campo, sin ellos hubiese sido posible.

A todos Uds. nuestro más sincero agradecimiento...

Eddie Arturo Vaquerano Madrid.

José Ricardo Farfán Aguilar.

José Carlos Escobar Carranza.

## Índice general

Resumen . . . . .	III
AGRADECIMIENTOS . . . . .	v
1. Introducción . . . . .	1
2. Antecedentes . . . . .	2
3. Revisión de literatura . . . . .	3
3.1 Calidad de agua . . . . .	3
3.2 Índice de calidad del agua (ICA) . . . . .	3
3.3 Estimación del Índice de Calidad de Agua general “ICA” . . . . .	3
3.4 Macroinvertebrados acuáticos . . . . .	4
3.5 Uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua . . . . .	4
3.6 Biomonitorio . . . . .	6
3.7 Uso del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010) . . . . .	6
3.8 Fundamento del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010) . . . . .	6
3.9 Origen del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010) . . . . .	6
3.10 Asignación de puntajes para aplicar el índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010) . . . . .	7
3.11 Características del índice propuesto para El Salvador (IBF-SV-2010)	7
3.12 Cálculo del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010) . . . . .	7
3.13 Ríos y quebradas con profundidades iguales o menores a 1 metro y ancho igual o menor a 15 metros . . . . .	8
3.14 Indicaciones generales para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos . . . . .	8
3.15 Métodos de recolecta de muestras de macroinvertebrados acuáticos	9
3.15.1 Muestreo con Red “D” . . . . .	9
3.16 Definiciones de ríos de montaña . . . . .	9
3.17 Características hidráulicas y geomórficas de ríos de montaña . . . . .	9
3.18 Método de aforo. . . . .	10

4 Materiales y métodos. . . . .	10
4.1 Recopilación documental. . . . .	10
4.2 Caracterización biofísica de la subcuenca. . . . .	10
4.2.1 Ubicación de la zona. . . . .	10
4.2.2 Geografía. . . . .	10
4.2.3 Determinación de los sitios de muestreo. . . . .	10
4.2.4 Red hídrica de la zona sur del departamento de Ahuachapán. . . . .	11
4.2.5 Zonas de vida. . . . .	12
4.2.5.1 Clima. . . . .	13
4.2.6 Tipo de suelo . . . . .	13
4.2.7 Uso actual. . . . .	14
4.2.8 Capacidad de uso del suelo. . . . .	15
4.2.9 Pendientes. . . . .	16
4.3 Metodología de campo . . . . .	17
4.3.1 Información a tomar en los diferentes sitios de muestro . . . . .	17
4.3.2 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos. . . . .	18
4.3.3 Fase de laboratorio. . . . .	19
4.3.4 Limpieza de las muestras y identificación taxonómica de los Macroinvertebrados. . . . .	19
4.3.4.1 Procesamiento de datos finales de cada submuestra. . . . .	20
4.3.4.2 nomenclatura para la lectura de hojas y cuadros Excel . . . . .	20
5. Resultados y discusión. . . . .	22
5.1 Zona alta de la subcuenca del Rio Copinula. . . . .	22
5.1.1 Ríos de montaña, detalles del sitio. . . . .	22

5.1.2 Características físicas del agua. . . . .	22
5.1.3 Características químicas del agua para el primer punto de muestreo. . . . .	23
5.1.4 Abundancia de familias y número de individuos encontrados en las diferentes muestras colectadas en la zona alta de la subcuenca del río. . . . .	23
5.1.5 Valores obtenidos del IBF-SV-2010 por cada sub muestra. . . . .	33
5.1.6 Interpretación de la información biológica (IBF-SV-2010). . . . .	33
5.1.7 Zona alta de la sub cuenca . . . . .	34
5.1.8 Número de muestra biológica, repeticiones y valores estadísticos. . . . .	34
5.1.9 Análisis comparativo con la prueba de “T” para las sub muestras biológicas . . . . .	35
5.1.10 Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo para la zona alta de la subcuenca en estudio. . . . .	35
5.1.11 Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo para la zona alta de la subcuenca en estudio. . . . .	35
5.1.12 Comparación de 3 y 7 minutos de muestro para la zona alta de la subcuenca en estudio. . . . .	36
5.1.13 Análisis comparativo de T calculado y T tablas para evaluar el tiempo optimo en relación al número de familias y abundancia por familias . . . . .	36
5.2 Zona intermedia de la subcuenca del Río Copinula. . . . .	37
5.2.1 Ríos de montaña, detalles del sitio. . . . .	37
5.2.2 Características físicas del agua. . . . .	37
5.2.3 Características químicas del agua para el primer punto de muestreo. . . . .	38
5.2.4 Abundancia de familias y número de individuos encontrados en las diferentes muestras colectadas en la zona intermedia de la subcuenca del río. . . . .	38
5.2.5 Valores obtenidos del IBF-SV-2010 . . . . .	48
5.2.6 Interpretación de la información biológica (IBF-SV-2010). . . . .	48
5.2.7 Zona intermedia de la sub cuenca . . . . .	49
5.2.8 Numero de muestra biológica, repeticiones y valores estadísticos. . . . .	49

5.2.9 Análisis comparativo con la prueba de “T” para las sub muestras biológicas . . . . .	50
5.2.10 Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo para la zona intermedia de la subcuenca en estudio. . . . .	50
5.2.11 Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo para la zona intermedia de la subcuenca en estudio. . . . .	50
5.2.12 Comparación de 9 y 21 minutos de muestro para la zona intermedia de la subcuenca en estudio. . . . .	50
5.2.13 Análisis comparativo de T calculado y T tablas para evaluar el tiempo optimo en relación al número de familias y abundancia por familias . . . . .	51
5.3 Zona baja de la subcuenca del Río Copinula. . . . .	52
5.3.1 Ríos de montaña, detalles del sitio. . . . .	52
5.3.2 Características físicas del agua. . . . .	52
5.3.3 Características químicas del agua para el primer punto de muestreo. . . . .	53
5.3.4 Abundancia de familias y número de individuos encontrados En las diferentes muestras colectadas en la zona baja de la subcuenca del río. . . . .	53
5.3.5 Valores obtenidos del IBF-SV-2010 por cada sub muestra. . . . .	63
5.3.6 Interpretación de la información biológica (IBF-SV-2010). . . . .	63
5.3.7 Zona baja de la sub cuenca . . . . .	64
5.3.8 Número de muestra biológica, repeticiones y valores estadísticos. . . . .	64
5.3.9 Análisis comparativo con la prueba de “T” para las sub muestras biológicas . . . . .	65
5.3.10 Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo para la zona baja de la subcuenca en estudio. . . . .	65
5.3.11 Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo para la zona baja de la subcuenca en estudio. . . . .	65
5.3.12 Comparación de 9 y 21 minutos de muestro para la zona baja de la subcuenca en estudio. . . . .	66

5.3.13 Análisis comparativo de T calculado y T tablas para evaluar el tiempo optimo en relación al número de familias y abundancia por familias . . . . .	66
5.3.14 Análisis estadístico de la zona alta, media y baja del Río Copinula en función de los estadísticos y riqueza biológica . . . . .	66
6. Conclusiones . . . . .	69
7. Recomendaciones . . . . .	69
8. Bibliografía . . . . .	70
9. Anexos . . . . .	74

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown . . . . .	4
Cuadro 2. Asignación de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos presentes en las aguas de los principales ríos de El Salvador; para la aplicación de índice biológico de familias en El Salvador (IBF-SV-2010) . . . . .	4
Cuadro 3. Ejemplo de cálculo del IBF-SV-2010, con datos hipotéticos . . . . .	7
Cuadro 4. Categorías de calidad del agua, según resultado obtenido a través del cálculo del IBF-SV-2010 . . . . .	8
Cuadro 5. Claves para manejar muestras y repeticiones estadísticas . . . . .	21
Cuadro 6. Valores químicos . . . . .	23
Cuadro 7. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.9.1 . . . . .	24
Cuadro 8. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.9.2. . . . .	25
Cuadro 9. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.9.3. . . . .	26
Cuadro 10. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.15.1 . . . . .	27
Cuadro 11. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.15.2 . . . . .	28
Cuadro 12. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.15.3. . . . .	29
Cuadro13. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.21.1 . . . . .	30
Cuadro 14. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.21.2 . . . . .	31
Cuadro 15. Calculo del IBF-SV en la muestra 1.21.3 . . . . .	32
Cuadro 16. IBF (Índice Biológico por Familias) de la zona alta de la subcuenca del rio Copinula . . . . .	33
Cuadro 17. Tiempos de muestreo y medidas de dispersión estadística . . . . .	34
Cuadro 18. Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo . . . . .	35
Cuadro19. Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo. . . . .	35
Cuadro 20. Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo . . . . .	36
Cuadro 21. Análisis comparativo de prueba de T para los tiempos de muestreo . . . . .	36
Cuadro 22. Valores químicos del agua obtenidos por medio de Sonda Multiparametros . . . . .	38
Cuadro 23. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.9.1. . . . .	39

Cuadro 24. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.9.2.	.	.	.	40
Cuadro 25. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.9.3.	.	.	.	41
Cuadro 26. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.15.1	.	.	.	42
Cuadro 27. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.15.2	.	.	.	43
Cuadro 28. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.15.3	.	.	.	44
Cuadro 29. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.21.1	.	.	.	45
Cuadro 30. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.21.2	.	.	.	46
Cuadro 31. Calculo del IBF-SV en la muestra 2.21.3	.	.	.	47
Cuadro 32. IBF (Índice Biológico por Familias) de la zona intermedia de la subcuenca del rio Copinula	.	.	.	48
Cuadro 33. Tiempos de muestreo y medidas de dispersión estadística de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos	.	.	.	49
Cuadro 34. Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo	.	.	.	50
Cuadro 35. Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo.	.	.	.	50
Cuadro 36. Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo	.	.	.	51
Cuadro 37. Análisis comparativo de prueba de T para los tiempos de muestreo				51
Cuadro 38. Valores químicos del agua obtenidos por medio de Sonda Multiparametros	.	.	.	53
Cuadro 39. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.9.1.	.	.	.	54
Cuadro 40. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.9.2.	.	.	.	55
Cuadro 41. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.9.3.	.	.	.	56
Cuadro 42. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.15.1	.	.	.	57
Cuadro 43. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.15.2	.	.	.	58
Cuadro 44. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.15.3	.	.	.	59
Cuadro 45. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.21.1	.	.	.	60
Cuadro 46. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.21.2	.	.	.	61
Cuadro 47. Calculo del IBF-SV en la muestra 3.21.3	.	.	.	62
Cuadro 48. IBF (Índice Biológico para Familias) de la zona baja de la				

subcuenca del rio Copinula . . . . .	63
Cuadro 49. Tiempos de muestreo y medidas de dispersión estadística en las poblaciones de macroinvertebrados acuaticos . . . . .	64
Cuadro 50. Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo . . . . .	65
Cuadro 51. Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo. . . . .	65
Cuadro 52. Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo . . . . .	66
Cuadro 53. Análisis comparativo de prueba de T para los tiempos de muestreo . . . . .	66
Cuadro 54. Resumen en que se comparan los tiempos más óptimos en los que se comparan número de familias y abundancia por familias. . . . .	67

## Índice de figuras

Figura 1. Red “D” para la recolección de macroinvertebrados acuáticos. .	9
Figura 2. Mapa de red hídrica de la sub cuenca del río Copinula . .	11
Figura 3. Mapa de zonas de vida de la sub cuenca del río Copinula. .	12
Figura 4. Bosque primario y transición . . . . .	13
Figura 5. Mapa de tipo de suelo de la sub cuenca del río Copinula .	14
Figura 6. Perfil del suelo de la sub cuenca de río Copinula. .	14
Figura 7. Mapa de uso actual del suelo de la sub cuenca del río Copinula	15
Figura 8. Mapa de capacidad de uso del suelo de la sub cuenca del río Copinula . . . . .	16
Figura 9. Mapa de curvas a nivel de la sub cuenca del río Copinula .	17
Figura 10. Información toma en los diferentes sitios de muestreo . .	18
Figura 11. Muestreo de macroinvertebrados acuáticos . . . . .	18
Figura 12. Fase de laboratorio . . . . .	19
Figura 13. Limpieza de las muestras y identificación taxonómica de los macroinvertebrados . . . . .	20
Figura 14. Zona alta de sub cuenca del río Copinula con una altura de 1053 msn . . . . .	22
Figura 15. Forma del trayecto del cauce y profundidad de agua .	22
Figura 16. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.9.1 . . . . .	24
Figura 17. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.9.2 . . . . .	25
Figura 18. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.9.3 . . . . .	26
Figura 19. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.15.1 . . . . .	27
Figura 20. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.15.2 . . . . .	28
Figura 21. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.15.3 . . . . .	29

Figura 22. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.21.1	30
Figura 23. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.21.2	31
Figura 24. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 1.21.3	32
Figura 25. Río de montaña de zona intermedio de muestreo	37
Figura 26. Forma de trayecto del cauce y profundidades de agua	37
Figura 27. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.9.1	39
Figura 28. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.9.2	40
Figura 29. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.9.3	41
Figura 30. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.15.1	42
Figura 31. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.15.2	43
Figura 32. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.15.3	44
Figura 33. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.21.1	45
Figura 34. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.21.2	46
Figura 35. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 2.21.3	47
Figura 36. Río de montaña zona baja del cauce con una altitud de 763 msn	52
Figura 37. Forma del trayecto del cauce y profundidades del agua	52
Figura 38. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.9.1	54
Figura 39. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.9.2	55
Figura 40. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.9.3	56
Figura 41. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.15.1	57

Figura 42. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.15.2	58
Figura 43. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.15.3	59
Figura 44. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.21.1	60
Figura 45. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.21.2	61
Figura 46. Abundancia poblacional de familias recolectadas en río Copinula muestra 3.21.3	62
Figura 47. Inmaduro Elmidae	75
Figura 48. Adulto de Dryopidae	75
Figura 49. Adulto de Hydraenidae	75
Figura 50. Adulto de Dystiscidea	76
Figura 51. Adulto de Limnichidae	76
Figura 52. Inmaduro de Psephenidae	77
Figura 53. Inmaduro de Ptilodactylidae.	77
Figura 54. Adulto de Staphilinidae.	77
Figura 55. Adulto de Gerridae	78
Figura 56. Adulto de Veliidae.	78
Figura 57. Adulto de Belostomatidae	79
Figura 58. Adulto de Naucoridae	80
Figura 59. Adulto de Ochteridae	80
Figura 60. Inmaduro de Baetidae	81
Figura 61. Inmaduro de Leptohiphidae	81
Figura 62. Inmaduro de Leptophlebiidae	81
Figura 63. Inmaduro de Hydrobiosidae	82
Figura 64. Inmaduro de Hydroptilidae	82
Figura 65. Inmaduro de Hydropsichidae	83
Figura 66 Inmaduro de Philopotamidae	83

Figura 67. Inmaduro de Calamoceratidae . . . . .	84
Figura 68. Inmaduro de Helicopsichidae . . . . .	84
Figura 69. Inmaduro de Leptoceridae . . . . .	85
Figura 70. Inmaduro de Tipulidae . . . . .	85
Figura 71. Inmaduro de Blephariceridae . . . . .	86
Figura 72. Inmaduro de Dixidae . . . . .	86
Figura 73. Inmaduro de Simuliidae . . . . .	86
Figura 74. Inmaduro de Ceratopogonidae . . . . .	87
Figura 75. Inmaduro de Chironomidae . . . . .	87
Figura 76. Inmaduro de Psychodidae . . . . .	88
Figura 77. Inmaduro de Stratiomyidae . . . . .	88
Figura 78. Inmaduro de Dolichopodidae . . . . .	89
Figura 79. Inmaduro de Empididae . . . . .	89
Figura 80. Inmaduro de Muscidae . . . . .	89
Figura 81. Inmaduro de Perlidae . . . . .	90
Figura 82. Inmaduro de Corydalidae . . . . .	90
Figura 83. Inmaduro de Crambidae . . . . .	91
Figura 84. Inmaduro de Gomphidae . . . . .	91
Figura 85. Inmaduro de Libellulidae . . . . .	92
Figura 86. Inmaduro de Calopterygidae . . . . .	92
Figura 87. Inmaduro de Coenagrionidae . . . . .	93
Figura 88. Inmaduro de Platysticidae . . . . .	93
Figura 89. Inmaduro de Gastropoda . . . . .	94
Figura 84 Inmaduro de Decapoda . . . . .	94

## Índice de Anexos

Anexo 1. Macroinvertebrados recolectados en el muestreo de campo en el Río Copinula abril del 2011. . . . .	75
1.1 Orden Coleóptera. . . . .	75
1.1.2 Familia Elmidae. . . . .	75
1.1.3 Familia Dryopidae. . . . .	75
1.1.4 Familia Hydraenidae. . . . .	75
1.1.5 Familia Dytiscidae. . . . .	75
1.1.6 Familia Limnichidae. . . . .	76
1.1.7 Familia Psephenidae. . . . .	77
1.1.8 Familia Ptilodactylidae.. . . .	77
1.1.9 Familia Staphylinidae. . . . .	77
1.2 Orden Hemiptera . . . . .	78
1.2.1 Familia Guerridae. . . . .	78
1.2.2 Familia Veliidae. . . . .	78
1.2.3 Familia Saldidae. . . . .	79
1.2.4 Familia Belostomatidae. . . . .	79
1.2.5 Familia Naucoridae. . . . .	80
1.2.6 Familia Ochteridae. . . . .	80
1.3 Orden Ephemeroptera . . . . .	80
1.3.1 Familia Baetidae. . . . .	81
1.3.2 Familia Leptohyphidae.. . . .	81
1.3.3 Familia Leptophlebiidae. . . . .	81
1.4 Orden Trichoptera . . . . .	82

1.4.1 Familia Hydrobiosidae. . . . .	82
1.4.2 Familia Hydroptilidae. . . . .	82
1.4.3 Familia Hydropsychidae. . . . .	83
1.4.4 Familia Philopotamidae. . . . .	83
1.4.5 Familia Calamoceratidae. . . . .	84
1.4.6 Familia Helicopsychidae. . . . .	84
1.4.7 Familia Leptoceridae. . . . .	85
1.5 Orden Díptera . . . . .	85
1.5.1 Familia Tipulidae. . . . .	85
1.5.2 Familia Blephariceridae. . . . .	86
1.5.3 Familia Dixidae. . . . .	86
1.5.4 Familia Simuliidae. . . . .	86
1.5.5 Familia Ceratopogonidae. . . . .	87
1.5.6 Familia Chironomidae. . . . .	87
1.5.7 Familia Psychodidae. . . . .	88
1.5.8 Familia Stratiomyidae. . . . .	88
1.5.9. Familia Dolichopodidae. . . . .	89
1.5.10 Familia Empididae. . . . .	89
1.5.11 Familia Muscidae. . . . .	89
1.6 Orden Plecoptera. . . . .	90
1.6.1 Familia Perlidae. . . . .	90
1.7 Orden Megaloptera . . . . .	90
1.7.1 Familia Corydalidae. . . . .	90
1.8 Orden Lepidoptera . . . . .	91

1.8.1 Familia Crambidae.	91
1.9 Orden Odonata	91
1.9.1 Familia Gomphidae.	91
1.9.2 Familia Libellulidae	92
1.9.3 familia Calopterygidae.	92
1.9.4 Familia Coenagrionidae.	93
1.9.5 Familia Platycentridae.	93
1.10 Clase Gastropoda.	94
1.11 Orden Decapoda.	94
Anexo 2. Cuadro y procedimiento para obtener "T" calculado	95
Anexo 3. Informe final de diagnostico nacional de las aguas superficiales de el Salvador	100
Anexo 5. Hoja de Campo.	101
Anexo 4. Afiche para el reconocimiento de macroinvertebrados acuáticos del río Copinula	103

## 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.

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.

Aunque en los países tropicales el conocimiento en el área de macroinvertebrados acuáticos relacionado a su peso y tamaño con respecto a su desarrollo en distintos ambientes biológicos y su carga contaminante es poca; ya se comenzó a investigar los aspectos principales en la determinación de la calidad de agua por medio 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), 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. 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.

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. Antecedentes

En los últimos años el concepto de calidad de las aguas ha ido cambiando rápidamente de un enfoque puramente físico químico a otro que integra todos los componentes del ecosistema. Recientemente el parlamento Europeo mediante la directiva marco COM-97 aceptó el término estado ecológico como una medida de la calidad de las aguas, para el desarrollo de este concepto se propone la cuenca hidrográfica como una unidad de estudio. Los primeros esfuerzos por determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales en los cuerpos de agua, fueron realizados en el siglo XIX por Kolenati (1848) y Cohn (1853) quienes encontraron relaciones entre ciertas especies y el grado de la calidad del agua (Roldan Pérez 2003).

Hynes (1959,1963) presentó los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua e integró la biología a la contaminación acuática, aparte de todas estas investigaciones realizadas en Europa y Estados Unidos, se han realizado investigaciones en países de Latinoamérica como Costa Rica, México, Colombia ( Roldan Pérez 2003).

Durante los años 1977 y 1983 se efectuó el muestreo de los macroinvertebrados bénticos y del perifiton en 120 sitios localizados en arroyos y ríos del territorio nacional (El Salvador) y los cuales se ubican en zonas montañosas, valles y planicies costeras y en donde las actividades antropogénicas generan diversos grados de impacto ambiental negativo en términos de contaminación orgánica (Rubio Fabián 1983).

La comunidad de insectos acuáticos presentes en el río Chaguite (El Salvador). Los macroinvertebrados fueron muestreados en las épocas lluviosa, transicional lluviosa-seca y durante la época seca. Se estudio la correlación con los parámetros físico-químicos. Los órdenes encontrados fueron Díptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera, Collembola, Lepidóptera, Orthoptera y Hemíptera. Los resultados demostraron que la calidad del agua del río Chaguite, no reunía las condiciones mínimas para consumo humano seguro, ni tampoco para su uso en la agricultura (Monterrosa y Serrano 1994).

En el año 2008, se realizó un estudio en la subcuenca del río Jupula, en el departamento de Chalatenango, además se muestrearon las aguas servidas de una comunidad en la parte baja de la subcuenca de dicho río. Aplicando el índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica). Se determinó en la parte media y baja del río una contaminación moderada, pero en la parte alta resultó no contaminada (Martínez Quijano y Cano Funes 2008).

Durante una recolecta rápida de macroinvertebrados acuáticos realizada el 11 de febrero de 2008, en el río San José, en Montecristo (14° 21'42"N, 89°24'02"W). Departamento de Santa Ana, se determinó un total de 39 géneros y otros 15 taxones. Los parámetros físico químicos del agua observados fueron: temperaturas (20.3° C), sólidos totales (80mg/L); conductividad (180 micro Siemens/cm<sup>2</sup>); oxígeno disuelto (7.74 mg/l); saturación de oxígeno (83.4%). Lo cual refleja en cuerpo de agua libre de contaminación orgánica y oxigenada. El índice biológico BMWP-CR obtenido (208) indica una excelente calidad del agua coincidiendo con los parámetros físico-químicos observados (MARN 2008 citado por Chávez Sifontes y Orantes Guerrero 2009).

Se inicia la labor de determinar una metodología estandarizada para la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos a través del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010). El proyecto

fue financiado por la Organización de los Estados Americanos (OEA) en conjunto con la Universidad de El Salvador (UES) Sermeño Chicas *et al.* (2010a).

### **3. Revisión de literatura**

#### **3.1 Calidad del agua.**

El Agua constituye el recurso vital para el sostenimiento de la vida en la tierra y es definitiva para el desarrollo económico y social de los pueblos y sus habitantes. La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal (CEC s.f.).

Las características biológicas, químicas y físicas del agua afectan la capacidad para sustentar la vida y su idoneidad para consumo y uso humano; al evaluar la calidad del agua mediante el estudio de la composición y la estructura de comunidades de organismos surge el término de calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Alba-Tercedor 1996, citado por Chávez Sifontes y Orantes Guerrero 2009)

#### **3.2 Índice de calidad del agua (ICA).**

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes y fue diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (SNET s.f.).

Para la determinación del “ICA” intervienen 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes fecales (en NMP/100 ml)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ l)
- Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/l)
- Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/l)
- Cambio de la temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/l)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación) (SNET s.f.).

#### **3.3 Estimación del Índice de Calidad de Agua general “ICA”**

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo del índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base al Cuadro 1 (SNET 2004).

Cuadro 1. Clasificación del "ICA" propuesto por Brown

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: PAES 2002 citado por SNET 2004.

### 3.4 Macroinvertebrados acuáticos.

Se entiende por invertebrados acuáticos aquellos que habitan en el lecho fluvial (entre las piedras, plantas acuáticas sumergidas, etc.) ya sea durante todo su ciclo vital (como los moluscos) o parte de él, como muchos insectos, en los que la fase adulta es terrestre y/o la fase larvaria es acuática. Se denominan 'macroinvertebrados' a los que alcanzan a lo largo de su ciclo de vida un tamaño superior a 0,200 mm, lo que les puede hacer visibles a simple vista (Rosenberg y Resh citados por Alonso y Camargo 2005).

### 3.5 Uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados acuáticos son considerados indicadores de calidad debido a que algunos organismos pueden sobrevivir en un rango variante de condiciones ambientales (cuadro 2) y son más "tolerantes" a la contaminación; otros más sensibles al cambio e "intolerantes" a la contaminación (Murphy y Giller, citados por Auquilla 2005).

Cuadro 2. Asignación de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos presentes en las aguas de los principales ríos de El Salvador; para la aplicación del índice biológico de familias en El Salvador (IBF-SV-2010).

Puntajes o Grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas	Invertebrado acuático en los ríos de El Salvador	
	Orden	Familia
0	Diptera	Blephariceridae
		Corduliidae
1	Odonata	Platystictidae
	Trichoptera	Glossosomatidae
	Odonata	Cordulegasteridae
2	Plecoptera	Perlidae
		Calamoceratidae
	Trichoptera	Lepidostomatidae
		Odontoceridae
		Xiphocentronidae
3	Blattodea	
	Coleoptera	Gyrinidae
		Lampyridae
		Ptilodactylidae
	Ephemeroptera	Heptageniidae
4	Trichoptera	Polycentropodidae
	Bivalvia	
	Gastropoda	Hydrobiidae
		Dryopidae
		Elmidae
	Coleoptera	Hydroscaphidae
		Noteridae
	Psephenidae	
5	Hemiptera	Pleidae
	Odonata	Aeshinidae
		Hydrobiosidae
	Trichoptera	Hydroptilidae
		Leptoceridae
	Acarina	
	Nematoda	
Planaria		
Amphipoda		
5	Coleoptera	Hydraenidae
		Limnichidae
		Lutrochidae
	Collembola	
	Diptera	Dixidae
		Tipulidae
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae

6	Hemiptera	Corixidae
		Gelastocoridae
		Mesoveliidae
		Nepidae
		Notonectidae
		Saldidae
	Veliidae	
	Lepidoptera	Crambidae
	Trichoptera	Helicopsychidae
		Hydropsychidae
	Decapoda	Philopotamidae
	Coleoptera	Curculionidae
		Scirtidae
		Staphylinidae
Diptera	Dolichopodidae	
	Empididae	
	Simuliidae	
	Stratiomyidae	
	Tabanidae	
Ephemeroptera	Baetidae	
	Leptohyphidae	
Hemiptera	Gerridae	
	Hebridae	
	Naucoridae	
Odonata	Lestidae	
7	Hirudinea	
	Gastropoda	Planorbidae
	Coleoptera	Dytiscidae
		Hydrophilidae
	Diptera	Psychodidae
	Ephemeroptera	Caenidae
	Hemiptera	Belostomatidae
		Ochteridae
	Megaloptera	Corydalidae
	Odonata	Calopterygidae
Gomphidae		
Libellulidae		
8	Diptera	Ceratopogonidae
		Chironomidae
9	Gastropoda	Physidae
	Diptera	Ephydriidae
		Muscidae
Odonata	Coenagrionidae	
10	Oligochaeta	
	Diptera	Culicidae
		Syrphidae

Fuente: Sermeño Chicas *et al.* (2010a)

Los macroinvertebrados acuáticos representan un grupo muy diverso de organismos acuáticos y la gran cantidad de especies poseen una amplia gama de respuestas a estrés, tales como contaminantes orgánicos, los sedimentos y sustancias tóxicas (DNR s. f.).

Se considera a los macroinvertebrados como indicadores, debido a que su período de vida es lo suficientemente largo para mostrar como son afectados por la presencia de agentes contaminantes, además de que pueden orientar sobre las causas de contaminación de la zona de muestreo (Laidlaw citado por Auquilla 2005).

### **3.6 Biomonitorio.**

El monitoreo biológico incluye la identificación y conteo de macroinvertebrados. El propósito del monitoreo biológico es valorar rápidamente tanto la calidad del agua como el hábitat. La abundancia de diversidad de los macroinvertebrados encontrados, es una indicación de la calidad general del arroyo. Los macroinvertebrados, incluyen insectos acuáticos, camarones, cangrejos y caracoles que viven en varios hábitats del arroyo y que obtienen el oxígeno disuelto del agua. Estos insectos y crustáceos son afectados por todo el estrés que ocurre en el arroyo, provocado tanto por el hombre como por causas naturales (GEPD 2004).

### **3.7 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 (Sermeño Chicas *et al.* 2010b).

### **3.8 Fundamento del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).**

El índice biótico a nivel de familias tiene su fundamento en la teoría Índice Biótico (IB) de Hilsenhoff la cual fue desarrollado en 1977 por el Dr. William Hilsenhoff de la Universidad de Wisconsin, con el propósito de evaluar la reducción de oxígeno disuelto debido a la carga orgánica de los ríos. Esta menciona que los niveles reducidos de oxígeno disuelto, afectan a su vez, la capacidad de cada especie de artrópodo para sobrevivir en un río en particular, el IB es un promedio de valores de tolerancia para todos los individuos recolectados de un punto o sitio de muestreo (Hilsenhoff 1987, citado por Sermeño Chicas *et al* 2010b).

### **3.9 Origen del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)**

El índice biótico a nivel de familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF-SV-2010), tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición, propuestos por Hilsenhoff (Hilsenhoff 1987, citado por Sermeño Chicas *et al* 2010b). Esencialmente, consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada punto o sitio de muestreo, ponderado por su abundancia relativa. De esta manera, el índice presenta dos componentes principales: a) El puntaje asignado a cada grupo de invertebrado acuático; b) La abundancia relativa de los grupos de invertebrados acuáticos encontrados (Sermeño Chicas *et al.* 2010b)

El puntaje de los grupos de invertebrados acuáticos es un valor predeterminado que indica su tolerancia a las condiciones de perturbación (grado de sensibilidad a la contaminación del agua), siguiendo el modelo propuesto por Hilsenhoff (1987), según el cual los valores cercanos a "0" indican baja tolerancia y los cercanos a "10" alta tolerancia a la contaminación del agua. Por otro lado, la abundancia relativa se considera como una

característica propia de cada punto o sitio muestreado en los principales ríos de El Salvador y es un indicativo del nivel de perturbación. También, toda esta información se obtiene a través de una "Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la red "D" en ríos de El Salvador" (Sermeño Chicas *et al.* 2010b).

### 3.10. Asignación de puntajes para aplicar el índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).

Los puntajes de los grupos taxonómicos de invertebrados acuáticos encontrados durante los muestreos en los diferentes ríos del país (cuadro 2), fueron determinados utilizando los parámetros físico-químicos de cada punto o sitio de muestreo en conjunto con la experiencia acumulada en la evaluación de la calidad ambiental de los ríos en Costa Rica. Los parámetros físico-químicos que están más relacionados con la composición de las comunidades de invertebrados acuáticos encontrados en los principales ríos de El Salvador son: Altitud (MSNM), Temperatura del agua (T°), Oxígeno disuelto (OD) y su equivalente en Saturación de oxígeno disuelto (SOD), el contenido de Fosfatos (FOS) y el Total de Sólidos Disueltos (TDS) (Sermeño Chicas *et al.* 2010b).

### 3.11 Características del índice propuesto para El Salvador (IBF-SV-2010).

El índice biótico a nivel de familias de invertebrados acuáticos adaptado para las condiciones de El Salvador (IBF-SV-2010), presenta una buena capacidad para separar a las comunidades de invertebrados acuáticos, provenientes de puntos o sitios de muestreo con diferentes niveles o grados de perturbación. Esta capacidad se observa principalmente en las categorías intermedias (Pobre, Regular Pobre y Regular) (Sermeño Chicas *et al.* 2010b).

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








En el Cuadro 3, se presenta en forma ilustrada el cálculo del IBF-SV-2010. En la primera columna se ubican los grupos taxonómicos encontrados en el punto o sitio de muestreo, en la segunda columna se representa la abundancia (número de individuos) y en la tercera columna, el puntaje asignado. En primer lugar se multiplica la abundancia de cada grupo taxonómico por el puntaje asignado ( $Abd * Ptj$ ) para posteriormente dividirse entre el número total de individuos recolectados en el punto o sitio de muestreo (Abundancia total). El valor del Índice Biológico a nivel de Familia en El Salvador (IBF-SV-2010) se obtiene sumando estos valores y posteriormente ubicarlo dentro de los rangos de las categorías del índice (Cuadro 4) (Sermeño *et al.* 2010b).

Cuadro 3. 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: Leptohiphidae	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
<b>Abundancia total</b>	<b>258</b>	<b>IBF-SV-2010</b>		<b>6.96</b>

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

Cuadro 4. 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 – 6.75	 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.

