



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MORELOS**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN**

**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL ARROYO AGUA SALADA,
MORELOS, MÉXICO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE
LA BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN**

PRESENTA:

ILSE ESTEPHANI MORENO HERNÁNDEZ

DIRECTOR: Dr. Norman Mercado Silva

CODIRECTOR: Dra. Elisabet Wehncke



CUERNAVACA, MORELOS.

MAYO, 2019

Agradecimientos.

Agradezco de todo corazón a mis padres Claudia Hernández Guzmán y Mario Moreno Espinoza por su apoyo y profundo amor que me han brindado durante toda mi vida, agradezco a Ángel Axel Moreno Hernández por ser el mejor hermano que podría pedir en esta vida, agradezco el apoyo incondicional de mi pareja Francisco López Araiza por aguantarme en los peores momentos de estrés y amargura, agradezco a mi tía Rosa Elvira Moreno Espinoza por su apoyo y amor, a mis primas y primo que aun que casi no nos vemos se de antemano que cuento con su apoyo Karina Margarita Silva Guzmán, Jair Moreno Romero, Rosa Laura Ponce Moreno, Daniela Moreno Romero y Cinthya Margarita Ponce Moreno, a mis abuelas que en paz descansen Alicia Espinoza Garduño y Claudia Guzmán Armijo las cuales a pesar de extrañar profundamente, las llevo en un lugar especial de mi corazón.

A las personas que me acompañaron a campo y amigos del alma, Jérica Gabriela Guerrero de la Paz, Susana Margarita Sánchez García, Darely Mayte Acosta Álvarez, Cecilia Arjona García y Gabriel Cordero Martínez, agradezco su tiempo, dedicación y paciencia que a pesar de tener pocos años de conocernos pareciera que somos amigos de toda la vida.

A la mejor generación y más unida del CIByC Jérica Gabriela Guerrero de la Paz, Darely Mayte Acosta Álvarez, Cecilia Arjona García, Gabriel Cordero Martínez, Sofía Ana Lucrecia Lara Godínez, Iris Álvarez Caballero, Roberto Francisco Jiménez Salmerón, Maricarmen Altamirano Mejía y Emery Farfan Estrada, jamás imagine encontrarme con seres humanos tan grandiosos, gracias por siempre escucharme y darme ánimos para terminar la carrera.

A Josue Roberto Reyes Amaya por llevarme a campo y otorgarme la grandiosa oportunidad de conocer y poder trabajar en un arroyo tan hermoso como lo es Agua Salada. Así mismo quiero agradecer a Don Eliseo por permitirnos la entrada al arroyo.

Agradezco a Diego Kanchi Díaz y Ahlem Esper Reyes por ser amigos incondicionales y por animarme a entrar a la maestría.

A mis amigas Anayeli Ariza Delgado, Iveth Esperanza Parra Reyes y Jareth Román Heracleo, que, aunque no nos veamos, siempre están al pendiente de mí, por escucharme y apoyarme de la mejor manera que sus posibilidades les permiten.

Agradezco a las personas que se convirtieron en amigos y me apoyaron con el análisis de muestras en laboratorio Susana Margarita Sánchez García, José de Jesús Calderón Téllez, Alba Yetlanezi Castillo Pineda sin ellos los días en el Laboratorio hubieran sido aburridísimos.

Agradezco a Claudia Alejandrina Aviles de la Rosa por su apoyo durante toda la carrera, sobre todo en la parte administrativa, agradezco a la comisión de seguimiento de estudiantes por ser pacientes y siempre estar al pendiente de mi como estudiante. A Lorena Orozco Lugo por su preocupación por mi como estudiante.

A mi director y codirectora Dr. Norman Mercado Silva y Dra Elisabet Wehncke. Por brindarme su apoyo y conocimientos que sirvieron para mi crecimiento académico.

Al Dr. José Guadalupe Granados Ramírez por su paciencia y apoyo incondicional al ayudarme con mi tesis, si algo tengo que recalcar es que es el mejor maestro que he conocido en mi vida.

A M. C. Miguel Aurelio Piñón Flores, M. en C. Roberto Trejo Albarrán y Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón, por apoyarme en el desarrollo y presentación de la tesis con comentarios altamente constructivos.

Agradezco a CONACYT sin su apoyo económico nada de esto hubiera sido posible, y por último agradezco a todo el CIByC.

¡Gracias!

Contenido

Contenido	4
Resumen.	5
Introducción.....	6
Antecedentes.....	8
Macroinvertebrados y Grupos Funcionales	8
Maneras de estudiar la comunidad de macroinvertebrados.....	9
Macroinvertebrados en Latinoamérica y México.....	10
Justificación:.....	12
Hipótesis:.....	12
Objetivo:.....	12
Objetivos Particulares:.....	12
Metodología.....	13
Área de estudio.	13
Sitio de estudio.	14
Resultados.....	20
Parámetros fisicoquímicos.....	20
Correlación de parámetros fisicoquímicos.	22
Velocidad.....	23
Macroinvertebrados.....	24
Grupo funcional y Hábito de vida.	33
Discusión y Conclusión.	35
Parámetros Fisicoquímicos.....	35
Velocidad.....	37
Macroinvertebrados.....	37
Grupo funcional y hábito de vida.	39
Literatura Citada.....	41

Resumen.

Los ríos son importantes para la biodiversidad, por lo que conservarlos es vital para la vida. Numerosos ríos en Morelos han sufrido degradación ambiental, a causa de distintas acciones antropogénicas. Son pocos los sistemas que tienen baja afectación y entre ellos se encuentra el arroyo Agua Salada, ubicado en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH). Aquí, se describen diversos aspectos (funcionales y de composición) de la comunidad de macroinvertebrados provenientes de un arroyo con mínima alteración antropogénica. Esto con base en la obtención de muestras (red tipo D) de 2 diferentes microhábitats en 5 tramos del arroyo durante dos temporadas diferentes y el análisis de variables ambientales como factores físico-químicos, velocidad y profundidad. La temperatura, conductividad, total de sólidos disueltos, salinidad y oxígeno disuelto tuvieron diferencias significativas entre temporada de lluvia y de secas ($p > 0.05$), la velocidad fue mayor en lluvias y rápidos que en secas y corridas ($p > 0.05$); los macroinvertebrados presentaron una mayor diversidad en la temporada de secas que en la temporada de lluvias. Las comunidades fueron dominadas por Ephemeroptera con Leptohiphidae, así como Diptera con Chironomidae y Coleoptera con Elmidae. Se encontraron 7 grupos de hábitos de vida, agarradores con 39% fue el más abundante. Se encontraron 7 grupos funcionales, los recolectores con 49% siendo el más cuantioso. Las variables principalmente responsables de las diferencias en la composición de las comunidades fueron: velocidad del agua, oxígeno disuelto (%DO) y conductividad. El arroyo Agua Salada se encuentra en condiciones óptimas, fungiendo como ejemplo de la dinámica de los ríos de la cuenca del Amacuzac, por lo que es importante su conservación.

Introducción.

Los ecosistemas acuáticos continentales son de los más vulnerables del planeta a distintas presiones antropogénicas (Baron *et al.*, 2003; Barlow, 2009). Conocer mejor su estructura, funcionamiento y biodiversidad ayuda a conservar los recursos hídricos (Hering *et al.*, 2006; Shiklomanov, 2008; Domínguez y Fernández, 2009).

Los estudios biológicos en ríos que se encuentran en relativamente buen estado de conservación nos permiten conocer los patrones ecológicos naturales y pueden así, proveer un marco de referencia en cuanto al funcionamiento ecosistémico a nivel local, de cuenca y regional. Los macroinvertebrados acuáticos han ocupado un papel importante en el estudio de la calidad del agua y la integridad biológica de ambientes riparios (Alba-Tercedor, 1996; Hurtado *et al.*, 2005; Fernández, 2012; Morales y Castro, 2015). Son organismos eficientes en la detección de alteraciones en ríos, pues responden rápidamente a distintas perturbaciones de su hábitat y, como grupo, comprenden desde especies generalistas hasta especies microespecialistas (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988; Roldán-Pérez, 2016). Además, son fuente primaria de alimento para muchos peces, participan de manera importante en la degradación de la materia orgánica de ríos, en los ciclos de nutrientes y los flujos de energía en el ecotono ripario (Alba-Tercedor, 1996; Gong *et al.*, 2000; Segnini, 2003; Arce, 2006).

