

Investigación Adaptación al cambio climático en los municipios de Sulaco, Victoria (Yoro), La Libertad y Las Lajas (Comayagua)

con enfoque de género y seguridad
alimentaria

Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra
Universidad Nacional Autónoma de Honduras

**Evaluación rápida de la calidad del agua utilizando
macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores**

Junio 2017

Por:

IHCIT - UNAH

Johan R. Vallejo

Tegucigalpa M.D.C, Honduras

Vo.Bo. _____

Agradecimiento:

A todas las mujeres y hombres líderes y lideresas de las comunidades, a las autoridades municipales de Las Lajas, La Libertad en el departamento de Comayagua y Victoria y Sulaco en el departamento de Yoro que participaron con dedicación y responsabilidad y compartieron sus experiencias y conocimientos para que este documento fuera posible.

A la población Tolupán y su Consejo de Tribu de las vegas de Tepemechín, por compartir sus saberes ancestrales y su cosmovisión para efectos de la investigación.

A los equipos técnicos de Ayuda en Acción en el Área de Desarrollo Territorial Comayagua Norte y la Fundación para la Acción Comunitaria en Honduras (FUNACH) por su acompañamiento y apoyo en la realización de cada una de las actividades.

A las autoridades de cada municipio que participaron y apoyaron la rea

Este estudio y su publicación ha sido realizada en el marco del Convenio Nacional “mejora de las capacidades de resiliencia de la población y sus medios de vida, para luchar contra la inseguridad alimentaria, afrontar las crisis de origen natural o antrópico y reducir las condiciones de pobreza, con un enfoque de equidad de género y derechos. Honduras. Convenio AeA / AECID 14-CO1-021”, implementado por Ayuda en Acción con apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El contenido de dicha publicación es responsabilidad exclusiva de Ayuda en Acción y el Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y no refleja necesariamente la opinión de la AECID.

El Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra a través de la Fundación de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras participa como organización socia de la Fundación Ayuda en Acción en el marco del Convenio antes descrito.

Derechos Reservados.

Su reproducción parcial o total puede ser realizada siempre y cuando se cite la fuente.

CONTENIDO

Contenido.....	3
Índice de figuras.....	3
Índice de Cuadros.....	4
I. Resumen	5
II. Introducción.....	6
III. Objetivo General	8
III.I Objetivos Específicos	8
IV. Área de Estudio	9
V. Metodología.....	11
V.I Fase de Campo.....	11
V.II Fase de Laboratorio	11
VI. Resultados y Discusión.....	13
VII. Conclusiones	28
VIII. Recomendaciones.....	30
IX. Bibliografía	31
X. Anexos.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio; Municipios de Victoria y Sulaco (Yoro) y La Libertad y Las Lajas (Comayagua)	10
Figura 2. Porcentajes de Individuos encontrados en cada familia en época Lluviosa.....	13
Figura 3. Porcentajes de individuos encontrados por cada familia en época Seca.....	14
Figura 4. Número de familias encontradas por cada orden en épocas Lluviosa y seca.....	15
Figura 5. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de La Parra (Lluviosa).	16
Figura 6. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de La Parra (Seca).	16

Figura 7. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de las comunidades de La trinidad y Casco urbano de Las Lajas (Lluviosa)	16
Figura 8. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de las comunidades de La trinidad y Casco urbano de Las Lajas (Lluviosa)	16
Figura 9. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Las Piñas (Lluviosa). ...	17
Figura 10. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Las Piñas (Seca).....	17
Figura 11. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de La Arena (Seca).	17
Figura 12. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Terreritos (Lluviosa)..	17
Figura 13. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de las comunidades de Montañuelas y El Encinal (Lluviosa).....	18
Figura 14. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de las comunidades de Montañuelas y El Encinal (Seca)	18
Figura 15. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Cabeceras (Lluviosa).	18
Figura 16. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Cabeceras (Seca).....	18
Figura 17. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Chaguitillo (Lluviosa).	19
Figura 18. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Chaguitillo (Seca).	19
Figura 19. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de El Carrizal (Lluviosa) .	19
Figura 20. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de El Carrizal (Seca).	19
Figura 21. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Las Cañas (Lluviosa) .	20
Figura 22. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Las Cañas (Seca).....	20
Figura 23. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Tierra Amarilla (Lluviosa).....	20
Figura 24. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Tierra Amarilla (Seca).	20
Figura 25. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Guachipilín (Lluviosa)	21
Figura 26. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Guachipilín (Seca)	21
Figura 27. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Méndez (Lluviosa).....	21
Figura 28. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Méndez (Seca)	21
Figura 29. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, casco urbano de Victoria (Lluviosa)..	22
Figura 30. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, casco urbano de Victoria (Seca).	22
Figura 31. Número de individuos en cada familia, fuente de agua, comunidad de Lomas del Jícaro (Lluviosa)	22
Figura 32. Número de individuos en cada familia, fuente de agua comunidad de Laguna de Cárcamo (Seca).....	22
Figura 33. Calidad del agua utilizando bioindicadores, municipios de Victoria y Sulaco, Yoro.....	26
Figura 34. Calidad del agua utilizando bioindicadores, municipios de Las Lajas y La Libertad.	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Parámetros físico-químicos en ambas épocas.....	23
Cuadro 2. Resultados de la aplicación de la aplicación del índice biótico IBF y el índice de diversidad de Shannon-Weaver.	25

I. Resumen

En la actualidad los cuerpos de agua dulce se encuentran bajo una constante presión debido a una creciente demanda, así como por diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan en zonas cercanas a estos. Estas actividades incluyen la agricultura la cual genera sustancias de desecho que llegan a los cuerpos de agua provocando una alteración (contaminación) en las condiciones físico-químicas y en la estructura de las comunidades biológicas. El principal objetivo de este trabajo es realizar un análisis rápido de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, para esto se realizaron muestreos en época seca y lluviosa (Agosto-Septiembre de 2016 y Marzo de 2017) de estos organismos en diferentes cursos de agua a partir de los cuales se abastecen de agua potable diferentes comunidades de los municipios de Sulaco y Victoria en el departamento de Yoro y La Libertad y Las Lajas en el departamento de Comayagua. Posteriormente se aplicó el índice biótico a nivel de familia (IBF) para conocer la calidad del agua como complemento a los análisis físico-químicos. Los resultados indican que de los 15 cuerpos de agua estudiados la calidad del agua fue “buena” o “regular” en la mayoría de los puntos y una calidad “pobre” en aquellos en donde hay una mayor área de intervención cercana a los mismos. La Diversidad de organismos en los diferentes puntos de muestreo fue poca o mediana y la similitud entre épocas por cada punto de muestreo fue menor al 50%. Los diferentes estados en términos de calidad de los cuerpos de agua sugirieron una influencia de las actividades que se llevan a cabo en zonas cercanas a estos, reflejando una calidad menos favorable aquellos que se encuentran más intervenidos o influenciados por actividades antropogénicas.

II. Introducción

El agua es el compuesto más abundante sobre la tierra, tiene la capacidad de transporte de muchos tipos de sustancias como no la tiene ningún otro compuesto sobre este planeta, posee características físicas y químicas que la hacen fundamental para el desarrollo de la vida (Roldán, 2003). Se ha estimado que existen alrededor de 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta, de los cuales sólo 2.5% corresponden a agua dulce (PNUMA, 2007). Este pequeño porcentaje se localiza principalmente en los ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos del mundo. La sociedad extrae grandes cantidades de agua de los ríos, los lagos, los humedales y los acuíferos subterráneos para abastecer los requerimientos de las ciudades, el campo y la industria. La necesidad de agua dulce ha hecho pasar por alto los beneficios (igualmente vitales) de mantener el agua en su curso natural conservando los ecosistemas de agua dulce saludables. En tiempos actuales la contaminación de los cuerpos de agua es un problema serio a tomarse en cuenta debido a que el uso intensivo, la degradación creciente y deterioro de los acuíferos también está asociado a problemas de salud para la sociedad (Rojas, 2011).

Sin embargo hay un reconocimiento creciente de que los ecosistemas de agua dulce funcionalmente intactos y biológicamente complejos proveen muchos servicios a la sociedad, estos incluyen control de inundaciones, transporte, recreación, purificación de residuos industriales y de desechos humanos, hábitat para plantas y animales, producción de peces y otros alimentos. A largo plazo, los ecosistemas intactos tienen más probabilidad de conservar la capacidad adaptativa para mantener la producción de esos bienes y servicios de cara a las alteraciones ambientales futuras, tales como el cambio climático. Estos beneficios que brindan los ecosistemas son costosos y a menudo imposibles de reemplazar cuando los sistemas acuáticos están degradados (Ecological Society of America, 2003).

Debido a esta constante degradación se han empleado diferentes métodos para medir el grado de alteración que presentan estos ecosistemas en términos de calidad de agua, uno de ellos es el uso de macroinvertebrados acuáticos (y muy especialmente los insectos) como bioindicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) el cual está generalizándose en todo el mundo (Prat *et al.*, 2009). Este método empezó a aplicarse hace más de 100 años en Europa y hoy en día, constituye una herramienta muy útil y de relativamente bajo costo por lo que es ampliamente utilizado, además a diferencia de los análisis físico-químicos, los cuales representan la condición del agua en el momento del muestreo, los indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo, es decir, se pueden comparar condiciones pasadas y presentes (Springer, 2010).

Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así, frente a una determinada alteración se encuentran organismos "sensibles" que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como "intolerantes", mientras que otros, que son "tolerantes" no se ven afectados. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación (Alba-Tercedor, 1996). De este modo Roldán (1999) considera a un organismo bioindicador de calidad de agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat.