### 3.13 Metodología para el muestreo de ríos y quebradas con profundidades iguales o menores a 1 metro, y ancho igual o menor a 15 metros.

Técnica: Red de mano con malla de 500 µm. y apertura de 30 cm de zona muestreo; de diferente micro-hábitat dentro del cual es un tramo del río a muestrear de 50 metros. Mecanismo de muestreo: muestra compuesta de tres sub-muestras con red de mano, cada una recolectada en un tiempo de 5 minutos. El muestreo se realiza con el desplazamiento por los micro-hábitats identificados en el sitio, removiendo el fondo del río y colectando el material removido en la red. En caso de que el volumen de la muestra resulte inmanejable, se podrá proceder a una división aleatoria de la muestra, en la cual cada submuestra será representativa de la muestra total. Preservación de la muestra con etanol 90%; preservación de los organismos en etanol 70% (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

### 3.14 Indicaciones generales para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos.

- Hacer 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. Esta actividad se realiza con la debida anticipación según sean los objetivos de la recolecta. Tomar en cuenta las posibilidades de acceso, transporte adecuado, estado del tiempo, etc.
- Estructurar 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 (Anexo 1).
- Preparar materiales y equipo necesario que se utilizará 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.

### 3.15 Métodos de recolecta de muestras de macroinvertebrados acuáticos

En el desarrollo del trabajo de recolecta se usó Red "D". A continuación se resumen los principales aspectos del método de trabajo.

#### 3.15.1 Muestreo con Red "D"

Uno de 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 28x30cm de diámetro en forma de letra "D", con un agarradero de 86cm, una malla coladora de 46 cm de longitud con un poro de 500  $\mu\text{m}$  flexible (Fig. 1).



Figura 1. Red "D" para recolectar macroinvertebrados acuáticos (Sermeño Chicas *et al* 2010b).

### 3.16 Definiciones de ríos de montaña:

Un río de montaña puede definirse a partir de dos criterios principales. En el primero se entendería por río de montaña todo aquel curso de agua natural, perenne o intermitente, que se encuentre en una región considerada como de montaña. Habitualmente se emplean criterios basados en una combinación de altitud y pendiente del terreno, e incluso de latitud y clima. El segundo criterio toma ciertas características hidrogeomorfológicas de los ríos a fin de establecer clasificaciones de diferente complejidad en función del número de variables consideradas. No obstante, si se considera únicamente la pendiente longitudinal del cauce como factor principal, un río de montaña sería aquél cuyo curso tiene una pendiente longitudinal superior al 0.2 % (Chow 1994).

### 3.17 Características hidráulicas y geomorfológicas de ríos de montaña.

El ecosistema montano ofrece una gran diversidad de recursos socioambientales: agua, energía, variedad de ecosistemas en ladera, diversidad genética, recursos forestales y minerales, productos agropecuarios, ocio y turismo, recursos paisajísticos, históricos y culturales, entre otros. De los diferentes flujos de recursos establecidos entre las áreas de montaña y las llanuras adyacentes el hídrico es posiblemente uno de los que hace más patente la dependencia socioambiental respecto de los ecosistemas montanos. En efecto, se ha estimado que más de la mitad de la humanidad depende de los recursos hídricos generados en las cuencas de montaña para satisfacer sus necesidades de agua potable, riego, uso industrial, hidroeléctrico y navegación (Chow 1994).

### 3.18 Método De Aforo

#### Método usando el Correntómetro.

El correntómetro es un instrumento que se usa para medir la velocidad del agua que circula en los canales, cauces de los ríos, quebradas, etc. Tiene la ventaja de ser transportable, sin embargo su operación tiene que estar en manos de personal debidamente entrenado (Chow 1994).

## 4. Materiales y Métodos

### 4.1 Recopilación documental.

Se recopiló información digital de la cuenca correspondiente al río en estudio para efectos de completar información de campo (anexo 1). Se hizo uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), como herramienta estratégica para la creación de un mapa de los sitios evaluados, así como de los grados de presión a contaminación a los que están expuestos.

### 4.2 Caracterización biofísica de la sub cuenca.

#### 4.2.1 Ubicación de la zona.

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.

#### 4.2.4 Geografía

Al norte y oeste la región se encuentra limitado por la cordillera Apaneca-Lamatepec y al sur por el Océano Pacífico. Villa Jujutla está rodeada por los ríos: Cauta, Copinula, Los Apantes y Rosario. Al norte la región de estudio está cultivada de café y al sur por maíz y frijol.

#### 4.2.3 Determinación de los sitios de muestreo.

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

#### 4.2.4 Red hídrica de la zona sur del departamento de Ahuachapán:

Concepción de Ataco y parte de la zona norte del municipio de Jujutla esta irrigado por los ríos: Asino, Chacala, Los Apantes, Copinula, Matala, El Limo, Los Chorros, La Fortuna, Las Maravillas, El Tamagás, El Rosario, Cauquenes, Atzumpa, La Lechera y El Molino. Algunas quebradas son: El Tarro, Las Lajas, Sisiniara, Quezalapa, Achutitán, Cauta, La Fortuna, San José, La Soledad, Agua Shuca, Santa Julia, El Potrero y La Peña. Las fuentes de agua potable más importantes son: Atzumpa, Naranjito, La Ceiba, El Tarro, Los Ascencio, El Pepeto, El Barril, Escondido, El Arco, Las Lajas, Admunga, El Arenal, La Boba y El Potrero del Cangrejo; Jujutla es irrigado por el río Diamante, Negro, Zapua, Cauta, Los Apantes, El Regalito, Sunzacuapa, Chacala (Guzmán,1985). Siendo uno de los más importantes entre estos el río Copinula, debido a su recorrido e importancia agroecoturística. El río Copinula tiene un trayecto de 8.675 km desde la zona sur de el municipio de Ataco hasta interceptarse con el río Los Apantes dentro del área municipal de Jujutla (Fig. 2).

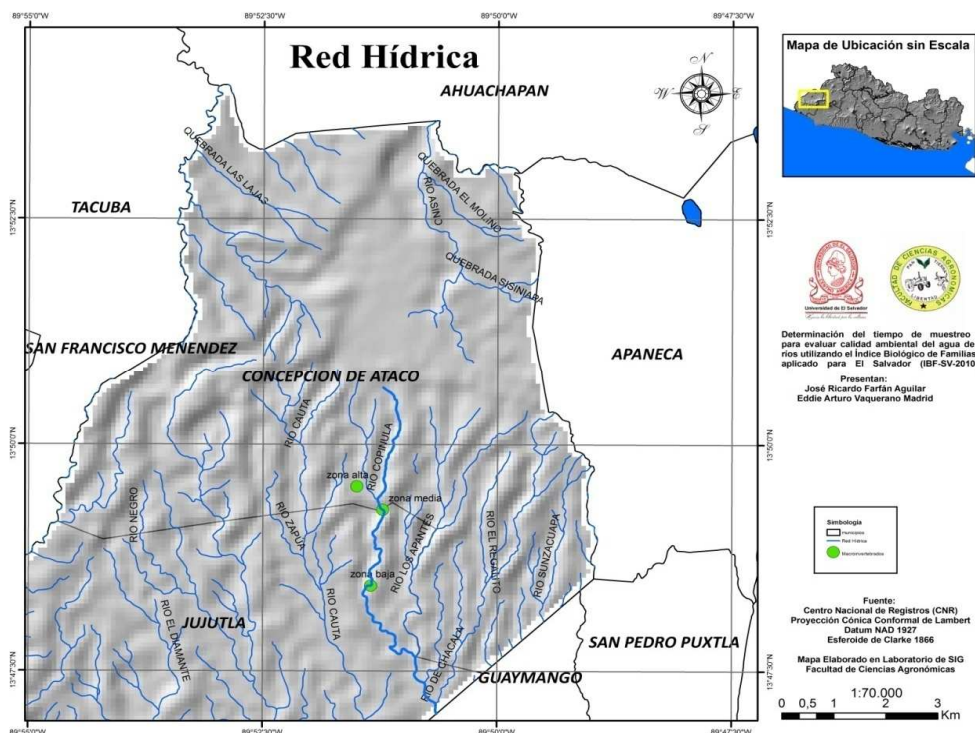


Figura 2. Mapa de red Hídrica del área de estudio.

#### 4.2.5 Zonas de vida

De acuerdo al mapa de zonas de vida del Dr. Holdridge el sitio de estudio pertenece a la zona bosque muy húmedo subtropical (bmh-S) siendo su suelo utilizado para el cultivo de café. Según el mapa de vegetación, la cobertura vegetal es de Bosque cafetal (SNET, 2006).

Constituye la primer zona de vida de El Salvador, la formación del bosque sub húmedo tropical abarca desde el nivel del mar hasta los 1700 msnm y se divide en dos subzonas (Fig. 3):

- sub zona baja con temperatura alta denominada por bosque humedo subtropical caliente
- sub zona alta llamada bosque húmedo subtropical fresco en el que predominan temperaturas menores a la sub zona anterior

Dentro del area de bosque cafetal y el bosque nativo, existe una zona denominada area de transicion por el tipo de vegetacion que es comun en areas de menor altitud sobre el nivel del mar (Fig. 4).

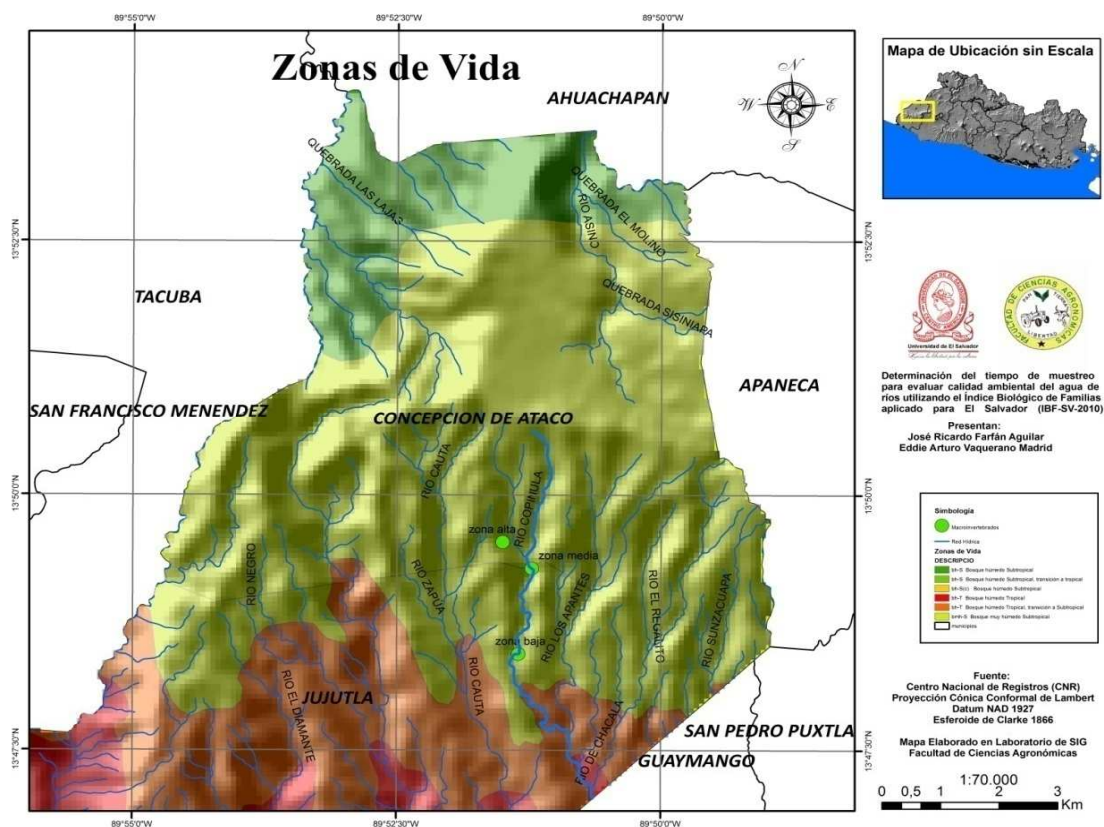


Figura 3. Mapa de zonas de vida de la sub Cuenca del río Copinula según Holdridge.



Figura 4. Bosque primario y transición.

#### 4.2.5.1 Clima

De acuerdo al perfil climatológico, el departamento de Ahuachapán predomina el clima templado. La temperatura promedio máxima corresponde al mes de abril (34°C) aunque en todo el año puede presentar temperatura entre 18°C a 30°C. La temperatura promedio mínima corresponde a los meses de diciembre (17°C) y enero (16°C). El rumbo del viento predominante es Noreste en las épocas seca y lluviosa. La brisa marina del Sureste ocurre después del mediodía. La velocidad promedio anual del viento es de 8.1 kilómetros por hora (SNET, 2010).

El promedio mensual de la humedad relativa oscila entre 84% en septiembre a 62% en febrero, alcanzando valores más altos correspondientes al mes más lluvioso y al mes más seco. Los meses más lluviosos son junio (290 mm) y septiembre (340 mm) los de menor precipitación son Diciembre, Enero y Febrero (0.0 a 0.1 mm) que corresponden a la época seca (SNET, 2010).

#### 4.2.6. Tipo de suelo

Suelos: Pertenecen a los grandes grupos Litosol, Latosol Arcillo rojizo y Latosol Pardo Forestal. Predominan los suelos poco profundos, franco arcilloso a arcillosos pardo oscuro y pedregoso (Fig.5). En algunas aéreas estos suelos presentan buen desarrollo y roca madre bien intemperizada así como afloramientos rocosos de considerable magnitud

Fisiografía: Chpa Chiltiupan Santa Ana muy accidentado en montañas. Áreas montañosas con fuerte disección en la zona intermedia y con alturas comprendidas de los 600 a 1300 msnm el relieve es alto y las pendientes varían entre 60% a más del 100%. Las capas inferiores están formadas por lavas oscuras, tobas fundidas y en menor proporción por polvos y pómez volcánicos. El drenaje interno es variado, el exterior varía de moderado a rápido. Por tener estos suelos de menor profundidad, retienen menor contenido de humedad en la época seca (Fig. 6). (Molina; Bourmy; Campos 1964).

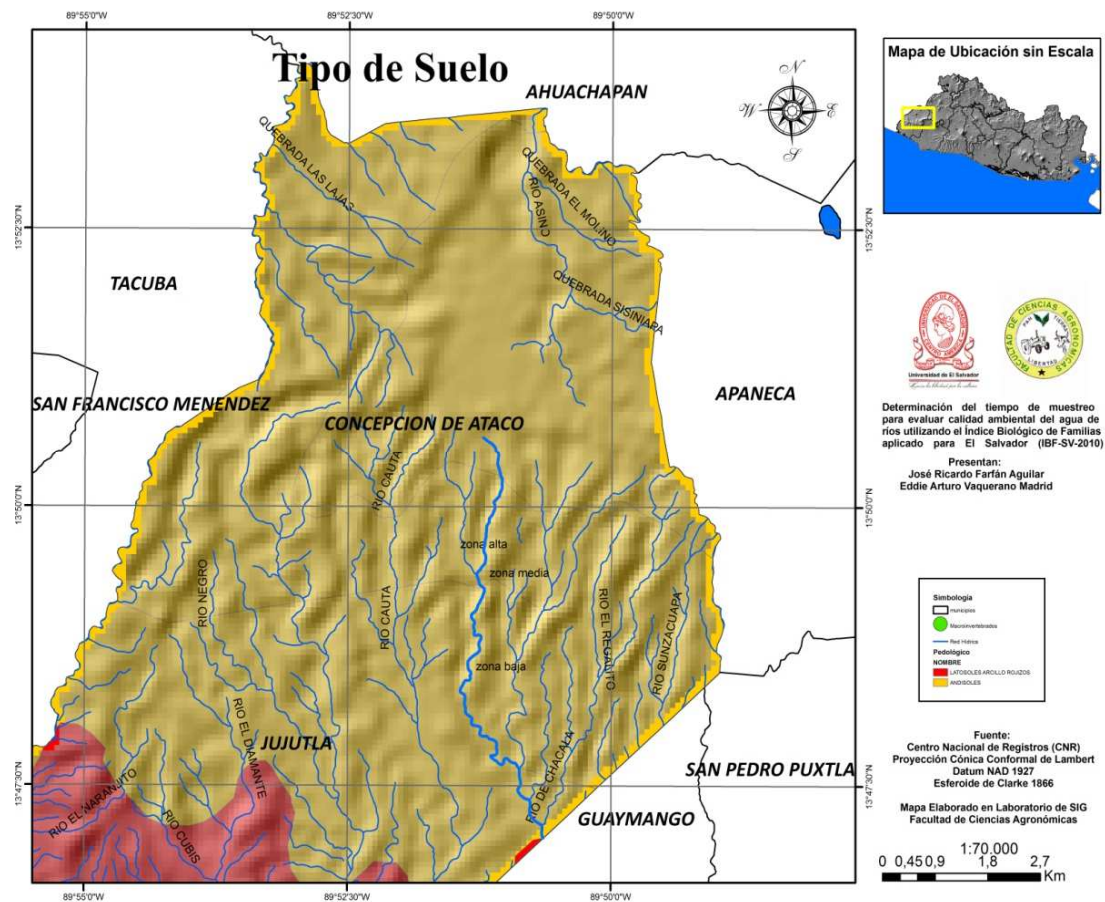


Figura 5. Mapa de tipo de suelo de la sub cuenca del río Copinula.



Figura 6 Perfil del suelo de la sub cuenca del río Copinula.

#### 4.2.7. Uso Actual

El Área donde se ubica la trayectoria del río Copinula esta cultivada en su mayoría por café de la variedad Bourbon, asociado con árboles de sombra en su mayoría *Inga sp.* La vegetación primaria está compuesta por varias especies de helechos, *Quercus*, Coníferas y árboles frutales cítricos, sapindaceas, y musáceas (Fig. 7).



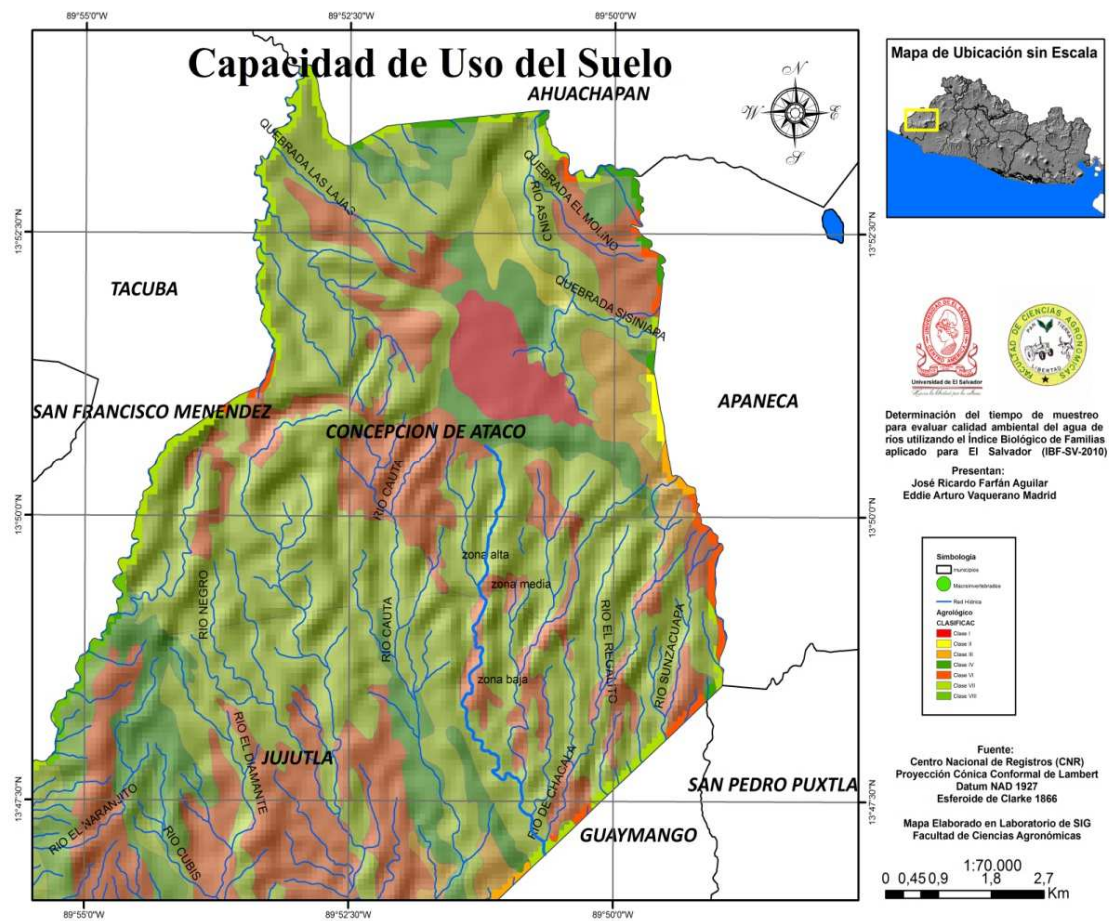


Figura 8. Mapa de capacidad de uso del suelo de la sub cuenca del río Copinula.

#### 4.2.9. Pendientes

Dentro de la cuenca hay diferentes elevaciones que van desde 763 msnm hasta 1053 msnm. En el área en estudio se determinaron dos áreas, una área de café con buen potencial productivo con pendientes de 30% a 55% y otra área de café que no recibe ningún tipo de manejo con pendientes de 20% a 40% (Fig. 9).

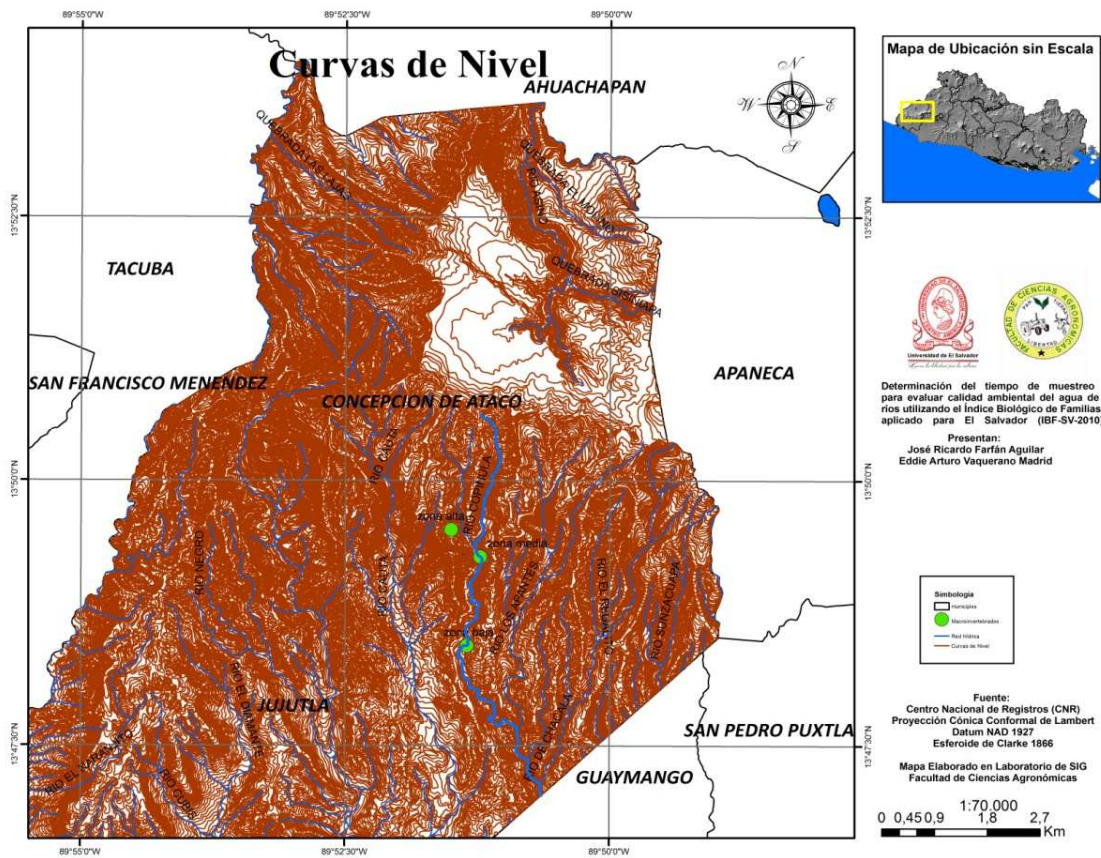


Figura 9. Mapa de curvas a nivel de la sub cuenca del río Copinula.

La sub cuenca del río Copinula está situado dentro de la gran cuenca del río Cauta; esta es irrigada por afluentes que se incorporan al río Copinula durante todo su recorrido hasta interceptarse con el río Los Apantes en el límite municipal de Jujutla, las condiciones de curvas a nivel generan que las escorrentías superficiales arrastren sedimentos de las partes más altas hasta las zonas más bajas cercanas a la costa

### 4.3 Metodología de campo.

#### 4.3.1 Información tomada 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 (Fig. 10). Y 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 recolector.

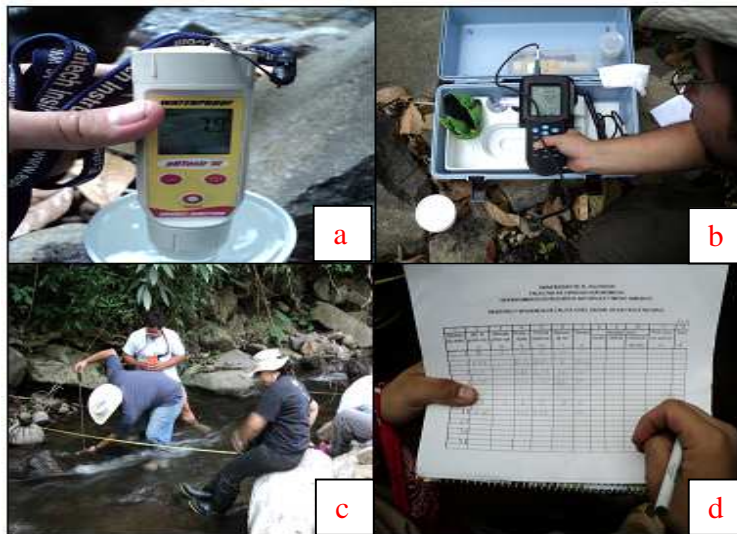


Figura 10. a) medidor de pH, b) sonda multiparámetros, c) medición del tramo del río y lectura del micromolinet, d) hoja de campo para lecturas del micromolinet.

#### 4.3.2 Muestreo de Macroinvertebrados Acuáticos.

Es necesario seguir correctamente los pasos para la recolecta de macroinvertebrados, y la toma de datos en afluentes porque de esto dependerá el éxito en el resultado de salud que del río en estudio (Fig. 11).



Figura 11. 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.

### 4.3.3 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 Estereoscopios 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 observacion de los macroinvertebrados al quedar limpios en el agua, luego de estos los organismos son depositados en frascos con alcohol al 70% para su conservación (Fig.12).



Figura 12. 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.

### 4.3.4 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 estereoscopios, estos fueron contabilizados e identificadas a nivel de orden y familia, se les asignó una clave correlativo por muestra y se identificó debidamente usando viñetas de papel vegetal dentro de frascos con alcohol al 70% para la conservación de estos (Fig.13).



Figura 13. a) Colocación del sustrato con organismos en recipientes plásticos, b) limpieza de muestras usando estereoscopios, c) macroinvertebrados recolectados en cada muestra, d) identificación taxonómica de las familias de macroinvertebrados.

#### 4.3.4.1 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 cinco 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”.

#### 4.3.4.2 Nomenclatura para la lectura de Cuadros y hojas Excel.

- El primer número significa zona de estudio (1 zona alta, 2 zona media, 3 zona baja de la cuenca).
- El segundo número tiempo aplicado de recolecta (3,5 y 7 minutos).
- El tercer número significa bloque, cada bloque consta de 3 submuestras (1.3.1; 1.3.1; 1.3.1).
- Estas tablas Excel poseen la sumatoria global 3 submuestras haciendo un total de 81 submuestras procesadas en laboratorio. Con estos cuadros representativos se elaboraron los gráficos de abundancia por familia e Índice Biológico de Familias aplicado para El Salvador IBF-SV-2010, posteriormente se elaboraron los cuadros de varianza y prueba de “T” para concluir con el análisis comparativo de tiempos de muestreo.

**Cuadro 5. Claves para manejar muestras y repeticiones estadísticas.**

1.3.1	Punto 1 de muestreo zona alta con el tiempo de 3 minutos y submuestra uno (Bloque 1).
1.3.1	
1.3.1	
1.3.2	Bloque 2
1.3.2	
1.3.2	
1.3.3	Bloque 3
1.3.3	
1.3.3	
1.5.1	Punto 1 de muestreo zona alta con el tiempo de 5 minutos y submuestra uno.
1.5.2	
1.5.3	
1.7.1	Punto 1 de muestreo zona alta con el tiempo de 7 minutos y submuestra uno.
1.7.2	
1.7.3	
2.3.1	Punto 2 de muestreo zona media con el tiempo de 3 minutos y submuestra uno.
2.3.2	
2.3.3	
2.5.1	Punto 2 de muestreo zona media con el tiempo de 5 minutos y submuestra uno
2.5.2	
2.5.3	
2.7.1	Punto 2 de muestreo zona media con el tiempo de 7 minutos y submuestra uno
2.7.2	
2.7.3	
3.3.1	Punto 3 de muestreo zona baja con el tiempo de 3 minutos y submuestra uno
3.3.2	
3.3.3	
3.5.1	Punto 3 de muestreo zona baja con el tiempo de 5 minutos y submuestra uno
3.5.2	
3.5.3	
3.7.1	Punto 3 de muestreo zona baja con el tiempo de 7 minutos y submuestra uno
3.7.2	
3.7.3	

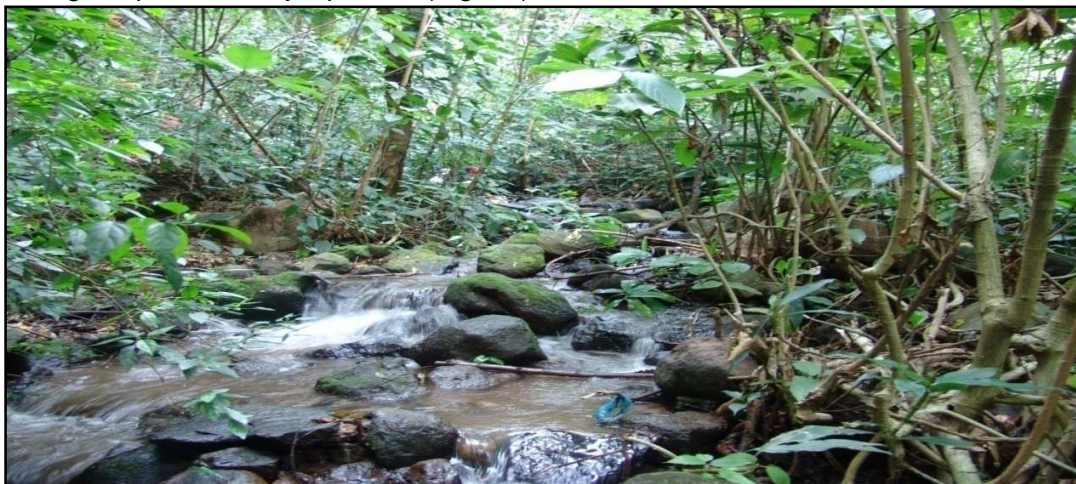
## 5. Resultados y Discusión

### 5.1 Zona alta de la sub cuenca del río Copinula.

#### 5.1.1 Ríos de Montaña, Detalles del Sitio:

Coordenadas GPS:  $-89^{\circ}51'30.0486$  y  $13^{\circ}49'29.1756$ . Altitud: 1053 msnm.

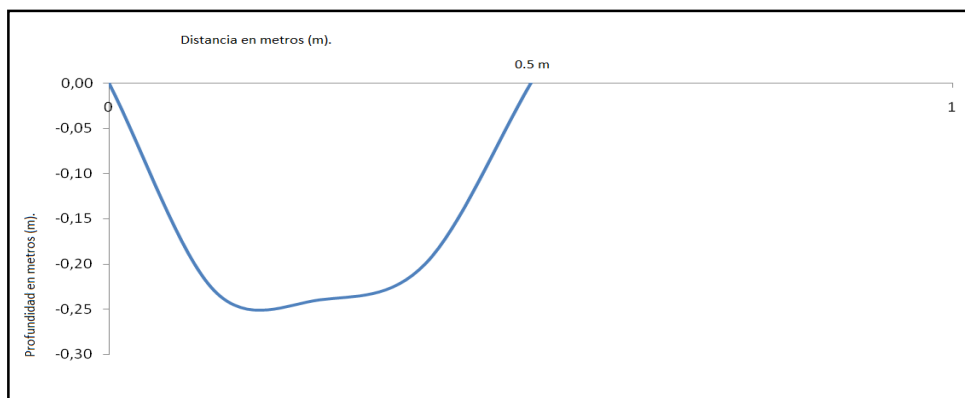
Presencia de pedregosidad en su mayoría de tamaño pequeña y mediana, presenta características de suelos arcillosos que pertenecen al grupo de los Litosoles, abundante materia orgánica, troncos, hojas y raíces en descomposición, vegetación muy densa, primaria arbustiva y helechos, poca incidencia de luz solar, caudal de agua con pequeños remansos en forma de riachuelo con flujo constante, las riberas están cultivadas de café sin ningún tipo de manejo químico (Fig. 14).