Dentro de los numerosos hábitats que podemos encontrar en un río se encuentran los manantiales. Estas zonas de descarga mantienen los niveles basales de agua en los ríos, especialmente durante las temporadas de secas, cuando la precipitación no basta para generar flujos constantes en los ríos (Boulton *et al.*, 1998). Además de ello, las aguas subsuperficiales que emergen en manantiales generalmente tienen atributos específicos que en gran medida determinan características fisicoquímicas de las corrientes superficiales (Boulton *et al.*, 2010). Generalmente, las zonas con manantiales se reconocen con buena calidad de agua en comparación con otras zonas de ríos debido a que aquellos están menos sujetos a numerosos factores de daño antropogénico a nivel superficial. Por ello, generalmente podemos encontrar mejor calidad de agua y ambiente en zonas con manantiales (Hynes, 1983; Brunke y Gonser, 1997; Hynes, 1998; En Mugnai *et al.*, 2015; Boulton y Hancock, 2006; CGIAR, 2015).

La parte alta del Río Balsas en los estados de Morelos y Puebla drena una región relativamente rica en manantiales. Esto obedece a la parcialmente alta permeabilidad del suelo y la gran cantidad de precipitación que se da en el extremo norte de la cuenca, a altitudes mayores a 1800 m. Muchas de las corrientes que desembocan en el Río Amacuzac, que es parte de los afluentes que conforman al Balsas, se originan en manantiales que han sido utilizados por comunidades humanas para subsistencia afectando su calidad ambiental (Guerrero, 1991). Existen otros que, al estar inmersos en paisajes con relativamente menor grado de uso humano, conservan atributos que les brindan un carácter comparativamente prístino. El arroyo Agua Salada, en los márgenes de los estados de Morelos y Guerrero, es un sistema de los pocos manantiales en Morelos que se encuentran en condiciones naturales por la poca manipulación que ha tenido y donde podemos estudiar comunidades biológicas con baja afectación antropogénica. Sin embargo, al estar en un estado donde el mayor atractivo turístico está enfocado en la creación de balnearios recreativos, presenta riesgos de ser usado sin las regulaciones pertinentes o de sufrir extracción irracional de agua. Es por ello que generar estudios base que permitan conocer diferentes atributos biológicos de esos sistemas cuando aún no están siendo afectados es importante. Estos datos pueden servir como información base que permita comprender la diversidad biológica que albergan y su funcionamiento.

En ese contexto, en este trabajo se estudian las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del arroyo Agua Salada perteneciente en parte a la reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH). A través de colectas a lo largo de un año, se generan datos para conocer la estructura espacio temporal de las comunidades y generar información que pueda ser utilizada en futuros esfuerzos de conservación de esta área.

Antecedentes.

Macroinvertebrados y Grupos Funcionales

Como macroinvertebrado acuático se considera a todo invertebrado que se encuentre generalmente en la zona bentónica, columna de agua y superficie de ríos y lagos presentando un tamaño superior a 500 μm . El grupo incluye a insectos, moluscos y crustáceos, entre otros. Los organismos en este grupo presentan una variedad de adaptaciones morfológicas que los ayudan a aprovechar los recursos del ambiente que habitan (Alonso y Camargo, 2005; Fernández, 2012). Por ello, podemos encontrar distintos hábitos de vida y grupos funcionales (Barbour *et al.*, 1999; Pérez-Munguía *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010; Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014a).

En los macroinvertebrados, pero de manera particular dentro de los insectos existen seis grupos funcionales de alimentación. Los *raspadores* tienen adaptaciones morfo-conductuales para el pastoreo, pudiéndose alimentar de perifiton; son importantes debido al efecto que pueden causar en los productores primarios. Los *perforadores* se alimentan de plantas vasculares, cortando y perforando el tejido, al igual que células de algas en caso de ciertos miembros de la familia Hydroptilidae, pueden tener efectos importantes sobre las comunidades de algas (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014b). Los *fragmentadores*, al triturar cortar o masticar las hojas o maderas, ayudan a la descomposición de partículas grandes de materia vegetal haciendo que sea más fácil la integración de este material orgánico al ecosistema. Los *recolectores* presentan modificaciones en su aparato bucal para tamizar o recoger partículas finas contribuyendo en el ciclo de nutrientes del río. Los *filtradores* atrapan partículas alimenticias de materia orgánica y otros organismos de talla pequeña directamente de la columna de agua. Por último, los *depredadores*, tienen adaptaciones para capturar y consumir presas vivas (Cummins y Klug, 1979; Wallace y Webster, 1996). Estos grupos funcionales son sumamente importantes para comprender el papel que juegan los macroinvertebrados en procesos ecosistémicos (Merritt *et al.*, 2008).

En cuanto a sus hábitos de vida, los macroinvertebrados poseen diversos mecanismos para mantenerse en posición o moverse en el medio acuático (Hanson *et al.*, 2010). Estos mecanismos se han utilizado para diferenciar distintos grupos. Los macroinvertebrados que forman parte del *neuston* son los que habitan sobre la parte

aérea pegada a la película del agua (como colémbolos e incluso algunos arácnidos). Los pertenecientes al *plancton* (zooplancton) en arroyos viven en la columna del agua y son principalmente crustáceos como cladóceros y copépodos (Hanson *et al.*, 2010). Los *patinadores*, como algunos hemípteros (Gerridae y Veliidae), habitan sobre la película del agua. Los *buceadores* son organismos que obtienen el oxígeno por fuera del agua y bucean para alimentarse (p.e., algunos escarabajos adultos como Dytiscidae). Los *nadadores* son organismos que pueden trasladarse con movimientos similares a los de un pez (p.e., algunos efemerópteros como Baetidae e Isonychiidae). Los *agarradores* son macroinvertebrados que presentan adaptaciones para sujetarse al sustrato en zonas de corrientes fuertes; estas adaptaciones pueden incluir ventosas, uñas largas, ganchos y seda (p.e., Simuliidae, Psephenidae y Elmidae). Los *reptadores* son organismos que se arrastran sobre el sustrato (p.e., Libellulidae). Los *trepadores* se caracterizan por habitar en las partes sumergidas de muchas plantas ascendiendo a lo largo de ellas (p.e., Belostomatidae). Finalmente, los *excavadores* son macroinvertebrados que usualmente se entierran en los sedimentos blandos (p.e., Gomphidae) (Barbour *et al.*, 1999; Merrit *et al.*, 2008; Hanson *et al.*, 2010).

Maneras de estudiar la comunidad de macroinvertebrados.

Para poder describir la estructura de las comunidades se han utilizado distintos métodos de análisis de información. Muchos de ellos reúnen la información taxonómica y de abundancia relativa de los taxa que permiten comprender dinámicas espaciales y temporales en atributos a nivel comunitario. Entre los diversos índices que permiten comprender atributos comunitarios se encuentra el índice de Simpson (1949), el cual resalta el grado de dominancia de una especie en la comunidad, calculando la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra serán de la misma especie. También se presentan los índices de Margalef (1951) y Menhinick (1964), en los que se transforma el número de especies por muestra de manera que las especies son añadidas por expansión de la muestra; ambos se basan en la relación funcional que existe entre el número especies y el total de individuos observados. El índice de Shannon-Weaver (1963) se basa principalmente en el concepto de equidad, y mide el grado promedio de incertidumbre y predice qué especie será del individuo escogido al azar de la muestra (Moreno, 2001). Índices de similitud como el coeficiente de similitud de Jaccard se utilizan para expresar el grado de similitud que existe entre dos muestras por sus especies,

utilizando datos sobre la presencia y ausencia de especies de dos o más comunidades (Pielou, 1975; Magurran, 1988). Finalmente, el índice de Morisita-Horn mide la similitud entre comunidades con respecto a la abundancia de los organismos en cada taxa, dando énfasis en lo importante de la abundancia en la estructura de las mismas (Magurran, 1988).