En Honduras tradicionalmente se han utilizado las variables físico-químicas para establecer la calidad del agua. La alternativa del uso de bioindicadores tales como los macroinvertebrados se encuentra en sus fases iniciales en el país (López & Mora, 2014). Estudios realizados en la Subcuenca del Río Tascalapa en el Departamento de Yoro señalan que los cultivos y asentamientos humanos alteran la composición y estructura de los macroinvertebrados acuáticos, teniendo un efecto negativo en la calidad del agua (García, 2003). La constante presión en la que se encuentran los cuerpos de agua debido a diversas actividades antrópicas y principalmente la agricultura la cual se extiende ampliamente en el país, provoca que sean necesarios los estudios de calidad de agua utilizando parámetros físico-químicos e indicadores biológicos.

III. Objetivo General

Realizar una evaluación rápida de la calidad del agua en época lluviosa y seca en cada uno de los efluentes que abastecen de agua potable a las diferentes comunidades de los municipios de Sulaco y Victoria (Yoro) y La Libertad y Las Lajas (Comayagua) mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bio indicadores.

III.I Objetivos Específicos

- Relacionar la presencia o ausencia de diferentes taxones de macroinvertebrados con la calidad del ecosistema acuático.
- Aplicar el Índice Biótico a nivel de Familia (IBF) para cada uno de los puntos muestreados.
- Comparar los resultados obtenidos entre épocas en los diferentes puntos de muestreo.

IV. Área de Estudio

El estudio fue realizado en los municipios de Sulaco y Victoria en el departamento de Yoro y La Libertad y Las Lajas en el departamento de Comayagua desde, se realizó Agosto de 2016 a Mayo de 2017. El municipio de Sulaco se encuentra en el sur y el municipio de Victoria se ubica al suroeste del departamento de Yoro. Sulaco colinda al norte con el municipio de Yorito; al sur con el municipio de San José del Potrero; al oeste con el municipio de Victoria y al este con el municipio de Marale y. el municipio de Victoria colinda al norte con los municipios de Yoro, Morazán y El Negrito, al sur con los municipios de La Libertad, Minas de Oro y San José del Potrero; al este con los municipios de Yorito y Sulaco y al oeste con los municipios de Santa Rita y Santa Cruz de Yojoa (Instituto de Conservación Forestal (ICF), 2015).

El estudio comprendió diferentes microcuencas las cuales abastecen de agua potable a las comunidades de Las Cañas (X=464339, Y=1657677), El Carrizal (X=464306, Y=1657689), Monte Galán (X=462486, Y=1660120) y Chaguitillo (X=462951, Y=1659616) en el municipio de Sulaco y Lomas del Jícaro (X=459488, Y=1658434), Méndez (X=448256, Y=1661269), Tierra Amarilla (X=457157, Y=1660000), Guachipilín (X=450285, Y=1667053), Laguna de Cárcamo (X=455702, Y=1663927) y el casco urbano del municipio de Victoria (X= 458815, Y= 1654377). La zona de Vida para la zona en la que se ubican estos municipios según Holdridge (2000) es la de Bosque seco tropical con una precipitación media anual de 1192 mm y temperatura media anual de 26.2 °C.

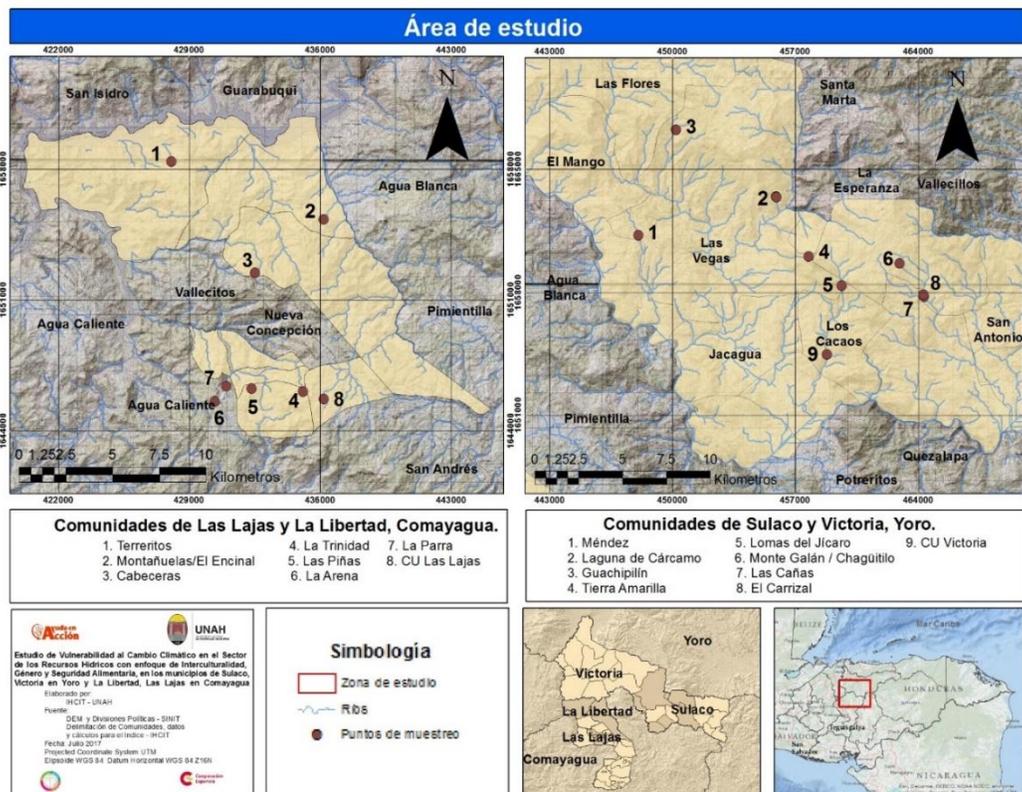


Ilustración 1 Área de estudio; Puntos de muestreo, municipios de Victoria y Sulaco (Yoro) y La Libertad y Las Lajas (Comayagua).

Los municipios de La Libertad y Las Lajas se encuentran ubicados en el centro norte del departamento de Comayagua en la zona central del País. La Libertad limita al norte con el municipio de Victoria (Yoro), al Sur con los municipios de Esquías, San Jerónimo y La Trinidad, al este limita con los municipios de Minas de oro y San Luis y al Oeste con los municipios de Santa Cruz de Yojoa (Departamento de Cortés), Meámbar, Las Lajas y Ojos de Agua. Cuenta con una extensión territorial de 474 km² (COPECO, 2008), mientras que el municipio de Las Lajas colinda al oeste con la represa hidroeléctrica Francisco Morazán (Instituto de Conservación Forestal (ICF), 2015).

Las microcuencas de estos municipios en las cuales se trabajó abastecen de agua potable a las comunidades de Terreritos (X=428028, Y= 1658391), Montañuelas y El Encinal (X= 434810, Y= 1655874), y Cabeceras (X= 432832, Y= 1652841) en el municipio de La Libertad y La Parra (X= 430696, Y= 1646420), La Arena (X= 430373, Y= 1645558), Las Piñas (X=432323, Y=1646268), La Trinidad y el casco urbano del municipio de Las Lajas (X=435068, Y= 1646079). La zona de vida en donde se ubican los municipios de La Libertad y Las Lajas es la de Bosque húmedo premontano (Holdridge, 2000) con una precipitación y temperatura media anual de 1,864 mm y 21.2 °C.

V. Metodología

V.I Fase de Campo

Los puntos de muestreo fueron definidos tomando en cuenta la ubicación de cada fuente de agua, muestreando en puntos cercanos a las mismas tanto en época lluviosa como en época seca. En ambas épocas se muestrearon un total de 14 cuerpos de agua de los cuales 8 fueron en Sulaco y Victoria (Yoro) y 6 en los municipios de La Libertad y Las Lajas (Comayagua).

Para cada punto de muestreo se delimitó un tramo de 15 metros de longitud en los diferentes cuerpos de agua. En cada tramo se marcaron puntos de inicio, medio y final, en los cuales se midieron diferentes parámetros como ser; oxígeno disuelto (mg/l) y temperatura (°C) del agua por medio de un oxinómetro, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) utilizando un conductivímetro y pH por medio de un pHmetro. Además se midieron parámetros ambientales como ser temperatura y humedad relativa utilizando un higrómetro. También se tomaron datos morfométricos del río siendo; ancho del cauce (mediante una cinta métrica), profundidad y velocidad de la corriente del cauce principal midiendo un segmento de dos metros, colocando un flotador (durapack) y registrando el tiempo (mediante un cronómetro) en que este tardó en recorrer el segmento (Ver anexo 1 y 2).

Las muestras fueron recolectadas a lo largo del tramo tomando en cuenta diferentes microhábitats como sugiere Alba-Tercedor (1996), estos fueron; roca, arena y hojarasca (muestreo cualitativo). La toma de muestras se realizó manualmente tomando los organismos directamente del sustrato utilizando pinceles y colocándolas en bandejas, también se utilizó una red de tipo Surber para las zonas de corriente (ver anexos 3 y 4) como sugiere Ramírez (2010). Las muestras fueron colocadas y preservadas en frascos con alcohol al 70% (Ver Anexo 5), luego fueron rotulados indicando el lugar y la fecha de colecta. Posteriormente las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Hidrobiología de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) para el proceso de identificación.

V.II Fase de Laboratorio

Las muestras colectadas fueron limpiadas con el objetivo de eliminar materia orgánica e inorgánica de cada una de las muestras para así conservar intactas la mayoría de características morfológicas necesarias para la identificación (ver anexo 6 y 7). Luego fueron separadas de acuerdo al orden e identificadas taxonómicamente a nivel de familia para la posterior aplicación del índice biótico. Dicha identificación fue llevada a cabo utilizando un microscopio-estereoscópico (ver anexo 8) y las claves taxonómicas

para insectos acuáticos de Norte América de Merrit & Cummins (2008) y las claves para macroinvertebrados de Costa Rica (2010).