**Figura 14.** Zona alta de la sub cuenca del río Copinula, con una altitud de 1053 msnm.

#### 5.1.2. Características físicas del agua

El tramo muestreado pertenece a la zona alta de la sub cuenca este presenta un tipo de curso inicial con un ancho aproximado de 1.5m y Profundidad media de 0.17 m (Fig 15). Posee una velocidad de agua de 0.29m/s y un caudal de 26 L/s; en este sitio hay abundancia de Gastropodos; el agua presenta buenas características inodoras y cristalinas



**Figura 15.** 1 Forma de trayecto del cauce y profundidades de agua (m).

Este afluente posee un caudal permanente durante todo el año aumentado su caudal en invierno de manera considerable, aumentado en pequeñas pozas y encharcamientos, en el sitio se realizaron dos lecturas con el micromolinetete en un intervalo de 0.5m de distancia.

### 5.1.3 Características químicas del agua para el primer sitio de muestreo.

Los parámetros químicos obtenidos se analizaron en función a la tabla resumen de normas de calidad para el uso del agua que aparece en el Informe Final Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador (Esquivel 2007).

Cuadro 6. Valores químicos del agua obtenidos por medio de Sonda Multiparametros

OD	5.66 mg/L	73.2 %
CONDUCTIVIDAD	116.3 $\mu$ S/cm	
TDS	59.4 mg.L	
SAL	0.0 %	
pH	8.7	
TEMPERATURA	21.6°C	

El oxígeno disuelto presenta 5.66 mg/L esto demuestra buenas condiciones para el desarrollo de vida acuática según las concentraciones máximas admisibles y las normas establecidas por CMC (EPA). La conductividad de 116.3  $\mu$  S/cm es menor a 1600  $\mu$  S/cm según CONACYT y presenta condiciones para agua potable (Anexo 3). Los sólidos totales disueltos 59.4 mg/L son menor a 1000 mg/L y es aceptable según las condiciones máximas admisibles por CONACYT, presenta condiciones para agua potable.

El valor del pH de 8.7 tiene condiciones para el desarrollo de vida acuática, agua potable, agua de vertido y riego en la agricultura. La temperatura de 21.6°C es normal en este tipo de vertiente de ríos de montaña.

### 5.1.4 Abundancia de familias y número de individuos encontrados en las diferentes muestras colectadas en la zona alta de la sub cuenca del río Copinula.

Para el mejor manejo de resultados obtenidos fue necesario elaborar cuadros resumen de 3 sub-muestras, con un número correlativo de muestra, fecha de muestreo, colector, persona que identifico taxonómicamente, nombre del río, cantidad y nombre de familias de macroinvertebrados y su calificación según el IBF-SV-2010 (Cuadro 7).

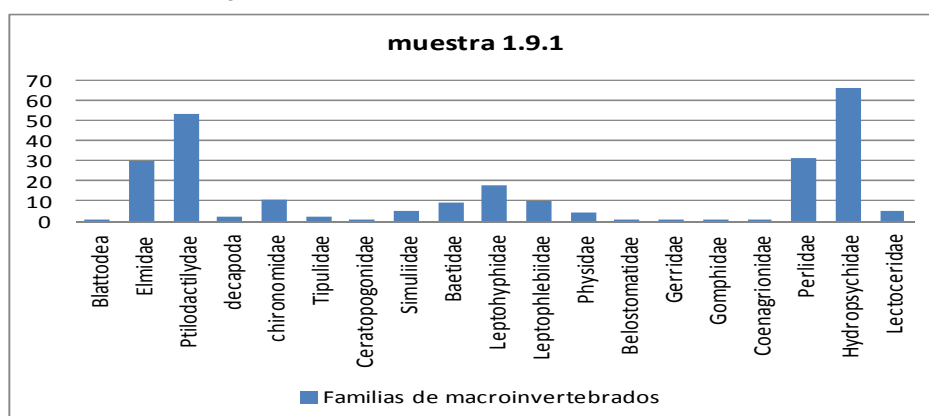
La abundancia total de familias de la muestra 1.9.1 fue de 19 haciendo un total de 252 individuos capturados utilizando el tiempo de muestreo de 3 minutos por cada sub muestra (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.9.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Blattodea	Blattodea	1	3	3	0.011904762
Coleoptera	Elmidae	30	4	120	0.476190476
Coleoptera	Ptilodactilydae	53	3	159	0.630952381
decapoda	decapoda	2	6	12	0.047619048
Diptera	chironomidae	11	8	88	0.349206349
Diptera	Tipulidae	2	5	10	0.03968254
Diptera	Ceratopogonidae	1	8	8	0.031746032
Diptera	Simuliidae	5	6	30	0.119047619
Ephemeroptera	Baetidae	9	6	54	0.214285714
Ephemeroptera	Leptohyphidae	18	6	108	0.428571429
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10	5	50	0.198412698
gastropoda	Physidae	4	9	36	0.142857143
Hemiptera	Belostomatidae	1	7	7	0.027777778
Hemiptera	Gerridae	1	6	6	0.023809524
Odonata	Gomphidae	1	7	7	0.027777778
Odonata	Coenagrionidae	1	9	9	0.035714286
Plecoptera	Perlidae	31	2	62	0.246031746
Tricoptera	Hydropsychidae	66	5	330	1.30952381
Tricoptera	Lectoceridae	5	4	20	0.079365079
		<b>252</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.44047619</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Durante la recolecta de campo en la época seca abril 2011 se observó la presencia de las siguientes familias predominantes para esta muestra: 66 individuos de la familia Hydropsychidae que representan un 26% siendo esta la familia de mayor predominancia, 53 individuos de la familia Ptilodactylidae que representan un 21%, 31 individuos de la familia Perlidae que son un 12% y 30 individuos de la familia Elmidae con un 12% de importancia numérica (Fig. 16).



**Figura 16.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.9.1

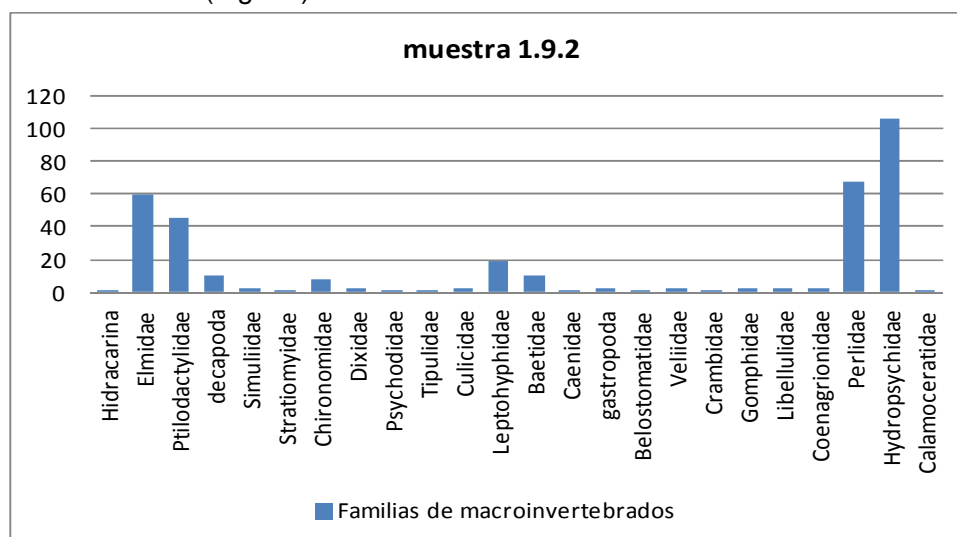
La abundancia total de familias encontradas en la muestra 1.9.2 fue de 24, y se colectaron 356 individuos utilizando 3 minutos por cada sub muestra (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.9.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Acarina	Hidracarina	1	5	5	0.014044944
Coleoptera	Elmidae	60	4	240	0.674157303
Coleoptera	Ptilodactylidae	46	3	138	0.387640449
decapoda	decapoda	10	6	60	0.168539326
Diptera	Simuliidae	3	6	18	0.050561798
Diptera	Stratiomyidae	1	6	6	0.016853933
Diptera	Chironomidae	8	8	64	0.179775281
Diptera	Dixidae	2	5	10	0.028089888
Diptera	Psychodidae	1	7	7	0.019662921
Diptera	Tipulidae	1	5	5	0.014044944
Diptera	Culicidae	2	10	20	0.056179775
Ephemeroptera	Leptohyphidae	19	6	114	0.320224719
Ephemeroptera	Baetidae	10	6	60	0.168539326
Ephemeroptera	Caenidae	1	7	7	0.019662921
gastropoda	gastropoda	3	9	27	0.075842697
Hemiptera	Belostomatidae	1	7	7	0.019662921
Hemiptera	Veliidae	3	5	15	0.042134831
Lepidoptera	Crambidae	1	5	5	0.014044944
Odonata	Gomphidae	3	7	21	0.058988764
Odonata	Libellulidae	3	7	21	0.058988764
Odonata	Coenagrionidae	3	9	27	0.075842697
Plecoptera	Perlidae	67	2	134	0.376404494
Tricoptera	Hydropsychidae	106	5	530	1.488764045
Tricoptera	Calamoceratidae	1	2	2	0.005617978
		<b>356</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.334269663</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

El gráfico muestra 106 individuos de la familia Hydropsychidae y representa un 30%, siendo esta la familia de mas predominante en esta muestra en relación a la dominancia numérica, 60 individuos de la familia Elmidae con un 17%, 67 individuos de la familia Perlidae con un 19% y 46 individuos de la familia Ptilodactylidae con un 13% de dominancia numérica (Fig. 17).



**Figura 17.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.9.2.

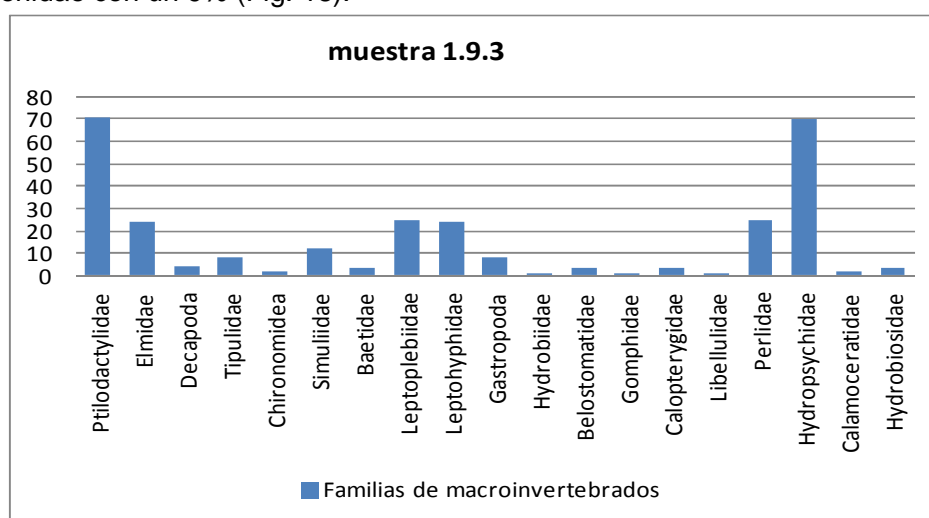
La abundancia total de familias encontradas en la muestra 1.9.3 fue de 19, y se colectaron 290 individuos utilizando 3 minutos por cada sub muestra (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.9.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Ptilodactylidae	71	3	213	0.734482759
Coleoptera	Elmidae	24	4	96	0.331034483
Decapoda	Decapoda	4	6	24	0.082758621
Diptera	Tipulidae	8	5	40	0.137931034
Diptera	Chironomidea	2	8	16	0.055172414
Diptera	Simuliidae	12	6	72	0.248275862
Ephemeroptera	Baetidae	3	6	18	0.062068966
Ephemeroptera	Leptoplebiidae	25	5	125	0.431034483
Ephemeroptera	Leptohyphidae	24	6	144	0.496551724
Gastropoda	Gastropoda	8	9	72	0.248275862
Gastropoda	Hydrobiidae	1	4	4	0.013793103
Hemiptera	Belostomatidae	3	7	21	0.072413793
Odonata	Gomphidae	1	7	7	0.024137931
Odonata	Calopterygidae	3	7	21	0.072413793
Odonata	Libellulidae	1	7	7	0.024137931
Plecoptera	Perlidae	25	2	50	0.172413793
Trichoptera	Hydropsychidae	70	5	350	1.206896552
Trichoptera	Calamoceratidae	2	5	10	0.034482759
Trichoptera	Hydrobiosidae	3	4	12	0.04137931
		<b>290</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.489655172</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Los organismos predominantes de esta muestra fueron la familia Ptilodactylidae y representa un 24% de dominancia numérica, 70 individuos de la familia Hydropsychidae con un 24%, 25 individuos de la familia Leptophlebiidae con un 9% y 25 individuos de la familia Perlidae con un 9% (Fig. 18).



**Figura 18.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.9.3.

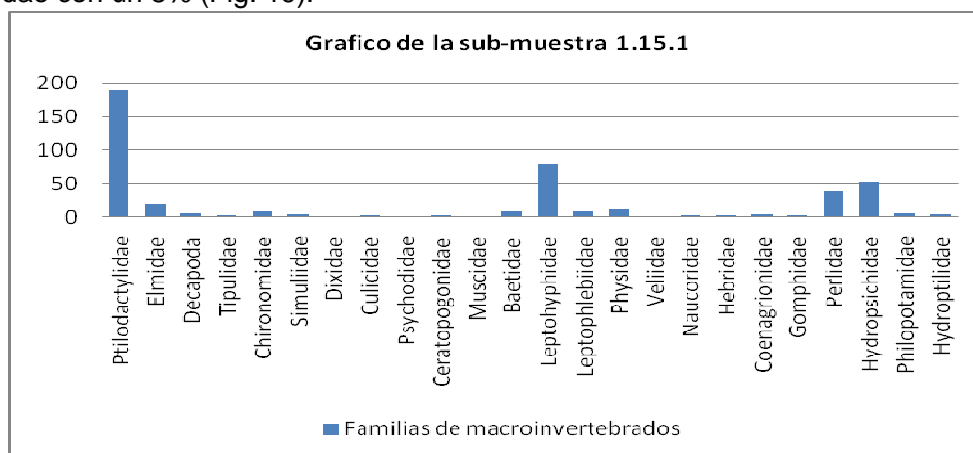
La abundancia total de familias encontradas en la muestra 1.15.1 fue de 24 y se colectaron 461 individuos utilizando 5 minutos por cada sub muestra (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.15.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Ptilodactylidae	190	3	570	1.236442516
Coleoptera	Elmidae	21	4	84	0.182212581
Decapoda	Decapoda	5	6	30	0.065075922
Diptera	Tipulidae	3	5	15	0.032537961
Diptera	Chironomidae	9	8	72	0.156182213
Diptera	Simuliidae	4	6	24	0.052060738
Diptera	Dixidae	1	5	5	0.010845987
Diptera	Culicidae	3	10	30	0.065075922
Diptera	Psychodidae	1	7	7	0.015184382
Diptera	Ceratopogonidae	2	8	16	0.034707158
Diptera	Muscidae	1	9	9	0.019522777
Ephemeroptera	Baetidae	8	6	48	0.104121475
Ephemeroptera	Leptohyphidae	79	6	474	1.028199566
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	8	5	40	0.086767896
Gastropoda	Physidae	13	9	117	0.253796095
Hemiptera	Veliidae	1	5	5	0.010845987
Hemiptera	Naucoridae	2	6	12	0.026030369
Hemiptera	Hebridae	3	6	18	0.039045553
Odonata	Coenagrionidae	4	9	36	0.078091106
Odonata	Gomphidae	3	7	21	0.045553145
Plecoptera	Perlidae	39	2	78	0.169197397
Trichoptera	Hydropsichidae	52	5	260	0.563991323
Trichoptera	Philopotamidae	5	5	25	0.054229935
Trichoptera	Hydroptilidae	4	4	16	0.034707158
		<b>461</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.364425163</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

El gráfico muestra 190 individuos de la familia Ptilodactylidae que representan un 41% siendo esta la familia mas predominante, 79 individuos de la familia Leptohyphidae con un 17%, 52 individuos de la familia Hydropsychidae con un 11% y 39 individuos de la familia Perlidae con un 8% (Fig. 19).



**Figura 19.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.15.1

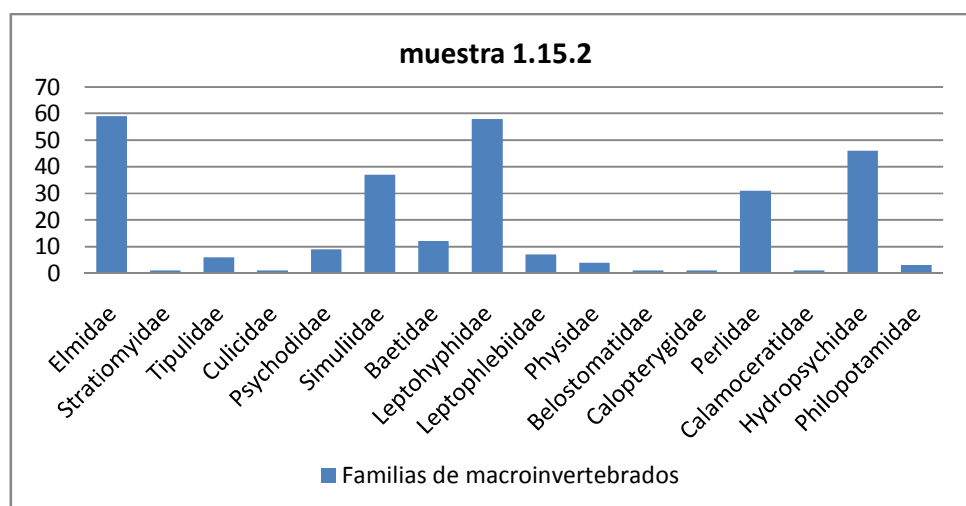
La abundancia total de familias encontradas en la muestra 1.15.2 fue de 19, y se colectaron 460 individuos utilizando 5 minutos por cada sub muestra (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.15.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	59	4	236	0.513043478
Diptera	Stratiomyidae	1	6	6	0.013043478
Diptera	Tipulidae	6	5	30	0.065217391
Diptero	Culicidae	1	10	10	0.02173913
Dipteros	Psychodidae	9	7	63	0.136956522
Dipteros	Simuliidae	37	6	222	0.482608696
Ephemeroptera	Baetidae	12	6	72	0.156521739
Ephemeroptera	LeptoHyphidae	58	6	348	0.756521739
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	7	5	35	0.076086957
Gastropoda	Physidae	4	9	36	0.07826087
Hemiptera	Belostomatidae	1	7	7	0.015217391
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.015217391
Plecoptera	Perlidae	31	2	62	0.134782609
Tricoptera	Calamoceratidae	1	2	2	0.004347826
Tricoptera	Hydropsychidae	46	5	230	0.5
Tricoptera	Philopotamidae	3	5	15	0.032608696
		<b>277</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>3.002173913</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Las familias predominantes fueron las siguientes: 165 individuos de la familia Ptilodactylidae que representan un 36% de dominancia numérica, 59 individuos de la familia Elmidae con un 13%, 58 individuos de la familia LeptoHyphidae con un 13% y 46 individuos de la familia Hydropsychidae con un 10% (Fig. 20).



**Figura 20.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.15.2

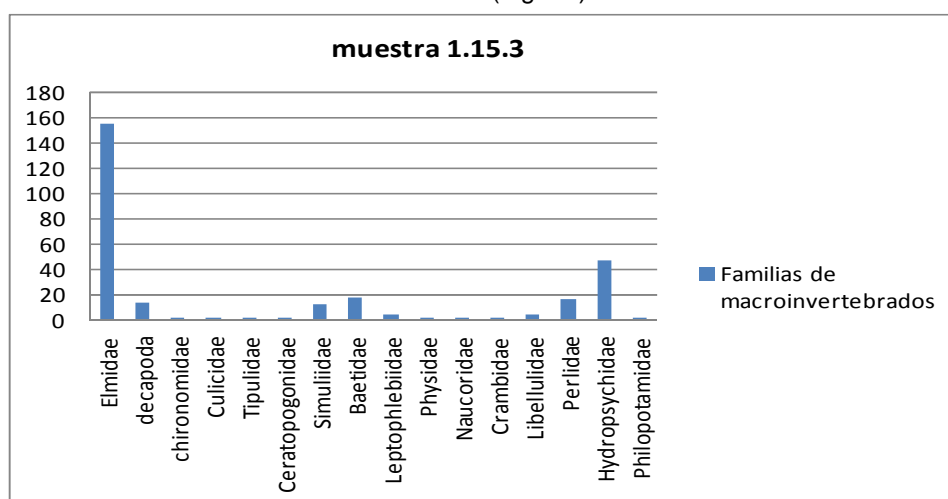
La abundancia total de familias encontradas en la muestra 1.15.3 fue de 16, y se colectaron 278 individuos utilizando 5 minutos por cada sub muestra (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.15.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	155	4	620	2.23021583
decapoda	decapoda	13	6	78	0.28057554
Diptera	chironomida	1	8	8	0.02877698
Diptera	Culicidae	1	10	10	0.03597122
Diptera	Tipulidae	1	5	5	0.01798561
Diptera	Ceratopogor	2	8	16	0.05755396
Dipteros	Simuliidae	12	6	72	0.25899281
Ephemeropt	Baetidae	17	6	102	0.36690647
Ephemeropt	Leptophlebi	4	5	20	0.07194245
gastropoda	Physidae	2	9	18	0.0647482
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.02158273
Lepidoptera	Crambidae	1	5	5	0.01798561
Odonata	Libellulidae	4	7	28	0.10071942
Plecoptera	Perlidae	16	2	32	0.11510791
Tricoptera	Hydropsychi	47	5	235	0.84532374
Tricoptera	Philopotami	1	5	5	0.01798561
		<b>278</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.5323741</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Durante la colecta de campo en la época seca abril 2011 se observó la presencia de las siguientes familias predominantes: 155 individuos de la familia Elmidae que representa un 56% siendo esta familia mas predominante, 47 individuos de la familia Hydropsychidae con un 17%, 17 individuos de la familia Baetidae con un 6% y 16 individuos de la familia Perlidae con un 6% de dominancia numérica (Fig. 21).



**Figura 21.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.15.3

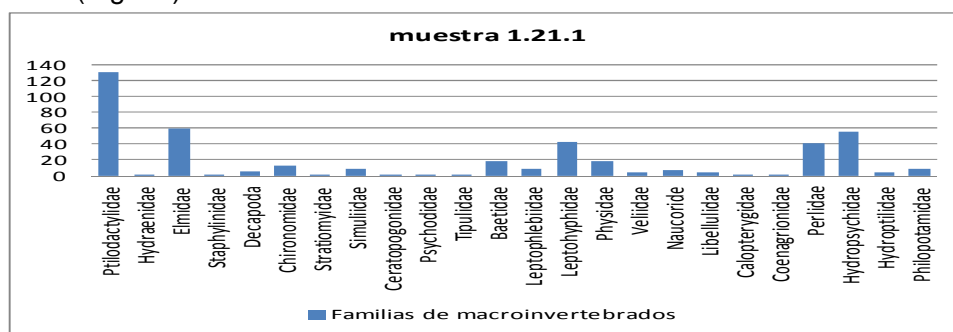
La muestra 1.21.1 presenta una abundancia de familias de 24, y una cantidad total de 445 individuos colectados usando 7 minutos por cada sub muestra (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.21.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Ptilodactylidae	131	3	393	0.88314607
Coleoptera	Hydraenidae	2	5	10	0.02247191
Coleoptera	Elmidae	59	4	236	0.53033708
Coleoptera	Staphylinidae	1	6	6	0.01348315
Decapoda	Decapoda	6	6	36	0.08089888
Diptera	Chironomidae	13	8	104	0.23370787
Diptera	Stratiomyidae	1	6	6	0.01348315
Diptera	Simuliidae	9	6	54	0.12134831
Diptera	Ceratopogonidae	2	8	16	0.03595506
Diptera	Psychodidae	1	7	7	0.01573034
Diptera	Tipulidae	1	5	5	0.01123596
Ephemeroptera	Baetidae	19	6	114	0.25617978
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	8	5	40	0.08988764
Ephemeroptera	Leptohiphidae	43	6	258	0.57977528
Gastropoda	Physidae	18	9	162	0.36404494
Hemiptera	Veliidae	5	5	25	0.05617978
Hemiptera	Naucoride	7	6	42	0.09438202
Odonata	Libellulidae	5	7	35	0.07865169
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.01573034
Odonata	Coenagrionidae	2	9	18	0.04044944
Plecoptera	Perlidae	41	2	82	0.18426966
Trichoptera	Hydropsychidae	56	5	280	0.62921348
Trichoptera	Hydroptilidae	5	4	20	0.04494382
Trichoptera	Philopotamidae	9	5	45	0.1011236
		<b>445</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.49662921</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

El gráfico 1.7.1 muestra 131 individuos de la familia Ptilodactylidae que representa un 29% de predominancia, 56 individuos de la familia Hydropsychidae con un 13%, 59 individuos de la familia Elmidae con un 13% y 43 individuos de la familia Leptohiphidae con un 10% (Fig. 22).



**Figura 22.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.21.1

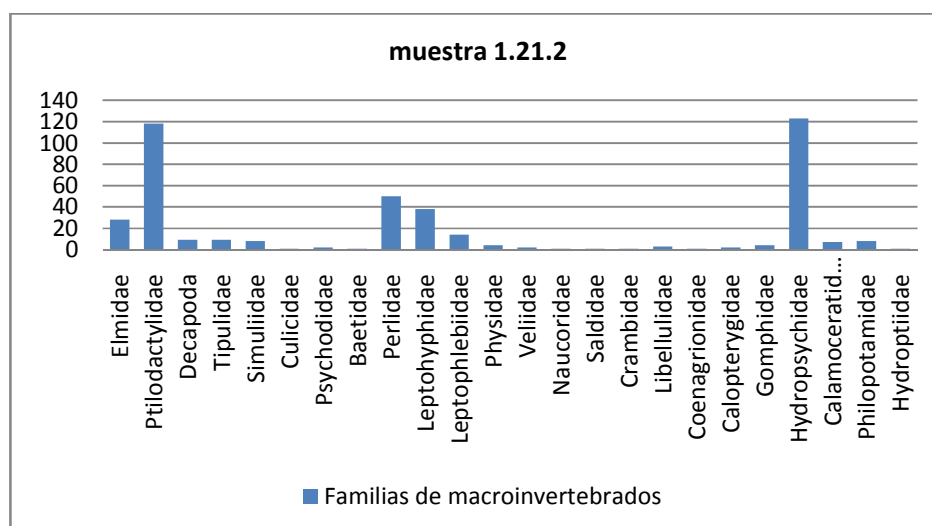
La muestra 1.21.2 presento una abundancia de familias de 24, y una cantidad total de 436 individuos colectados usando 7 minutos por cada sub muestra (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.21.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	28	4	112	0.25688073
Coleoptera	Ptilodactylidae	118	3	354	0.81192661
Decapoda	Decapoda	9	6	54	0.12385321
Diptero	Tipulidae	9	5	45	0.10321101
Diptero	Simuliidae	8	6	48	0.11009174
Diptero	Culicidae	1	10	10	0.02293578
Diptero	Psychodidae	2	7	14	0.03211009
Ephemeroptera	Baetidae	1	6	6	0.01376147
Ephemeroptera	Perlidae	50	2	100	0.2293578
Odonata	Gomphidae	4	7	28	0.06422018
Trichoptera	Hydropsychidae	123	5	615	1.41055046
Trichoptera	Calamoceratidae	7	2	14	0.03211009
Trichoptera	Philopotamidae	8	5	40	0.09174312
Trichoptera	Hydroptiidae	1	4	4	0.00917431
		<b>369</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>3.31192661</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

La familia Hydropsychidae mostró 123 individuos y representan un 28% de predominancia, 118 individuos de la familia Ptilodactylidae con un 27%, 50 individuos de la familia Perlidae con un 11% y 38 individuos de la familia Leptohyphidae con un 9% de dominancia (Fig. 23).



**Figura 23.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.21.2

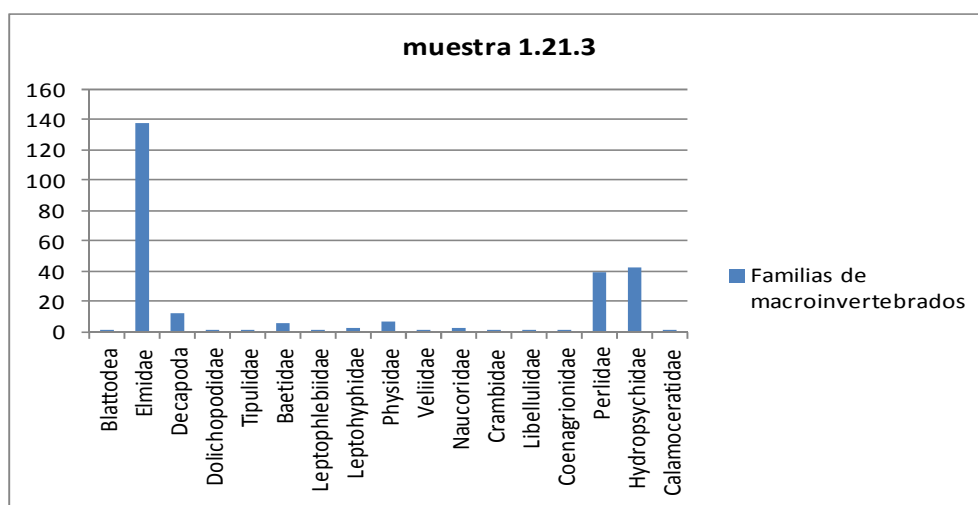
En la muestra 1.21.3 se encontraron 17 familias representativas con un total de 265 individuos utilizando 7 minutos por muestreo (Cuadro 15).

**Cuadro 15.** Calculo del IBF-SV en la muestra 1.21.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Blattodea	Blattodea	1	3	3	0.01132075
Coleoptera	Elmidae	138	4	552	2.08301887
Decapoda	Decapoda	12	6	72	0.27169811
Diptera	Dolichopodidae	1	6	6	0.02264151
Diptera	Tipulidae	2	5	10	0.03773585
Ephemeroptera	Baetidae	6	6	36	0.13584906
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	5	10	0.03773585
Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	6	18	0.06792453
Gastropoda	Physidae	7	9	63	0.23773585
Hemiptera	Veliidae	1	5	5	0.01886792
Hemiptera	Naucoridae	3	6	18	0.06792453
Lepidoptera	Crambidae	2	5	10	0.03773585
Odonata	Libellulidae	1	7	7	0.02641509
Odonata	Coenagrionidae	2	9	18	0.06792453
Plecoptera	Perlidae	39	2	78	0.29433962
Trichoptera	Hydropsychidae	43	5	215	0.81132075
Tricoptera	Calamoceratidae	2	2	4	0.01509434
		<b>265</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.24528302</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Se recolectaron 138 individuos de la familia Elmidae que representan un 52% de predominancia, 43 individuos de la familia Hydropsychidae con un 16%, 39 individuos de la familia Perlidae con un 15% de dominancia numérica (Fig. 24).








**Figura 24.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 1.21.3

### 5.1.5 Valores obtenidos del IBF-SV-2010 por cada sub muestra

El cuadro 15 demuestra el resumen del Índice Biológico de Familias en base a la calidad del agua y su interpretación del grado de contaminación orgánica (Cuadro 16).

**Cuadro 16.** Índice Biológico de Familias (IBF-SV-2010) de la zona alta de la sub cuenca del río Copinula.

Sitio uno de muestreo				
Muestra	Valor IBF-SV-2010	Categoría	Calidad del Agua	Interpretación del grado de contaminación orgánica
1.9.1	4.44		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
1.9.2	4.33		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
1.9.3	4.48		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
1.15.1	4.36		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
1.15.2	4.31		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
1.15.3	4.53		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
1.21.1	4.49		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
1.21.2	4.23		Muy Buena	Contaminación orgánica leve posible
1.21.3	4.24		Muy Buena	Contaminación orgánica leve posible

Los valores obtenidos fueron por cada bloque de muestras por ejemplo la muestra 1.9.1 tiene 3 repeticiones con 3 sub muestras cada una, que se obtuvieron dentro de un tramo de 5m cada una. Para las sub-muestras 1.9.1, 1.9.2, 1.9.3, 1.15.1, 1.15.2 y 1.15.3 presenta características de agua buena siendo estas las repeticiones de nueve y quince minutos, a diferencia de las muestras de veintiun minutos en las cuales dos de ellas presentaron características de calidad de agua muy buena y un bloque de la misma presento características buenas.

### 5.1.6 Interpretación de la información biológica (IBF-SV-2010).

La recolecta general de individuos de macroinvertebrados en este río, resultó ser variable ya que cada uno de los puntos muestreados mostró sus propias peculiaridades en cuanto a la cantidad de individuos y el número de familias. La submuestra (1.3.1) presento una riqueza de familias de 19, la submuestra (1.3.2), de 24 familias y la submuestra (1.3.3), 19 familias, con respecto al total de individuos capturados utilizando 3 minutos por submuestras se obtuvieron 898 individuos.