Se han desarrollado índices de calidad ambiental utilizando a los macroinvertebrados (Barbour *et al.*, 1999; Giacometti y Bersosa, 2006) y numerosos estudios se han generado donde, además de presentarse datos sobre la distribución y composición del grupo, se da seguimiento a la calidad ambiental de ríos y lagos (p. e. De la Lanza Espino *et al.*, 2000; Hurtado *et al.*, 2005; Walteros-Rodríguez y Paiba-Alzate, 2010; Bilbao *et al.*, 2013). Para ello se utilizan algunas de las medidas de diversidad anteriormente mencionadas e índices como el Índice Biótico de Familias (IBF) (Hilsenhoff, 1988). Este índice es una modificación realizada del Índice Biótico (IB) (Hilsenhoff, 1987) donde sólo se necesita la identificación a nivel de familia. Esto ayuda a una determinación de la calidad del agua más rápida. Otro índice comúnmente utilizado es el índice de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) propuesto por Lenat (1988).

Macroinvertebrados en Latinoamérica y México.

En las siguientes líneas se presentan algunos de los estudios que han servido como marco de referencia para este trabajo. No se presenta un listado exhaustivo de la literatura, pero sí algunas referencias a trabajos que se han generado para México.

En Latinoamérica existen distintos estudios que utilizan a las comunidades de macroinvertebrados para describir la calidad del agua, así como ciertos procesos ecológicos como; herbívora, deriva, resiliencia, cadenas tróficas entre otras. (Fernández *et al.*, 2002; Salas, 2003; Figueroa *et al.*, 2003; Cadena, 2005; Pérez y Pineda, 2005; Giacometti y Bersosa, 2006; Valverde *et al.*, 2009; Guevara, 2011; Echevarría y Marrero, 2012; Reyes-Morales y Springer, 2014; Gutiérrez-Fonseca y Ramírez, 2016).

Por otro lado, se han diseñado guías para la colecta e identificación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua, lo que facilita la transición de conocimiento a otras áreas de la sociedad (Mafla, 2005; Gutiérrez-Fonseca *et al.*, 2016). En México se utilizaron macroinvertebrados acuáticos por primera vez en 1975 con el trabajo de Bueno y López (1975), quienes trabajaron con calidad de agua en arroyos

del Estado de México, pero es hasta el 2000 cuando empiezan a ser más utilizados en el país (De la Lanza Espino *et al.*, 2000; Mathuriau *et al.*, 2012).

En la Huasteca Mexicana Pérez *et al.* (2004) realizó un estudio en manantiales cársticos, encontrando que las asociaciones de macroinvertebrados están dominadas por depredadores, colectores, desgarradores y raspadores. También se realizaron estudios de manantiales en Querétaro y Guerrero utilizando la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (Hurtado *et al.*, 2005; Ramírez-Villalobos *et al.*, 2015). Estos manantiales por su bajo nivel de perturbación, sirvieron para dar información sobre las condiciones presentes en ambientes en condiciones naturales (Hurtado *et al.*, 2005; Ramírez-Villalobos *et al.*, 2015).

En Morelos, se han realizado diversos estudios utilizando las comunidades de macroinvertebrados para describir la calidad de agua y atributos a nivel comunidad en distintos ríos del estado como en el río Amacuzac, Cuautla, Apatlaco entre otras (Vázquez-Silva *et al.*, 2005; Sandoval-Manrique *et al.*, 2012; Flores, 2013; Moreno, 2014; Bobadilla 2015; Ochoa, 2015). Para el arroyo Agua Salada se han realizado dos estudios utilizando macroinvertebrados (Alcocer, 2016; Gómez, 2018). Algunos de los estudios realizados en el río Amacuzac han identificado que este sistema presenta cierto deterioro ambiental por distintas causas antropogénicas como lo son las descargas de aguas residuales de origen urbano, industrial y agrícola, además de que el sistema recibe aguas de tributarios que presentan mala calidad de agua como el río Yautepec, Cuautla Apatlaco (García, 1985; Soares y Romero, 2008; Eufracio-Torres *et al.*, 2016).

Contrario a lo que sucede en los ríos, existen pocos estudios de manantiales y sus comunidades de macroinvertebrados en Morelos. Esto pese a que el estado es rico en manantiales al encontrarse en la zona alta de la cuenca del Balsas, donde el suelo volcánico ocasiona suelos altamente permeables. Es por ello que se necesitan más trabajos relacionados con la identificación de los grupos de macroinvertebrados presentes, así como de otros con enfoques ecológicos y de biomonitorio. Estos ayudarán a llenar los vacíos de información y así poder tener un mejor manejo en la conservación del recurso hídrico (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014a).

Justificación:

Ante las graves alteraciones que ha sufrido la cuenca del Balsas, y de manera general la subcuenca del Amacuzac, es necesario estudiar la ecología en sitios que a lo largo de la cuenca aun cuenten con un buen estado de conservación. El estudio de las comunidades biológicas en estos lugares permitirá incrementar la información necesaria para su conservación, brindará elementos que permitan dar seguimiento a esfuerzos de restauración y conservación. Por ello, en este trabajo se estudian aspectos temporales y espaciales de las comunidades de macroinvertebrados y cómo éstas cambian como producto de factores ambientales en el arroyo Agua Salada. Al ser un ecosistema poco alterado, puede servir también como punto de referencia para futuras investigaciones en el mismo lugar y en otros arroyos con características semejantes dentro de la cuenca.

Hipótesis:

La estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados en un arroyo fuertemente dependiente del aporte de manantiales tendrá cambios asociados a factores ambientales relacionados con los tipos de hábitat presentes, las condiciones fisicoquímicas cambiantes en un gradiente de distancia de las fuentes de agua, y la estacionalidad.

Objetivo:

Describir cambios en la estructura y composición taxonómica y funcional de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del tiempo y entre sitios del arroyo Agua Salada, Morelos México.

Objetivos Particulares:

- Registrar las condiciones físico-químicas existentes en 5 tramos del arroyo Agua Salada y compararlas entre fechas de colecta, entre temporadas (lluvias y secas) y entre tramos de estudio.
- Comparar la composición y estructura taxonómica y funcional de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos entre fechas de colecta, entre temporadas (lluvias y secas), entre hábitats de muestreo (rápidos y corridas) y entre tramos en el arroyo Agua Salada.
- Identificar las variables ambientales más importantes para explicar las diferencias espacio temporales en las comunidades.

Metodología.

Área de estudio.

La República Mexicana está conformada por 37 regiones hidrológicas que se agrupan en 13 regiones hidrológico administrativas (Comisión Nacional del Agua, 2010). Morelos pertenece a la región hidrológica no. 18 y a la región hidrológica administrativa IV del Balsas (Meade, 2010), en el cual se encuentra el río Amacuzac. Esta subcuenca (RH18Fa) presenta un área de drenaje de 136.98 km² y abarca parte de los municipios de Atenango del Río, Buenavista de Cuellar y Huitzucó en el estado de Guerrero y en el estado de Morelos, Puente de Ixtla y Tlaquiltenango, formando parte, en pequeña proporción de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (REBIOSH). La vegetación predominante es selva baja caducifolia. Presenta un clima seco estacional Awo''(w)(i)'g cálido subhúmedo (lluvias en verano), presenta desarrollo Kárstico con dolinas, cuevas, pozos y manantiales. Dentro de la cuenca hay 19 poblados, sumando un total de 610 habitantes. Uno de los tributarios de este último es la microcuenca Coaxitlán en el que se encuentra el arroyo Agua Salada, en el límite entre los estados de Morelos y Guerrero (N 18°27'48.62'', O 99° 9'30.91'') a aproximadamente 808 msnm. Este arroyo es irrigado por más de 14 manantiales siendo esta su principal contribución hídrica, sobre todo en temporada de secas (Alcocer, 2016; Reyes, 2016; Gómez, 2018).