Los datos obtenidos respecto a los diferentes taxones identificados fueron utilizados para la aplicación del índice biótico a nivel de familia (IBF), el cual por medio de la asignación de puntajes a las diferentes familias de macroinvertebrados refleja el estado de la calidad del agua en los puntos muestreados. Además se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weaver y de similitud de Jaccard (ver cuadro 2).

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i \times \log_2 p_i)$$

Donde:

S = número de especies, **p_i** = proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*): $\frac{n_i}{N}$, **n_i** = número de individuos de la especie *i*, **N** = número de todos los individuos de todas las especies. Los rangos para este índice en cuanto a diversidad son:

0 – 1.5: Poca diversidad

1.6 – 3: Mediana diversidad

3.1 – 5: Alta diversidad

VI. Resultados y Discusión

La familia con mayor cantidad de organismos identificados en la época lluviosa fue la familia Hydropsychidae con 108 individuos (29.75%) seguida de la familia Simuliidae con 42 individuos (11.57 %), familia Perlidae 27 individuos (7.44 %), familia Ptilodactylidae 23 individuos (6.34 %), familia Leptophlebiidae 20 individuos (5.51 %), familia Veliidae 17 individuos (4.68 %), familia Calamoceratidae 15 individuos (4.13 %), familias Belostomatidae y Tipulidae 12 individuos (3.31 %), familia Naucoridae 11 individuos (3.03 %) y en la familia Corydalidae 10 individuos (2.75 %). En el resto de las familias se encontraron un número de individuos para cada una que representan entre el 0.28 – 2.20% (figura 2).

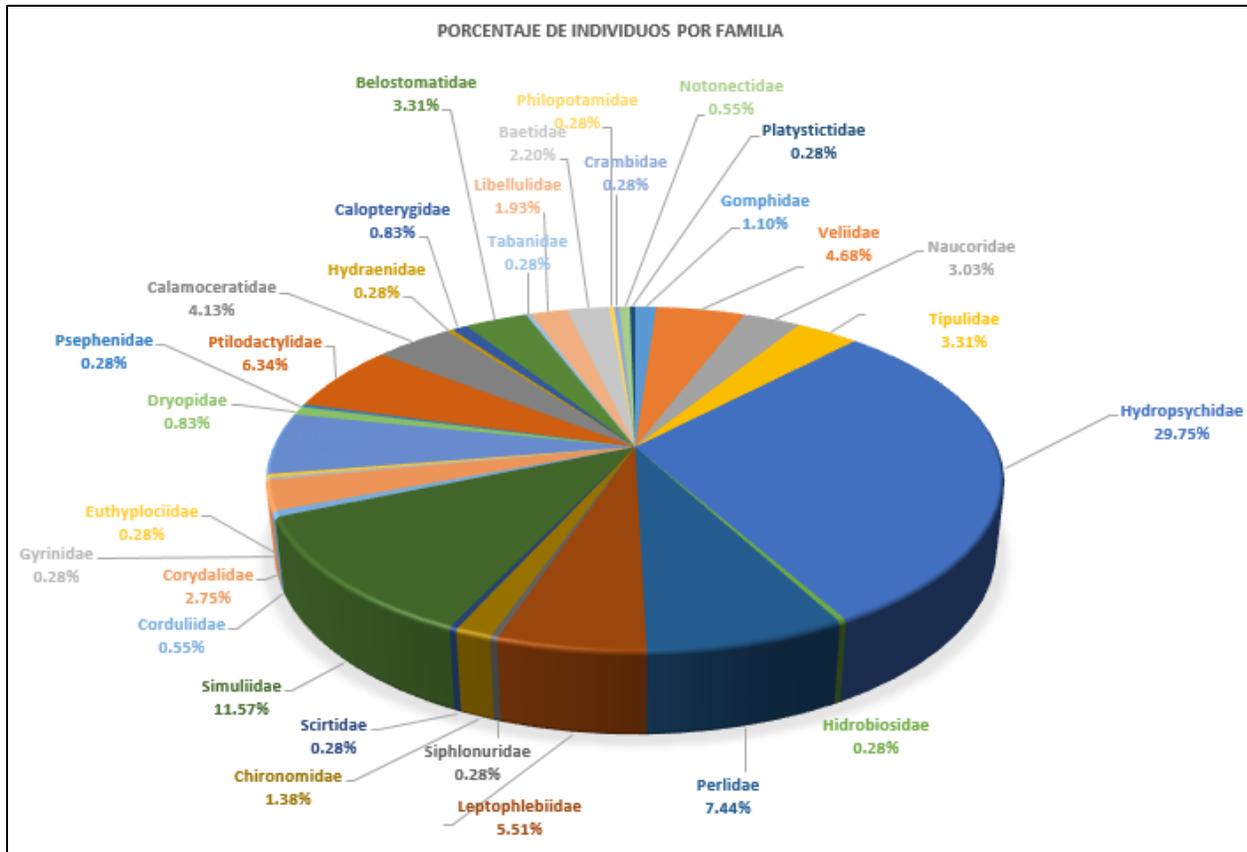


Ilustración 2 Porcentajes de Individuos encontrados en cada familia en época Lluviosa.

La familia con mayor cantidad de organismos identificados en la época seca fue la familia Calamoceratidae con 113 individuos (21.73%) seguido de la familia Hydropsychidae con 72 individuos (13.87%), familia Dryopidae 37 individuos (7.13%), familia Libellulidae 35 individuos (6.74%), familia Simuliidae 32 individuos (6.17%), familia Gomphidae 27 individuos (5.2%), familia Veliidae 26 individuos (5.01%), familia Perlidae 25 individuos (4.82%) y en la familia Coenagrionidae se encontraron 19 individuos representando el 3.66%. En el resto de las familias se encontraron un número de individuos para cada una que representan entre el 0.19 – 2.31% (figura 3).

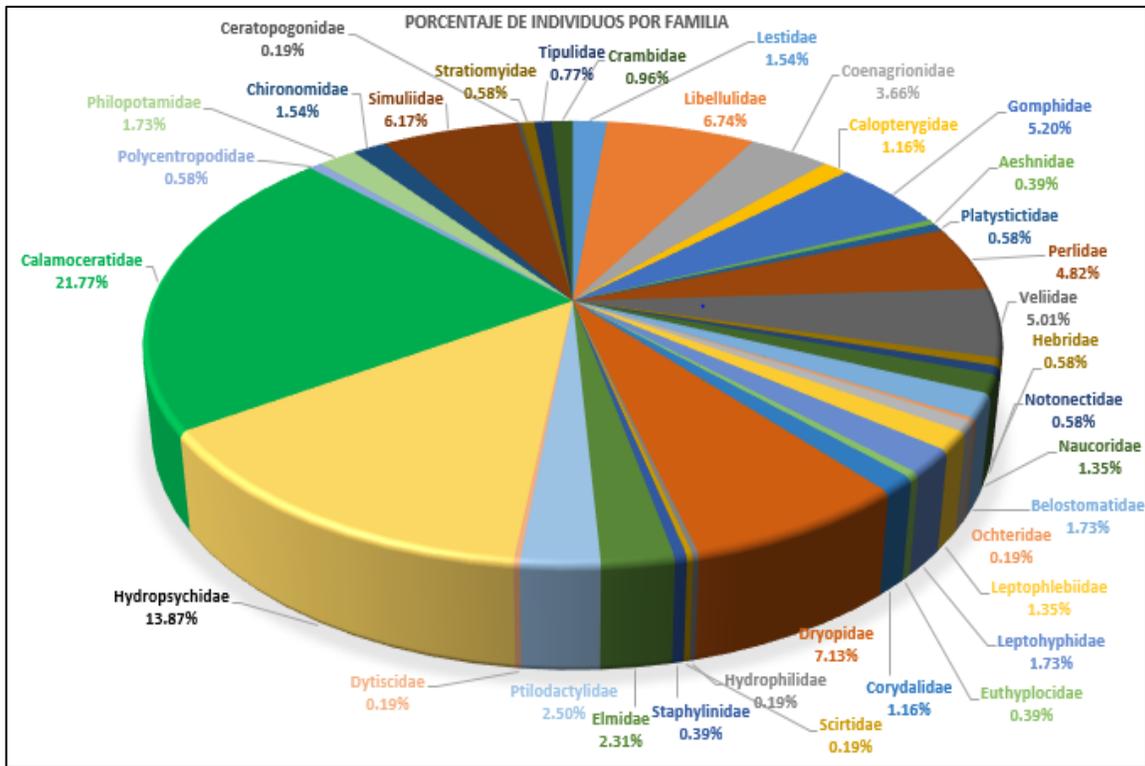


Ilustración 3 Porcentajes de individuos encontrados por cada familia en época Seca

Se logró identificar un total de 9 órdenes de macroinvertebrados acuáticos en cada época, siendo el más representado el orden coleóptera identificándose 9 familias en época lluviosa y 7 en época seca. El orden Odonata mostró poca variación entre épocas identificándose 6 familias en la temporada lluviosa y 7 en la seca, lo mismo ocurrió con los órdenes Trichoptera, Díptera y lepidóptera con variación de 1 familia entre temporadas. Otros órdenes como Plecóptera y Megalóptera no variaron identificándose 1 familia para cada época. La mayor variación se encontró en los órdenes Hemíptera y Ephemeroptera, identificándose en el primero 4 familias en época lluviosa y 7 en la seca. Mientras que en el orden Ephemeroptera se identificaron 5 familias en época lluviosa y 3 en la seca (ver figura 4).