La muestra (1.15.1) presentó una riqueza de familia de 24, la submuestra (1.15.2) presento 18 familias, y la submuestra (1.15.3), 19 familias, haciendo un total de 1,119 individuos encontrados utilizando 5 minutos por cada sub muestra con sus repeticiones. La muestra (1.21.1) presentó una riqueza de familias de 24, la submuestra (1.21.2)

presento 24 familias y la submuestra (1.21.3), 18 familias, esto hace un total de 1,146 individuos encontrados utilizando 7 minutos de muestreo por cada muestra con sus repeticiones. Esta zona de estudio presento una abundancia total de 3,163 individuos colectados.

### 5.1.7 Zona alta de la sub cuenca del río Copinula

#### 5.1.8 Número de muestra biológica, repeticiones y valores estadísticos

Las pruebas estadísticas utilizadas para los resultados obtenidos, se realizaron a través de la comparación de medias y prueba de "T". A través de esta prueba se determinó si existe una relación entre una variable Categórica (abundancia de familias) y una variable de escala (tiempos de muestreo). El objetivo de la prueba es determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en el promedio de una variable de escala de acuerdo a una variable categórica y si la existe definir cuál de las medias es significativa (tiempos de muestreo) en comparación a T tablas. Cada uno de las muestras fueron procesadas obteniendo media, varianza y desviación estándar, esta información fue resultado de la sumatoria de todos los individuos o macroinvertebrados que fueron recolectados mediante la aplicación de los diferentes tiempos de captura. Se obtuvieron también las medias de cada varianza para crear el modelo comparativo en el que se evaluaron el tiempo de 9 con 15 minutos, 15 con 21 minutos y 9 con 21 minutos de muestreo en el que se optimizará en relación a la abundancia de familias (cuadro17).

**Cuadro 17.** Tiempos de muestreo y medidas de dispersión estadística de las poblaciones de macroinvertebrados.

Zona alta de la subcuenca				
Tiempos de submuestra	Media	Varianza	Medias de varianza	Desviación Estándar
1.3.1	6.05	7.80	7.71	8.03
1.3.1	9.54	10.19		10.61
1.3.1	4.60	5.14		5.42
1.3.2	8.85	10.99	13.43	11.41
1.3.2	9.55	13.10		13.90
1.3.2	8.38	16.20		16.67
1.3.3	8.25	10.28	10.03	10.74
1.3.3	7.00	9.60		10.02
1.3.3	8.23	10.22		10.64
1.5.1	11.23	18.96	15.47	19.74
1.5.1	10.87	22.48		23.22
1.5.1	4.52	4.97		5.12
1.5.2	11.58	12.16	15.72	12.70
1.5.2	12.71	13.89		14.41
1.5.2	14.50	21.12		22.26
1.5.3	7.88	7.20	14.96	7.70
1.5.3	10.88	15.94		17.04
1.5.3	10.67	21.74		22.70
1.7.1	9.52	11.92	11.98	12.18
1.7.1	9.45	10.21		10.71
1.7.1	10.06	13.81		14.27
1.7.2	10.7	17.90	14.96	18.34
1.7.2	8.61	11.47		11.93
1.7.2	10	15.52		11.03
1.7.3	11	15.28	13.57	16.21
1.7.3	7.33	10.59		11.05
1.7.3	9.89	14.85		15.75

### 5.1.9 Análisis comparativo con la prueba de “T” para las sub muestras biológicas

#### 5.1.10 Comparación de 9 y 15 minutos para la zona alta de la subcuenca.

El cuadro 18 muestra la relación obtenida de medias de desviación estándar que se obtuvieron como valores resultado de todos los individuos encontrados en las muestras de 9 y 15 minutos. Para obtener el valor final de T calculado se usaron las diferencias de 9 y 15 minutos, para cada tiempo y se calculo en base a la formula de la desviación estándar (**Anexo 2**).

Cuadro 18. Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo.

DATOS	9 min	15 min	Diferencias	T Tablas	Gl (3-1)=2
	7.71	15.47	7.76	T= 2.92	
	13.43	15.72	2.29		
	10.03	14.96	4.93		
Suma	31.17	46.15	14.98		
media	10.39	15.38	4.99	Tc= 3.15	

Para esta zona de estudio se demuestra que el valor de T calculado de  $3.15 > 2.92$  de T tablas presenta diferencia significativa para las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos durante el muestreo de campo utilizando 9 y 15 minutos, por tanto no se acepta la relación de igualdad de tiempos de muestreo en función de abundancia de familias.

#### 5.1.11 Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo para la zona alta de la subcuenca en estudio.

El cuadro 19 muestra la comparación de 15 y 21 minutos en relación a la abundancia por familias, para obtener el valor final de T calculado se usaron las diferencias de 15 y 21 minutos, para cada tiempo y se calculo como en el cuadro 17 con base a la formula de la desviación estándar.

Cuadro 19. Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo

DATOS	15 min	21 min	Diferencias	T Tablas	Gl (3-1)=2
	15.47	11.98	3.49	T=0.1= 2.92	
	15.72	14.96	0.76		
	14.96	13.57	1.39		
Suma	46.15	40.51	5.64		
Media	15.38	13.50	1.88	Tc= 2.26	

El valor de T calculado de  $2.26 < 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 5 y 7 minutos.

### 5.1.12 Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo para la zona alta de la subcuenca en estudio.

El cuadro 20 muestra la comparación de 9 y 21 minutos en relación a la abundancia de familias, para obtener el valor final de T calculado se usaron las diferencias de 3 y 7 minutos, para cada tiempo se calculo con base a la formula de la desviación estándar.

Cuadro 20. Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo

DATOS	9 min	21 min	Diferencias	T Tablas	Gl (3-1)=2
	7.71	11.98	4.27	T= 2.92	
	13.43	14.96	1.53		
	10.03	13.57	3.54		
Suma	31.17	40.51	9.34		
media	10.39	13.50	3.11	Tc= 3.84	

El valor de T calculado de  $3.84 > 2.92$  de T tablas presenta diferencia significativa para el numero de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 21 minutos.

### 5.1.13 Análisis comparativo de T calculado y T tablas para evaluar el tiempo óptimo en relación al número de familias y abundancia por familias

El Cuadro 21 es un resumen que presentan las diferentes comparaciones entre los tiempos de muestreo usados en las recolectas de macroinvertebrados de esta zona de estudio.

Cuadro 21. Análisis comparativo de prueba de T para los tiempos de muestreo

T calculado	Comparaciones entre tiempos de muestreo			T tablas=0.1=2.92
	9, 15 min	15, 21 min	9, 21 min	
Zona alta de la sub cuenca río Copinula	3.15	2.26	3.84	

El Índice Biológico de Familias evaluado con la prueba de T demuestra que el valor de T calculado de  $2.26 \leq 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y abundancia por familias encontradas durante el muestreo de campo utilizando 15 o 21 minutos de recolecta. Por tanto 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.

De forma similar los datos biológicos de recolecta nos presentan una abundancia de 1,119 individuos utilizando 15 minutos de muestro (Cuadros 7,8,9 ); 1,146 individuos colectados haciendo uso de 21 minutos de muestreo (Cuadro 10,11,12) y 898 individuos utilizando 9 minutos de muestreo (Cuadro13, 14,15).

## 5.2 Zona intermedia de la sub cuenca del rio Copinula

### 5.2.1 Ríos de Montaña, Detalles del Sitio:

Coordenadas GPS:  $-89^{\circ}51'13.4922$  y  $13^{\circ}49'13.7604$ . Altitud: 914 msnm.

Abundancia de rocas de gran tamaño, Bosque de galería con vegetación primaria y cafetal, raíces Helechos y troncos en las riveras, presencia de rápidos y remansos en el trayecto, pozas con profundidad de más de un metro, mínima presencia de contaminación, el fondo es arena fina y gruesa producto del arrastre generado por la erosión en las zonas altas, así también existen depósitos de sedimentos en el fondo (Fig. 25).

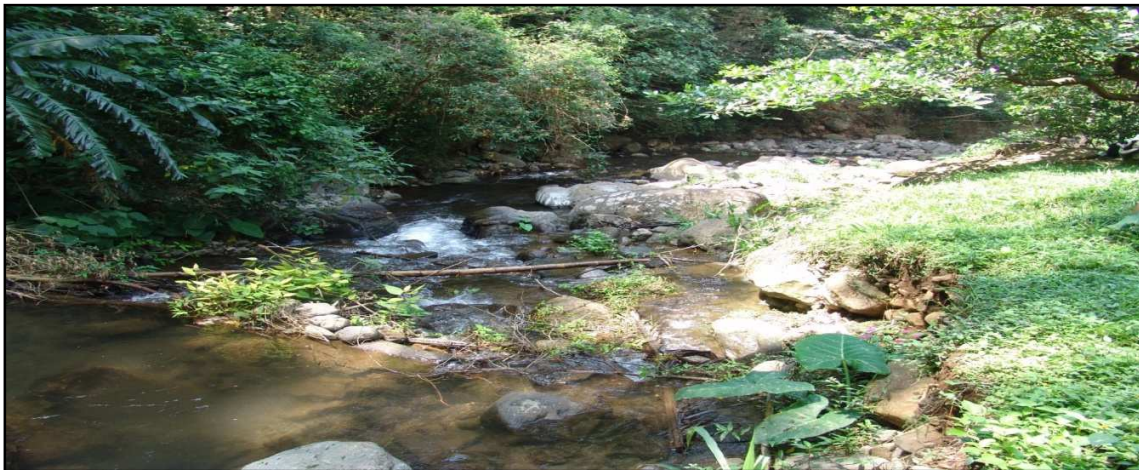


Figura 25. Río de montaña de la zona intermedia de muestreo, altitud 914 msnm

### 5.2.2 Características físicas del agua.

El tramo muestreado pertenece a la zona intermedia de la sub cuenca este presenta un cauce con un Ancho aproximado de 2.5m y profundidad media de 0.61 m. Posee una velocidad de agua de 0.26 m/s y un caudal de 338 L/s; el agua presenta buenas características en cuanto a apariencia (Fig. 26).

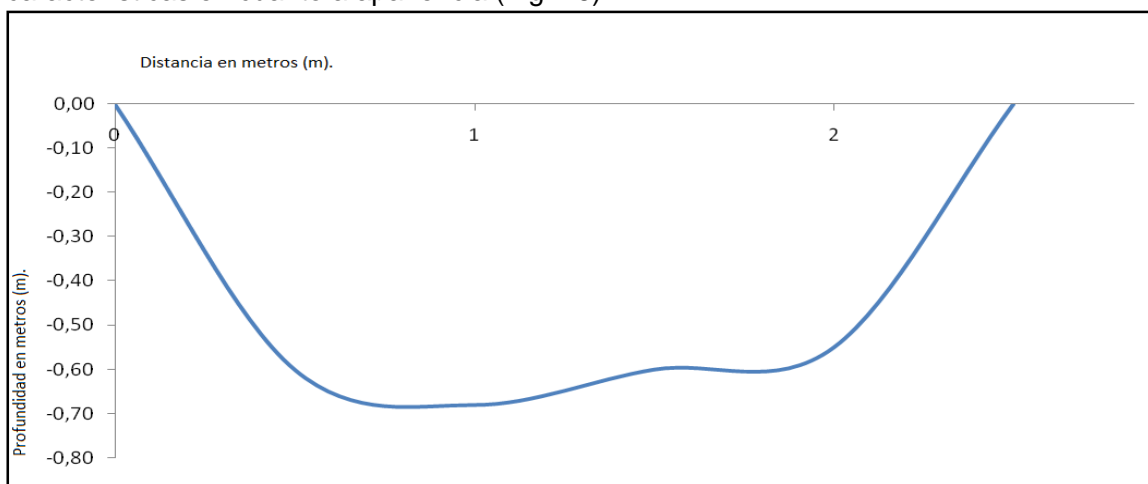


Figura 26. 1 Forma de trayecto del cauce y profundidades de agua (m).

### 5.2.3 Características químicas del agua para el primer punto de muestreo.

Los parámetros químicos obtenidos se analizaran en función a la tabla resumen de normas de calidad para el uso del agua que aparece en el Informe Final Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador (Esquivel 2007).

**Cuadro 22.** Valores químicos del agua obtenidos por medio de Sonda Multiparametros

OD	6.73 mg/Li	86.5 %
CONDUCTIVIDAD	121.6 $\mu$ S/cm	
TDS	61.2 mg/Li	
SAL	0.0 %	
PH	8.3	
TEMPERATURA	22.3°C	

El oxígeno disuelto presenta 6.73 mg/Li esto demuestra buenas condiciones para el desarrollo de vida acuática según las concentraciones máximas admisibles y las normas establecidas por CMC (EPA).

La conductividad de 121.6  $\mu$  S/cm es menor a 1600 S/cm según CONACYT y presenta condiciones para agua potable. Los sólidos totales disueltos 61.2 mg/L son menor a 1000 mg.L y es aceptable según las condiciones máximas admisibles por CONACYT, presenta condiciones para agua potable.

El valor del pH de 8.3 tiene condiciones para el desarrollo de vida acuática, agua potable, agua de vertido y riego en la agricultura. La temperatura de 22.3°C es normal en este tipo de vertiente de ríos de montaña.

### 5.2.4 Abundancia de familias y número de individuos encontrados en las diferentes muestras recolectadas en la zona intermedia de la sub cuenca del río Copinula.

El muestro que se realizo en la zona intermedia del río este presento nuevas familias de macroinvertebrados así mismo la variación en el número de individuos fue notoria (cuadro 23).

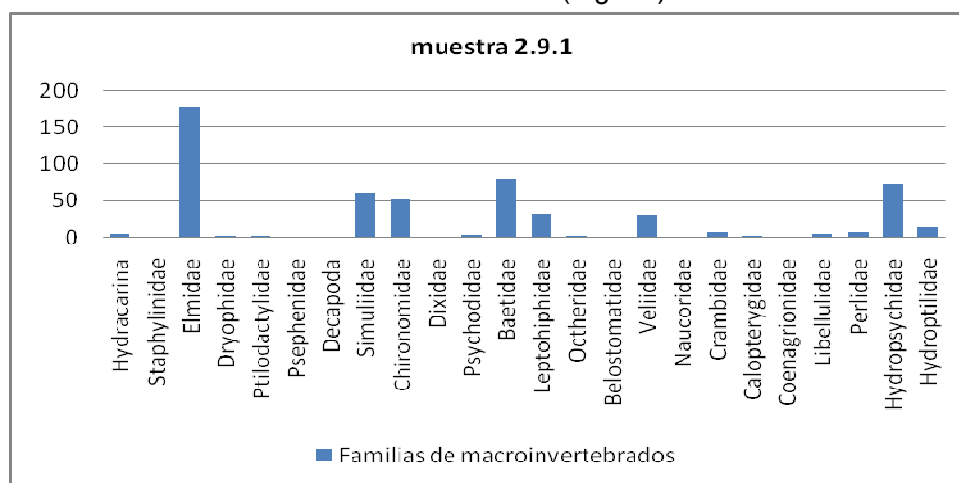
La muestra 2.9.1 presento 24 familias y se recolectaron 566 individuos utilizando 9 minutos de muestreo en la zona intermedia del río (Cuadro 23).

**Cuadro 23.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.9.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Acarina	Hydracarina	5	5	25	0.044169611
Coleoptera	Staphylinidae	1	6	6	0.010600707
Coleoptera	Elmidae	177	4	708	1.250883392
Coleoptera	Dryophidae	2	4	8	0.014134276
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	3	6	0.010600707
Coleoptera	Psephenidae	1	4	4	0.007067138
Decapoda	Decapoda	1	6	6	0.010600707
Diptera	Simuliidae	62	6	372	0.657243816
Diptera	Chironomidae	52	8	416	0.734982332
Diptera	Dixidae	1	5	5	0.008833922
Diptera	Psychodidae	4	7	28	0.049469965
Ephemeroptera	Baetidae	80	6	480	0.848056537
Ephemeroptera	Leptohiphidae	32	6	192	0.339222615
Hemiptera	Ochteridae	2	7	14	0.024734982
Hemiptera	Belostomatidae	1	7	7	0.012367491
Hemiptera	Veliidae	31	5	155	0.27385159
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.010600707
Lepidoptera	Crambidae	7	5	35	0.061837456
Odonata	Calopterygidae	2	7	14	0.024734982
Odonata	Platystictidae	1	1	1	0.001766784
Odonata	Libellulidae	5	7	35	0.061837456
Plecoptera	Perlidae	7	2	14	0.024734982
Trichoptera	Hydropsychidae	74	5	370	0.653710247
Trichoptera	Hydroptilidae	15	4	60	0.106007067
		<b>566</b>			<b>5.24204947</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Se observo la presencia de las siguientes familias predominantes: 177 individuos de la familia Elmidae que representan un 31% siendo la de mayor abundancia, 80 individuos de la familia Baetidae con un 14%, 74 individuos de la familia Hydropsychidae con un 13% y 62 individuos de la familia Simuliidae con un 11 % (Fig. 27).



**Figura 27** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.9.1

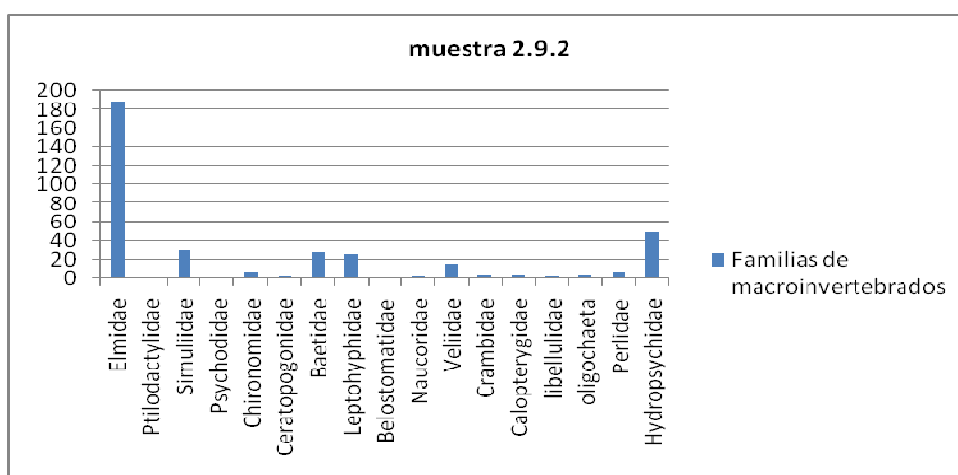
Para la muestra 2.9.2 la abundancia de familias encontradas fue de 17, con una cantidad de 368 individuos encontrados (Cuadro 24).

**Cuadro 24.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.9.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	189	4	756	2.054347826
Coleoptera	Ptilodactylidae	1	3	3	0.008152174
Diptera	Simuliidae	30	6	180	0.489130435
Diptera	Psychodidae	1	7	7	0.019021739
Diptero	Chironomidae	7	8	56	0.152173913
Diptero	Ceratopogonidae	2	8	16	0.043478261
Ephemeroptera	Baetidae	28	6	168	0.456521739
Ephemeroptera	Leptohyphidae	25	6	150	0.407608696
Hemiptera	Belostomatidae	1	7	7	0.019021739
Hemiptera	Naucoridae	2	6	12	0.032608696
Hemiptera	Veliidae	15	5	75	0.203804348
lepidoptera	Crambidae	3	5	15	0.04076087
Odonata	Calopterygidae	2	7	14	0.038043478
Odonata	Platystictidae	1	1	1	0.002717391
Odonata	libellulidae	2	7	14	0.038043478
oligochaeta	oligochaeta	3	10	30	0.081521739
Plecoptera	Perlidae	7	2	14	0.038043478
Tricoptera	Hydropsychidae	49	5	245	0.66576087
		<b>368</b>			<b>4.79076087</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Se observo la presencia de las siguientes familias predominantes: 189 individuos de la familia Elmidae que representan un 51% siendo esta familia la mas predominante, 49 individuos de la familia Hydropsychidae con un 13%, 30 individuos de la familia Simuliidae con un 8% y 28 individuos de la familia Baetidae con un 8% (Fig. 28).



**Figura 28.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.9.2

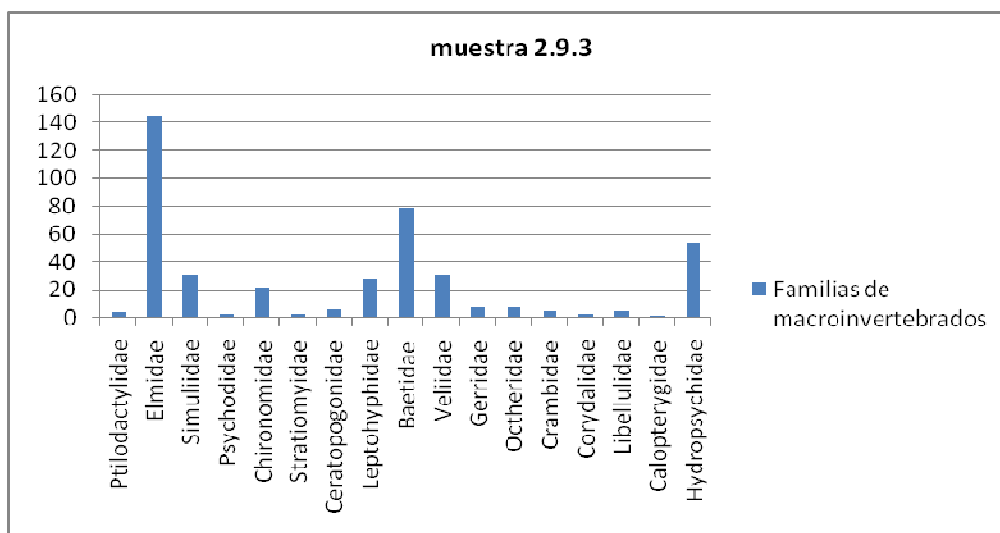
La muestra 2.9.3 presento una abundancia de 17 familias y un total de 425 individuos (Cuadro 25).

**Cuadro 25.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.9.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Ptilodactylidae	3	3	9	0.021176471
Coleoptera	Elmidae	144	4	576	1.355294118
Diptera	Simuliidae	31	6	186	0.437647059
Diptera	Psychodidae	2	6	12	0.028235294
Diptero	Chironomidae	21	8	168	0.395294118
Diptero	Stratiomyidae	2	6	12	0.028235294
Diptero	Ceratopogonidae	5	8	40	0.094117647
Ephemeroptera	Leptohyphidae	27	6	162	0.381176471
Ephemeroptera	Baetidae	78	6	468	1.101176471
Hemiptera	Veliidae	31	5	155	0.364705882
Hemiptera	Gerridae	8	6	48	0.112941176
Hemiptera	Ochteridae	8	7	56	0.131764706
Lepidoptero	Crambidae	4	5	20	0.047058824
Neuroptero	Corydalidae	2	7	14	0.032941176
Odonata	Libellulidae	4	7	28	0.065882353
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.016470588
Tricoptera	Hydropsychidae	54	5	270	0.635294118
		<b>425</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.249411765</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

El grafico muestra las familias predominantes: 144 individuos de la familia Elmidae que representan un 34% siendo esta familia la mas predominante, 54 individuos de la familia Hydropsychidae con un 13%, 31 individuos de la familia Veliidae con un 7% y 78 individuos de la familia Baetidae con un 18% (Fig. 29).



**Figura 29.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.9.3

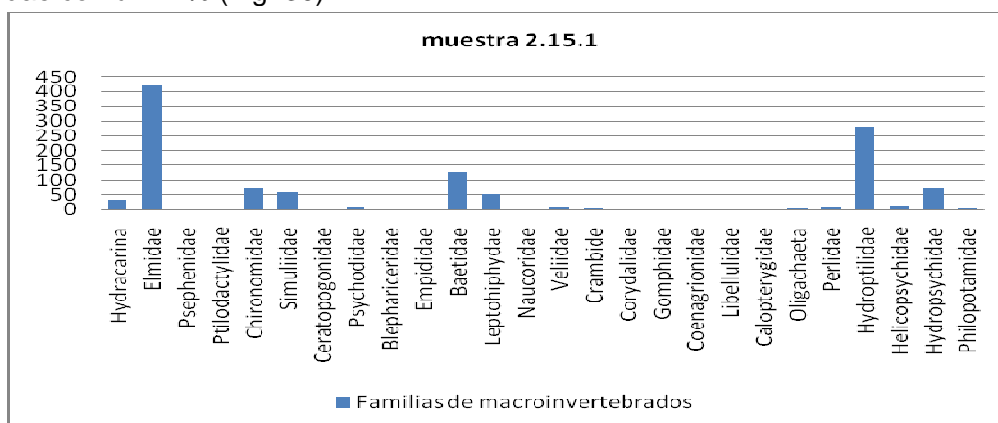
La muestra 2.15.1 presento una abundancia de 26 familias y un total de 1,175 individuos (Cuadro 26).

**Cuadro 26.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.15.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Acarina	Hydracarina	32	5	160	0.136170213
Coleoptera	Elmidae	422	4	1688	1.436595745
Coleoptera	Psephenidae	1	4	4	0.003404255
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	3	6	0.005106383
Diptera	Chironomidae	69	8	552	0.469787234
Diptera	Simuliidae	59	6	354	0.301276596
Diptera	Ceratopogonidae	2	8	16	0.013617021
Diptera	Psychodidae	7	7	49	0.041702128
Diptera	Blephariceridae	2	0	0	0
Diptera	Empididae	1	6	6	0.005106383
Ephemeroptera	Baetidae	128	6	768	0.653617021
Ephemeroptera	Leptohiphyidae	52	6	312	0.265531915
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.005106383
Hemiptera	Veliidae	8	5	40	0.034042553
Lepidoptera	Crambide	5	5	25	0.021276596
Megaloptera	Corydalidae	1	7	7	0.005957447
Odonata	Gomphidae	2	7	14	0.011914894
Odonata	Coenagrionidae	2	9	18	0.015319149
Odonata	Libellulidae	1	7	7	0.005957447
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.005957447
Oligachaeta	Oligachaeta	4	10	40	0.034042553
Plecoptera	Perlidae	8	2	16	0.013617021
Trichoptera	Hydroptilidae	282	4	1128	0.96
Trichoptera	Helicopsychidae	9	5	45	0.038297872
Trichoptera	Hydropsychidae	70	5	350	0.29787234
Trichoptera	Philopotamidae	4	5	20	0.017021277
		<b>1175</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.798297872</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Familias predominantes: 422 individuos de la familia Elmidae que representan un 36% siendo esta familia la mas predominante, 282 individuos de la familia Hydroptilidae con un 24%, 30 individuos de la familia Chironomidae con un 6% y 128 individuos de la familia Baetidae con un 11% (Fig. 30).



**Figura 30.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.15.1

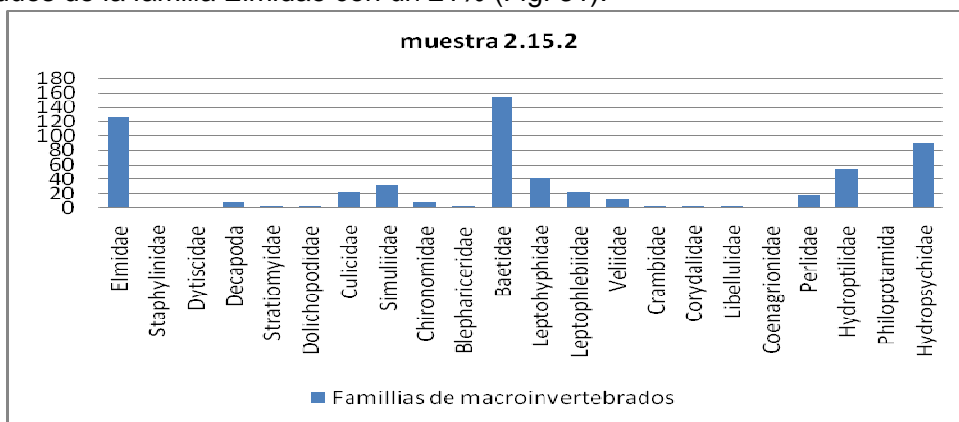
La muestra 2.15.2 presento una abundancia de 22 familias y un total de 609 individuos (Cuadro 27).

**Cuadro 27.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.15.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	126	4	504	0.827586207
Coleoptera	Staphylinidae	1	6	6	0.009852217
Coleoptera	Dytiscidae	1	7	7	0.011494253
Decapoda	Decapoda	8	6	48	0.078817734
Diptera	Stratiomyidae	2	6	12	0.019704433
Diptera	Dolichopodidae	2	6	12	0.019704433
Diptera	Culicidae	22	10	220	0.361247947
Diptera	Simuliidae	32	6	192	0.315270936
Diptera	Chironomidae	8	8	64	0.105090312
Diptera	Blephariceridae	3	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	154	6	924	1.517241379
Ephemeroptera	Leptohyphidae	42	6	252	0.413793103
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	22	5	110	0.180623974
Hemiptera	Veliidae	12	5	60	0.098522167
Lepidoptera	Crambidae	3	5	15	0.024630542
Megaloptera	Corydalidae	2	7	14	0.022988506
Odonata	Libellulidae	3	7	21	0.034482759
Odonata	Coenagrionidae	1	9	9	0.014778325
Plecoptera	Perlidae	19	2	38	0.062397373
Trichoptera	Hydroptilidae	55	4	220	0.361247947
Trichoptera	Philopotamida	1	5	5	0.008210181
Tricoptera	Hydropsychidae	90	5	450	0.738916256
		<b>609</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.226600985</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

El gráfico muestra las familias predominantes: 124 individuos de la familia Baetidae que representan un 25% siendo esta familia la mas predominante, 90 individuos de la familia Hydropsychidae con un 15%, 55 individuos de la familia Hydroptilidae con un 9% y 28 individuos de la familia Elmidae con un 21% (Fig. 31).



**Figura 31.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.15.2

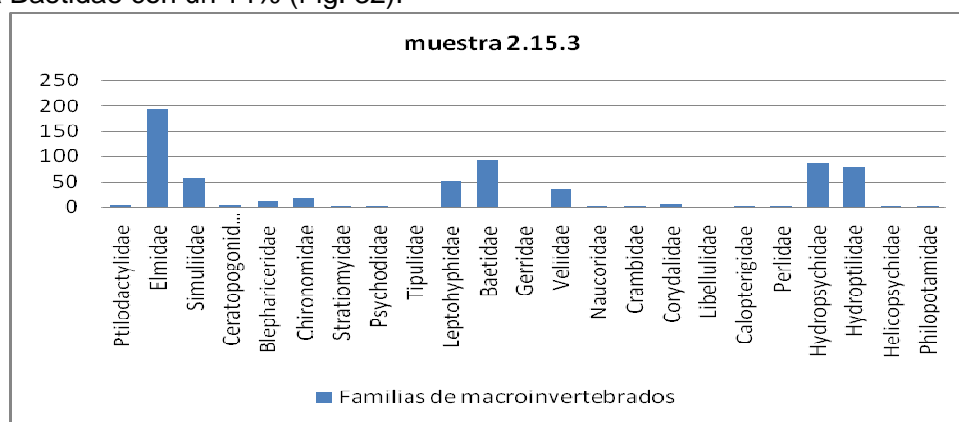
La muestra 2.15.3 presento una abundancia de 23 familias y un total de 670 individuos colectados (Cuadro 28).

**Cuadro 28.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.15.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Ptilodactylidae	5	3	15	0.02238806
Coleoptera	Elmidae	193	4	772	1.152238806
Diptera	Simuliidae	57	6	342	0.510447761
Diptero	Ceratopogonidae	5	8	40	0.059701493
Diptero	Blephariceridae	12	0	0	0
Diptero	Chironomidae	19	8	152	0.226865672
Diptero	Stratiomyidae	3	6	18	0.026865672
Diptero	Psychodidae	2	7	14	0.020895522
Diptero	Tipulidae	1	5	5	0.007462687
Ephemeroptera	Leptohyphidae	52	6	312	0.465671642
Ephemeroptera	Baetidae	94	6	564	0.841791045
Hemiptera	Gerridae	1	6	6	0.008955224
Hemiptera	Veliidae	37	5	185	0.276119403
Hemiptera	Naucoridae	2	6	12	0.017910448
Lepidoptero	Crambidae	3	5	15	0.02238806
Neuroptero	Corydalidae	6	7	42	0.062686567
Odonata	Libellulidae	1	7	7	0.010447761
Odonata	Calopterigidae	2	7	14	0.020895522
Plecoptera	Perlidae	2	2	4	0.005970149
Tricoptera	Hydropsychidae	88	5	440	0.656716418
Tricoptera	Hydroptilidae	81	4	324	0.48358209
Tricoptera	Helicopsychidae	2	5	10	0.014925373
Tricoptera	Philopotamidae	2	5	10	0.014925373
		<b>670</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.929850746</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Familias predominantes: 193 individuos de la familia Elmidae que representan un 29% siendo esta familia la de mayor dominancia, 81 individuos de la familia Hydroptilidae con un 12%, 88 individuos de la familia Hydropsychidae con un 13% y 94 individuos de la familia Baetidae con un 14% (Fig. 32).



**Figura 32.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.15.3

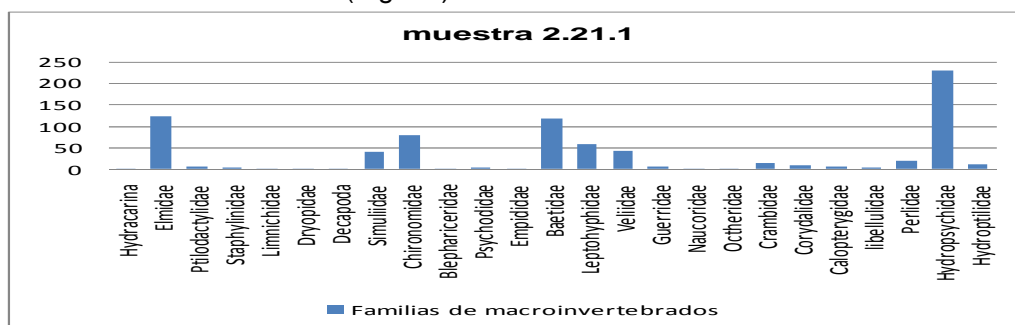
La muestra 2.21.1 presento una abundancia de 25 familias y un total de 784 individuos colectados (Cuadro 29).