Dentro del sistema y para los fines de este trabajo, se definió un área de estudio que presenta una longitud de 3.3 km y corresponde a la zona perene del arroyo Agua Salada (figura 1). La temperatura y precipitación pluvial media anual aproximadas para la zona de estudio es de 24°C y 910 mm, con un clima cálido subhúmedo (datos tomados para el municipio de Tlaquiltenango, Morelos) (Reyes, 2016). La época de secas o estiaje es de noviembre a mayo y la estación de lluvias es de junio a octubre. La composición del suelo en su mayoría es Feozem calcáreo y Regosol calcáreo rodeado por suelo tipo Rendzina (Reyes, 2016). Presenta un caudal de alrededor de 700 a 800 l/s en temporada de estiaje mientras que en lluvias puede alcanzar los 2,700 l/s de caudal (Reyes, 2016).

Sitio de estudio.

Dentro de la zona de estudio definida anteriormente se seleccionaron 5 tramos a lo largo del arroyo. Estos tramos fueron seleccionados por presentar una combinación de tipos de hábitat (rápidos y corridas) (figura 1) y estar dispuestos a distancias diferenciales río abajo de una zona de manantiales.

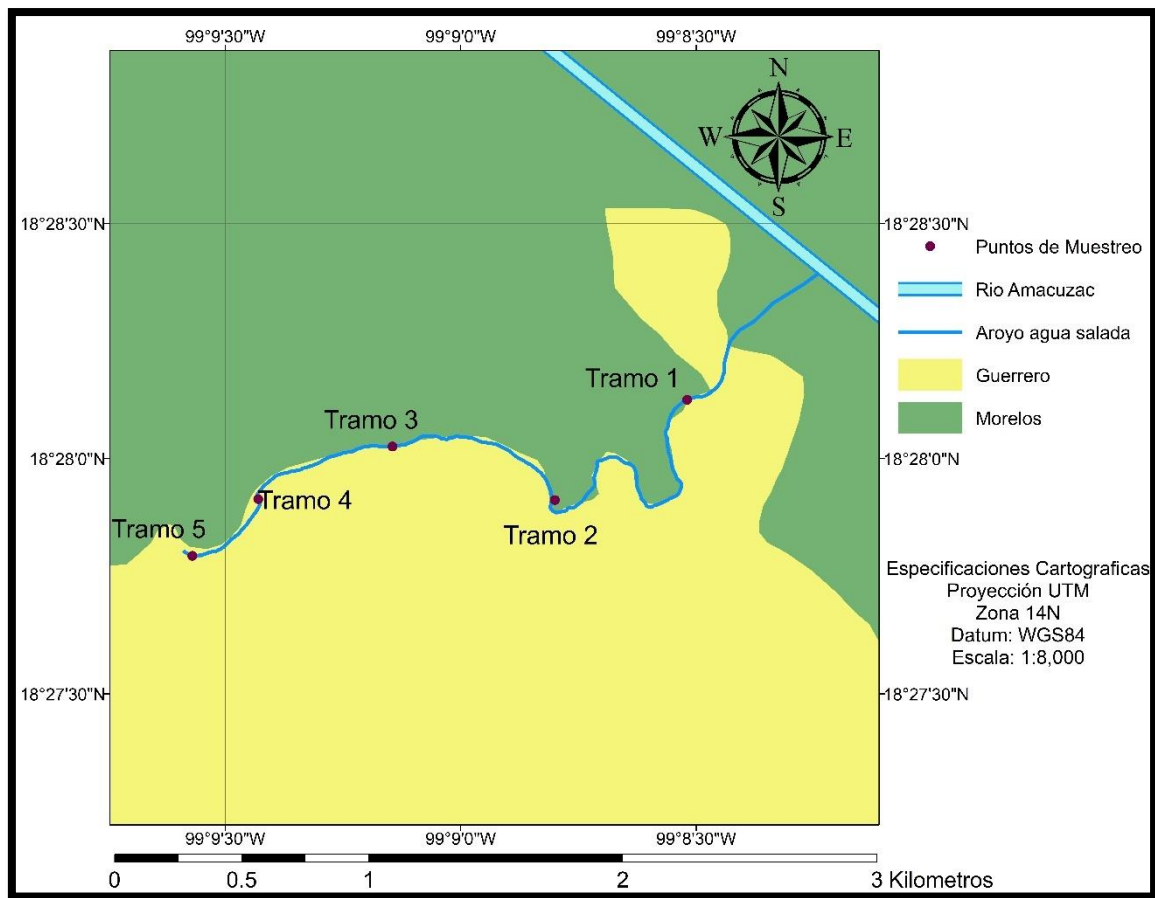


Figura 1. Mapa de Arroyo Agua Salada, Guerrero y Morelos, México. Se muestran los tramos donde se realizaron las colectas de macroinvertebrados acuáticos.

El tramo 1 se ubicó aproximadamente a 300 m de la desembocadura del arroyo Agua Salada al Río Amacuzac. El tramo muestra un fondo dominado por rocas y pequeñas cascadas. El tramo 2 se encuentra ubicado al final de una serie de campos de cultivo presentes en el sitio; así mismo muestra modificaciones a causa de su uso por ganado y el cruce ocasional de vehículos con materiales de construcción. El tramo 3 se encuentra en la zona donde en época de Semana Santa (temporada de secas) se utiliza recreacionalmente atrayendo turismo, el cual es aprovechado por los lugareños. En los últimos años se ha

modificado el cause en este tramo para hacer fosas que sirvan para nadar y la extracción de agua. El Tramo 4 está ubicado en una sección del arroyo que no ha presentado modificaciones importantes, por lo que presenta márgenes de vegetación riparia en buenas condiciones. El tramo 5 es uno de los sitios más conservados y donde se pueden observar varias salidas de agua de manantial que emana de la zona (figura 2).



Figura 2. Fotografías de los tramos estudiados del arroyo Agua Salada, Morelos – Guerrero, México. a) Tramo 1. b) Tramo 2. c) Tramo 3. d) Tramo 4. e) Tramo 5.



Figura 2. Fotografías de los tramos estudiados del arroyo Agua Salada, Morelos – Guerrero, México. a) Tramo 1. b) Tramo 2. c) Tramo 3. d) Tramo 4. e) Tramo 5.

La toma de datos se realizó en cuatro eventos de muestreo en dos temporadas; dos en época de lluvias (septiembre 2016 y noviembre 2017) y dos en época de secas (marzo 2017 y mayo 2017). En cada uno de los tramos se llevó a cabo el levantamiento de datos fisicoquímicos, velocidad, profundidad y comunidades de macroinvertebrados. Para la toma de datos físico-químicos (temperatura [°C], pH, oxígeno disuelto [mg/l], salinidad [PSU], conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}^2$], sólidos disueltos totales [ppm] y presión atmosférica [atm]), se utilizó un instrumento de medición multiparamétrico Hanna 9829®. Los datos fisicoquímicos y de hábitat se tomaron antes de la colecta de invertebrados, una vez en cada tramo, por cada salida de colecta. Para obtener los atributos del hábitat, en particular profundidad (cm) y velocidad (m/s), se utilizó un flujómetro (FP111, Global Water Instruments). Con el equipo se tomaron 3 mediciones repetidas en sitios de corridas y rápidos de cada tramo.

Para las colectas de macroinvertebrados se utilizó una red tipo “D” siguiendo la metodología de Ramírez (2010). En cada uno de los puntos de muestreo la red fue puesta

a contra corriente moviendo el sustrato con los pies y en ocasiones con mano durante 30 segundos. Estos movimientos de pie o mano dislocan a los organismos que son atrapados por la red (Ramírez, 2010). En cada tramo se seleccionaron seis puntos de muestreo ubicados cada uno en diferentes tipos de hábitat (generalmente tres en corridas y tres en rápidos).