Muchos de estos taxones requieren de condiciones físicas y químicas diferentes entre sí, lo que podría explicar su presencia o ausencia, así como su abundancia. También la estacionalidad (época lluviosa) es un factor importante que podría influir en cuanto a su presencia ya que esta provocan eventos de crecidas las cuales tienden a desprender y desplazar a los macroinvertebrados aguas abajo, disminuyendo su abundancia local (Lancaster, 2008). Por otra parte Poff y Ward (1991) consideran que cuando los regímenes de caudales permanecen estables por periodos de tiempo prolongados, los organismos tienen mayores oportunidades de asociarse con un hábitat específico y aumentar sus densidades.

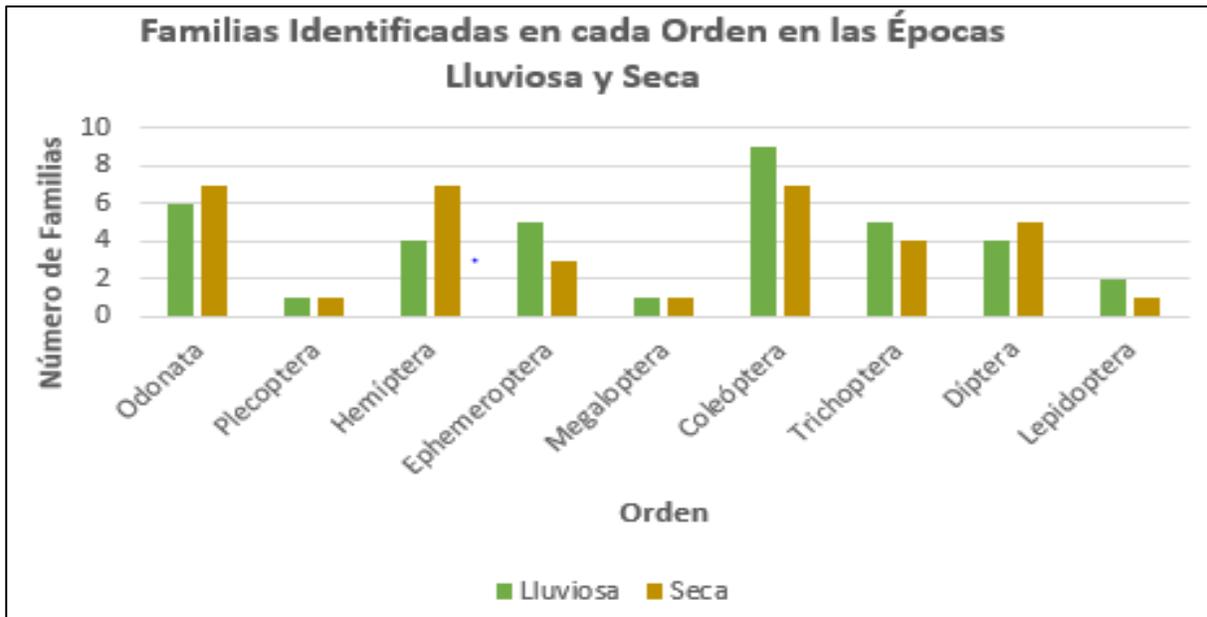


Ilustración 4 Número de familias encontradas por cada orden en épocas lluviosa y seca.

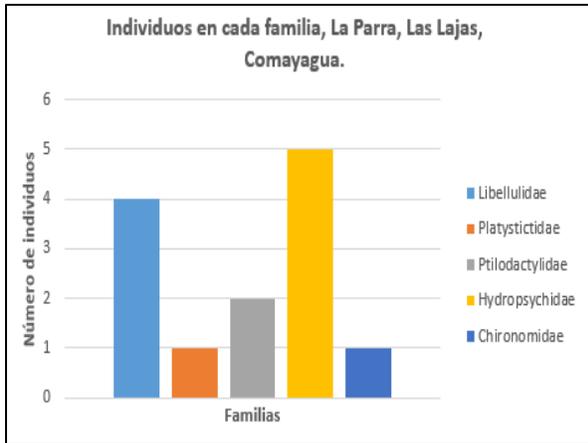


Figura 5. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de La Parra (Época Lluviosa)

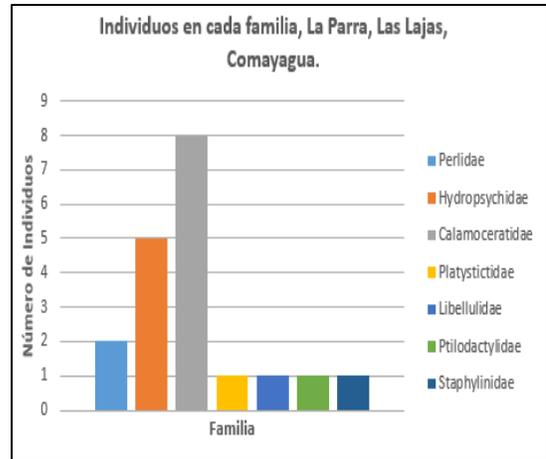


Figura 6. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de La Parra (Época Seca)

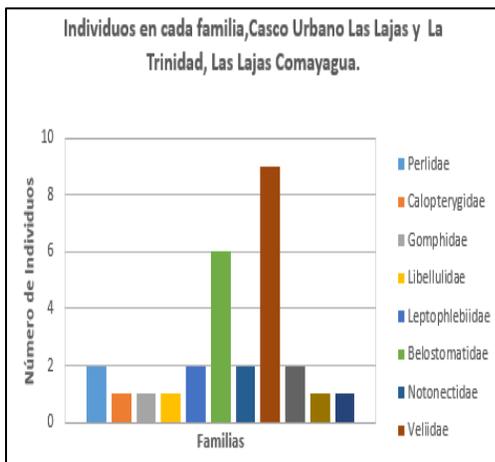


Figura 7. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de las comunidades de La trinidad y Casco urbano de Las Lajas (Época Lluviosa).

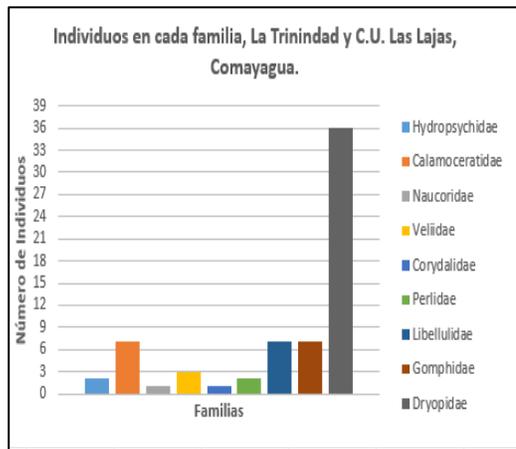


Figura 8. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de las comunidades La Trinidad y casco urbano de Las Lajas (Época Seca).

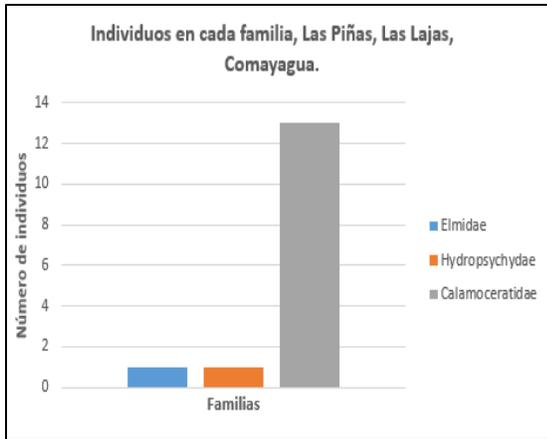


Figura 9. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Las Piñas (Época Lluviosa).

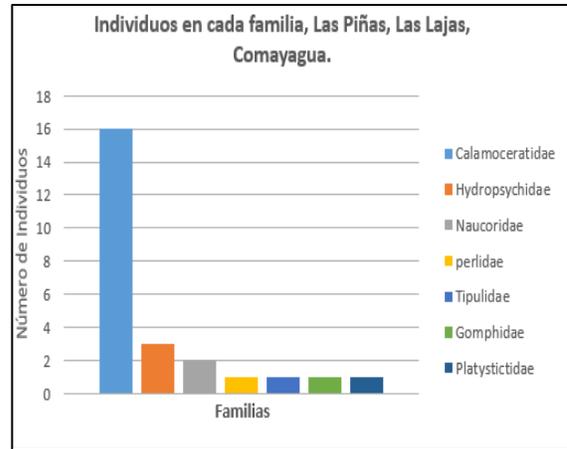


Figura 10. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Las Piñas (Época Seca)

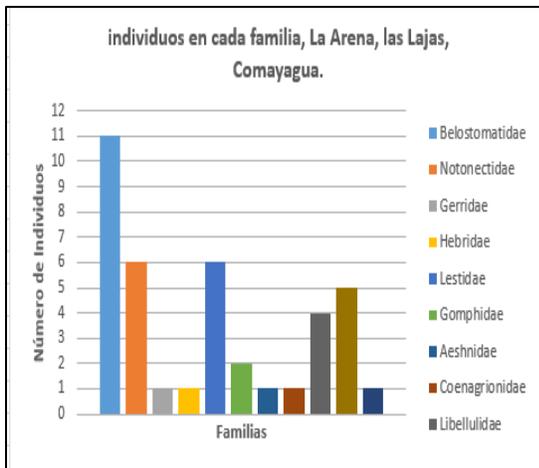


Figura 11. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de La Arena (Época Seca).