**Cuadro 29.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.21.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Acarina	Hydracarina	2	5	10	0.012755102
Coleoptera	Elmidae	122	4	488	0.62244898
Coleoptera	Ptilodactylidae	6	3	18	0.022959184
Coleoptera	Staphylinidae	4	6	24	0.030612245
Coleoptera	Limnichidae	1	5	5	0.006377551
Coleoptera	Dryopidae	1	4	4	0.005102041
Decapoda	Decapoda	1	6	6	0.007653061
Diptera	Simuliidae	39	6	234	0.298469388
Diptera	Chironomidae	79	8	632	0.806122449
Diptera	Blephariceridae	2	0	0	0
Diptera	Psychodidae	3	7	21	0.026785714
Diptera	Empididae	1	6	6	0.007653061
Ephemeroptera	Baetidae	119	6	714	0.910714286
Ephemeroptera	Leptohyphidae	59	6	354	0.451530612
Hemiptera	Veliidae	43	5	215	0.274234694
Hemiptera	Guerridae	6	6	36	0.045918367
Hemiptera	Naucoridae	2	6	12	0.015306122
Hemiptera	Ochteridae	2	7	14	0.017857143
Lepidoptera	Crambidae	15	5	75	0.095663265
Megaloptera	Corydalidae	8	7	56	0.071428571
Odonata	Calopterygidae	5	7	35	0.044642857
Odonata	libellulidae	4	7	28	0.035714286
Plecoptera	Perlidae	18	2	36	0.045918367
Trichoptera	Hydropsychidae	230	5	1150	1.466836735
Trichoptera	Hydroptilidae	12	4	48	0.06122449
		<b>784</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.383928571</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Familias predominantes: 230 individuos de la familia Hydropsychidae que representan un 29% siendo esta familia la mas predominante, 122 individuos de la familia Elmidae con un 16%, 79 individuos de la familia Chironomidae con un 10% y 119 individuos de la familia Baetidae con un 15 %. (Fig. 33).



**Figura 33.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.21.1

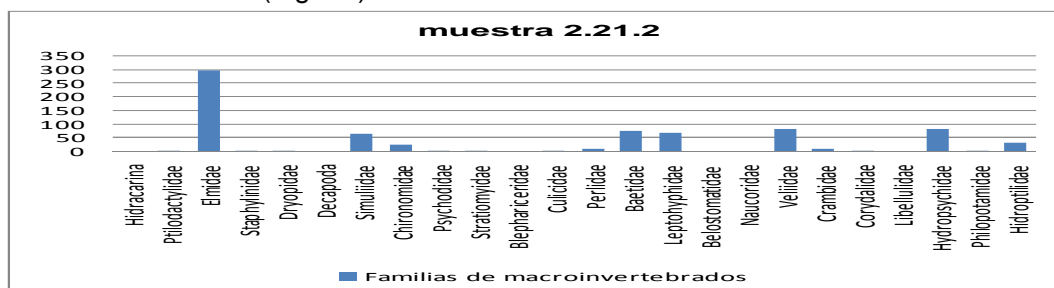
La muestra 2.21.2 presento una abundancia de 24 familias y 805 individuos colectados (Cuadro 30).

**Cuadro 30.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.21.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
acarina	Hidracarina	2	5	10	0.01242236
Coleoptera	Ptilodactylidae	5	3	15	0.01863354
Coleoptera	Elmidae	296	4	1184	1.470807453
Coleoptera	Staphylinidae	6	6	36	0.044720497
Coleoptera	Dryopidae	6	4	24	0.029813665
Decapoda	Decapoda	1	6	6	0.007453416
Diptera	Simuliidae	66	6	396	0.491925466
Diptera	Chironomidae	26	8	208	0.258385093
Diptera	Psychodidae	3	7	21	0.026086957
Diptero	Stratiomyidae	4	6	24	0.029813665
Diptero	Blephariceridae	2	0	0	0
Diptero	Culicidae	4	10	40	0.049689441
Ephemeroptera	Perlidae	12	2	24	0.029813665
Ephemeroptera	Baetidae	76	6	456	0.566459627
Ephemeroptera	Leptohyphidae	71	6	426	0.529192547
Hemiptera	Belostomatidae	1	7	7	0.008695652
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.007453416
Hemiptera	Veliidae	83	5	415	0.51552795
Lepidoptero	Crambidae	11	5	55	0.068322981
Megaloptera	Corydalidae	5	7	35	0.043478261
Odonata	Libellulidae	2	7	14	0.017391304
Tricoptera	Hydropsychidae	85	5	425	0.527950311
Tricoptera	Philopotamidae	5	5	25	0.031055901
Tricoptera	Hidrottilidae	32	4	128	0.159006211
		<b>805</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.944099379</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Familias predominantes: 296 individuos de la familia Elmidae que representan un 37% siendo esta familia la mas predominante, 83 individuos de la familia Veliidae con un 10%, 85 individuos de la familia Hydropsychidae con un 11% y 76 individuos de la familia Baetidae con un 9 % (Fig. 34).



**Figura 34.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.21.2

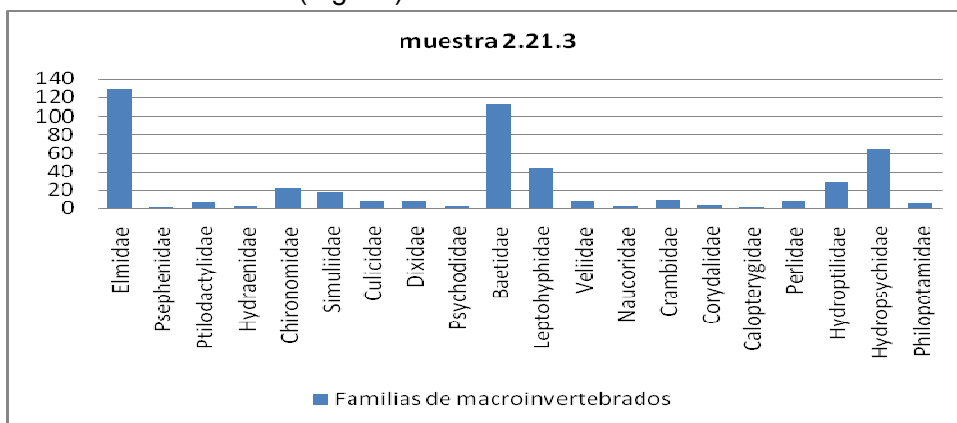
La muestra 2.21.3 presento una abundancia de 20 familias y un total de 481 individuos colectados (Cuadro 31).

**Cuadro 31.** Calculo del IBF-SV en la muestra 2.21.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	129	4	516	1.072765073
Coleoptera	Psephenidae	1	4	4	0.008316008
Coleoptera	Ptilodactylidae	6	3	18	0.037422037
Coleoptera	Hydraenidae	2	5	10	0.020790021
Diptera	Chironomidae	22	8	176	0.365904366
Diptera	Simuliidae	18	6	108	0.224532225
Diptera	Culicidae	7	10	70	0.145530146
Diptera	Dixidae	8	5	40	0.083160083
Diptera	Psychodidae	2	7	14	0.029106029
Ephemeroptera	Baetidae	113	6	678	1.40956341
Ephemeroptera	Leptohyphidae	44	6	264	0.548856549
Hemiptera	Veliidae	8	5	40	0.083160083
Hemiptera	Naucoridae	2	6	12	0.024948025
Lepidoptera	Crambidae	9	5	45	0.093555094
Megaloptera	Corydalidae	3	7	21	0.043659044
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.014553015
Plecoptera	Perlidae	8	2	16	0.033264033
Tricoptera	Hydroptilidae	28	4	112	0.232848233
Trichoptera	Hydropsychidae	65	5	325	0.675675676
Trichoptera	Philopotamidae	5	5	25	0.051975052
		<b>481</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.1995842</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Familias predominantes: 129 individuos de la familia Elmidae que representan un 27% siendo esta familia la mas predominante, 44 individuos de la familia Leptohyphidae con un 9%, 65 individuos de la familia Hydropsychidae con un 14% y 113 individuos de la familia Baetidae con un 23% (Fig. 35).












**Figura 35.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 2.21.3.

### 5.2.5 Valores obtenidos del IBF-SV-2010 por cada sub muestra.

El cuadro 32 muestra el resumen del Índice Biológico de Familias en base a la calidad del agua y su interpretación del grado de contaminación orgánica.

**Cuadro 32.** IBF-SV (Índice Biológico por Familias para El Salvador) de la zona intermedia de la subcuenca del río Copinula

Zona intermedia de la sub cuenca				
Muestra	Valor IBF-SV-2010	Categoría	Calidad del Agua	Interpretación del grado de contaminación orgánica
2.9.1	5.25		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
2.9.2	4.80		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
2.9.3	5.24		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
2.15.1	4.79		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
2.15.2	5.22		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
2.15.3	4.92		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
2.21.1	5.38		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
2.21.2	4.94		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
2.21.3	5.19		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable

Para la zona intermedia del río Copinula se obtuvieron características buenas de agua en las muestras 2.9.2, 2.15.1, 2.15.3, 2.21.2 la interpretación del grado de contaminación orgánica menciona que hay alguna contaminación probable, las muestras 2.9.1, 2.9.3, 2.15.2, 2.21.1 y 2.21.3 presentaron calidad de agua regular en las cuales la contaminación orgánica bastante sustancial es probable, cabe mencionar que en la zona intermedia existe influencia de zonas de turismo y cafetales productivos que de alguna manera generan pequeñas alteraciones en el ambiente natural.

### 5.2.6 Interpretación de la información biológica (IBF-SV-2010).

La recolecta general de macroinvertebrados en este río resulto ser variable ya que cada uno de los puntos muestreados mostro sus propias peculiaridades en cuanto a la cantidad de individuos y el número de familias. La muestra 2.9.1 presentó una riqueza de familias de 25, (2.9.2), de 17 familias y (2.9.3), 17 familias, con respecto al total de individuos capturados utilizando 9 minutos por muestras y submuestras se obtuvieron 1,359 individuos.

La muestra 2.15.1 presentó una riqueza de familia de 27, (2.15.2) presento 22 familias, y la (2.15.2), 23 familias, haciendo un total de 2,454 individuos encontrados utilizando 15 minutos por cada muestra con sus repeticiones.

La muestra 2.21.1 presentó una riqueza de familia de 25,(2.21.2) presentó 24 familias y la (2.21.3), 20 familias, esto hace un total de 6,470 individuos encontrados utilizando 21 minutos de muestreo por cada muestra con sus repeticiones.

### 5.2.7 Zona intermedia de la cuenca del río Copinula

### 5.2.8 Número de muestras biológica, repeticiones y valores estadísticos

Las pruebas estadísticas utilizadas para los resultados obtenidos al igual que en la zona alta de estudio es la comparación de medias y prueba de "T" con la que se evaluó si existe una relación entre una variable categórica y una variable de escala. Cada una de las muestras fueron procesadas obteniendo media, varianza y desviación estándar para crear el modelo comparativo y evaluar el tiempo optimo de muestreo en relación a la abundancia de familias (Cuadro 33).

**Cuadro 33.** Tiempos de muestreo y medidas de dispersión estadística de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos.

Zona intermedia de la sub cuenca				
Tiempos de muestreo	Media	Varianza	Medias de varianza	Desviación Estándar
2.3.1	17	10.37	16.92	10.69
2.3.1	19	23.32		23.96
2.3.1	9.66	17.08		17.84
2.3.2	17	28.64	17.15	29.72
2.3.2	5.5	6.70		7
2.3.2	8.5	16.21		17.33
2.3.3	12.41	16.34	14.86	17.07
2.3.3	14.54	16.43		17.24
2.3.3	10.54	11.80		12.46
2.5.1	29.66	68.44	47.72	10.84
2.5.1	19.76	31.80		52.78
2.5.1	22.64	42.91		44.23
2.5.2	3.41	3.96	18.31	4.14
2.5.2	28.09	29.87		31.52
2.5.2	14.52	21.10		21.75
2.5.3	10.53	10.16	19.89	10.57
2.5.3	1.73	19.67		19.72
2.5.3	21.66	29.85		30.89
2.7.1	11.11	33.54	21.84	34.71
2.7.1	12.63	18.90		19.41
2.7.1	23.8	13.09		13.49
2.7.2	22.81	43.80	27.11	45.24
2.7.2	13.93	19.16		19.83
2.7.2	14.37	18.37		18.90
2.7.3	13	18.04	15.77	18.56
2.7.3	20.42	17.13		18.50
2.7.3	10.5	12.13		12.79

### 5.2.9 Análisis comparativo con la prueba de “T” para las sub muestras biológicas.

#### 5.2.10 Comparación de 9 y 15 minutos para la zona intermedia de la subcuenca.

El Cuadro 34 muestra la relación obtenida de medias de la desviación estándar que se obtuvieron como valores resultado de todos los individuos encontrados en las muestras de 9 y 15 minutos del cuadro 32. Para obtener el valor final de T calculado se usaron las diferencias de 9 y 15 minutos, para cada tiempo y se calculo con base a la formula de la desviación estándar (anexo 2).

Cuadro 34. Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo

DATOS	9 min	15 min	Diferencias	T Tablas	Gl (3-1)=2
	16.92	47.72	30.8	T= 2.92	
	17.15	18.31	1.16		
	14.86	19.89	5.03		
Suma	48.93	85.92	36.99		
Media	16.31	28.64	12.33	Tc=1.32	

El valor de T calculado de  $1.32 < 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 15 minutos.

#### 5.2.11 Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo para la zona intermedia de la subcuenca en estudio.

El Cuadro 35 muestra la comparación de 15 y 21 minutos en relación a la abundancia de familias, para obtener el valor final de T calculado se usaron las diferencias de 9 y 21 minutos para cada tiempo se calculo 33 con base a la formula de la desviación estándar (anexo 2).

Cuadro 35. Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo

DATOS	15 min	21 min	Diferencias	T Tablas	Gl (3-1)=2
	47.72	21.84	25.88	T=0.1= 2.92	
	18.31	27.11	8.8		
	19.89	15.77	4.12		
Suma	85.92	64.72	38.8		
Media	28.64	21.57	12.93	Tc=1.95	

El valor de T calculado de  $1.95 < 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el numero de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 5 y 7 minutos.

#### 5.2.12 Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo para la zona intermedia de la subcuenca.

En el cuadro 36 se muestra la comparación de 9 y 21 minutos de muestreo en relación a la abundancia de familias para obtener el valor de T calculado de manera similar a los cuadros anteriores se calculo con base a la formula de la desviación estándar (anexo 2).

**Cuadro 36.** Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo.

DATOS	9 min	21 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	16.92	21.84	4.92	T= 2.92	
	17.15	27.11	9.94		
	14.86	15.77	0.91		
Suma	48.93	64.72	15.79		
Media	16.31	21.57	5.26	Tc=2.00	

El valor de T calculado de  $2.00 < 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 21 minutos.

### 5.2.13 Análisis comparativo de T calculado y T tablas para evaluar el tiempo óptimo en relación al número de familias y abundancia por familias.

Cuadro 37. Análisis comparativo de prueba de T para los tiempos de muestreo

T calculado	Comparaciones entre tiempos de muestreo			T tablas=2.92
	9, 15 min	15, 21 min	9, 21 min	
Zona intermedia de la subcuenca del río Copinula	1.32	1.95	2.62	

El Índice Biológico de Familias evaluado con la prueba de T demuestra que el valor de T calculado de  $1.32 \leq 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y abundancia por familias encontradas durante el muestreo de campo utilizando 9 o 15 minutos de recolecta. Por lo tanto el resultado de abundancia por familias y abundancia de individuos por familia dará de forma igual si en un muestreo de campo se utilizan 9 o 21 minutos en las recolectas de macroinvertebrados.

Los datos biológicos de recolecta presentan una abundancia de 1,359 individuos y 25 familias utilizando 9 minutos de muestro, 2,454 individuos colectados y 27 familias haciendo uso de 15 minutos de muestreo y 2,070 individuos y 25 familias utilizando 21 minutos de muestreo.

### 5.3 Zona baja de la sub cuenca del río Copinula.

#### 5.3.1 Ríos de Montaña Detalles del Sitio:

Coordenadas GPS: -89°51'20.9988 y 13°48'23.4678. Altitud: 763 msnm.

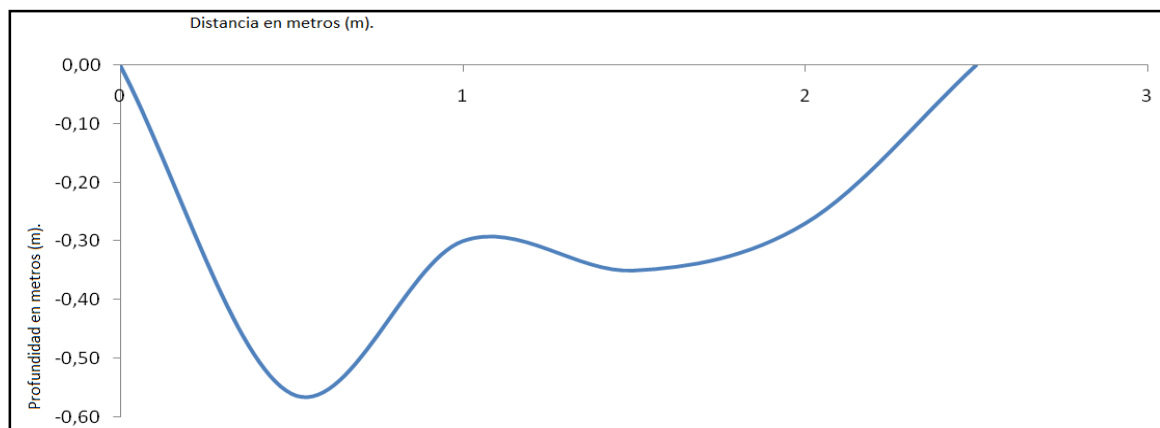
Presencia de piedras muy grandes, rápidos y remansos con pozas de más de un metro de profundidad, Existe erosión en la ribera, suelo franco-arcilloso, posee un bosque de galería y cafetal, presencia de helechos, pequeñas parcelas de hortalizas y granos básicos (**Fig. 36**).



**Figura 36.** Río de montaña de la zona baja del cauce, altitud 763 msnm.

#### 5.3.2 Características físicas del agua.

El tramo muestreado pertenece a la zona baja de la sub cuenca este presenta un tipo de curso bajo con un Ancho aproximado de 5.0m y profundidad media de 0.74 m. Posee una velocidad de agua de 0.38 m/s y un caudal de 329 L/s, en este tramo el caudal disminuye considerablemente con una diferencia de 9 L/s debido a la evapotranspiración y extracción para parcelas agrícolas destinadas a la producción de tomates; el agua presenta buenas características en cuanto a apariencia olor (figura 37).



**Figura 37.** 1 Forma de trayecto del cauce y profundidades de agua (m).

### 5.3.3 Características químicas del agua para el sitio punto de muestreo

Los parámetros químicos obtenidos como en la primera y segunda zona de muestreo se analizaron en función a la tabla resumen de normas de calidad para el uso del agua que aparece en el Informe Final Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador (Cuadro 38), (Esquivel 2007).

**Cuadro 38.** Valores químicos del agua obtenidos por medio de Sonda Multiparametros.

OD	6.07 mg/L	78.0%
CONDUCTIVIDAD	146.1 $\mu$ S/cm	
TDS	71.9 mg/L	
SAL	0.0 %	
PH	8.4	
TEMPERATURA	23.5°C	

El oxígeno disuelto presenta 6.07 mg/L esto demuestra buenas condiciones para el desarrollo de vida acuática según las concentraciones máximas admisibles y las normas establecidas por CMC (EPA). La conductividad de 146.1  $\mu$  S/cm es menor a 1600  $\mu$  S/cm según CONACYT y presenta condiciones para agua potable.

Los sólidos totales disueltos 71.9 mg/L son menor a 1000 mg/L y es aceptable según las condiciones máximas admisibles por CONACYT, presenta condiciones para agua potable. El valor del pH de 8.4 tiene condiciones para el desarrollo de vida acuática, agua potable, agua de vertido y riego en la agricultura. La temperatura de 23.5°C es normal en este tipo de vertiente de ríos de montaña.

### 5.3.4 Abundancia de familias y número de individuos encontrados en las diferentes muestras recolectadas en la zona alta de la sub cuenca del río Copinula

La zona baja presento características específicas en abundancia de familias e individuos encontradas, Así mismo este sitio presento nuevas familias, con respecto a la zona alta y media del río Copinula

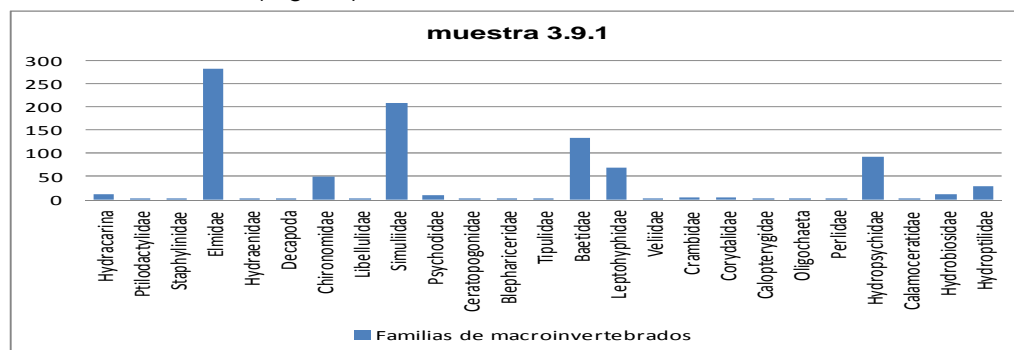
La muestra 3.9.1 presentó una cantidad de 25 familias, y un total de 923 individuos encontrados (Cuadro 39).

**Cuadro 39.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.9.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Acarina	Hydracarina	12	5	60	0.065005417
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	3	6	0.006500542
Coleoptera	Staphylinidae	1	6	6	0.006500542
Coleoptera	Elmidae	281	4	1124	1.217768147
Coleoptera	Hydraenidae	1	5	5	0.005417118
Decapoda	Decapoda	2	6	12	0.013001083
Diptera	Chironomidae	49	8	392	0.424702059
Diptera	Libellulidae	3	7	21	0.022751896
Diptera	Simuliidae	208	6	1248	1.352112676
Diptera	Psychodidae	9	7	63	0.068255688
Diptera	Ceratopogonidae	1	8	8	0.008667389
Diptera	Blephariceridae	1	0	0	0
Diptera	Tipulidae	2	5	10	0.010834236
Ephemeroptera	Baetidae	133	6	798	0.864572048
Ephemeroptera	Leptohyphidae	68	6	408	0.442036836
Hemiptera	Veliidae	1	5	5	0.005417118
Lepidoptera	Crambidae	6	5	30	0.032502709
Megaloptera	Corydalidae	5	7	35	0.037919827
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.007583965
Oligochaeta	Oligochaeta	1	10	10	0.010834236
Plecoptera	Perlidae	2	2	4	0.004333694
Trichoptera	Hydropsychidae	92	5	460	0.498374865
Trichoptera	Calamoceratidae	1	2	2	0.002166847
Trichoptera	Hydrobiosidae	12	4	48	0.052004334
Trichoptera	Hydroptilidae	29	4	116	0.12567714
		<b>923</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.284940412</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado.

Familias predominantes: 281 individuos de la familia Elmidae que representan un 30% siendo esta familia la más predominante, 208 individuos de la familia Simuliidae con un 23%, 92 individuos de la familia Hydropsychidae con un 10% y 133 individuos de la familia Baetidae con un 14 %. (Fig. 38).



**Figura 38.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.9.1

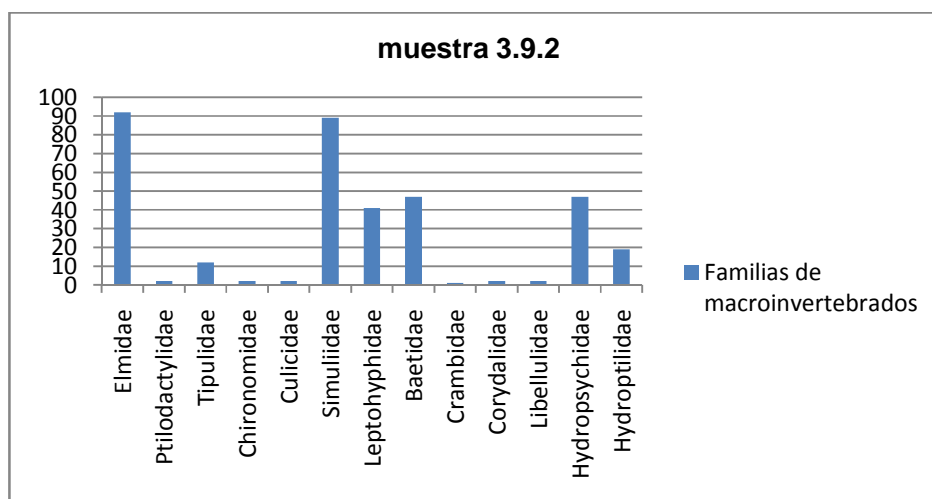
La muestra 3.9.2 presento una abundancia de 13 familias con un total de 358 individuos colectados (Cuadro 40).

**Cuadro 40.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.9.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	92	4	368	1.027932961
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	3	6	0.016759777
Diptera	Tipulidae	12	5	60	0.167597765
Diptera	Chironomidae	2	8	16	0.044692737
Diptera	Culicidae	2	10	20	0.055865922
Diptera	Simuliidae	89	6	534	1.491620112
Ephemeroptera	Leptohyphidae	41	6	246	0.687150838
Ephemeroptera	Baetidae	47	6	282	0.787709497
Lepidoptera	Crambidae	1	5	5	0.01396648
Megaloptera	Corydalidae	2	7	14	0.039106145
Odonata	Libellulidae	2	7	14	0.039106145
Trichoptera	Hydropsychidae	47	5	235	0.656424581
Trichoptera	Hydroptilidae	19	4	76	0.212290503
		<b>358</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.240223464</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Familias predominantes: 92 individuos de la familia Elmidae que representan un 26% siendo esta familia la mas predominante, 89 individuos de la familia Simuliidae con un 25%, 47 individuos de la familia Hydropsychidae con un 13% y 47 individuos de la familia Baetidae con un 13% (Fig. 39)



**Figura 39.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.9.2.

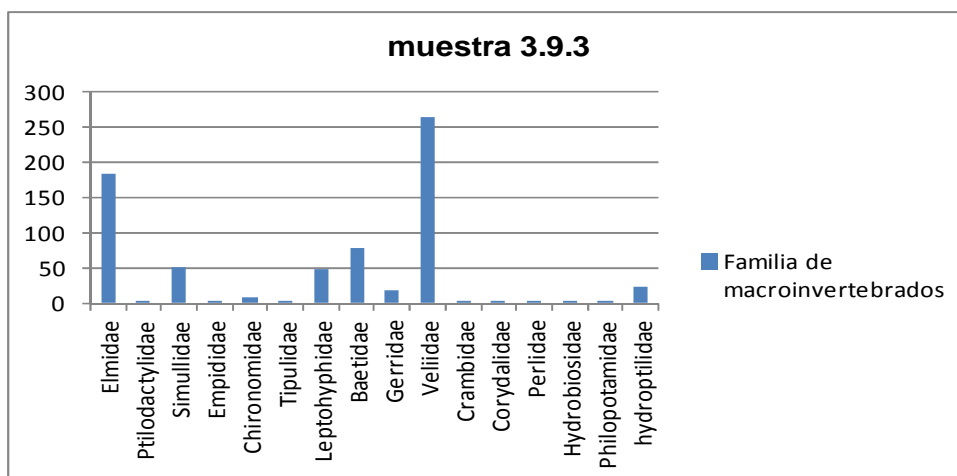
La muestra 3.9.3 presenta una abundancia de 17 familias y 691 individuos colectados (Cuadro 41).

**Cuadro 41.** Cálculo del IBF-SV en la muestra 3.9.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	183	4	732	0.985195155
Coleoptera	Ptilodactylidae	1	3	3	0.004037685
Diptera	Simuliidae	51	6	306	0.411843876
Diptero	Empididae	1	6	6	0.00807537
Diptero	Chironomidae	7	8	56	0.075370121
Diptero	Tipulidae	3	5	15	0.020188425
Ephemeroptera	Leptohyphidae	48	6	288	0.387617766
Ephemeroptera	Baetidae	77	6	462	0.621803499
Hemiptera	Gerridae	17	6	102	0.137281292
Hemiptera	Veliidae	264	5	1320	1.776581427
Lepidoptero	Crambidae	2	5	10	0.01345895
Megaloptera	Corydalidae	3	7	21	0.028263795
Plecoptera	Perlidae	2	2	4	0.00538358
Tricoptera	Hydrobiosidae	4	4	16	0.02153432
Tricoptera	Philopotamidae	4	5	20	0.0269179
Tricoptera	hydroptilidae	23	4	92	0.123822342
		<b>690</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.647375505</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Familias predominantes: 254 individuos de la familia Veliidae que representan un 36% siendo esta familia la más predominante, 183 individuos de la familia Elmidae con un 25%, 53 individuos de la familia Hydropsychidae con un 7% y 77 individuos de la familia Baetidae con un 10% (Fig. 40).



**Figura 40.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.9.3.

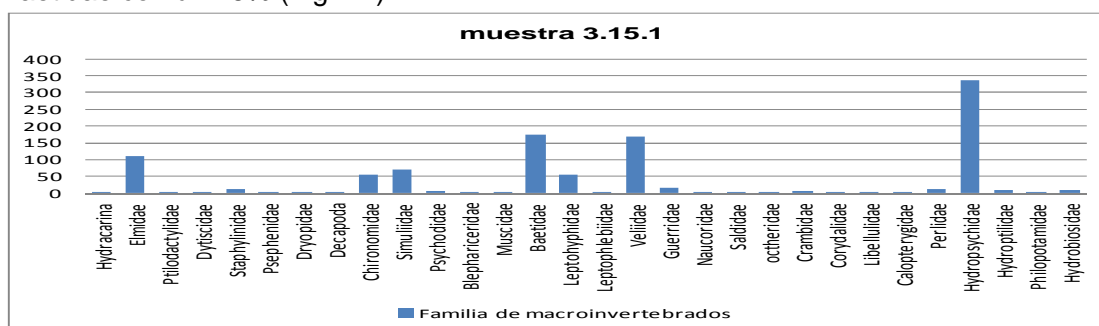
La muestra 3.15.1 presento un total de 30 familias y 1,071 individuos colectados (Cuadro 42).

**Cuadro 42.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.15.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Acarina	Hydracarina	1	5	5	0.004668534
Coleoptera	Elmidae	110	4	440	0.410830999
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	3	6	0.005602241
Coleoptera	Dytiscidae	1	7	7	0.006535948
Coleoptera	Staphylinidae	13	6	78	0.072829132
Coleoptera	Psephenidae	1	4	4	0.003734827
Coleoptera	Dryopidae	2	4	8	0.007469655
Decapoda	Decapoda	1	6	6	0.005602241
Diptera	Chironomidae	56	8	448	0.418300654
Diptera	Simuliidae	70	6	420	0.392156863
Diptera	Psychodidae	8	7	56	0.052287582
Diptera	Blephariceridae	1	0	0	0
Diptera	Muscidae	1	9	9	0.008403361
Ephemeroptera	Baetidae	176	6	1056	0.985994398
Ephemeroptera	Leptohyphidae	55	6	330	0.308123249
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	5	10	0.009337068
Hemiptera	Veliidae	167	5	835	0.779645191
Hemiptera	Guerridae	17	6	102	0.095238095
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.005602241
Hemiptera	Saldidae	1	5	5	0.004668534
Hemiptera	ootheridae	1	7	7	0.006535948
Lepidoptera	Crambidae	6	5	30	0.028011204
Megaloptera	Corydalidae	4	7	28	0.026143791
Odonata	Libellulidae	2	7	14	0.013071895
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.006535948
Plecoptera	Perlidae	13	2	26	0.024276377
Trichoptera	Hydropsychidae	335	5	1675	1.563958917
Trichoptera	Hydroptilidae	10	4	40	0.037348273
Trichoptera	Philopotamidae	3	3	9	0.008403361
Trichoptera	Hydrobiosidae	10	4	40	0.037348273
		<b>1071</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.328664799</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Familias predominantes: 335 individuos de la familia Hydropsychidae que representan un 31% siendo esta familia la mas predominante, 110 individuos de la familia Elmidae con un 10%,167 individuos de la familia Veliidae con un 16% y 176 individuos de la familia Baetidae con un 16% (Fig. 41).