Todo el material biológico recolectado fue fijado en frascos con alcohol al 70% previamente etiquetado, para su posterior análisis en laboratorio (Ramírez, 2010). Se prosiguió así para las 4 temporadas de colecta. Desafortunadamente y debido a problemas logísticos, algunas de las muestras de mayo de 2017 se perdieron y no fueron analizadas. Estas correspondieron a una del tramo 1, tres del tramo 2, todas las del tramo 3, cuatro del tramo 4 y tres del tramo 5 (ver tabla 1). Así, el número total de muestras analizadas fue de 103. De manera similar y en cuanto al parámetro fisicoquímico oxígeno disuelto, no se muestra en los datos de noviembre debido a fallas en la sonda que media tal parámetro.

Tabla 1. Total, de muestras de macroinvertebrados del arroyo Agua Salada analizadas. Se incluye el tramo del cual provinieron, y el tipo de hábitat general del que se tomó la muestra

MES DE COLECTA	TRAMO	RÁPIDOS	CORRIDAS
sep-16	1	3	3
	2	3	3
	3	3	3
	4	3	3
	5	3	3
mar-17	1	3	3
	2	3	3
	3	3	3
	4	3	3
	5	3	3
may-17	1	3	2
	2	1	2
	3	0	0
	4	2	0
	5	3	0
nov-17	1	3	3
	2	3	3
	3	3	3
	4	3	3
	5	3	3

Las muestras de macroinvertebrados ya fijados se transportaron al laboratorio donde se procedió a su limpieza y análisis, bajo microscopio estereoscópico. Cada

organismo colectado fue identificado a nivel de familia. La identificación se llevó a cabo con la ayuda de los criterios de Merrit *et al.*, (2008) y Thorp y Covich, (2001). Los ejemplares fueron agrupados en familias para almacenarse en viales con alcohol al 70%. Para el caso de algunos ejemplares en perfectas condiciones anatómicas, se obtuvieron identificaciones a nivel de género bajo los criterios de Merrit *et al.*, (2008).

Para el análisis de los datos se procedió primero a una comparación de valores de cada una de las variables fisicoquímicas con ayuda de un análisis ANOVA seguido de una prueba Post-hot Tukey (JASP 0.9.0.1), solo en casos con $P < 0.05$ de significancia. Las comparaciones se realizaron para cada variable entre fechas de colecta (sep-16, mar-17, may-17 y nov-17), entre temporadas (lluvias y secas) y entre tramos (tramo 1, tramo 2, tramo 3, tramo 4 y tramo 5). Posteriormente se realizó una correlación con ayuda del programa STATISTICA7, para determinar las variables fisicoquímicas que están más relacionadas entre sí.

La velocidad del agua se analizó realizando comparaciones (ANOVA) entre temporadas de colecta (lluvias y secas), entre fecha de colecta (sep-16, mar-17, may-17 y nov-17), entre tramos (tramo 1, tramo 2, tramo 3, tramo 4 y tramo 5), y entre tipo de hábitat (corridas y rápidos).

Para el análisis de la información de las comunidades de macroinvertebrados se calcularon diversos índices de comunidad y se compararon de manera espacial y temporal. Primero se calculó la riqueza de especies total, para cada punto y cada tramo, en conjunto. Después se calculó la abundancia total de organismos (número total de organismos capturados independientemente de su identidad). La abundancia total y la riqueza se compararon entre temporadas de colecta (lluvias y secas), entre fechas de colecta (sep-16, mar-17, may-17 y nov-17), entre tramos (tramo 1, tramo 2, tramo 3, tramo 4 y tramo 5), y entre tipos de hábitat (corridas y rápidos). Para hacer estas comparaciones se utilizaron pruebas de ANOVA. Posteriormente se realizó un Cluster de similitud de Jaccard para observar similitudes en las comunidades entre fechas de colecta, tramos y tipo de hábitat.

Para analizar la relación entre las variables ambientales y fisicoquímicas con la estructura de las comunidades se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés). Este análisis se llevó a cabo con la finalidad de poder observar que parámetros están más asociados a los macroinvertebrados. Los análisis arriba detallados

se llevaron a cabo utilizando JASP 0.9.0.1 para los ANOVA y pruebas Post-hot Tukey y STATISTICA7 para los análisis de correlación, Cluster de similitud de Jaccard y análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés).

A partir de la identidad de los organismos colectados, se identificaron los grupos funcionales y hábitos de vida de cada organismo bajo los criterios de Merrit *et al.*, (2008). Se estimaron las proporciones de cada grupo funcional y hábito de vida de toda la muestra, así como también por temporada (lluvia y secas). Se realizaron comparaciones en las proporciones de cada uno de los gremios encontrados mediante ANOVA (JASP 0.9.0.1) entre temporadas de colecta (lluvias y secas), entre fechas de colecta (sep-16, mar-17, may-17 y nov-17), entre tramos (tramo 1, tramo 2, tramo 3, tramo 4 y tramo 5), y entre tipos de hábitat (corridas y rápidos).

Resultados.

Parámetros fisicoquímicos.

Considerando un análisis comparativo entre los diferentes tramos, no se encontraron diferencias para ningún parámetro fisicoquímico ($F = <1.03$, $p > 0.05$, para todos los parámetros). Sin embargo, sí se identificaron diferencias importantes al considerar las fechas de muestreo y las temporadas de muestreo. Los valores de oxígeno disuelto fueron mayores en secas que en lluvias ($F = 8.270$, $p = 0.010$) (figura 3). La concentración de oxígeno fue menor en noviembre respecto al resto de los meses de colecta ($F = 16.67$, $p < 0.001$) (marzo Tukey $t = 7.093$, $pt < 0.001$) (mayo Tukey $t = 5.513$, $pt < 0.001$) (septiembre Tukey $t = -5.735$, $pt < 0.001$). No hubo diferencias entre septiembre, marzo y mayo (figura 3).

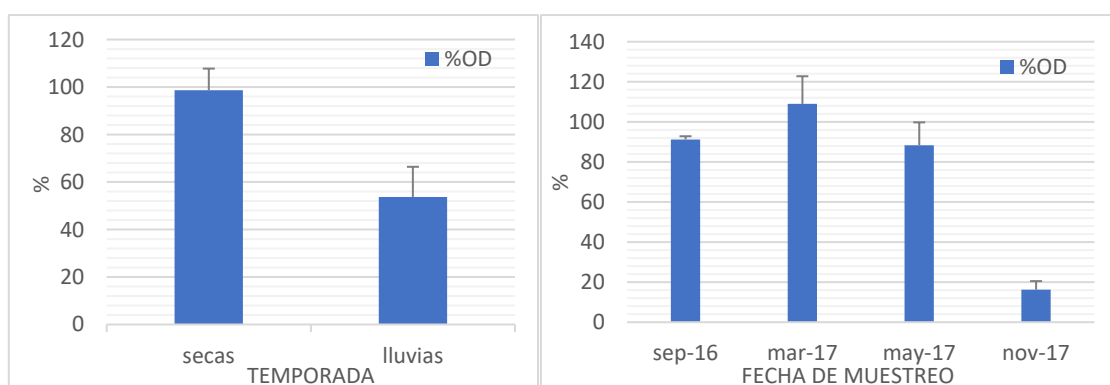


Figura 3. Promedio del porcentaje de Oxígeno Disuelto (%OD) en temporada (lluvias y secas) y fecha de muestreo (septiembre 2016 marzo 2017 mayo 2017 noviembre 2017).

El pH no presentó diferencias significativas entre temporadas ($F = 1.055$ y $p = 0.323$) fechas de colecta ($F = 2.334$, $p = 0.139$) ó tramos ($F = 0.798$ y $p = 0.553$).