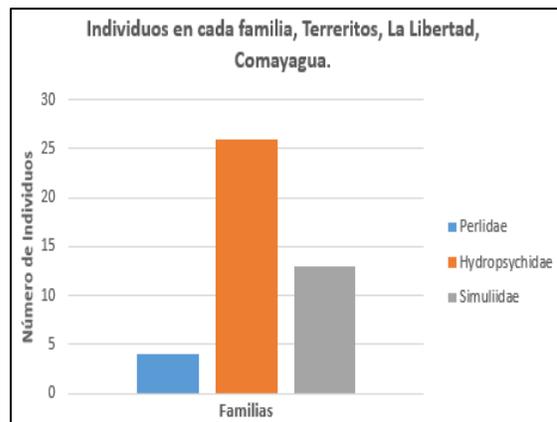


Figura 12. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Terreritos (Época Lluviosa).

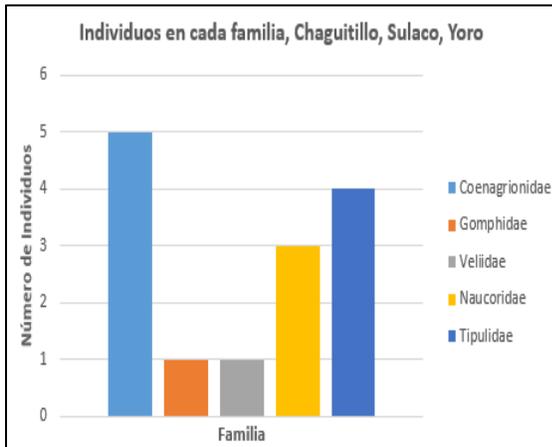


Figura 17. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Chaguitillo (Época Lluviosa).

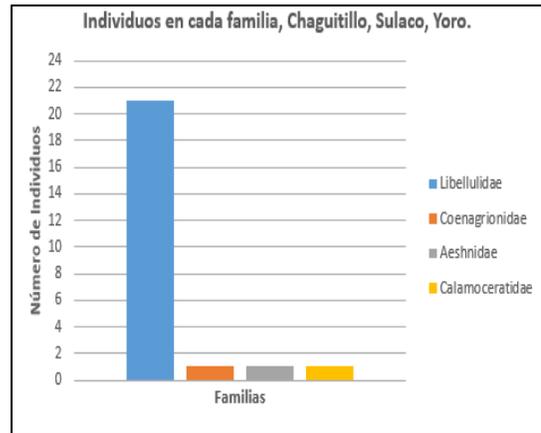


Figura 18. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Chaguitillo (Época Seca).

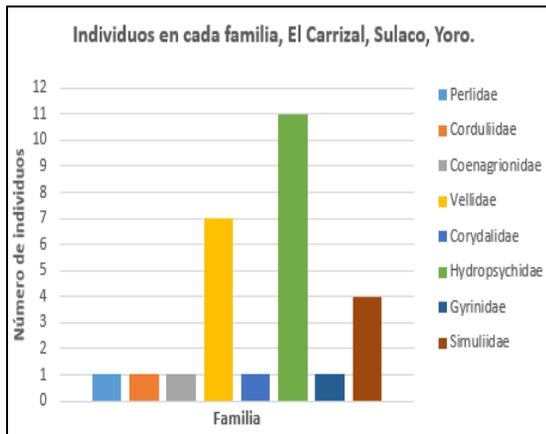


Figura 19. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de El Carrizal (Época Lluviosa).

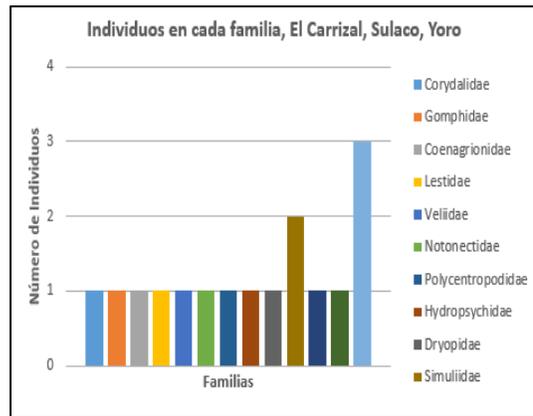


Figura 20. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de El Carrizal (Época Seca).

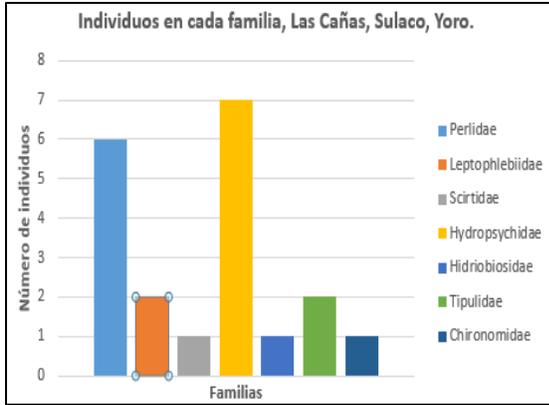


Figura 21. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Las Cañas (Época Lluviosa).

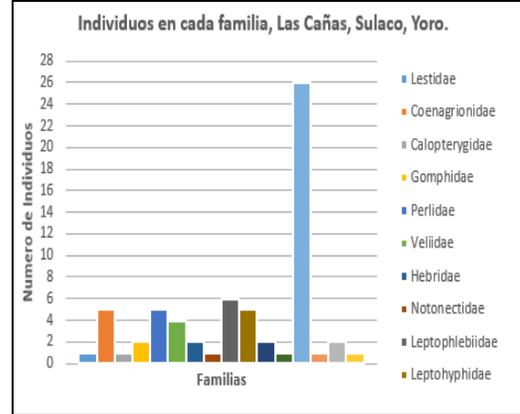


Figura 22. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Las Cañas (Época Seca).

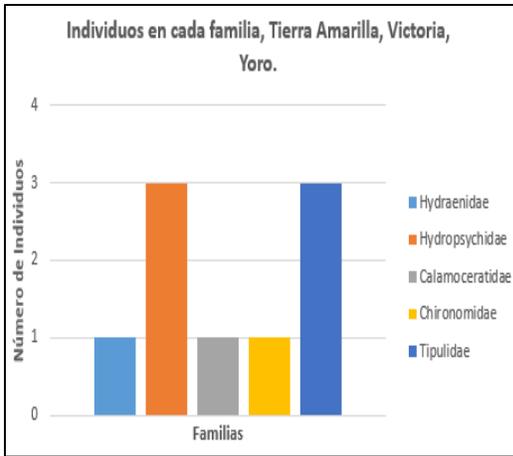


Figura 23. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Tierra Amarilla (Época Lluviosa).

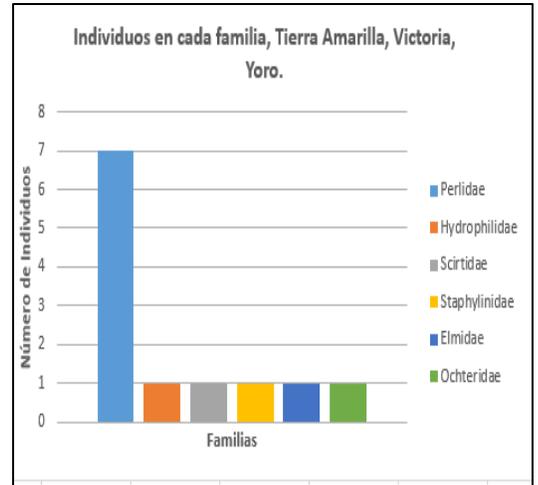


Figura 24. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Tierra Amarilla (Época Seca).

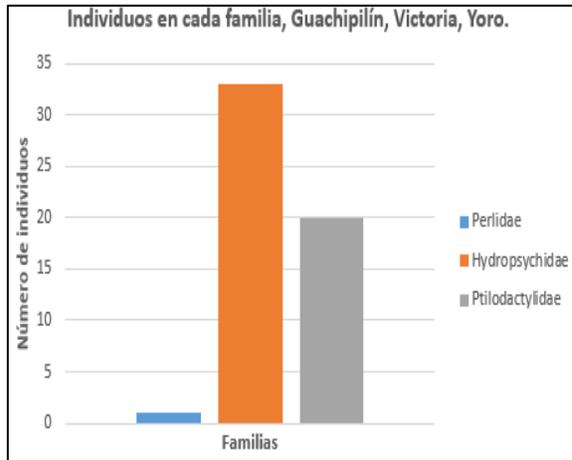


Figura 25. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Guachipilín (Época Lluviosa).

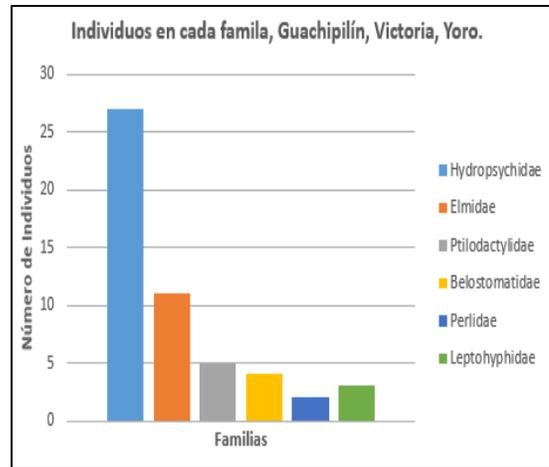


Figura 26. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Guachipilín (Época Seca).

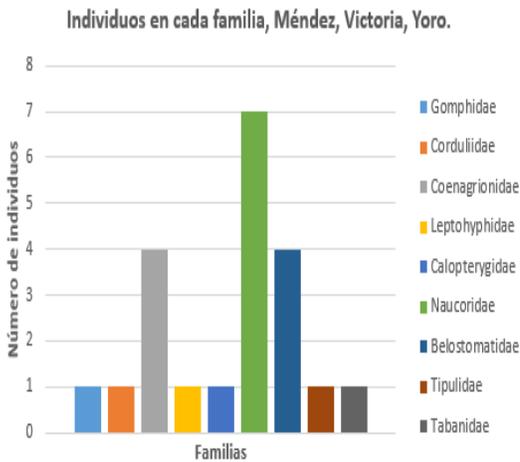


Figura 27. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Méndez (Época Lluviosa).