**Figura 41.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.15.1.

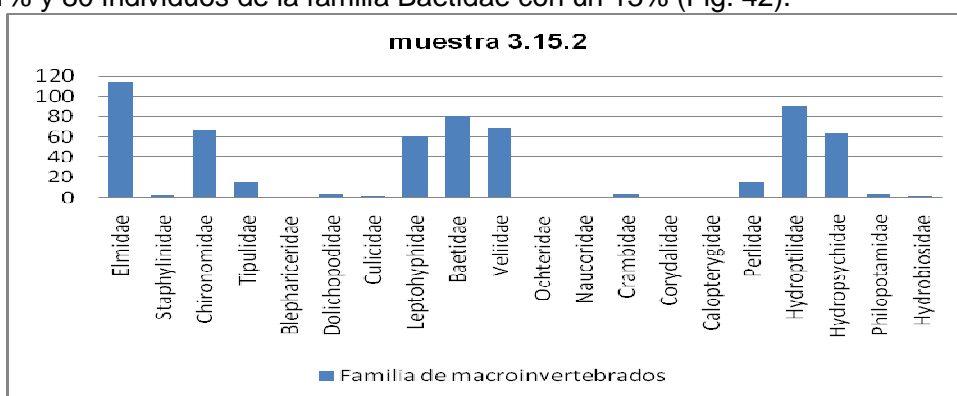
La muestra 3.15.2 presentó una abundancia de 20 familias y 598 individuos colectados (Cuadro 43).

**Cuadro 43.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.15.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	114	4	456	0.762541806
Coleoptera	Staphylinidae	3	6	18	0.030100334
Diptera	Chironomidae	67	8	536	0.89632107
Diptera	Tipulidae	15	5	75	0.12541806
Diptera	Blephariceridae	1	0	0	0
Diptera	Dolichopodidae	4	6	24	0.040133779
Diptera	Culicidae	2	10	20	0.033444816
Ephemeroptera	Leptohyphidae	60	6	360	0.602006689
Ephemeroptera	Baetidae	80	6	480	0.802675585
Hemiptera	Veliidae	69	5	345	0.576923077
Hemiptera	Ochteridae	1	7	7	0.011705686
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.010033445
Lepidoptera	Crambidae	4	5	20	0.033444816
Megaloptera	Corydalidae	1	7	7	0.011705686
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.011705686
Plecoptera	Perlidae	15	2	30	0.050167224
Trichoptera	Hydroptilidae	91	4	364	0.608695652
Trichoptera	Hydropsychidae	63	5	315	0.526755853
Trichoptera	Philopotamidae	4	5	20	0.033444816
Trichoptera	Hydrobiosidae	2	4	8	0.013377926
		<b>598</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.180602007</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Durante la recolecta de campo en la época seca abril 2011 se observó la presencia de las siguientes familias predominantes: 144 individuos de la familia Elmidae que representan un 19% siendo esta familia la mas predominante, 91 individuos de la familia Hydroptilidae con un 15%, 67 individuos de la familia Chironomidae con un 11% y 80 individuos de la familia Baetidae con un 13% (Fig. 42).



**Figura 42.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.15.2.

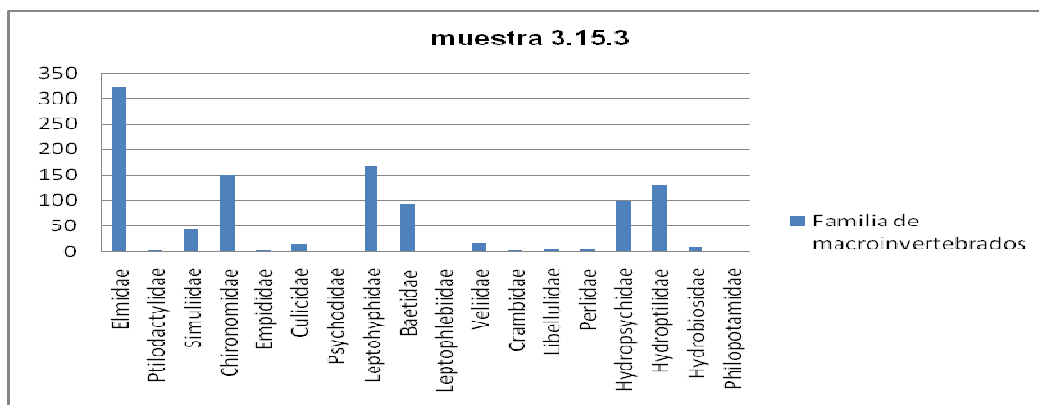
La muestra 3.15.3 presentó una abundancia de 18 familias y un total de 1,061 individuos colectados (Cuadro 44).

**Cuadro 44.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.15.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	321	4	1284	1.210179076
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	3	6	0.005655042
Diptera	Simuliidae	44	6	264	0.248821866
Diptero	Chironomidae	150	8	1200	1.131008483
Diptero	Empididae	2	6	12	0.011310085
Diptero	Culicidae	15	10	150	0.14137606
Diptero	Psychodidae	1	7	7	0.006597549
Ephemeroptera	Leptohyphidae	166	6	996	0.938737041
Ephemeroptera	Baetidae	93	6	558	0.525918944
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	5	5	0.004712535
Hemiptera	Veliidae	16	5	80	0.075400566
Lepidoptero	Crambidae	2	5	10	0.009425071
Odonata	Libellulidae	5	7	35	0.032987747
Plecoptera	Perlidae	5	2	10	0.009425071
Tricoptera	Hydropsychidae	99	5	495	0.466540999
Tricoptera	Hydroptilidae	129	4	516	0.486333648
Tricoptera	Hydrobiosidae	9	4	36	0.033930254
Tricoptera	Philopotamidae	1	5	5	0.004712535
		<b>1061</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.343072573</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Familias predominantes: 321 individuos de la familia Elmidae que representan un 30% siendo esta familia la mas predominante, 150 individuos de la familia Chironomidae con un 14%, 166 individuos de la familia Leptohyphidae con un 16% y 129 individuos de la familia Hydroptilidae con un 12% (Fig. 43).



**Figura 43.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.15.3.

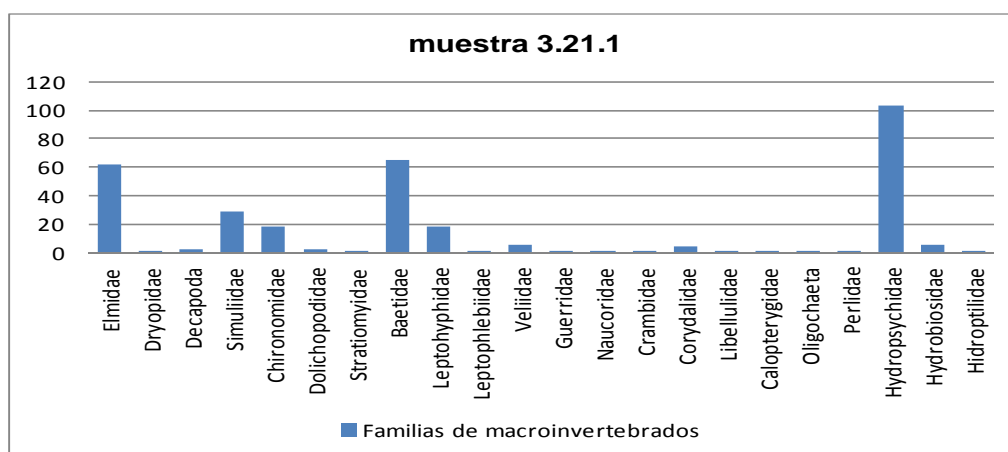
La muestra 3.21.1 presentó una abundancia de 22 familias y un total de 324 individuos colectados (Cuadro 45).

**Cuadro 45.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.21.1

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	62	4	248	0.765432099
Coleoptera	Dryopidae	1	4	4	0.012345679
Decapoda	Decapoda	2	6	12	0.037037037
Diptera	Simuliidae	29	6	174	0.537037037
Diptera	Chironomidae	18	8	144	0.444444444
Diptera	Dolichopodidae	2	6	12	0.037037037
Diptera	Stratiomyidae	1	6	6	0.018518519
Ephemeroptera	Baetidae	65	6	390	1.203703704
Ephemeroptera	Leptohyphidae	18	6	108	0.333333333
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	5	5	0.015432099
Hemiptera	Veliidae	5	5	25	0.077160494
Hemiptera	Guerridae	1	6	6	0.018518519
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.018518519
Lepidoptera	Crambidae	1	5	5	0.015432099
Megaloptera	Corydalidae	4	7	28	0.086419753
Odonata	Libellulidae	1	7	7	0.021604938
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.021604938
Oligochaeta	Oligochaeta	1	10	10	0.030864198
Plecoptera	Perlidae	1	2	2	0.00617284
Trichoptera	Hydropsychidae	103	5	515	1.589506173
Trichoptera	Hydrobiosidae	5	4	20	0.061728395
Trichoptera	Hidroptilidae	1	4	4	0.012345679
		<b>324</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>5.364197531</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Familias predominantes: 103 individuos de la familia Hydropsychidae que representan un 32% siendo esta familia la mas predominante, 29 individuos de la familia Simullidae con un 9%, 62 individuos de la familia Elmidae con un 19% y 65 individuos de la familia Baetidae con un 20% (Fig 44).



**Figura 44.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.21.1.

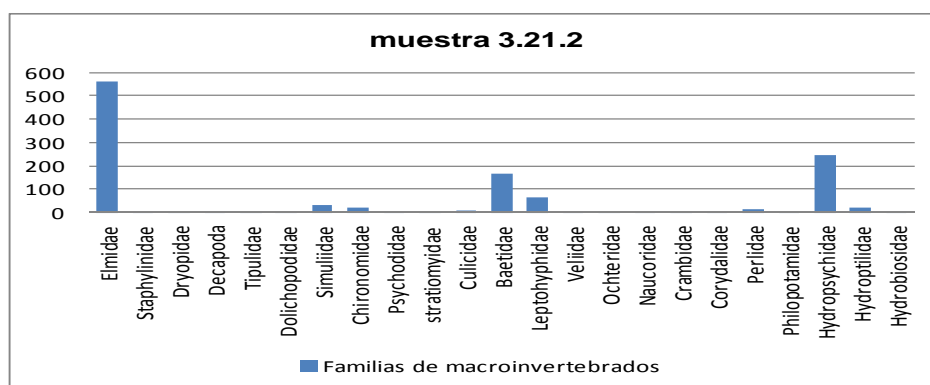
La muestra 3.21.2 presentó 23 familias y un total de 1,170 individuos colectados (Cuadro 46).

**Cuadro 46.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.21.2

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	562	4	2248	1.921367521
Coleoptera	Staphylinidae	3	6	18	0.015384615
Coleoptera	Dryopidae	3	4	12	0.01025641
Decapoda	Decapoda	1	6	6	0.005128205
Diptera	Tipulidae	2	5	10	0.008547009
Diptera	Dolichopodidae	1	2	2	0.001709402
Diptera	Simuliidae	35	6	210	0.179487179
Diptera	Chironomidae	19	8	152	0.12991453
Diptera	Psychodidae	2	7	14	0.011965812
Diptera	stratiomyidae	1	6	6	0.005128205
Diptera	Culicidae	8	10	80	0.068376068
Ephemeroptera	Baetidae	170	6	1020	0.871794872
Ephemeroptera	Leptohephidae	65	6	390	0.333333333
Hemiptera	Veliidae	1	5	5	0.004273504
Hemiptera	Ochteridae	1	7	7	0.005982906
Hemiptera	Naucoridae	1	6	6	0.005128205
Lepidoptera	Crambidae	4	5	20	0.017094017
Megaloptera	Corydalidae	2	7	14	0.011965812
Plecoptera	Perlidae	13	2	26	0.022222222
Trichoptera	Philopotamidae	2	5	10	0.008547009
Trichoptera	Hydropsychidae	249	5	1245	1.064102564
Trichoptera	Hydroptilidae	23	4	92	0.078632479
Trichoptera	Hydrobiosidae	2	4	8	0.006837607
		<b>1170</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.787179487</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Familias predominantes: 562 individuos de la familia Elmidae que representan un 48% siendo esta familia la mas predominante, 249 individuos de la familia Hydropsychidae con un 21%, 65 individuos de la familia Leptohephidae con un 6% y 170 individuos de la familia Baetidae con un 15% (Fig. 45).



**Figura 45.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.21.2.

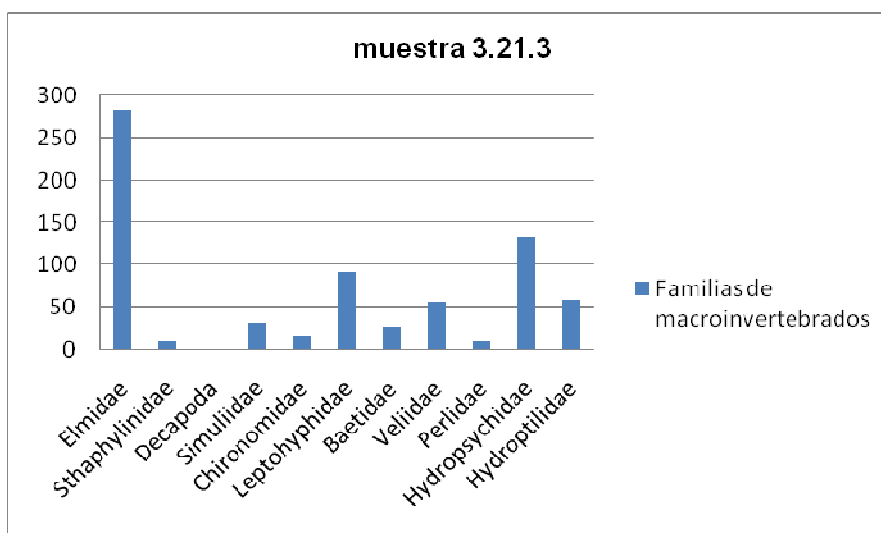
La muestra 3.21.3 presentó una abundancia de 11 familias y un total de 714 individuos colectados (Cuadro 47).

**Cuadro 47.** Calculo del IBF-SV en la muestra 3.21.3

Orden	Familia	Cantidad	GS	Producto	PP
Coleoptera	Elmidae	283	4	1132	1.585434174
Coleoptera	Sthaphylinidae	9	6	54	0.075630252
Decapoda	Decapoda	1	6	6	0.008403361
Diptera	Simuliidae	31	6	186	0.260504202
Diptero	Chironomidae	16	8	128	0.179271709
Ephemeroptera	Leptohyphidae	92	6	552	0.773109244
Ephemeroptera	Baetidae	27	6	162	0.226890756
Hemiptera	Veliidae	55	5	275	0.385154062
Plecoptera	Perlidae	10	2	20	0.028011204
Tricoptera	Hydropsychidae	132	5	660	0.924369748
Tricoptera	Hydroptilidae	58	4	232	0.324929972
		<b>714</b>		<b>IBF-SV=</b>	<b>4.771708683</b>

- GS = Grado de sensibilidad.
- PP= Promedio ponderado

Familias predominantes: 283 individuos de la familia Elmidae que representan un 40% siendo esta familia la mas predominante, 132 individuos de la familia Hydropsychidae con un 19%, 92 individuos de la familia Leptohyphidae con un 13% y 58 individuos de la familia Hydroptilidae con un 8% (Fig. 46).












**Figura 46.** Abundancia poblacional de familias recolectadas en el río Copinula muestra 3.21.3.

### 5.3.5 Valores obtenidos del IBF-SV-2010 por cada sub muestra

El cuadro 48 muestra el resumen del Índice Biológico de Familias en base a la calidad del agua y su interpretación del grado de contaminación orgánica.

**Cuadro 48.** IBF (Índice Biológico para Familias) de la zona baja de la subcuenca del río Copinula

Sitio tres de muestreo				
Muestra	Valor IBF-SV-2010	Categoría	Calidad del Agua	Interpretación del grado de contaminación orgánica
3.9.1	5.28		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
3.9.2	5.24		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
3.9.3	5.00		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
3.15.1	5.32		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
3.15.2	5.18		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
3.15.3	5.34		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
3.21.1	5.36		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
3.21.2	4.78		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
3.21.3	4.77		Buena	Alguna contaminación orgánica probable

Para la zona baja del río se obtuvieron características buenas de agua en las muestras 3.9.3, 3.21.2 y 3.21.3, la interpretación del grado de contaminación orgánica menciona que hay alguna contaminación probable. Las muestras 3.9.1, 3.9.2, 3.15.1, 3.15.2, 3.15.3 y 3.21.1, presentaron calidad de agua regular en las cuales la contaminación orgánica bastante sustancial es probable, cabe mencionar que en la zona baja existe influencia de zonas de turismo y cafetales productivos como en la zona intermedia del río que de alguna manera generan alteraciones en el ambiente natural.

### 5.3.6 Interpretación de la información biológica (IBF-SV-2010).

La recolecta de general de individuos de macroinvertebrados en este río resultó ser variable ya que cada uno de los puntos muestreados mostro sus propias peculiaridades en cuanto a la cantidad de individuos y el número de familias. La muestra 3.9.1 presentó una riqueza de familias de 25, 3.9.2 de 13 familias y la 3.9.3, 18 familias, con respecto al total de individuos capturados utilizando 3 minutos por muestras. La muestra 3.15.1 presento una riqueza de familia de 30, (3.15.2) presento 20 familias, y (3.15.3), 18 familias, haciendo un total de 2,730 individuos encontrados utilizando 5 minutos por cada muestra. La muestra 3.21.1 presento una riqueza de familia de 22, (3.21.2) presento 23 familias y (3.21.3), 13 familias, esto hace un total de 2,208 individuos encontrados utilizando 7 minutos de muestreo.

### 5.3.7 Zona baja de la sub cuenca del rio Copinula

### 5.3.8 Número de muestra biológica, repeticiones y valores estadísticos

Las pruebas estadísticas utilizadas para los resultados obtenidos al igual que en la zona alta e intermedia de estudio fue por comparación de medias y prueba de "T". Así también se evaluó si existe una relación entre una variable categórica y una variable de escala. El objetivo de la prueba es determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en el promedio de una variable de escala de acuerdo a las categorías de una variable categórica y si la existe definir cuál de las medias es significativa (tiempos de muestreo) en comparación a T tablas. Cada uno de las muestras como en la zona alta e intermedia fueron procesadas obteniendo media, varianza y desviación estándar, se obtuvieron también las medias de cada varianza para crear el modelo comparativo en el que se evaluaron el tiempo de 9 con 15 minutos, 15 con 21 minutos y 3 con 21 minutos de muestreo óptimo en relación a la abundancia de familias (Cuadro 49).

**Cuadro 49.** Tiempos de muestreo y medidas de dispersión estadística de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos.

Zona baja de la sub cuenca				
Tiempos de muestreo	Media	Varianza	Medias de varianza	Desviación Estándar
3.3.1	8.25	9.64	29.84	10.37
3.3.1	14.08	30.52		31.87
3.3.1	32.8	49.36		50.64
3.3.2	7.96	8.09	16.57	9.02
3.3.2	8.77	8.99		9.53
3.3.2	34	32.62		34.60
3.3.3	10.66	17.31	36.81	18.08
3.3.3	34.72	71.03		74.50
3.3.3	17.84	22.09		22.99
3.5.1	26.93	37.90	34.6	39.14
3.5.1	10.94	24.67		25.43
3.5.1	24.73	41.23		42.16
3.5.2	19.11	23.56	17.05	24.29
3.5.2	9.16	8.96		9.35
3.5.2	16.3	18.64		19.65
3.5.3	35	40.54	32.15	42.08
3.5.3	17.11	25.25		26.03
3.5.3	28.1	30.67		32.33
3.7.1	8.7	7.1	12.67	7.48
3.7.1	9.06	13.16		13.23
3.7.1	8	17.75		18.47
3.7.2	17.55	28.60	60.25	29.43
3.7.2	67.8	130.60		137.67
3.7.2	16	21.56		22.61
3.7.3	41.2	49.92	28.38	52.62
3.7.3	22.44	25.36		26.90
3.7.3	10	9.86		10.40

### 5.3.9 Análisis comparativo con la prueba de “T” para las sub muestras biológicas.

La información comparativa es el resultado de aplicar la media aritmética a cada una de las desviaciones estándar de las diferentes muestras biológicas, las diferencias son procesadas usando la formula de T student.

### 5.3.10 Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo para la zona alta de la subcuenca en estudio.

En el cuadro 50 se muestra la comparación de 9 y 15 minutos de muestreo en relación a la abundancia de familias para obtener el valor de T calculado (anexo 2).

Cuadro 50. Comparación de 9 y 15 minutos de muestreo

DATOS	9 min	15 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	29.84	34.6	4.76	T=2.92	
	16.57	17.05	0.48		
	36.81	32.15	4.66		
Suma	83.22	83.8	9.9		
media	27.74	27.93	3.3	Tc=0.95	

El valor de T calculado de  $0.95 < 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 9 y 15 minutos.

### 5.3.11 Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo para la zona baja de la subcuenca en estudio.

En el cuadro 51 se muestra la comparación de 15 y 21 minutos de muestreo en relación a la abundancia de familias para obtener el valor de T calculado de manera similar al cuadros 49 se calculo con base a la formula de la desviación estándar (anexo 2).

Cuadro 51. Comparación de 15 y 21 minutos de muestreo

DATOS	15 min	21 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	34.60	12.67	21.93	T=2.92	
	17.05	60.25	43.2		
	32.15	28.38	3.77		
Suma	83.8	101.3	68.9		
media	27.93	33.76	22.96	Tc=2.01	

El valor de T calculado de  $2.01 < 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 15 y 21 minutos.

### 5.3.12 Comparación de 9 y 21 minutos de muestreo para la zona baja de la subcuenca en estudio.

En el cuadro 52 se muestra la comparación de 9 y 21 minutos de muestreo en relación a la abundancia de familias para obtener el valor de T calculado de manera similar a los cuadros 49, 50 se calculo con base a la formula de la desviación estándar (anexo 2).

Cuadro 52. Comparación de 3 y 21 minutos de muestreo

DATOS	9 min	21 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	29.84	12.67	17.17	T= 2.92	
	16.57	60.25	43.68		
	36.81	28.38	8.43		
Suma	83.22	101.3	69.25		
media	27.74	33.76	23.08	Tc=2.28	

El valor de T calculado de  $2.28 < 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y el número de individuos encontrados durante el muestreo de campo utilizando 3 y 7 minutos

### 5.3.13 Análisis comparativo de T calculado y T tablas para evaluar el tiempo óptimo en relación al número de familias y abundancia por familias

El cuadro 53 muestra la relación numérica en relación a los tiempos de muestreo que fueron obtenidos mediante las comparaciones hechas con base a T student se tomo el menor valor de significancia en relación a T tablas.

Cuadro 53. Análisis comparativo de prueba de T para los tiempos de muestreo

T calculado	Comparaciones entre tiempos de muestreo			T tablas=2.92
	9, 15 min	15, 21 min	9, 21 min	
Zona baja de la subcuenca río Copinula	0.95	2.01	2.28	

El Índice Biológico de Familias evaluado con la prueba de T demuestra que el valor de T calculado de  $0.95 \leq 2.92$  de T tablas no presenta diferencia significativa para el número de familias y la abundancia por familias encontradas durante el muestreo de campo utilizando 9 o 15 minutos de recolecta. Por lo tanto el resultado de abundancia por familias y abundancia de individuos por familia dará de forma igual si en un muestreo de campo se utilizan 9 o 21 minutos en las recolectas de macroinvertebrados.

De forma similar los datos biológicos de recolecta nos presentan una abundancia de 1,972 individuos y 25 familias utilizando 9 minutos de muestro, 2,730 individuos colectados y 27 familias haciendo uso de 15 minutos de muestreo y 2,208 individuos y 25 familias utilizando 21 minutos de muestreo.

### 5.3.14 Análisis estadístico de la zona alta, media y baja del río Copinula en función de los estadísticos y riqueza biológica. .

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 que determinaron el comportamiento específico de los especímenes que fueron recolectados en diferentes microhabitats.

**Cuadro 54.** Resumen en el que se comparan los tiempos más óptimos en relación al número de Familias y abundancia por familias.

	Tt=0.1=2.92				Número de Familias de Macroinvertebrados por Tiempo de muestreo							
	TI 9 <sup>min</sup>	Tc / 9 <sup>min</sup> ,15 <sup>min</sup>	IBF	C	TI 15 <sup>min</sup>	Tc / 15 <sup>min</sup> ,21 <sup>min</sup>	IBF	C	TI 21 <sup>min</sup>	Tc / 9 <sup>min</sup> ,21 <sup>min</sup>	IBF	C
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	4311				6383				5424			

- **C = Calidad del agua.**
- **TI = Total de individuos.**
- **B = Buena.**
- **R = Regular.**

**Para la Zona alta** en estudio, la utilización de 9 minutos (9 minutos por submuestra) de muestreo 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, el Índice Biológico de Familias para esta zona presentó el valor 4.42 con características buenas de agua. La interpretación del grado de contaminación orgánica describe 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, El Índice Biológico de Familias presentó 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 2.29 de T tablas, El Índice Biológico de Familias presentó un valor de 4.32 muy similar a los bloques de repeticiones con 9 y 15 minutos de muestreo.

**La zona intermedia** en estudio 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 2.29 de T tablas, 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  $1.32 < 2.29$  de T tablas, 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  $2.26 < 2.29$  de T tablas, 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.

**La zona baja** presento una abundancia de 1,972 individuos utilizando 9 minutos de muestreo, los datos de variabilidad obtenida demostraron una valor de 0.95 de T calculado menor a 2.29 de T tablas, 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  $2.09 < 2.29$  en relación a T student, 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  $2.28 < 2.29$  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

El tiempo es un factor condicionante en cuanto a la efectividad del trabajo y es necesario reconocerlo de alguna manera cuando la investigación científica se genera bajo cronogramas de actividades, con esto el esfuerzo de muestreo se optimiza y la pérdida de tiempo en campo se disminuye cuando con 15 minutos hay iguales resultados de captura. La variabilidad biológica tiene amplios comportamientos que no pueden ser medidos en cuanto al tiempo de captura.

## 6. 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

## 7. 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.

## 8. Bibliografía

Alonso, A; Camargo, JA.2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles (en línea). España. Consultado 24 mar. 2009. Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=133>

Alonso, R L.2000.Características hidráulico y geomorfológico de ríos de montaña. (En línea). España. Consultado 12 de octubre del 2011. Disponible en: [http://www.citop.es/PubPDF/Cimbra361\\_06.pdf](http://www.citop.es/PubPDF/Cimbra361_06.pdf)

Aquilla, RC. 2005. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la Subcuenca del Río Jabonal, Turrialba, Costa Rica 33p

CEC (Commission for Environmental Cooperation of North America). S.f. El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes (en línea). Consultado 25 mar. 2009. Disponible en [http://www.cec.org/soe/files/es/SOE\\_WaterQuality\\_es.pdf](http://www.cec.org/soe/files/es/SOE_WaterQuality_es.pdf)

Chávez Sifontes J,M; Orantes Guerrero E,E.2010. Reconocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como alternativas para determinar la calidad del agua del Rio Sensunapan, Departamento de Sonsonate, El Salvador, C.A. Tesis Ing. Agr. El Salvador 10-20p

Chow V, T.1994. Hidrología Aplicada. Colombia. 299 p

DNR (Department of Natural Resources, US). s. f. Maryland freshwater Benthic Macroinvertebrates (en línea). Consultado 25 mar. 2009. Disponible en: [http://www.dnr.state.md.us/streams/pubs/benthic\\_macroinvertebrates.pdf](http://www.dnr.state.md.us/streams/pubs/benthic_macroinvertebrates.pdf)

Ezquivel Orellana O.2007 Informe Final Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador (en línea). El Salvador. Consultado el 22 de Noviembre del 2011. Disponible en: <http://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00246/doc00246-contenido.pdf>

GEPD (Georgia Environmental Protection Division, US). 2004. Manual de monitoreo en ríos. Georgia. US. P. 14 – 16

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

Gutiérrez Fonseca, P.E., Sermeño Chicas, J.M. & J.M. Chávez Sifontes. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Plecoptera en El Salvador. *En*: Springer, M. (ed.). 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. 14 pág.

Gutiérrez Fonseca, P.E. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds). 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 64 pág.

López Sorto, R.E., Sermeño Chicas, J.M. & D. Pérez. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros de los órdenes Megaloptera y Neuroptera en El Salvador. *En*: Springer, M. (ed.). 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. 17 pág.

Martínez Quijano E, C; Cano Funes R, S. 2008. Evaluación de los medios de vida y la cantidad y calidad del agua subcuena del Río Jupula, Chalatenango. Tesis Universidad de El Salvador. El Salvador. 40p.

Menjivar Rosa, R.A. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Diptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). 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. 50 pág.

Monterrosa, AJ; Serrano, L. 1994. Caracterización de comunidades de insectos acuáticos del Río Chagüite, afluentes del Lago de Ilopango, El Salvador. *Revista Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas*, 4 (2): 37-51

Molina R; Bourmy C; Campos E. 1964. Levantamiento general de suelos. Esc 1:50000. Color. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, ES.) Cuadrante 2257-11 Jujutla. República de El Salvador.

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

Roldan Pérez G A. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia; uso del método BMWP/col. Colombia. Editorial universitaria de Antioquia. 1-30p.

Rubio Fabian R, E. 1983. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria e Ambiental; Macroinvertebrados Bioindicadores de la Calidad de las Aguas Lóticas en El Salvador. Brasil 11 de febrero de 2011. En línea. Disponible en: [http://www.google.com/sv/search?rlz=1C1GGGE\\_esSV403SV403&aq=f&sourceid=chrome&ie=UTF-8&q=XXVII+Congreso+Interamericano](http://www.google.com/sv/search?rlz=1C1GGGE_esSV403SV403&aq=f&sourceid=chrome&ie=UTF-8&q=XXVII+Congreso+Interamericano)

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

Sermeño Chicas. 2010c. Metodología estandarizada de muestreo multi-habitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la red "D" en ríos de El Salvador. Editorial universitaria (UES) San Salvador. SV. 22p

Sermeño Chicas, J.M., Pérez D. & P.E. Gutiérrez Fonseca. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Odonata en El Salvador. *En*: Springer, M. (ed.). 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. 38 pág.

Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. 2010a. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador. *En*: Springer, M., Sermeño Chicas, J.M. & D. Vásquez Acosta (eds.). 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. 29 pág.

Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. 2010b. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Lepidoptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos en El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. 16 pág.

SNET 2010. Perfiles Climatológicos (En línea). Consultado 23 de agosto de 2011. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima/perfiles+climatologicos>.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). 2006. Perfiles Climatológicos (en línea). Consultado el 23 de agosto de 2011. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima/perfiles+climatologicos/>

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales) 2005. Servicio Hidrológico Nacional. Balance Hídrico Climático y Dinámico de El Salvador. El Salvador. 118 p

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). 2004. Evaluación de la contaminación del Río Acelhuate a través de la aplicación de un índice de calidad general durante el año 2003. SNET, San Salvador. sv. 8 p.

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](http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf)

Springer, M. Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Trichoptera. *En*: Sermeño Chicas, J. M. (ed.). 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. 47 pág.

Pacheco-Chaves, B. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). 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. 49 pág.

Wikiespecies Commons alberga contenido multimedia sobre **Gastropoda**.2001a. (En línea). Consultado 24 de enero de 2012. Disponible en [http://www.manandmollusc.net/advanced\\_introduction/gastropod\\_taxonomy\\_1](http://www.manandmollusc.net/advanced_introduction/gastropod_taxonomy_1). Html.

Wikiespecies Commons alberga contenido multimedia sobre **Decapoda**.2001b. (En línea). Consultado 24 de enero de 2012. Disponible en [http://www.Decapoda.net/advanced\\_introduction/decapoda\\_taxonomy\\_2](http://www.Decapoda.net/advanced_introduction/decapoda_taxonomy_2). Html.

# 9. ANEXOS

## ANEXO 1. Macroinvertebrados recolectados en el muestreo de campo en el río Copinula abril del 2011.

### 1.1 Orden Coleoptera

#### 1.1.2 Familia Elmidae

**Ecología:** La familia Elmidae está ampliamente distribuida por todos los continentes y posee más de 1.300 especies descritas (Jäch & Balke 2008 citado por Gutiérrez 2010). Los adultos pueden vivir varios años en condiciones de laboratorio. Las larvas se encuentran en troncos sumergidos, hojas en descomposición, raíces sumergidas y sobre rocas donde se alimentan de materia vegetal en descomposición y algas. En general, los élmidos son muy abundantes y diversos en ríos de aguas bien oxigenadas y con presencia de abundante materia orgánica en descomposición (hojarasca y madera). (Gutiérrez Fonseca, P.E. 2010). Ovipositan entre mayo y agosto en aguas lóxicas, en las orillas y en el fondo de las rocas. Ya emergida la hembra selecciona las depresiones de las rocas y deposita un grupo de huevos usualmente uno contra otro. (Merritt 1978). Estos organismos se encontraron en una cantidad de 574 individuos en la zona alta de la cuenca, en la zona intermedia hubo una abundancia de 1798 individuos y la zona baja presentó un total de 2008 individuos recolectados. (Fig. 47).



Figura 47. Inmaduro de Elmidae

#### 1.1.3 Familia Dryopidae

**Ecología:** La familia Dryopidae está representada por 300 especies distribuidas por todos los continentes excepto en Australia (Jäch & Balke 2008 citado por Gutiérrez 2010). Las hembras poseen un ovipositor bien desarrollado, el cual utilizan insertando sus huevos en el suelo o entre el tejido de algunas plantas (Brown 1991 citado por Gutiérrez 2010). El ciclo de vida comprende desde unos cuantos meses hasta un par de años dependiendo de la especie y la temperatura del sitio. Los driópidos, al igual que los élmidos, tienen respiración por plastrón y se alimentan principalmente de algas (Archangelsky *et al.* 2009 Citado por Gutiérrez 2010). Esta familia se encontró en la parte media y baja de la cuenca en la cual existían rápidos, remansos y pozas profundas en el río (Fig. 48).