El total de sólidos disueltos mostró diferencias entre temporadas, con la mayor concentración en secas que en lluvias ($F = 9.139$, $p = 0.007$). Las muestras tomadas en marzo presentaron la mayor concentración total de sólidos disueltos ($F = 202.1$, $p < 0.001$) y la de septiembre presentó menor concentración que la obtenida en marzo (Tukey $t = 24.284$, $pt < 0.001$) mayo (Tukey $t = 9.180$, $pt < 0.001$) y noviembre (Tukey $t = -12.989$, $pt < 0.001$) (figura 4).

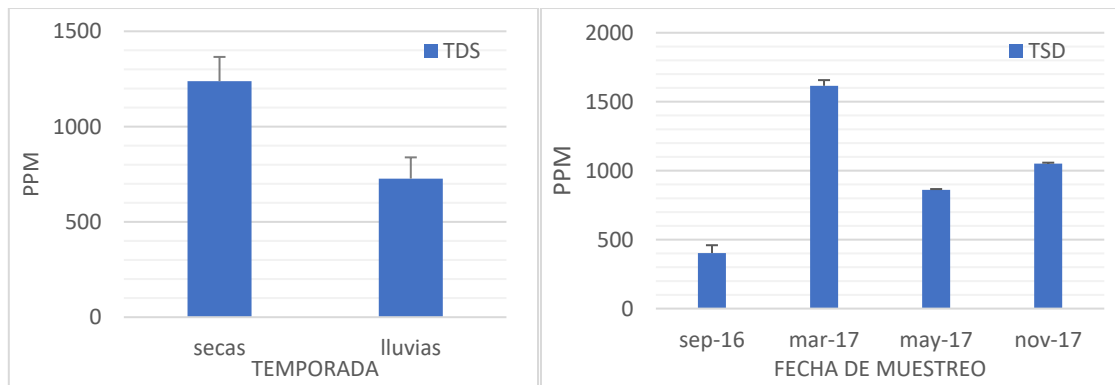


Figura 4. Promedio del Total de Solidos Disueltos (TDS) en temporada (lluvias y secas) y fecha de muestreo (septiembre 2016 marzo 2017 mayo 2017 noviembre 2017). ppm=partes por millón.

La conductividad fue mayor en temporada de secas que en temporada de lluvias ($F = 9.433$, $p = 0.007$). Marzo fue el mes con mayores valores de conductividad ($F = 314.2$, $p < 0.001$) respecto a septiembre (Tukey $t = 30.255$, $pt < 0.001$), mayo (Tukey $t = 19.164$, $pt < 0.001$) y noviembre (Tukey $t = 14.583$, $pt < 0.001$) (figura 5).

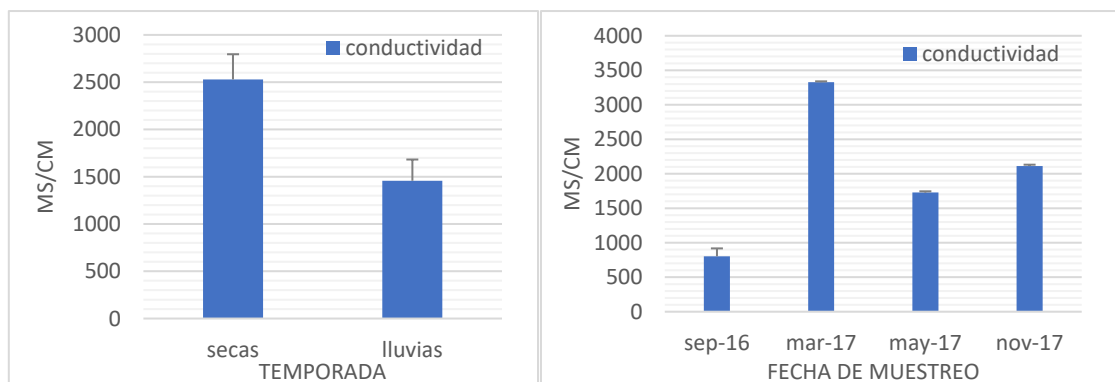


Figura 5. Promedio de conductividad en temporada (lluvias y secas) y fecha de muestreo (septiembre 2016 marzo 2017 mayo 2017 noviembre 2017). $\mu S/cm$ =microSiemens/cm.

La salinidad presentó el mismo comportamiento que la conductividad; la temporada de secas arrojó mayores valores que la de lluvias ($F = 9.163$, $p = 0.007$). Marzo fue el mes cuyas muestras mostraron mayor concentración de salinidad ($F = 227.4$, $p < 0.001$); la mayor diferencia se encontró entre septiembre y marzo (Tukey $t = 25.727$, $pt < .001$) (figura 6).

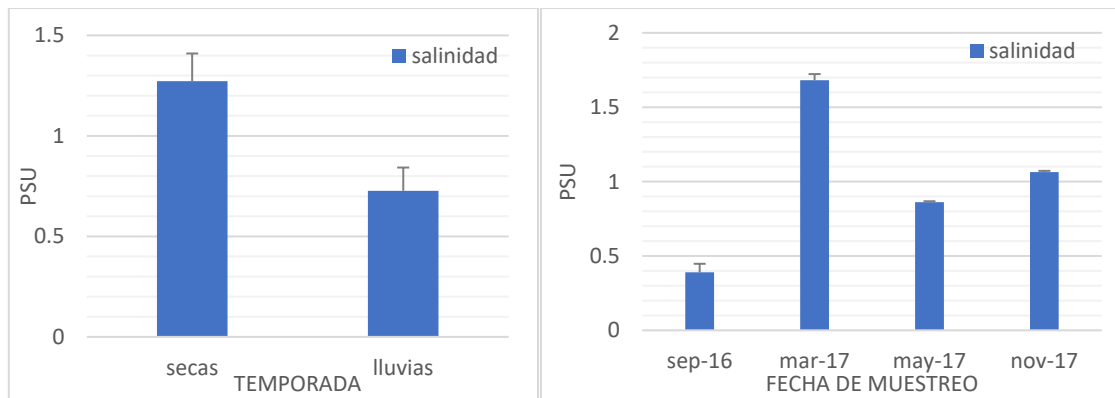


Figura 6. Promedio de salinidad por temporada (lluvias y secas) y fecha de muestreo (septiembre 2016 marzo 2017 mayo 2017 noviembre 2017). PSU=unidades prácticas de salinidad

La temperatura del agua fue mayor en temporada de secas que en lluvias ($F = 10.72$, $p = 0.004$). Septiembre fue el mes con temperatura más baja en relación a los otros meses ($F = 9.473$, $p < 0.001$). Las muestras de mayo, marzo y noviembre fueron similares (figura 7), pero la de temperatura en mayo fue significativamente más elevada con respecto a septiembre (Tukey $t = 4.965$, $pt < 0.001$) (figura 7).

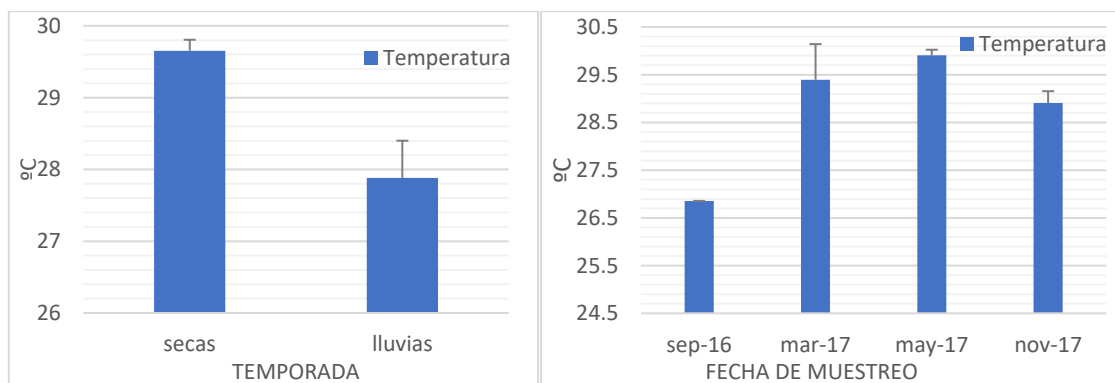


Figura 7. Promedio de temperatura por temporada (lluvias y secas) y fecha de muestreo (septiembre 2016 marzo 2017 mayo 2017 noviembre 2017). °C=grados centígrados.