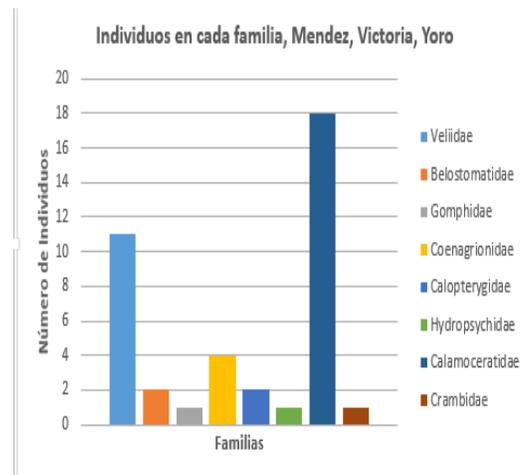


Figura 28. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Méndez (Época Seca).

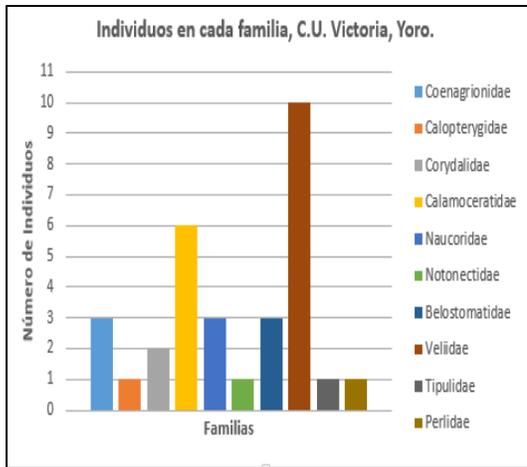


Figura 29. Número de individuos en cada familia, fuente de agua del casco urbano de Victoria (Época Lluviosa).

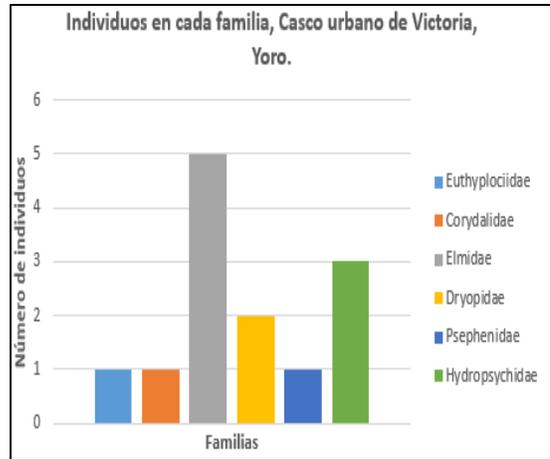


Figura 30. Número de individuos en cada familia, fuente de agua del casco urbano de Victoria (Época Seca).

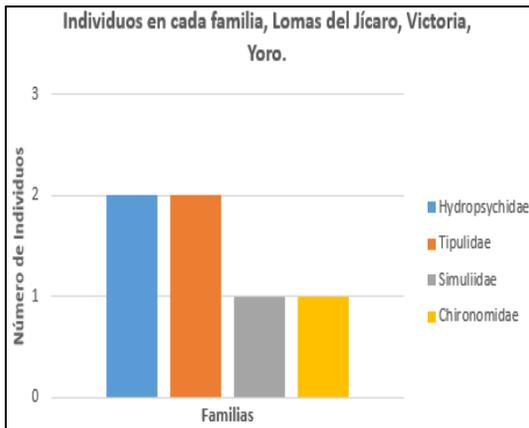


Figura 31. Número de individuos en cada familia, fuente de agua de la comunidad de Lomas del Jícaro (Época Lluviosa)

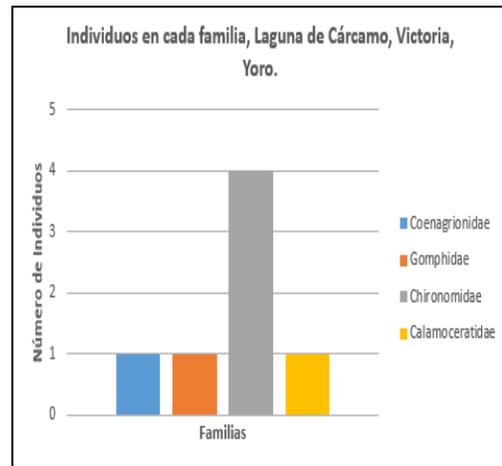


Figura 32. Número de individuos en cada familia, fuente de agua comunidad de Laguna de Cárcamo ().

Los parámetros físico-químicos medidos fueron temperatura del agua, conductividad, pH, oxígeno, así como caudal para la época seca (Cuadro 1). En época lluviosa los datos de temperatura del agua oscilaron entre 20 – 24.9 °C reportando el registro más bajo para el punto de muestreo de La Trinidad y el más alto en el punto de Terreritos, la conductividad del agua se mantuvo en un rango entre 200.22 – 610.93 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo el dato más bajo y alto el de las comunidades de La Parra y Cabeceras respectivamente. El oxígeno disuelto en el agua estuvo registrado entre 6.5 – 9.2 mg/l con el dato más bajo el punto de La Parra y el más alto el de Montañuelas y El Encinal, mientras que los valores de pH oscilaron alrededor de 4.6 para el punto de Méndez y 7.9 en el punto de Lomas del Júcaro

Cuadro 1. Parámetros físico-químicos en ambas épocas.

Punto de muestreo	Época Lluviosa				Época Seca				Caudal (m^3/s)
	T. agua ($^{\circ}\text{C}$)	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O.D. (mg/l)	pH	T. agua ($^{\circ}\text{C}$)	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O.D. (mg/l)	pH	
La Parra	22	200.22	6.5	6.7	20.83	---	8.06	7.2	0.0006
La Trinidad	20	270.5	6.84	7.1	20.1	436.66	5.09	---	0.004
Las Piñas	---	---	---	---	20.5	---	7.99	---	0.0014
La Arena	---	---	---	---	20.5	---	3.7	---	---
CU Las Lajas	20.3	370.6	7.1	6.3	20.1	436.66	5.09	---	0.004
El Encinal	23.7	340.86	9.2	6.2	23.5	---	8.29	---	0.040
Terreritos	24.9	410.2	8.05	6.6	---	---	--	---	---
Cabeceras	24.7	610.93	7.4	7	22.83	---	7.74	7.6	0.013
Montañuelas	23.7	340.86	9.2	6.2	23.5	---	8.29	---	0.040
Monte Galán	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Chaguitillo	21.8	526.26	---	6	22	430	---	---	---
El Carrizal	23.8	327.93	---	6.8	21.83	206.66	8.49	7.6	0.028
Las Cañas	23.2	301.53	---	6.8	21.33	300	6.36	---	0.1064
Laguna de Cárcamo	---	---	---	---	21.3	173.3	7.26	7.5	0.038
Tierra Amarilla	18.6	237.56	---	8.5	20	232.33	7.8	8.1	0.0012
Lomas del Júcaro	20.3	402.8	---	7.9	---	---	---	---	---
Guachipilín	21.9	419.36	---	6.2	22	300	6.6	7.2	0.0340
Méndez	24.8	481.66	---	4.6	---	310	---	---	0.0028
CU Victoria	23.5	403.23	---	6.1	23.66	343.33	7.7	8	0.0296

En época seca los datos medidos de temperatura del agua oscilaron entre 20.00 – 23.66 °C, la conductividad osciló entre 232.33 – 436.66 siendo el dato más bajo el de Tierra Amarilla y el más alto de los puntos La Trinidad y casco urbano Las Lajas. El oxígeno se registró entre 3.7 – 8.49 mg/l con el valor más bajo en el punto de La Arena y el más alto en El Carrizal, mientras que el dato más alto de pH se registró en Tierra Amarilla con un valor de 8.1 y el más bajo de 7.2 en Guachipilín. Los cuerpos de agua estudiados en general presentan dimensiones pequeñas y esto se ve reflejado en los

datos de caudal siendo el más alto de 0.106 m³/s, bajo condiciones naturales estas dimensiones como ser el ancho del cauce influye en la diversidad y la distribución de los macroinvertebrados acuáticos en los cuerpos de agua loticos, además de otros factores como el tipo de sustrato, hábitat, luz, oxígeno disuelto, temperatura, patrones de corriente, altitud y la vegetación ribereña (Ward, 1992). Es importante mencionar que en algunos puntos no se logró medir ciertos parámetros físico-químicos ni muestreo biológico debido en algunos casos a la ausencia de un caudal.

Se aplicó el índice biótico a nivel de familia (IBF) para cada punto de muestreo en épocas lluviosa y seca. Para la época lluviosa dos puntos de muestreo resultaron con una calidad del agua “pobre”, mientras que en ocho de los puntos de muestreo la calidad del agua fue “buena”. La calidad “regular” del agua resultó en cinco puntos de muestreo, mientras que la calidad del agua “muy buena” resultó para dos puntos de muestreo y solamente en un punto de muestreo la calidad del agua resultó ser “excelente” con una contaminación orgánica improbable (ver cuadro 2).

En los puntos de Mendez y Chaguitillo en donde la calidad del agua refleja un estado “Pobre” con una probable contaminación orgánica muy sustancial, esto podría ser el reflejo de que estos cuerpos de agua se encuentran rodeados por zonas de cultivo y caseríos, con una cobertura vegetal reducida y un caudal igualmente reducido. En los cuerpos de agua de las comunidades de Las Cañas y Guachipilín se evidencia un estado de la calidad del agua “Muy buena” con una contaminación orgánica leve lo cual podría ser el reflejo de una cobertura vegetal óptima y ninguna intervención antrópica cercana. En el punto de las piñas el cuerpo de agua refleja un estado “Excelente” que refleja las condiciones de una buena cobertura vegetal y un área sin ninguna intervención por alguna actividad antropogénica.