Figura 48. Adulto de Dryopidae

#### 1.1.4 Familia Hydraenidae

**Ecología** Hydraenidae es una familia medianamente diversa, con alrededor de 1.420 especies, distribuidas en todos los continentes incluyendo islas subantárticas (Jäch & Balke 2008 citado por Gutiérrez 2010). Las larvas son semiacuáticas, únicamente el primer estadio de algunas especies es acuático

Los huevos son depositados individualmente sobre rocas o troncos sumergidos y son cubiertos por unos pocos hilos de seda. Las larvas se alimentan de protozoarios y perifiton cercano al agua; la pupa se desarrolla fuera del agua en la tierra húmeda. Los adultos se alimentan de algas, bacterias y hongos que crecen sobre hojas. Hay algunas especies asociadas a ambientes salinos como estuarios (Spangler 1991, Springer 2009 citado por Gutiérrez 2010). De esta familia de coleópteros solo fueron encontrados dos individuos en la zona alta de la cuenca y dos en la zona intermedia (Fig. 49).

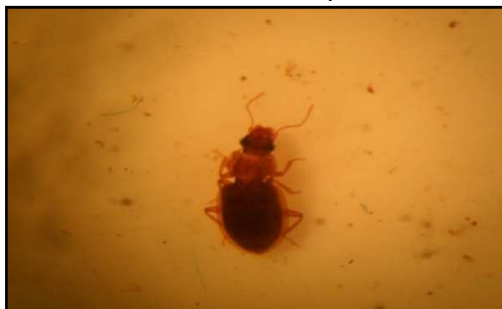


Figura 49. Adulto de Hydraenidae

### 1.1.5 Familia Dytiscidae

**Ecología** Los individuos de la familia Dytiscidae se encuentran entre los mejores adaptados para la vida acuática. Además, son los coleópteros acuáticos más diversos con 3.900 especies descritas (Nilsson 2001 citado por Gutiérrez 2010). Se encuentran en una gran variedad de sistemas acuáticos tales como ríos, quebradas, estanques, lagunas, bromelias y hasta en huecos en troncos de árboles. Están presentes en alturas de hasta 5.000 msnm, en cavernas y aguas subterráneas de hasta 30 m de profundidad (Balke 2005 citado por Gutiérrez 2010) (Fig. 50).



Figura 50. Adulto de Dytiscidae

### 1.1.6 Familia Limnichidae

**Ecología** Esta familia está compuesta por 400 especies (Jäch & Balke 2008 citado por Gutierrez 2010). Las larvas son en su mayoría terrestres, viviendo cerca del agua. Los adultos son recolectados cerca del margen de los ríos y en la vegetación emergente, cuando se sumergen lo hacen llevando una película de aire atrapada con un plastrón. Pueden ser localmente muy abundantes. Es poco lo que se conoce de su biología, aparentemente se alimentan de algas y musgos (Archangelsky *et al.* 2009 citado por Gutierrez 2010). Esta familia de coleópteros posee también algunos representantes marinos en Mesoamérica, en las zonas entre mareas y en manglar (Springer 2009 citado por Gutierrez 2010). Esta familia fue muy escasa y solo se localizo en la zona intermedia de estudio (Fig. 51).



Figura 51. Adulto de Limnichidae

### 1.1.7 Familia Psephenidae

**Ecología** La familia Psephenidae está compuesta de 272 especies acuáticas, distribuidas en todos los continentes (Jäch & Balke 2008 citado por Gutiérrez 2010). Son pocos los estudios realizados a esta familia; por ejemplo la especie *Psephenus herricki* oviposita varios miles de huevos sobre objetos emergentes cercanos a la corriente. El estadio de pupa ocurre cerca del agua en alguna cavidad protegida. Los adultos son figura estrictamente terrestres, de vida corta y algunas veces pueden ser recolectados en la vegetación riparia. Las larvas se alimentan del perifiton que crece sobre las rocas (White & Roughley 2008 citado por Gutiérrez 2010). Esta familia se encontró en la parte media y baja de la cuenca, fue muy escasa únicamente 3 individuos (Fig. 52).

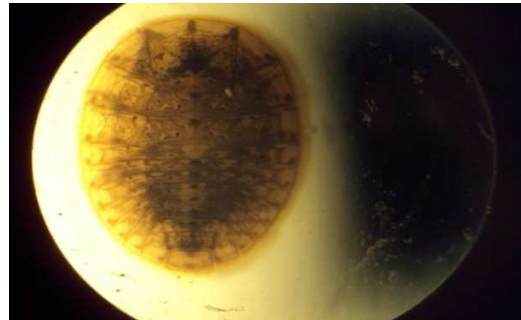


Figura 52. Inmaduro de Psephenidae

### 1.1.8 Familia Ptilodactylidae

**Ecología** La familia Ptilodactylidae posee cerca de 500 especies distribuidas en todos los continentes (Jäch & Balke 2008 citado por Gutiérrez 2010). Es muy poco lo que se conoce acerca de su biología. Únicamente las larvas son consideradas acuáticas, estas ocurren entre las acumulaciones de hojarasca, raíces sumergidas y madera. Pueden pasar por hasta 10 estadios larvales y en zonas templadas pueden tardar hasta tres años en desarrollarse (White & Roughley 2008 citado por Gutiérrez 2010). Esta familia de coleópteros tubo una abundancia de 774 individuos encontrados en la zona alta ya que ahí se presentaban las condiciones idóneas de hábitat al existir un caudal bajo y abundancia de materia orgánica en descomposición, en la zona intermedia disminuyo su presencia considerablemente a una cantidad de 30 individuos y aun mas en la zona baja con 9 individuos recolectados (Fig. 53).



Figura 53. Inmaduro de Ptilodactylidae

### 1.1.9 Familia Staphylinidae

**Ecología** La familia Staphylinidae está compuesta por más de 30.000 especies, que en su mayoría son terrestres (Jäch & Balke 2008 citado por Gutiérrez). Sin embargo, algunas especies pueden ser de fauna riparia o encontrarse encima de rocas en medio de la corriente de ríos, también pueden sumergirse dentro del agua por periodos cortos. Las larvas pasan por tres estadios y son casi todas terrestres, aunque en algunas ocasiones pueden ser recolectadas en bromelias, o hábitats semiacuáticos, donde se alimentan de larvas de dípteros y otros invertebrados (Jäch & Balke 2008 citado por Gutiérrez 2010). Al igual que las larvas, los adultos son principalmente depredadores, además de otros hábitos alimenticios que incluye la micofagia, saprofagia y fitofagia (Archangelsky *et al.* 2009). También es común recolectar estafilínidos adultos en ambientes salobres (Springer

2009 citado por Gutiérrez 2010). En la zona alta en estudio se encontraron 2 individuos, en la zona intermedia 12 y 29 individuos en la zona baja en la que se encontraron rangos de calidad de agua regular y buena (Fig. 54)



Figura 54. Adulto de Staphilinidae

## 1.2 Orden Hemiptera

### 1.2.1 Familia Gerridae

**Ecología** Estos hemípteros están altamente especializados para vivir sobre la superficie del agua, aprovechando la tensión superficial de la misma, formando parte del Neuston; se desplazan al apoyar sus patas posteriores sobre el agua y empujándose con sus patas medias. Habitan prácticamente cualquier cuerpo de agua desde aguas rápidas (lóticas), hasta aguas estancadas (lénticas); entre los sitios donde pueden ser encontrados están los ríos tanto en rápidos como en remansos, canales, bromelias, lagunas, lagos, estuarios, manglares, zonas costeras e incluso mar adentro en el caso de algunas especies del género *Halobates*. (Pacheco 2010). Estos depositan sus huevos en toda época es sus estanques y agua en movimiento, pegan sus huevos a los objetos flotantes y entre la línea de agua. (Merritt 1978). En la zona alta en estudio se recolecto unicamente un individuo de esta familia, en la zona intermedia 15 y 34 individuos en la zona baja de la Cuenca (Fig. 55).



Figura 55. Inmaduro de Gerridae

### 1.2.2 Familia Veliidae

**Ecología** Habitan una amplia variedad de cuerpos de agua dulce, permanentes, temporales y artificiales. Muchas especies viven en ambientes lénticos, casi siempre con márgenes vegetados, sobre la superficie del agua, sobre plantas y algas flotantes o sobre troncos, raíces y plantas de las orillas que cuelgan y penetran dentro del agua. Hay especies que permanece ocultas entre la vegetación; algunas viven en lugares muy oscuros También habitan ambientes lóticos, en sectores quietos y de corriente lenta, sobre la superficie del agua, sobre espuma y hojarasca flotantes, sobre plantas emergentes y sobre la superficie inferior de grandes rocas, entre plantas emergentes y debajo de plantas colgantes de la orilla, y en sectores de corriente rápida, sobre la superficie del agua. Hay especies que viven en ambientes terrestres húmedos: en hojarasca, sobre las orillas arenosas y barrosas de arroyos, sobre el suelo próximo a cuerpos lénticos y sobre las rocas, en musgos sobre rocas, en musgos sobre troncos de árboles, sobre los que escurre el agua. Algunas especies habitan fitotelmata (huecos en árboles, axilas de hojas de Bromeliáceas, internudos de cañas, llenas de agua). (Pacheco 2010). También hay especies que viven en aguas salobres (arroyos que desembocan en el mar), y en ambientes marinos costeros (cuevas de cangrejos, estuarios, manglares, y arrecifes de coral y costas rocosas. Los vélidos son predadores y carroñeros, que se alimentan de insectos muertos o moribundos que se quedan atrapados en la película superficial del agua (insectos terrestres o insectos adultos emergentes con larvas

acuáticas); además, pueden alimentarse de insectos acuáticos y microcrustáceos, como cladóceros, huevos y larvas de mosquitos, colémbolos, y hasta ninfas y adultos de su misma especie. (Mazzucconi *et al.* 2009, citado por Pacheco 2010). En la zona alta en estudio se recolectaron 12 individuos de la familia Veliidae, en la zona intermedia 268 individuos y la zona baja presento una recolecta de 758 individuos (Fig. 56).



Figura 56. Inmaduro de Veliidae

### 1.2.3 Familia Saldidae

**Ecología** Esta familia se encuentra generalmente en hábitats lénticos, asociado a hidrófitas vasculares en la zona emergente, o en hábitats lóticos en la zona de playa o en agua dulce, generalmente son trepadores en la orilla o semiacuáticos, depredan a otros insectos perforándolos, como a las larvas de Díptera (Polhemus 2008, citado por Pacheco 2010).

### 1.2.4 Familia Belostomatidae

**Ecología** Prefieren ambientes lénticos, casi siempre vegetados y someros, a veces artificiales; suelen encontrarse, además, en ambientes lóticos, en sectores lentos y rápidos (debajo de rocas del fondo o agarrados a plantas acuáticas). Los adultos son atraídos por la luz y pueden llegar a piscinas. Si bien son nadadores poderosos, muchos belostomatídeos prefieren permanecer entre las plantas sumergidas y flotantes, o entre la hojarasca del fondo, al asecho de presas. Son depredadores voraces que se alimentan de todo lo que pueden capturar, *Belostoma* se alimenta de insectos acuáticos y caracoles. *Lethocerus* depreda sobre coleópteros ditíscidos, larvas de odonatos, camarones, y larvas y adultos de peces y anfibios, aunque prefiere los renacuajos, individuos grandes de *Belostoma* comparten esta dieta, además de caracoles. En Asia *Lethocerus* es utilizado como alimento. En china, una especie mostró ser exitosa en el control biológico de mosquitos; por otro lado otras especies pueden resultar una importante peste en criaderos de peces (Mazzucconi *et al.* 2009, citado por Pacheco 2010). No tienen tiempo exacto de oviposición pero depositan sus huevos en corrientes de agua y estanques, la hembra deposita una masa sólida de huevos en el dorso del macho. (Merriott 1978). Esta familia fue bastante escasa por sus hábitos de ecología, únicamente se encontraron 6 individuos en la zona alta de la cuenca y dos en la zona intermedia (Fig. 57).



Figura 57. Adulto de Belostomatidae

### 1.2.5 Familia Naucoridae

**Ecología** Los naucóridos son los Nepomorpha mejor adaptados a ambientes lóticos, en particular los Cryphocrini y *Limnocoris*, los cuales presentan un “plastron” que les permite tomar oxígeno del agua en una forma muy eficiente. Habitan principalmente en arroyos y ríos pedregosos, donde viven en sectores torrentosos, sujeto a las rocas del fondo o se encuentra entre raíces enmarañadas en barrancas, en zonas de corriente moderada o lenta; algunos se entierran en fondos arenosos. Las especies bentónicas se encuentran a menos de 10 -15 cm de profundidad, entre rocas en el fondo, donde el agua corre formando burbujas. Hay especies que viven en ambientes lénticos (charcas, lagunas, pantanos o pajonales), casi siempre densamente vegetados, entre plantas flotantes y sumergidas. Algunos naucóridos se han encontrado en aguas salobres y en aguas termales. Si bien son buenos nadadores, prefieren ocultarse entre plantas sumergidas y flotantes. Son depredadores voraces que se alimentan de insectos acuáticos (larvas de mosquitos y quironómidos, coríxidos, larvas de Odonata), crustáceos (cladóceros, anfípodos, isópodos) y moluscos. Las hembras depositan los huevos en sustratos sumergidos, dentro o sobre tejidos vegetales y sobre rocas. Se conocen ejemplares macrópteros y brachípteros (con hemiélitros poco reducidos o completos, y alas posteriores cortas o ausentes. Muchos tienen buena capacidad de dispersión por vuelo y solo lo hacen durante la noche (Mazzucconi *et al.* 2009, citado por Pacheco 2010). (Fig. 58).



Figura 58. Inmaduro de Naucoridae

### 1.2.6 Familia Ochteridae

**Ecología** Habitan orillas húmedas, limosas y arenosas, de ambientes lénticos y lóticos; también se los encuentra en las orillas de ambientes salobres, algunos *Ochterus* viven encima de rocas verticales sobre las que escurre el agua. Las ninfas se cubren el dorso con arena y tierra. Antes de la última ecdisis, la larva construye una cámara donde permanece unos días después de la muda (Mazzucconi *et al.* 2009, citado por Pacheco 2010). La familia Ochteridae únicamente se encontró en la zona media de la cuenca se recolectaron 6 individuos y 3 individuos en la zona baja (Fig. 59).



Figura 59. Inmaduro de Ochteridae

## 1.3 Orden Ephemeroptera

### 1.3.1 Familia Baetidae

#### **Ecología**

Esta familia es una de las más comunes dentro del orden Ephemeroptera y en general las ninfas de esta familia son apetecidas por los peces (McCafferty 1998, citado por Serrano y Zepeda 2010). Son de tamaño corporal pequeño o mediano, con cuerpos adaptados para nadar (forma cilíndrica). Sus branquias son sencillas, a menudo en forma de láminas redondas. Abundan en la mayoría de quebradas y ríos no contaminados. Son notables los

géneros *Baetodes*, *Camelobaetidius* y *Moribaetis*; quienes logran fijarse fuertemente a las piedras, bajo corrientes veloces de agua de cascadas (Flowers 2010, citado por Serrano y Zepeda 2010a). Su periodo preovipositorio es de un día, ovipositando en todas las épocas gusta de poner sus huevos poco profundo de la superficie y debajo de las rocas, estos pliegan sus alas a su abdomen y camina dentro del agua para seleccionar el sitio. (Merritt 1978). En la zona alta de la cuenca se recolectaron 85 individuos de esta familia, en la zona intermedia 870 y 868 individuos en la zona baja de estudio (Fig. 60).



Figura 60. Inmaduro de Baetidae

### 1.3.2 Leptohiphidae

**Ecología** Las ninfas ocurren en todo tipo de ríos y quebradas, incluyendo aquellas ambientalmente degradadas en las áreas agrícolas; viviendo entre las piedras y la vegetación acuática, o en el fango, refugiándose de las corrientes fuertes, un género frecuentemente muy abundante es *Leptohiphes* (Flowers 2010, citado por Serrano y Zepeda 2010). Siendo en general malas nadadoras, se encuentran frecuentemente asociadas a vegetación, detritus, o fondos arenosos, gravillosos o cenagoso de arroyos y ríos, alimentándose de algas y detritus. (McCafferty 1998, citado por Serrano y Zepeda 2010). Se les considera entre los grupos de insectos hidropneusticos de los ríos (que utilizan oxígeno disuelto en el agua para su respiración) más tolerantes (McCafferty 1998, citado por Serrano y Zepeda 2010a). En La zona alta de la cuenca se recolectaron 282 individuos, en la zona intermedia 352 y la zona baja 613 individuos (Fig. 61).



Figura 61. Inmaduro de Leptohiphidae

### 1.3.3 Leptophlebiidae

**Ecología** Es una familia común en América Central, ocurriendo por lo general con una mayor diversidad en quebradas y ríos de aguas limpias; aunque el género *Traverella* se encuentra en ríos grandes llenos de cieno y atravesando áreas agrícolas (Flowers 2010, citado por Sermeño Chicas *et.al* 2010). Es una familia grande y diversa en países neotropicales, y las ninfas presentan gran variedad en su forma de locomoción; así se conoce que en el género *Thraulodes* su forma le permite ser reptadoras y en el género *Terpides* las ninfas son nadadoras (Flowers 2010, citado por Serrano y Zepeda 2010). En general, las ninfas de esta familia no son buenas nadadoras y su desplazamiento ocurre más bien por reptación entre las riberas y el fondo (Korytkowski 1995, citado por Serrano y Zepeda 2010a). Con frecuencia se asocian a material de roca porosa, grava, detritus (hojarasca) de árboles o acumulaciones de raíces en los ríos que habitan (McCafferty 1998, citado por Serrano y Zepeda 2010). Su periodo de preoviposición es de 2 a 1 días a mitad de mayo y la entrada de julio, en ríos de aguas tranquilas. Estos meten su abdomen en el agua y liberan unos pocos huevos cada momento hasta completar unos 5 minutos

de oviposición (Merritt 1978). En la zona alta de la cuenca se recolectaron 78 individuos, en la zona intermedia 22 individuos y 4 en la zona baja en estudio (Fig. 62).



Figura 62. Inmaduro de Leptophlebiidae

## 1.4 Orden Trichoptera

### 1.4.1 Familia Hydrobiosidae

**Ecología** Las larvas son de vida libre y se alimentan de otros organismos acuáticos, ayudándose de las modificaciones morfológicas en sus patas anteriores (tibia y tarso en forma de pinzas). Las pupas se forman dentro de un capullo de seda de color oscuro. Ocurren en zonas de corriente en ríos y quebradas con aguas bien oxigenadas (Springer 2006). Esta familia fue bastante escasa en las muestras recolectadas únicamente se encontraron 3 individuos en la zona alta de la cuenca y 34 individuos en la zona baja de estudio (Fig. 63).

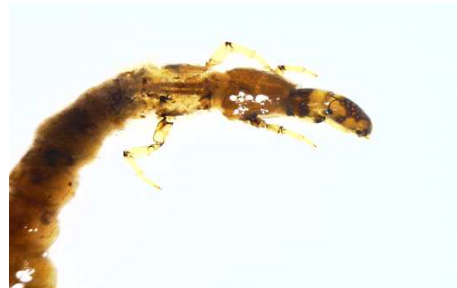


Figura 63. Inmaduro de Hydrobiosidae

### 1.4.2 Familia Hydroptilidae

**Ecología** Los Hydroptilidae son una familia muy diversa y abundante y las larvas ocurren en diversos ambientes lóticos y lénticos; aunque abundan especialmente en las paredes de cascadas y en zona de salpique en rocas grandes en medio de los ríos con corrientes fuertes o moderadas (Springer 2006). El cambio notable de apariencia y conducta en el último estadio larval se conoce como hipermetamorfosis (únicamente el último estadio construye refugios o casitas y además su abdomen engorda considerablemente en algunas especies). La mayoría de las especies se alimentan principalmente de algas filamentosas, algas unicelulares o perifiton (McCafferty 1998, Springer *et. al.* 2010). Pueden ser especialmente abundantes en ríos con un fuerte crecimiento de algas, p.ej. debido a altos contenidos de nutrientes; también hay algunas especies que pueden resistir condiciones extremas de pH (muy ácido) o altas temperaturas del agua. En la zona alta de la cuenca únicamente se recolectaron 6 individuos, en la zona intermedia 505 individuos y 373 individuos en la zona baja (Fig. 64).



Figura 64. Inmaduro de Hydroptylidae

### 1.4.3 Hydropsychidae

**Ecología** Es una familia muy común y de amplia distribución geográfica. Las larvas habitan principalmente en ambientes lóticos, desde ríos grandes a pequeños riachuelos, donde construyen refugios fijos ubicados en los intersticios entre piedras, con redes para filtrar el agua y capturar partícula de detritus (materia orgánica en suspensión) para alimentarse. Las larvas se encuentran principalmente en la zona de corrientes moderadas a fuertes (inclusive en paredes de cascadas) aunque también pueden localizarse en riberas de lagos con notoria actividad de oleaje. Cuando son molestadas, típicamente muestran una conducta de rápida retirada dentro de sus refugios construidos como redes de seda, moviendo ágilmente su abdomen y sus propatas anales (McCafferty 1998, citado por Springer *et. al.* 2010). Poseen periodo preovipositorio de pocos días poenen huevos entre mayo y septiembre en ríos largos y en los objetos que se encuentran sumergidos ovipositando una masa de huevos en estos objetos de de manera firme a unos 3 o 5 pies de la superficie (Merritt 1978). Esta familia de trichoptera ha sido una con mayor abundancia de población encontradas en el río Copinula, en la zona alta de la cuenca se recolectaron 609 individuos, en la zona intermedia 805 y la zona baja 1,120 individuos (Fig. 65).



Figura 65. Inmaduro de Hydropsychidae

### 1.4.4 Philopotamidae

**Ecología** Las larvas ocurren frecuentemente en acumulaciones de materia orgánica (hojarasca) o sustrato ambientes lóticos, desde ríos grandes hasta en nacientes de riachuelos con cauce rocoso y cubierto de musgo y pueden ser localmente muy abundantes. Todas las especies conocidas son filtradoras (Korytkowski 1995, citado por Springer *et. al.* 2010) (fig 65) y el tamaño de malla unitaria de sus redes es el más pequeño que se conoce entre los tricópteros que hacen refugio con redes (McCafferty 1998, citado por Springer *et. al.* 2010). Algunos autores citan que estas larvas solo ocurren en las áreas de “rápidos” de los arroyos, que sus refugios como redes en forma de dedos, se distiende en la corriente debido al flujo de ésta y porque uno de los extremos se mantiene fijo al sustrato (Springer *et. al.* 2010). De esta familia se recolectaron 26 individuos en la zona alta de la cuenca, 17 en la zona intermedia y 13 en la zona baja (Fig. 66).



Figura 66. Inmaduro de Philopotamidae

#### 1.4.5 Calamoceratidae

**Ecología** De esta familia se han encontrado larvas en ambientes lóticos y lénticos e incluso en depósitos de agua de bromelias (Springer 2006). Las larvas se consideran indicadoras de aguas oligotróficas (Roldán-Pérez 1996, citado por Springer *et. al.* 2010) (Y se alimentan de materia orgánica particular en descomposición, por lo que se les puede encontrar asociadas a hojarasca sumergida en descomposición, especialmente en el fondo de posas de ríos en áreas boscosas. Las pupas ya contienen huevos maduros en su interior y los depositan como adultos a la entrada del verano colocándolos en la línea de agua y en zonas únicamente húmedos. Algunos ovipositan dentro del agua pero por cantidad de huevos sugiere que la mayoría son puestos en la línea del agua (Merritt 1978). Esta es una familia poco abundante en el río, únicamente se encontraron 13 individuos en la zona alta y uno en la zona baja (Fig 67).



Figura 67. Inmaduro de Calamoceratidae.

#### 1.4.6 Helicopsychidae

**Ecología** Se considera una familia común y con amplia distribución geográfica (Lehmkuhl 1979, Springer *et. al.* 2010). Las larvas ocurren en ambientes lóticos y lénticos (Korytkowski 1995, citado por Springer *et. al.* 2010) Las larvas viven en ríos y quebradas, sobre todo encima de piedras o rocas, raspando algas de la superficie. Se les conoce como larvas de hábitos omnívoros, pudiendo algunas sobrevivir en aguas de altas temperaturas que otros tricópteros no puedan tolerar (McCafferty 1998, citado por Springer *et. al.* 2010), y también se conoce que algunas especies pueden tolerar considerables niveles de contaminación orgánica (Springer 2006). Únicamente se encontraron 10 individuos en la zona intermedia de la cuenca, sus estructuras de protección en espiral son frágiles y posiblemente sufrieron daños en el transporte de las muestras del campo al laboratorio y la manipulación de las mismas (Fig. 68).



Figura 68. Inmaduro de Helicopsychidae

### 1.4.7 Leptoceridae

**Ecología** Esta familia es de amplia distribución ocurriendo en diversos ambientes de tipo lotico y lentic, con hábitos alimenticios diversos, desde detritívoros o herbívoros y hasta depredadores, forman estuches (casitas) de forma tubular y de diversos materiales. Ocurren en lagos, charcas o arroyos y algunas especies son de amplia distribución geográfica pueden ser localmente abundantes. Se conoce que algunas especies pueden tolerar aguas con altas temperaturas y que otras especies pueden ser una molestia para cultivos de arroz, cuando sus poblaciones son demasiado abundantes (Lehmkuhl 1979, citado por Springer *et. al.* 2010). Las larvas de esta familia se consideran indicadoras de aguas oligotróficas a eutróficas (Roldán-Pérez 1996, citado por Springer *et. al.* 2010). Su tiempo de previoposición es de un día y ovipositan en primavera y a mediados de verano en aguas lenticas y loticas ovipositan en la superficie masas flotantes que son absorbidas por el agua y luego se adhieren a los objetos sumergidos (Merritt 1978). Esta familia fue bastante escasa en las muestras recolectadas, únicamente se encontraron en la zona alta de la cuenca 5 individuos intactos en sus estructuras (Fig. 69).



Figura 69. Inmaduro de Leptoceridae

## 1.5 Orden Diptera

### 1.5.1 Familia Tipulidae

**Ecología** Las larvas son encontradas en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos de agua limpia, entre detritus, sedimento orgánico fino, hydrofitas vasculares y algas. Habitan desde las tierras más al norte del ártico hasta las tierras bajas de los bosques ecuatoriales y desde la zona costera hasta más de 5,600 metros de altura. La mayoría de especies vive en suelo húmedo, madera podrida, hojas en descomposición ú otras condiciones terrestres. Otros viven al margen de cuerpos de agua, mientras unos pocos son estrictamente acuáticos. Algunos son depredadores de otras larvas de insectos; otros se alimentan de raíces de pastos (Sandoval y Molina 2000, McCafferty 1998, Gelhaus 2009, Alexander & Byers 1981, citado por Menjivar 2010). Menos de un día en su previoposición oviposita entre junio y julio en aguas lenticas en suelo y algas cercanas en la superficie, las hembras emergen durante el día, consiguen pareja copulan y comienzan la ovioposición de inmediato (Merritt 1978). Se encontraron 33 individuos de esta familia en la zona alta de la cuenca, 34 en la zona baja y únicamente uno en la zona intermedia en estudio (Fig. 70).



Figura 70. Inmaduro de Tipulidae

### 1.5.2 Familia Blephariceridae

**Ecología** Los miembros de esta familia están confinados a áreas en la vecindad inmediata a corrientes de aguas rápidas (lóticos), limpias, frías y bien oxigenadas, lo que los vuelve bioindicadores de la calidad de aguas (Courtney 2009, citado por Menjivar 2010). La larva y pupa están presentes en rocas en aguas de movimiento rápido o torrenciales, a menudo, en cascadas. Para que la larva y pupa puedan habitar estas áreas, la superficie de las rocas debe ser suave y libre de incrustaciones minerales o precipitado. Los huevos son pegados firmemente en pequeños grupos a la superficie de la roca por la hembra, tan pronto emerge y copula. Hay cuatro estadios larvales. Las larvas son capaces de adherirse a la superficie de las rocas debido a sus cuerpos deprimidos y ventosas ventrales. Se alimentan primariamente de diatomeas adheridas al sustrato rocoso donde ellas se sostienen y quizás algas (Hogue 1981, McCafferty 1998, citado por Menjivar 2010). De esta familia se recolectaron 21 individuos en la zona intermedia de la cuenca y 3 en la zona baja estas zonas presentaban hábitats similares como grandes rocas y caídas de agua fuerte (Fig. 71).

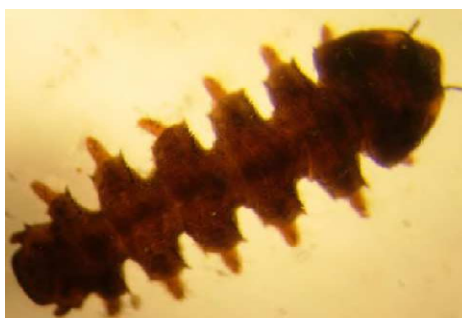


Figura 71. Inmaduro de Blephariceridae

### 1.5.3 Familia Dixidae

**Ecología** Las larvas se encuentran generalmente en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos y entre detritus. Pasan la mayor parte de sus vidas en los márgenes del agua, justo debajo de la interfase agua-aire. Cuando están en reposo, asumen una posición típica de "U" invertida y se enderezan cuando están en movimiento. Se alimentan de microorganismos y de materia orgánica en descomposición, por medio de "cepillos" labrales que llevan el alimento a la cavidad oral. La longitud del estado larval, depende de la abundancia de alimento, pudiendo pasar a través de cuatro estadios larvales, si este es abundante (Peters 1981, McCafferty 1998, Sandoval y Molina 2000, citado por Menjivar 2010). Únicamente se encontraron 3 individuos en la zona alta y 9 individuos en la zona intermedia de la cuenca (Fig. 72).



Figura 72. Inmaduro de Dixidae

### 1.5.4 Familia Simuliidae

**Ecología** Las larvas se encuentran, generalmente, en ambientes lóticos. Todas las especies son acuáticas y se fijan a rocas o vegetación, por medio del ápice de su abdomen y a veces, miles de individuos cubren las rocas en rápidos. A diferencia de otros Nematocera, tienen 6 o raramente 7 estadios larvales, con una o muchas generaciones por año. El alimento consiste de material filtrado de la corriente; las larvas cuelgan con la cabeza hacia la corriente y filtran partículas de alimento suspendidas en el agua, con ayuda de "abanicos" labrales, que los barren hacia la boca (Peterson 1981, McCafferty 1998, citado por Menjivar 2010). La preoviposición es muy variables y requiere de alimentarse de sangre para la maduración de los huevos, ovipositan en verano y en invierno en aguas loticas los lugares son variables. El comportamiento de oviposición es

muy variable, pudiendo algunas especies ovipositar en vuelo. (Merritt 1978). Esta familia de dípteros es bastante abundante sin embargo a medida que el cauce del río baja se hace notable su aumento en población, en la zona alta de la cuenca se recolectaron 90 individuos, en la zona intermedia 337 individuos y la zona baja 557 individuos (Fig. 73).



Figura 73. Inmaduro de Simullidae.

### 1.5.5 Familia Ceratopogonidae

**Ecología** Las larvas se encuentran generalmente en los márgenes de sistemas lóticos y lénticos, entre detritus y plantas acuáticas. Las de hábitos semi-acuáticos, habitan la arena húmeda de playas marinas, lodo, vegetación húmeda de rocas en lagos, lagunas, corrientes de agua y márgenes de los ríos; pantanos, aguas salinas y agujeros en troncos de árboles, algunas especies son bentónicas entre los crecimientos de algas u ocasionalmente, en aguas abiertas de lagos y corrientes de agua. Muchas especies acuáticas son carnívoras y a veces se alimentan de los huevos de otros insectos acuáticos; otras se alimentan de detritus y muchas son omnívoras (Sandoval y Molina 2000, McCafferty 1998, Borkent *et al.* 2009, citado por Menjivar 2010). De esta familia se recolectaron 7 individuos en la zona alta, 14 en la zona intermedia y uno en la zona baja de la cuenca (Fig. 74).



Figura 74. Inmaduro de Ceratopogonidae

### 1.5.6 Familia Chironomidae

**Ecología** Las larvas se encuentran en sistemas lóticos y lénticos, ubicándose en una variedad de sustratos y hábitats. Es posiblemente el grupo más ampliamente adaptado de todos los insectos acuáticos. Los hábitats acuáticos van desde aguas litorales marinas, pantanos, lagos y aguas muy contaminadas; y aguas pobres o ricas en oxígeno. Las que viven en aguas pobres en oxígeno, contienen hemoglobina, la cual, almacena oxígeno dentro de sus cuerpos y les permite existir, al menos temporalmente, en ambientes con poco o sin oxígeno y adquieren una coloración rojo brillante, por causa de dicha sustancia. La mayoría de especies son bentónicas y muchas viven dentro de tubos o estuches libres de seda construidos en el sustrato. Estas formas bentónicas pueden aparecer en densidades extremadamente altas y pasan por 4 estadios larvales. Algunas especies bentónicas son depredadoras; otras son herbívoras – detritívoras (Sandoval y Molina 2000, Oliver 1981, McCafferty 1998, citado por Menjivar 2010). Tienen un periodo de preoviposición de 2 a 5 días a mediados de mayo en julio y septiembre. Ovipositan en aguas lentas, estos vuelan sobre el agua, en vuelo sacan una masa de huevos sobre su

tibia y la depositan en la primera superficie que tocan (Merritt 1978). Esta familia de dípteras es bastante abundante se recolectó 44 individuos en la zona alta de la cuenca, 303 individuos en la zona intermedia y 377 en la zona baja (Fig. 75).