Correlación de parámetros fisicoquímicos.

Con base en una comparación utilizando todas las muestras tomadas, la conductividad tuvo una correlación negativa con pH de 91% y con el total de sólidos disueltos de 88%, mientras que el oxígeno disuelto y la conductividad tuvieron una correlación positiva de 77% y 98% respectivamente con el total de sólidos disueltos mientras que para pH fue negativa del 88% (tabla 2). En el siguiente cuadro se presenta la correlación que presenta cada parámetro físico-químico.

Tabla 2. Correlación de parámetros físico-químicos obtenidos en cinco tramos del arroyo Agua Salada, Morelos, Guerrero, México. Los valores en rojo representan las correlaciones más altas. %OD = porcentaje de oxígeno disuelto. $\mu\text{S}/\text{cm}$ = conductividad. ppm TSD = total de sólidos disueltos medidos en partes por millón. $^{\circ}\text{C}$ = temperatura en grados centígrados y ATM = presión atmosférica.

VARIABLE	pH	%OD	$\mu\text{S}/\text{cm}$	ppm TDS	tem. $^{\circ}\text{C}$	ATM
pH	1.00	-0.58	-0.91	-0.88	0.30	0.37
%OD	-0.58	1.00	0.71	0.77	-0.12	0.01
$\mu\text{S}/\text{cm}$	-0.91	0.71	1.00	0.98	-0.57	-0.25
ppm TDS	-0.88	0.77	0.98	1.00	-0.55	-0.19
tem. $^{\circ}\text{C}$	0.30	-0.12	-0.57	-0.55	1.00	-0.04
ATM	0.37	0.01	-0.25	-0.19	-0.04	1.00

Velocidad.

La velocidad del agua no mostró diferencia significativa ($F = 1.983$, $p = 0.097$) entre tramos. La mayor velocidad promedio en el arroyo se presentó en la temporada de lluvias con un promedio de 0.6469 m/s , contra 0.3499 m/s en promedio registrado en secas ($F = 20.18$, $p < 0.001$). Los sitios de trabajo catalogados como rápidos presentaron mayor velocidad promedio del agua (0.7357 m/s) que las corridas (0.2611 m/s) ($F = 57.2$, $p < 0.001$) (figura 8).

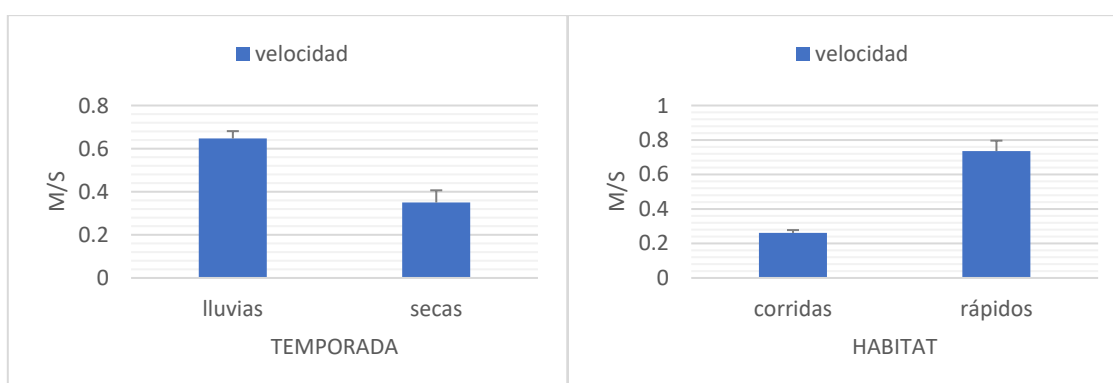


Figura 8. Velocidad del agua promedio (m/s) medida en temporadas (secas y lluvias) y en hábitats distintos (corridas y rápidos) en el arroyo Agua Salada, Morelos, Guerrero, México.

Comparando la velocidad entre temporadas de muestreo ($F = 8.358$, $p < 0.001$), se obtuvieron diferencias (Tukey $t = -4.662$, $pt < .001$) entre las muestras de mayo y septiembre, (Tukey $t = -3.587$, $pt 0.002$), las de marzo y septiembre, y las de mayo y noviembre (Tukey $t = -2.757$, $pt 0.031$). Las mayores velocidades se registraron en los

rápidos sobre todo en septiembre del 2016 (vel = 1.01 m/s) y noviembre del 2017 (vel = 0.84 m/s), las cuales corresponden a la época de lluvias (figura 9).

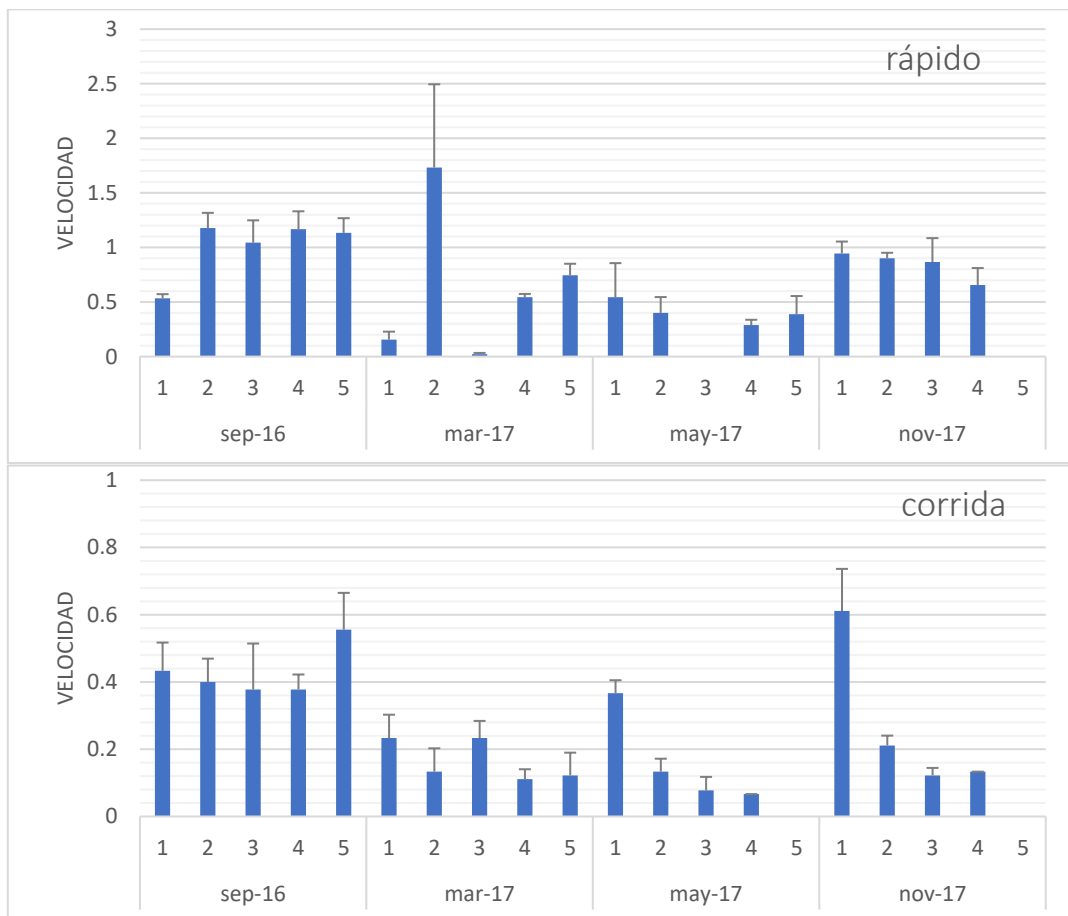


Figura 9. Velocidad del agua observada en cinco tramos del arroyo Agua Salada (Morelos, Guerrero, México) durante cuatro periodos de muestreo en el 2016 y 2017.