En época seca dos puntos de muestreo resultaron con una calidad del agua “pobre”, Los resultado de “regular pobre” y “regular” se dieron en dos puntos cada una, mientras que en cuatro puntos de muestreo la calidad del agua fue “buena”, Las categorías “muy buena” y “Excelente” resultaron en tres puntos cada una.

Cuadro 2. Resultados de la aplicación de la aplicación del índice biótico IBF y el índice de diversidad de Shannon-Weaver.

Punto de muestreo	Época Lluviosa		Época Seca		Índice de similitud Jaccard (entre épocas)
	Calidad del agua (IBF)	Índice Shannon-Weaver	Calidad del agua (IBF)	Índice Shannon-Weaver	
La Parra	Regular	1.41	Excelente	1.57	0.50
La Trinidad	Regular	2.04	Buena	1.52	0.31
Las Piñas	Excelente	1.48	Excelente	1.26	0.25
La Arena	---	---	Regular pobre	2.05	---
C.U. Las Lajas	Regular	1.91	Buena	1.52	0.31
El Encinal	Buena	1.71	Muy buena	1.95	0.38
Terreritos	Regular	0.89	---	---	---
Cabeceras	Buena	2.01	Muy Buena	2.04	0.20
Montañuelas	Buena	1.71	Muy buena	1.95	0.38
Monte Galán	---	---	---	---	---
Chaguitillo	Pobre	1.43	Pobre	0.51	0.12
El Carrizal	Regular	1.61	Regular pobre	2.48	0.28
Las Cañas	Muy Buena	1.64	Regular	2.16	0.13
Laguna de Cárcamo	---	---	Pobre	1.15	---
Tierra Amarilla	Buena	1.46	Excelente	1.35	0
Lomas del Júcaro	Buena	1.33	---	---	---
Guachipilín	Muy buena	0.74	Buena	1.38	0.50
Méndez	Pobre	1.87	Buena	1.52	0.31
C.U. Victoria	Buena	1.42	Regular	1.98	0.08

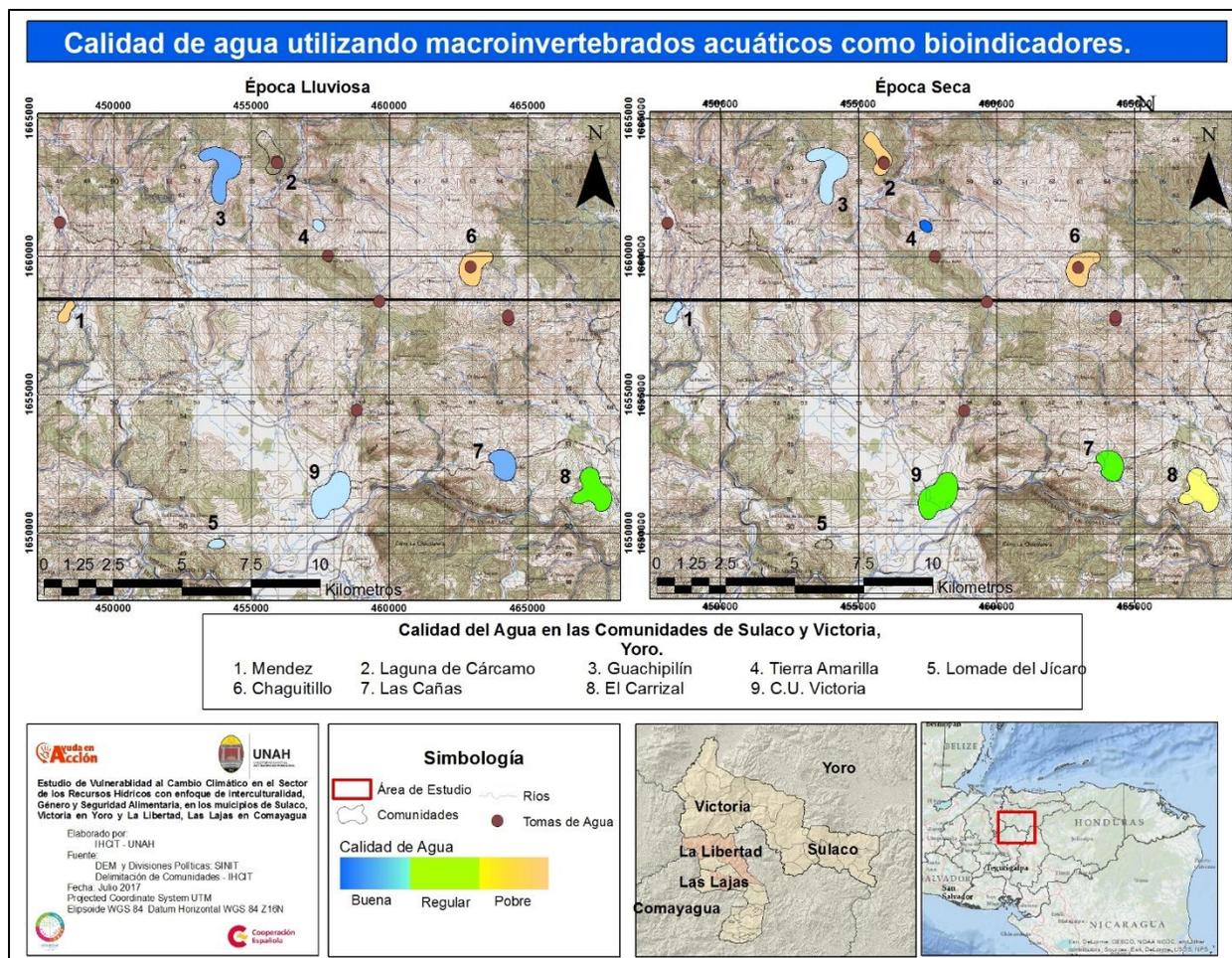


Figura 33. Calidad de agua utilizando bioindicadores, municipios de Victoria y Sulaco, Yoro.

En algunos puntos los resultados de calidad del agua se mantuvieron independientemente de la época en la que fueron realizados los muestreos, tal es el caso de Chaguitillo en el cual se repitió el resultado de calidad “Pobre”, en este punto como se mencionó existe un área de intervención muy cercana al mismo y como lo señala García (2003) en estudios realizados en el río Tascalapa en el departamento de Yoro los cultivos y asentamientos humanos alteran la composición y estructura de los macroinvertebrados acuáticos, provocando un efecto negativo en la calidad del agua. Al igual en el punto de Laguna de Cárcamo en donde el resultado fue “Pobre” el caudal es bastante reducido y en el mismo los pobladores realizan actividades y descargas residuales domésticas. Otros puntos como el de La Parra, Las Piñas y Tierra Amarilla resultaron con calidad del agua “Excelente” en donde las áreas intervenidas se encuentran alejadas de los cuerpos de agua y existe un área de vegetación conservada.

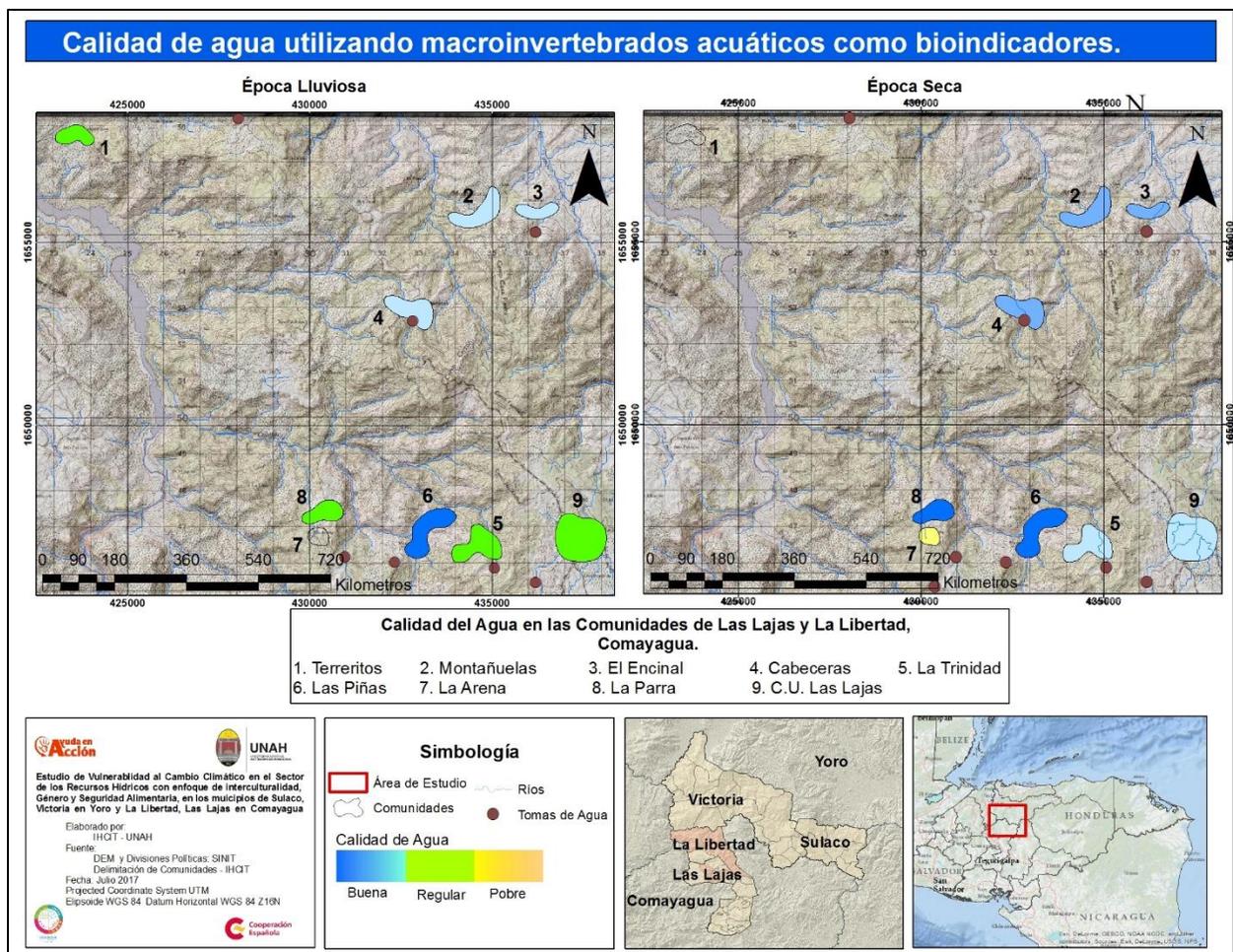


Figura 34. Calidad de agua utilizando bioindicadores, municipios de Las Lajas y La Libertad, Comayagua.