Figura 75. Inmaduro de Chiromidae

### 1.5.7 Familia Psychodidae

**Ecología** Las larvas se encuentran, generalmente, en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos entre detritus. Habitan fondos de corrientes, márgenes de ríos y posas; y arena húmeda de playas. Algunas especies toleran el agua caliente, los detergentes y químicos; ya aún, los urinarios de los baños para hombres. Presumiblemente, las larvas se alimentan de materia orgánica (Pennak 1978, McCafferty 1998, Wagner & Ibáñez 2009, citado por Menjivar 2010). De Esta familia se recolectaron 14 individuos en la zona alta del río, 24 individuos en la zona intermedia y 20 individuos en la zona baja (Fig. 76).



Figura 76. Inmaduro de Psychodidae

### 1.5.8 Familia Stratiomyidae

**Ecología** Contiene miembros acuáticos y terrestres. Las larvas acuáticas, generalmente se encuentran en los márgenes de los sistemas lénticos y lóticos, entre detritus y plantas vasculares. Muchas larvas acuáticas o semi-acuáticas están presentes en posas, especialmente en vegetación densa a lo largo de los márgenes; también, habitan en aguas salobres, fuentes termales y materia en descomposición. Algunas especies se sumergen a varios pies y unas pocas son bentónicas en rápidos. Se alimentan de algas y de materia orgánica (Sandoval y Molina 2000, McCafferty 1998, James 1981, citado por Menjivar 2010). De esta familia se encontraron 3 individuos en la zona alta, 11 individuos en la zona intermedia y 2 individuos en la zona baja (Fig. 77).



Figura 77. Inmaduro de Stratiomyidae

#### 1.5.9 Familia Dolichopodidae

**Ecología** Las larvas se encuentran generalmente entre los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos, entre detritus. Habitan márgenes lodosos de posas y corrientes; playas arenosas húmedas, agujeros en los troncos de árboles y cavidades dentro de los tallos de pastos. Son de hábitos depredadores (Sandoval y Molina 2000, McCafferty 1998, Robinson & Vockeroth 1981, Bickel 2009, citado por Menjivar 2010). En el río Copinula se encuentra un individuo en la zona alta de la Cuenca, 2 individuos en la zona intermedia y 7 individuos en la zona baja (Fig. 78).



Figura 78. Inmaduro de Dolichopodidae

#### 1.5.10 Familia Empididae

**Ecología** Las larvas se encuentran, generalmente, en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos, entre detritus. La mayoría de especies son terrestres, aunque existen acuáticas y semi-acuáticas. Las acuáticas viven en fondos rocosos de corrientes rápidas y en áreas marginales húmedas de posas y corrientes. Generalmente son depredadoras de varios artrópodos particularmente de otros Díptera (Cumming & Sinclair 2009, Sandoval & Molina 2000, McCafferty 1998, Steyskal & Knutson 1981, citado por Menjivar 2010). Esta es una de las familias más escasas de dípteras que se encontraron en el río Copinula, la zona alta no presentó ningún individuo, en la zona intermedia se recolectaron 2 individuos y en la zona baja de la cuenca se recolectaron 3 individuos (Fig. 79).



Figura 79. Inmaduro de Empididae

#### 1.5.11 Familia Muscidae

**Ecología** Las larvas se encuentran generalmente en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos, entre detritus. Incluye especies terrestres, acuáticas y semi-acuáticas, están presentes en vegetación en descomposición, suelos húmedos; posas y corrientes de agua o sus márgenes, con fondo sedimentoso o superficie rocosa; carroña y raramente en

tejidos vegetales. La mayoría de larvas acuáticas, son, aparentemente, depredadoras de larvas de insectos y otros invertebrados (Sandoval y Molina 2000, Hockett & Vockeroth 1981, McCafferty 1998, citado por Menjivar 2010). Esta familia fue muy escasa en las muestras recolectadas, únicamente se encuentra un individuo en la zona alta de la Cuenca, y un individuo en la zona baja de la Cuenca (Fig. 80).

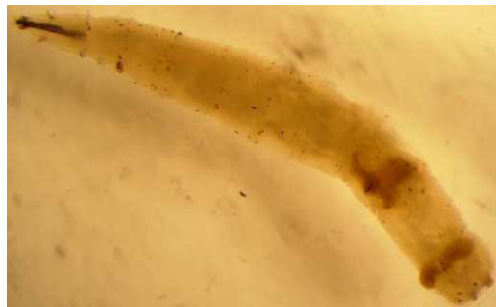


Figura 80. Inmaduro de la familia Muscidae

## 1.6 Orden Plecoptera

### 1.6.1 Familia Perlidae

**Ecología** En Centroamérica solo se reporta hasta la fecha el género *Anacroneuria* (se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina). Los plecópteros de este género son detritívoros en estadios tempranos, en estadios maduros son depredadores activos, se alimentan de casi cualquier otro insecto acuático u otro invertebrado acuático que puedan atrapar. En condiciones de laboratorio la oviposición puede darse en masas de hasta 400 huevos y pueden llegar a poner hasta 1000 huevos adheridos a algún sustrato dentro del agua; también se han visto ovipositando en el envés de hojas que están sobre pequeñas posas. Es común ver hembras llegando a la luz cargando los huevos en el ápice del abdomen. La eclosión ocurre aproximadamente 28 días después de la puesta, las ninfas de primer estadio eclosionan con tres segmentos en los cercos y nueve en las antenas. Los adultos son de vida corta y viven alrededor de 7 días en condiciones de laboratorio, estos aparentemente se pueden alimentar de sustancias azucaradas (Gutiérrez-Fonseca 2010 *et. al.* 2010). *Anacroneuria* es conocida como indicador de buena calidad biológica del agua; sin embargo, se pueden encontrar ciertas especies en ríos con algún grado de alteración o contaminación como por ejemplo cultivos de banano y café (Gutiérrez-Fonseca 2010 *et. al.* 2010). Esta familia de Perlidae fue muy abundante, en la zona alta de la Cuenca se recolectaron 339 individuos, en la zona intermedia 81 individuos y en la zona baja 61 individuos (Fig. 81).



Figura 81. Inmaduro de Perlidae

## 1.7 Orden Megaloptera

### 1.7.1 Familia Corydalidae

**Ecología** Los Corydalidae depositan los huevos en la vegetación o piedras próximas al agua en grupos o placas de aproximadamente 2 cm de diámetro que forman de una a cinco capas, cada una de las cuales puede contener desde varios cientos hasta 2.000 a 3.000 huevos. Las larvas recién nacidas caen o se dirigen al agua y viven en ambientes lóticos (de corriente) debajo o encima de rocas y piedras); son depredadoras muy agresivas, alimentándose de diversos artrópodos, principalmente de ninfas de libélulas, efímeros y plecópteros (Korytkowski 1994; Evans y Neuzig 1996, citado por López *et. al.*

2010). La respiración la realizan obteniendo el oxígeno diluido en el agua por medio de ocho pares de traqueo-branquias abdominales laterales y otra accesorio, en grupos pegados a los segmentos I–VII. El estado larval tiene una duración de dos a tres años durante los cuales se producen varias mudas. Esta familia se recolecto en la zona intermedia de la Cuenca y se obtuvieron 25 individuos, en la zona baja se recolectaron 21 individuos, la zona alta no presento ningún individuo (Fig. 82).



Figura 82. Inmaduro de Corydalida

## 1.8 Orden Lepidoptera

### 1.8.1 Familia Crambidae

**Ecología** La mayoría de especies acuáticas de esta familia pertenecen al género *Paragyra* u otros géneros relacionados, como *Petrophila*, abundante en ríos centroamericanos; todos dentro de la subfamilia Acentropinae (Nymphulinae), en la cual las larvas se alimentan de micro flora y viven dentro de una madriguera o refugio construido de seda (*Paragyra*); pudiendo encontrarse como muy abundantes localmente ya que pueden tener requerimientos ambientales muy específicos. Pocas especies de la subfamilia Crambinae son barrenadores de vegetación emergente.

Crambinae: Son larvas minadoras y barrenadores de varias especies de plantas, incluyendo al Arroz (*Oryza*) y al Lirio de Agua (Nymphaeaceae). Pyraustinae: Las larvas se alimentan de la superficie foliar y barrenan varias partes de las plantas hospederas de la familia del Jacinto de Agua (Nymphaeaceae), (McCafferty 1998, citado por Serrano *et. al.* 2010b). En el río Copinula se recolectaron 5 individuos en la zona alta de la cuenca, en la parte intermedia se recolectaron 60 individuos y 23 en la zona baja (Fig. 83).



Figura 83. Inmaduro de Crambidae

## 1.9 Orden Odonata

### 1.9.1 Familia Gomphidae

**Ecología** Los Gomphidae presentan oviposición exofítica por carecer de un ovipositor bien formado, desarrollando la hembra varias estrategias para poner los huevos, mientras vuelan, ya sea por inmersión y el lavado de ellos en la superficie del agua o por la liberación de los huevos en la superficie del agua, mientras flotan varios centímetros). Los huevos de algunos Gomphidae tienen hilos largos atados a un polo que van humectando para quedar atrapados en la vegetación, previniendo que los huevos sean llevados corriente abajo (Miller 1995, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). En El Salvador se reportan 4 géneros con un total de 11 especies (Hellebuyck 1992, Citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010d). Esta es una de las familias de odonata mas escasas en las muestras recolectadas en el trayecto del rio, únicamente se recolectaron 2 individuos en la zona alta, y 2 individuos en la zona media de la cuenca (Fig. 84)



Figura 84. Inmaduro de Gomphidae

### 1.9.2 Familia Libellulidae

**Ecología** Las hembras adultas no presentan ovipositor desarrollado y depositan huevos exofíticos sobre plantas acuáticas o los dejan caer al agua cuando vuelan (Raven 1990, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). Las hembras de la mayoría de especies ovipositan golpeando el agua periódica y rítmicamente con la punta del abdomen (McCafferty 1998, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). En las especies dotadas de lóbulos en el octavo segmento abdominal, la hembra saca gotitas de agua con la punta del abdomen, dejando algunos huevos en cada gota (Esquivel 2006, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). En El Salvador la especie *Sympetrum illotum*, se encuentra habitando pozas permanentes, lagunas con vegetación y riachuelos soleados (Hellebuyck 1992, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010d). En El Salvador se ha identificado *Orthemis ferruginea* en los ríos San Antonio y Comalapa de los Departamentos de La libertad y La Paz respectivamente (Hellebuyck 1992, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). También la especie *Orthemis levis* ha sido reportada en ríos dentro del bosque El Imposible en el Departamento de Ahuachapán. La especie *Pantala flavescens* habita aguas salobres en los manglares y pantanos alimentados por corrientes de mar en El Salvador. En total se reportan para el país 19 géneros y 51 especies de esta familia. (Hellebuyck 1992, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). En el río Copinula se recolectaron 17 individuos en la zona alta de la cuenca, 22 individuos en la zona intermedia y 10 individuos en la zona baja (Fig. 85).



Figura 85. Inmaduro de Libellulidae

### 1.9.3 Familia Calopterygidae

**Ecología** En algunos casos la hembra adulta se sumerge totalmente en el agua para realizar una oviposición endofítica, insertando los huevos dentro del tejido de las plantas acuáticas. Algunas han sido vistas sumergidas debajo del agua por más de dos horas (Miller 1995, Esquivel 2006, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). Las especies de esta familia se pueden encontrar en pequeños arroyos con buena cobertura boscosa, ríos grandes de flujo lento, arroyos y lagos, por lo general viviendo entre la vegetación acuática o raíces sumergidas en los márgenes de los cuerpos de agua (Miller 1995, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). Para El Salvador existen seis especies del género *Hetaerina*, reportando la especie *H. cruentata* en el río Mashtapula, Bosque El Imposible

del Departamento de Ahuachapán y el río San Antonio, Departamento de La Libertad. Las especies *H. macropus*, *H. smaragdalis*, *H. titia* han sido reportadas para el río San Antonio y otros ríos en el Bosque El Imposible. La última especie también es reportada para el río Sucio en el Departamento de La Libertad (Hellebuyck 1992, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010d). En la zona alta de la cuenca se recolectaron 7 individuos de esta familia de Odonata, en la zona intermedia 15 individuos y 4 en la zona baja en estudio (Fig. 86).



Figura 86. Inmaduro de Calopterygidae.

#### 1.9.4 Familia Coenagrionidae

**Ecología** Las hembra a menudo se pueden observar en posición de tándem, pueden ovipositar bajo el agua en tándem con el macho a profundidades de más de 60 cm, o en la superficie sobre la vegetación flotante tales como el envés de las hojas de lirio (Miller 1995, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). Las náyades de los Coenagrionidae se pueden contrar en un rango amplio de hábitats, incluyendo ríos, quebradas, canales, lagunas, lagos y charcos, a menudo con abundante vegetación, donde frecuentemente se les puede observar adheridas a los tallos sumergidos de las plantas acuáticas (Raven 1990, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). Los coenagrionidos también pueden ser recolectados en bromelias (Fitotelmata) donde se alimentan de otros invertebrados. En El Salvador existen las especies *Telebasis filiola* y *Telebasis isthmica* que habitan aguas salobres en los manglares del Departamento de Ahuachapán y La Paz, respectivamente. Además, existen 16 especies del género *Argia*, registrándose las especies *A. pulla*, *A. tezpi* para el río San Antonio en el Departamento de La Libertad. La especie *Ischnura capreola* reportada en el río Cara Sucia, Departamento de Ahuachapán y río Comalapa, Departamento de la Paz. Otra especie reportada para los ríos Cara Sucia y San Antonio son *I. ramburii*. La especie *Leptobasis vacillans* es registrada en el río Comalapa. En total se registran 9 géneros con 34 especies (Hellebuyck 1992, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010d). De esta familia de Odonata se recolectaron únicamente 13 en la zona alta de la cuenca y en la zona intermedia se recolectaron 4 individuos (Fig. 87).



Figura 87. Inmaduro de Coenagrionidae

#### 1.9.5 Familia Platystictidae

**Ecología** Ovipositan en tándem dentro de muchos tipos de vegetación acuática. Los adultos recién emergidos son muy blancos y ambos sexos tienen tibias planas con largas cerdas, las cuales pueden ser usadas en el cortejo (Miller 1995, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). En forma general, los inmaduros de esta familia viven debajo de las piedras en sitios de corriente. Durante la estación seca se les ha encontrado en el lecho de ríos, guarecidas en la humedad que se conserva debajo de las rocas (Esquivel 2006, citado por Sermeño Chicas *et. al.* 2010). A veces se producen en grandes cantidades y puede estar asociada con ríos y canales con abundante vegetación, también en prados inundados. En El Salvador se reportan las especies *Palaemnema angelina* y *P. nathalia* en el Bosque El Imposible del Departamento de Ahuachapán (Hellebuyck 1992, citado por

Sermeño Chicas *et. al.* 2010d). En el río Copinula únicamente se encontraron dos individuos en la zona intermedia de la cuenca (Fig. 88).



Figura 88. Inmaduro de Platysticidae

### 1.10 Clase Gastropoda

**Ecología** constituyen la clase más extensa del filo de los Moluscos. Presentan área cefálica (cabeza), un pie musculoso ventral y una concha dorsal (que puede reducirse o hasta perderse en los gasterópodos más evolucionados). Además, cuando son larvas, sufren el fenómeno de torsión, que es el giro de la masa visceral sobre el pie y la cabeza. Esto les permite esconder antes la cabeza en la concha, dándoles una clara ventaja evolutiva. Los gasterópodos incluyen especies tan populares como caracoles y babosas marinas y terrestres, las lapas, las orejas y liebres de mar, etc. (Wikiespecies 2001). De estos organismos fueron recolectados 64 en la zona alta de la cuenca del río Copinula (Fig. 89).



Figura 89. Inmaduro de Gastropoda

### 1.11 Orden Decapoda

Los **decápodos (Decapoda)** son un orden de crustáceos dentro de la clase Malacostraca, con muchos grupos familiares, como cangrejos y centollas (Brachyura), langostas (Nephropidae), camarones (Dendrobranchiata), etc. Muchos decápodos son carroñeros. Como su nombre lo indica, todos los decápodos tienen diez patas; son los últimos cinco de los ocho pares de apéndices torácicos característicos de los crustáceos. Los tres primeros pares funcionan como piezas bucales, denominándose maxilípedos al resto de pereopodos. En muchos decápodos, sin embargo, un par de patas tienen pinzas alargadas; la pinza se llama quela, por lo que esas patas pueden llamarse quelípedos. Otros apéndices se encuentran en el pleon o abdomen, donde cada segmento posee un par de pleópodos birrámeos, de los cuales los últimos forman parte de la cola (junto con el telson) y son llamados urópodos. (Wikiespecies 2001). En la zona alta en estudio se recolectaron 78 individuos, en la zona intermedia 11 y en la zona baja fueron recolectados 7 individuos (Fig. 90).



Figura 90. Inmaduro de Decapoda

**ANEXO 2. Cuadros y procedimientos para obtener resultados de T calculado.**

**Análisis comparativo con la prueba de “T” para las sub muestras biológicas de la zona alta de muestreo.**

Cuadro16. Comparación de 3 y 5 minutos de muestreo.

DATOS	3 min	5 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	7.71	15.47	7.76	T=0.1= 2.92	
	13.43	15.72	2.29		
	10.03	14.96	4.93		
Suma	31.17	46.15	14.98		
media	10.39	15.38	4.99	Tc=3.15	

$$Sd^2 = (7.76)^2 + (2.29)^2 + (4.93)^2 - \frac{(14.98)^2/3}{3(3-1)}$$

$$Sd^2 = \frac{89.76 - 74.80}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{2.49}$$

$$Sd^2 = 1.58$$

$$Tc = \frac{4.99}{1.58}$$

$$Tc = 3.15$$

Cuadro17. Comparación de 5 y 7 minutos de muestreo

DATOS	5 min	7 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	15.47	11.98	3.49	T=0.1= 2.92	
	15.72	14.96	0.76		
	14.96	13.57	1.39		
Suma	46.15	40.51	5.64		
media	15.38	13.50	1.88		

$$Sd^2 = (3.49)^2 + (0.76)^2 + (1.39)^2 - \frac{(5.64)^2/3}{3(3-1)}$$

$$Sd^2 = \frac{14.69 - 10.60}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{0.68}$$

$$Sd^2 = 0.83$$

$$Tc = \frac{1.88}{0.83}$$

$$Tc = 2.26$$

Cuadro18. Comparación de 3 y 7 minutos de muestreo

DATOS	3 min	7 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	7.71	11.98	4.27	T=0.1= 2.92	
	13.43	14.96	1.53		
	10.03	13.57	3.54		
Suma	31.17	40.51	9.34		
media	10.39	13.50	3.11		

$$Sd^2 = (4.27)^2 + (1.53)^2 + (3.54)^2 - \frac{(9.34)^2}{3}$$

$$Sd^2 = \frac{33.10 - 29.08}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{0.67}$$

$$Sd^2 = 0.81$$

$$Tc = \frac{3.11}{0.81}$$

$$Tc = 3.84$$

**Análisis comparativo con la prueba de "T" para las sub muestras biológicas de la zona intermedia de muestreo.**

Cuadro 31. Comparación de 3 y 5 minutos de muestreo

DATOS	3 min	5 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	16.92	47.72	30.8	T=0.1= 2.92	
	17.15	18.31	1.16		
	14.86	19.89	5.03		
Suma	48.93	85.92	36.99		
media	16.31	28.64	12.33		

$$Sd^2 = (30.08)^2 + (1.16)^2 + (5.03)^2 - \frac{(36.99)^2}{3}$$

$$Sd^2 = \frac{975.28 - 436.08}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{86.53}$$

$$Sd^2 = 9.30$$

$$Tc = \frac{12.33}{9.30}$$

$$Tc = 1.32$$

Cuadro 32. Comparación de 5 y 7 minutos de muestreo

DATOS	5 min	7 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	47.72	21.84	25.88	T=0.1= 2.92	
	18.31	27.11	8.8		
	19.89	15.77	4.12		
Suma	85.92	64.72	38.8		
media	28.64	21.57	12.93		

$$Sd^2 = (25.88)^2 + (8.8)^2 + (4.12)^2 - \frac{(38.8)^2/3}{3(3-1)}$$

$$Sd^2 = \frac{764.18 - 501.81}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{43.72}$$

$$Sd^2 = 6.61$$

$$Tc = \frac{12.93}{6.61}$$

$$Tc = 1.95$$

Cuadro 33. Comparación de 3 y 7 minutos de muestreo

DATOS	3 min	7 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	16.92	21.84	4.92	T=0.1= 2.92	
	17.15	27.11	9.94		
	14.86	15.77	0.91		
Suma	48.93	64.72	15.79		
media	16.31	21.57	5.26		

$$Sd^2 = (4.92)^2 + (9.96)^2 + (0.91)^2 - \frac{(15.79)^2/3}{3(3-1)}$$

$$Sd^2 = \frac{124.32 - 83.10}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{6.87}$$

$$Sd^2 = 2.62$$

$$Tc = \frac{5.26}{2.62}$$

$$Tc = 2.00$$

**Análisis comparativo con la prueba de "T" para las sub muestras biológicas de la zona baja de muestreo.**

Cuadro 47. Comparación de 3 y 5 minutos de muestreo

DATOS	3 min	5 min	Diferencias	T Tablas	Gl (3-1)=2
	29.84	34.6	4.76	T=0.1= 2.92	
	16.57	17.05	0.48		
	36.81	32.15	4.66		
Suma	83.22	83.8	9.9		
media	27.74	27.93	3.3		

$$Sd^2 = (4.76)^2 + (0.48)^2 + (4.66)^2 - \frac{(9.9)^2/3}{3(3-1)}$$

$$Sd^2 = \frac{44.60 - 32.67}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{11.93}$$

$$Sd^2 = 3.45$$

$$Tc = \frac{3.3}{3.45}$$

$$Tc = 0.95$$

Cuadro 48. Comparación de 5 y 7 minutos de muestreo

DATOS	5 min	7 min	Diferencias	T Tablas	Gl (3-1)=2
	34.60	12.67	21.93	T=0.1= 2.92	
	17.05	60.25	43.2		
	32.15	28.38	3.77		
Suma	83.8	101.3	68.9		
media	27.93	33.76	22.96		

$$Sd^2 = (21.93)^2 + (43.2)^2 + (3.77)^2 - \frac{(68.9)^2/3}{3(3-1)}$$

$$Sd^2 = \frac{2631.37 - 1582.40}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{129.82}$$

$$Sd^2 = 11.39$$

$$Tc = \frac{22.96}{11.39}$$

$$Tc = 2.01$$

Cuadro49. Comparación de 3 y 7 minutos de muestreo

DATOS	3 min	7 min	Diferencias	T Tablas	GI (3-1)=2
	29.84	12.67	17.17	T=0.1= 2.92	
	16.57	60.25	43.68		
	36.81	28.38	8.43		
Suma	83.22	101.3	69.25		
media	27.74	33.76	23.08		

$$Sd^2 = (17.17)^2 + (43.68)^2 + (8.43)^2 - \frac{(69.25)^2/3}{3(3-1)}$$

$$Sd^2 = \frac{2273.81 - 1598.52}{6}$$

$$Sd^2 = \sqrt{112.54}$$

$$Sd^2 = 10.64$$

$$Tc = \frac{23.08}{10.64}$$

$$Tc = 2.28$$

**ANEXO 3.** Informe Final Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador Contrato MARN-BID-1209/OC-ES.No.60/2006 por el Consultor: Ing. MGA Olga Armida Esquivel Orellana 25/junio/2007

### Resumen de Normas y regulaciones de calidad para uso de agua.

Parámetros	Unidades	Concentraciones Máximas Admisibles					
		Vida Acuática	Agua Potable		Agua de Riego	Recreación	Agua de Vertido
		CMC (EPA)	EEC	CONACYT	FAO		CONACYT
Temperatura del ambiente	°C						
Temperatura del agua	°C			18.00 a 30.00			< de 5°C de diferencia con cuerpo receptor
pH	Unidad	6.5 a 9.00	6.2 a 8.5	6.0 a 8.5	6.5 a 8.4		5.5 a 9.00
Salinidad	ppm				700		
Conductividad electrica de Campo	µS/cm	No definido		1600			
Turbidez	NTU	No definido	4 JTU (no microbiologico)	1000	No definido	50	100 NTU
Oxigeno Disuelto (OD)	mg/L	3.00 a mas					
Olor				3			
Color	Pt.Col/L	20		15			
Sólidos Totalica Disueltos (TDS)	mg/L	No definido		1000			
Sólidos Suspendidos(SS)	mg/L					25	
Carbonatos y Bicarbonatos	mg/L				8.5		
Alcalinidad	mg/L			250			
Dureza	mg/L		50.00				
Demanda Biologica de Oxigeno (DBO5)	mg/L						30 (aguas residuales)
Demanda Quimica de Oxigeno (DQO)	mg/L						60 (aguas domésticas)
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	No definido		1			
Nitrato	mg/L	10.00	50.00	10		<10	10
Nitrito	mg/L	10.00	0.10	1		<250	
Fosforo Total	mg/L	No definido	5.00	0.1			
Calcio	mg/L			75			
Magnesio	mg/L			50			
Sodio	mg/L		75 a 150	150			
Potasio	mg/L		12.00	10			
Cloro Residual Libre	mg/L			1.00**			
Cloruros	mg/L						
Sulfato	mg/L			250			400
Hierro	mg/L	1.00	0.20	0.3	5		5
Manganeso	mg/L	0.10	0.20	0.05	0.2		2
Boro	mg/L	0.01	1.00	0.3	0.75		1.5
Arsenico	mg/L	0.34	0.05	0.01	0.1		
Mercurio	mg/L	0.0014	0.001	0			
Selenio	mg/L	0.0000	0.01	0.01	0.02		
Cobre	mg/L	0.0130		1	0.2		

**ANEXO 4. Hoja de Campo.**

Núm. Registro: \_\_\_\_\_

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

**Datos Generales.**

Nombre del Río/Quebrada/Lago _____.
Localización (Provincia, Cantón, Distrito, Lugar) _____.
Uso del Curso de Agua _____.
Fecha (D/M/A) y Hora del Muestreo _____.
Objetivo del Muestreo: _____.

Recolectores: _____.
Acompañante en el Sitio: _____.
Etapas del Proyecto: ____ inicio ____ desarrollo ____ cierre.
Duración del Muestreo: _____. Número de Sitios Muestreados _____.
Técnica de Muestreo: ____ Colador ____ Red D _____ Otros.
Otros muestreos: Ictiológico ____ Si ____ No. Responsable: _____.
Otro: _____.

Comentarios u Observaciones: _____
_____
_____
_____

Firma: \_\_\_\_\_.

## Detalle Sitio

Fecha (D/M/A) y Hora del Muestreo \_\_\_\_\_.

Coordenadas GPS: \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. Altitud \_\_\_\_\_ msnm.

Fotografías del Sitio: \_\_\_\_\_.

Temperatura del Agua: \_\_\_\_\_ ° C. pH: \_\_\_\_\_. Conductividad: \_\_\_\_\_ μS/cm.

Oxígeno Disuelto: \_\_\_\_\_ mg/l. \_\_\_\_\_ % de saturación.

Condiciones Ambientales: \_\_\_ Soleado \_\_\_ Lluvioso \_\_\_ Nublado \_\_\_\_\_ Otro.

Otras Medidas: \_\_\_\_\_.

Tipo de Curso: \_\_\_ Inicial \_\_\_ Medio \_\_\_ Bajo \_\_\_ Desembocadura \_\_\_ Lago \_\_\_ No identificada.

Ancho aproximado: \_\_\_\_\_ m. Profundidad aproximada \_\_\_\_\_ m.

Velocidad del agua: \_\_\_ rápido \_\_\_ moderado \_\_\_ lento \_\_\_ estancado. Si es medida \_\_\_\_\_ m/s.

Tipo de sustrato: \_\_\_ concreto \_\_\_ piedras-arena gruesa \_\_\_ arena \_\_\_ arcillo-lodoso.

Rocas: \_\_\_ muy grandes \_\_\_ grandes \_\_\_ mediano \_\_\_ pequeñas.

Superficie de las Rocas: \_\_\_ limpia \_\_\_ con crecimiento de Periphyton (algas), \_\_\_\_\_ musgo.

En el Sitio hay: \_\_\_\_\_ Hojarasca, \_\_\_\_\_ troncos y ramas sumergidas, \_\_\_\_\_ raíces sumergidas.

Otra fauna: \_\_\_\_\_ renacuajos, \_\_\_\_\_ peces, \_\_\_\_\_ otro.

Color del Agua: \_\_\_\_\_ Olor del Agua \_\_\_\_\_.

Presencia de: \_\_\_\_\_ des. orgánicos \_\_\_\_\_ espumas \_\_\_\_\_ aceites \_\_\_\_\_ org. muertos \_\_\_\_\_ des. sólidos.

Otra observación \_\_\_\_\_.

Vegetación de la Orilla: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

Vegetación dentro del Agua: \_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_.

Exposición: \_\_\_ 100% Sombra, \_\_\_ Sombra con ventanas \_\_\_ Grandes Claros \_\_\_ 100% Expuestos.


Comentarios u Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Anexo 5. 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 AMÉRICA**


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


Tesistas: José Ricardo Farfán Aguilar (Ricardo\_Farf14@hotmail.com)  
 Eddie Arturo Vaquerano Madrid (eddie\_vm23@hotmail.com)  
 José Carlos Escobar Carranza (jc154@live.com)


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Blepharigidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Glossosomatidae


  
 Orden: Odonata  
 Familia: Platycolidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Calamoceratidae


  
 Orden: Plecoptera  
 Familia: Perlidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Polycentropodidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Pitodactylidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Limnichidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Gyrinidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Elmidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Elmidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Psephenidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Hydropsychidae

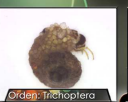
  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Dryopidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Hydropsychidae


  
 Orden: Ephemeroptera  
 Familia: Leptophlebiidae


  
 Acarina


  
 Orden: Lepidoptera  
 Familia: Crambidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Helicopsychidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Philopotamidae


  
 Orden: Trichoptera  
 Familia: Hydropsychidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Hydraenidae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Dixidae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Tipulidae

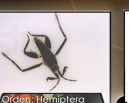
  
 Orden: Decapoda  
 Familia: Sudastracidae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Stratiomyidae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Simuliidae


  
 Orden: Ephemeroptera  
 Familia: Leptostygiidae


  
 Orden: Ephemeroptera  
 Familia: Baetidae


  
 Orden: Hemiptera  
 Familia: Veliidae


  
 Orden: Hemiptera  
 Familia: Gelastocoridae


  
 Orden: Hemiptera  
 Familia: Naucoroidea


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Staphylinidae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Tabanidae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Empididae


  
 Orden: Hemiptera  
 Familia: Gerridae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Simuliidae


  
 Orden: Odonata  
 Familia: Libellulidae


  
 Orden: Odonata  
 Familia: Gomphidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Dytiscidae

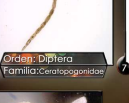
  
 Orden: Megaloptera  
 Familia: Corydalidae


  
 Orden: Ephemeroptera  
 Familia: Caenidae


  
 Orden: Coleoptera  
 Familia: Dytiscidae

  
 Orden: Hemiptera  
 Familia: Belostomatidae


  
 Orden: Odonata  
 Familia: Calopterygidae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Ceratopogonidae

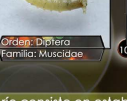
  
 Orden: Hemiptera  
 Familia: Ochteridae


  
 Orden: Diptera  
 Familia: Ceratopogonidae

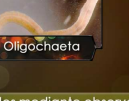
  
 Orden: Diptera  
 Familia: Chironomidae

  
 Gastropoda

  
 Orden: Odonata  
 Familia: Coenagrionidae

  
 Orden: Diptera  
 Familia: Muscidae

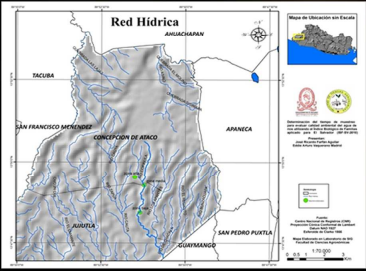
  
 Orden: Diptera  
 Familia: Culicidae

  
 Oligochaeta

Los macroinvertebrados acuáticos son considerados indicadores de calidad debido a que algunos organismos pueden sobrevivir en un rango variado de condiciones ambientales y son más "tolerantes" a la contaminación; otros 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 improbable
3.76 - 4.25	MUY BUENA	MUY BUENA	Contaminación orgánica leve posible
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	REGULAR POBRE	REGULAR POBRE	Contaminación orgánica sustancial probable
6.51 - 7.25	POBRE	POBRE	Contaminación orgánica muy sustancial probable
7.26 - 10.00	MUY POBRE	MUY POBRE	Contaminación orgánica severa probable



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 asocien 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 (Sermeño 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 considerada como referencia taxonómica, ni debe sustituir el criterio profesional de los respectivos especialistas.

© copyright  
 DESARROLLADO POR: I.C. S.C. (IBF-SV-2010)