Los resultados del índice de diversidad de Shannon & weaver aplicados a cada punto de muestreo reflejan poca y mediana diversidad para ambas épocas. En la época lluviosa se obtuvo un valor más bajo ($H= 0.74$) para el punto de Guachipilín y el punto con mayor diversidad muestreado fue el La Trinidad ($H= 2.04$). En época seca el punto con mayor diversidad fue El Carrizal ($H= 2.48$) y el de menor diversidad fue Chaguitillo ($H= 0.51$). Esto podría asociarse a la naturaleza del tipo de cauces en términos de dimensiones o caudales (Ward, 1992), así como a otros factores como contaminación o alteración en algunos puntos. El índice de similitud de Jaccard fue aplicado por cada punto de muestreo comparando ambas épocas las diferentes familias de organismos encontradas. Los puntos que más con mayor similarida fueron La Parra y Guachipilín ($I_j=0.50$), los demás puntos reflejaron similitudes menores (entre $I_j=0$ y 0.38) llegándose a encontrar ninguna similitud en el punto de Tierra Amarilla respecto a las familias encontradas en la época lluviosa y la seca.

VII. Conclusiones

- La diversidad de los organismos encontrados varió al menos en algunos taxones tendiendo a ser más homogénea respecto al número de familias en la época seca donde los regímenes de caudales así como diversas condiciones ambientales llegan a ser constantes por periodos de tiempo prolongados lo que favorece la colonización y mantenimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.
- Dentro de los parámetros físico-químicos medidos tomando en cuenta ambas épocas, la conductividad osciló entre 173.3 - 610.93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con el valor más alto sobrepasando el valor recomendado en la norma técnica de calidad de agua para Honduras el cual es de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Otros parámetros como el pH y el oxígeno disuelto no se toman en cuenta en la norma técnica de nuestro país, sin embargo si se compara con la norma técnica para otros países como Costa Rica el cual establece entre los 6.5 y los 8.5 como rango permitidos, en algunos puntos de muestreo se registraron valores menores a 6.5 tal es el caso de Mendez, Guachipilín, Chaguitillo, El Encinal y el casco urbano de Las Lajas. Los valores de oxígeno disuelto en el agua oscilaron entre 3.7- 9.2 mg/l y si se toma en cuenta que el valor mínimo para sustentar la vida acuática es de 5 mg/l se puede inferir que existe un grado de alteración en términos de calidad en el caso de La Arena cuyo valor resultó ser de 3.7 mg/l y en el punto de casco urbano de Las Lajas y La Trinidad con un valor de 5.09 muy cercano al límite inferior para el funcionamiento ecológico óptimo y calidad del cuerpo de agua.
- Los resultados de la aplicación del índice biótico en ambas épocas reflejan resultados muy similares, existiendo variaciones marcadas en ciertos puntos como es el caso de Mendez, La parra y Las Cañas. Esto podría asociarse a la época en la que fueron realizados los muestreos lo cual influye en la diversidad de organismos que se encuentran en los cuerpos de agua, producto de variaciones ambientales tales como la precipitación la cual está relacionada con otros factores como ser el régimen de caudales o hábitats para los organismos. Otro aspecto que influye en la calidad del agua es el tipo de actividades o grado de intervención que tienen las zonas de influencia a los cuerpos de agua, tales como la agricultura, ganadería o caseríos. Muchos productos de desecho de estas actividades terminan llegando con el tiempo a los cauces por diversos factores, alterando así la química del agua y por ende la calidad, tendiendo a afectar la salud del ecosistema.

- La poca ó mediana diversidad en ambas épocas de muestreo se podría relacionar a diferentes factores, tanto a las condiciones naturales así como alteraciones en el ecosistema producto de actividades antropogénicas en algunos puntos específicos. La similaridad en los puntos de muestreo entre ambas épocas es un indicio del cambio que ocurre estacionalmente y que estos factores ambientales tienden a cambiar las estructuras de las comunidades de macroinvertebrados.
- Los estudios de calidad de agua utilizando bioindicadores como ser macroinvertebrados acuáticos brindan información respecto a la salud del ecosistema en términos de calidad de agua, apoyándose en la diversidad de los organismos y complementándose con análisis físico-químicos.

VIII. Recomendaciones

- Implementar programas de biomonitoreo estacionales en las diferentes microcuencas y aplicar índices bióticos para conocer la calidad del agua, además de la diversidad de organismos y como estas son afectadas por factores naturales y antropogénicos y en función de ello tomar medidas que ayuden a mitigar sus efectos.
- Realizar las colectas de macroinvertebrados estableciendo más puntos de muestreo en los diferentes cursos de agua con el objetivo de obtener datos acerca de la calidad del agua y la salud del ecosistema de forma más robusta.
- Concientizar a la población y particularmente aquellos sectores que realizan actividades como la agricultura y ganadería en zonas cercanas a las fuentes de agua sobre el impacto en el ecosistema y en la calidad del agua si se realizan prácticas o manejos no adecuados de productos de desecho, con el objetivo de mantener el estado óptimo de los recursos y garantizar su aprovechamiento para el desarrollo de las comunidades.

IX. Bibliografía

- Alba-Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos*. Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada.
- Comité Permanente de Contingencias (COPECO). (2008). *Sistema de Alerta Temprana e inundaciones Río Frío y Salitroso, La Libertad, Comayagua, Subcuenca Humuya medio*. (20).
- Ecological Society of America. (2003). *Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems*. Tópicos en Ecología.
- García, L. (2003). *Efectos del bosque ribereño y de las actividades antrópicas en las características físico-químicas y en poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Río Tascalapa, Honduras*. CATIE. Turrialba. Costa Rica.
- Hanson, P., M. Springer., A. Ramírez., R. Flowers., C. De La Rosa & P. Gutiérrez. (2010). *Introducción a los grupos de Macroinvertebrados acuáticos*. Biología Tropical.
- Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): San José, Costa Rica. (216).
- Instituto de Conservación Forestal (ICF). (2015). *Atlas Municipal, forestal y cobertura de la tierra: Municipio de Las Lajas, Comayagua*. ICF. Comayagüela, M.D.C.
- Instituto de Conservación Forestal (ICF). (2015). *Atlas Municipal, forestal y cobertura de la tierra: Municipio de Victoria, Yoro*. ICF. Comayagüela, M.D.C.
- Instituto de Conservación Forestal (ICF). (2015). *Atlas Municipal, forestal y cobertura de la tierra: Municipio de Sulaco, Yoro*. ICF. Comayagüela, M.D.C.
- Lancaster, J. (2008). *Movement and dispersion of insects of stream channels: what role does flow play?* In: Lancaster J. & Briers R. A. eds. *Aquatic insects: Challenges to Populations*. Wallingford, CABI.
- López, L. & J. Mora. (2014). *Diversidad, Conservación y uso de los Macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Universidad Autónoma de Querétaro; San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Merritt, R. & K. Cummins. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*, 4ta. ed. Kendall/Hunt. Dubuque.
- PNUMA. (2007). *Sistema mundial de vigilancia del medio ambiente, programa del Agua*. Instituto Nacional de Investigación sobre el Agua. Burlington, Ontario.
- Poff, L. & J. Ward. (1989). *Implications of streamflow variability and predictability for lotic communities structure: a regional analysis of streamflow patterns*. Canadian Journal of Fisheries and aquatic sciences.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R. & M., Rieradevall. (2009). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

- Rojas, C. (2011). *Estudio de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Rio San Pedro, previo a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces) en Nayarit, México*. Universidad de Guadalajara.
- Roldán, G. (2008). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogota, Colombia.
- Roldán, G. (2003). *Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de las aguas en los Andes colombianos*. Editorial de la universidad de Antioquia, Departamento de Biología. Medellín, Colombia.
- Springer, M. (2010). *Biomonitoreo Acuático*. Escuela de Biología & Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR). Universidad de Costa Rica.
- Ward, J. (1992). *Aquatic Insect ecology*. John Wiley and Sons, Inc. London. 438 pp.

X. Anexos



Anexo 1. Medición de ancho de cauce.



Anexo 2. Medición de conductividad en el agua.



Anexo 3. Muestreo manual y con red Surber de macroinvertebrados.



Anexo 4. Muestreo manual de Macroinvertebrado..



Anexo 5. Muestra de Macroinvertebrado acuático.



Anexo 6. Individuo del orden Ephemeroptera.



Anexo 7. Individuo del orden Trichoptera.



Anexo 8. Identificación de Macroinvertebrado acuático.