Macroinvertebrados.

Considerando todas las colectas realizadas, en total se colectaron e identificaron 12,644 organismos que se agruparon en 52 taxa (seis clases, 14 órdenes y 47 familias). La mayor riqueza de taxa ($n = 42$) se presentó en marzo 2017 y noviembre 2017 ($n = 42$); el mes con menor número de taxa fue septiembre 2016 ($n = 19$). Los taxa más sobresalientes, por el número de individuos fueron Leptohyphidae con 5629 individuos, Chironomidae con 1958 individuos y Elmidae con 1275 individuos (tabla 3).

Algunos de los géneros identificados fueron los siguientes: *Corydalus sp.* correspondiente a Megaloptera, *Camelobaetidius sp.*, *Leptophlebia sp.* e *Isonychia sp.* pertenecientes a Ephemeroptera, en Odonata; *Progomphus sp.* y *Cordulegaster sp.*, en

Coleoptera; *Lutrochus sp.* y *Leptonema sp.*, *Leucotrichia sp.*, *Smicridae sp.* y *Chimarra sp.*, de Tichoptera.

Tabla 3. Total de ejemplares encontrados en el Arroyo Agua Salada por mes de colecta durante todo el periodo de muestreo, en rojo se marca a las familias con mayor número de individuos.

Filo	Clase	Subclase	Orden	Familia	sep-16	mar-17	may-17	nov-17	Total de individuos
Ann	Clite	Oligo	Crassi	Lumbricidae				1	1
Moll	Gast		Sorbeo	Hydrobiidae		1			1
Arth	Inse		Coleo	Hydrosaphidae				1	1
Arth	Inse		Lepido	Pyralidae	1				1
Arth	Inse		Tricho	Helicopsychidae				1	1
Arth	Inse		Tricho	Odontoceridae				1	1
Arth	Inse		Tricho	Xiphocentronidae				1	1
Arth	Inse		Diptera	Ephydriidae		2			2
Arth	Inse		Tricho	Glossosomatidae		1	1		2
Arth	Inse		Tricho	Polycentropodidae		1		1	2
Moll	Gast		Basomo	Planorbidae	1			2	3
Arth	Inse		Coleo	Staphylinidae		1	2		3
Arth	Inse		Tricho	Calamoceratidae				3	3
Moll	Gast		Basomo	Lymnaeidae	1	1	1	1	4
Moll	Arach	Acari						4	4
Arth	Inse		Coleo	Lutrochidae			2	2	4
Arth	Inse		Hemi	Gerridae		4			4
Arth	Inse		Hemi	Veliidae		2	1	1	4
Arth	Chilo		Geophi			3		2	5
Arth	Malac		Amphi			5	1		6
Arth	Inse		Coleo	Hydrophilidae	2	4			6
Arth	Inse		Epheme	Isonychiidae			6		6
Arth	Inse		Tricho	Leptoceridae	1	4		2	7
Arth	Inse		Hemi	Naucoridae		3		5	8
Arth	Inse		Odon	Cordulegastridae		3		5	8
Arth	Ostra					12	6		18
Arth	Inse		Epheme	Hydroptilidae		18			18
Arth	Inse		Odon	Gomphidae		9	1	11	21

Filo	Clase	Subclase	Orden	Familia	sep-16	mar-17	may-17	nov-17	Total de individuos
Arth	Inse		Diptera	Stratiomyidae		13	10	2	25
Arth	Inse		Lepido	Crambidae		11	8	7	26
Arth	Inse		Diptera	Tabanidae		21	5	6	32
Arth	Inse		Tricho	Philopotamidae		2	18	13	33
Arth	Inse		Diptera	Empididae		29	1	5	35
Arth	Inse		Odon	Platystictidae		15	6	15	36
Arth	Inse		Diptera	Psychodidae		35		4	39
Arth	Inse		Odon	Libellulidae	3	22	19	5	49
Arth	Inse		Diptera	Tipulidae	1	33	6	15	55
Arth	Inse		Coleo	Psephenidae	1	28	9	20	58
Arth	Inse		Megalo	Corydalidae	14	17	11	32	74
Arth	Inse		Coleo	Hydraenidae		10		91	101
Arth	Inse		Epheme	Leptophlebiidae	92	47	3	13	155
Ann	Clite	Oligo			2	105	2	59	168
Arth	Inse		Odon	Coenagrionidae	1	133	27	13	174
Moll	Gast		Neota	Thiaridae	3	119	148	13	283
Arth	Inse		Diptera	Simuliidae	126	9	119	44	298
Arth	Inse		Tricho	Hydroptilidae		275	28	85	388
Arth	Inse		Epheme	Baetidae	60	195	68	87	410
Arth	Inse		Diptera	Ceratopogonidae		349	32	68	449
Arth	Inse		Tricho	Hydropsychidae	13	558	84	94	749
Arth	Inse		Coleo	Elmidae	23	593	227	432	1275
Arth	Inse		Diptera	Chironomidae	70	792	413	683	1958
Arth	Inse		Epheme	Leptohiphidae	78	3642	821	1088	5629
				Numero de TAXA	19	41	31	41	

Filo: Ann=Annelida, Moll=Mollusca, Arth=Arthropoda. Clase: Clite=Clitellata, Gast=Gastropoda, Arach=Arachnida, Chilo=Chilopoda, Malac=Malacostraca, Ostra=Ostracoda, Inse=Insecta. Sub-clase: Oligo=Oligocheata, Crassi=Crassiclitellata, Neota=Neotaenioglossa, Basomo=Basommatophora, Sorbeo=Sorbeoconcha, Gephi=Geophilomorpha, Amphi=Amphipoda, Coleo=Coleoptera, Epheme=Ephemeroptera, Hemi=Hemiptera, Lepido=Lepidoptera, Megalo=Megaloptera, Odon=Odonata, Tricho=Trichoptera.

La riqueza de taxa fue mayor en las muestras de secas que en las obtenidas en la temporada de lluvias ($F = 5.054$, $p = 0.031$). No se encontró diferencia significativa en la abundancia total de organismos entre las temporadas de muestreo ($F = 3.852$, $p = 0.058$) (figura 10), pero las colectas de la temporada de secas arrojaron una mayor abundancia que las de lluvias (figura 10).

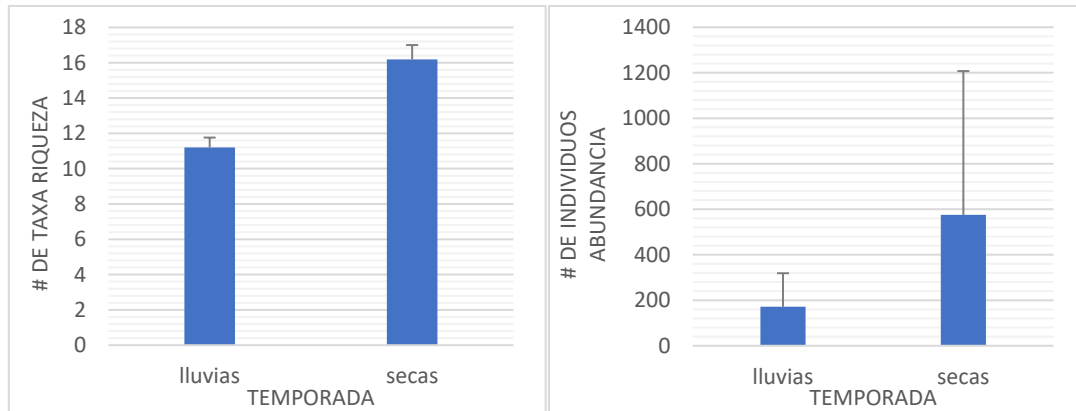


Figura 10. Promedios de riqueza de taxa y abundancia de individuos de macroinvertebrados colectados en el arroyo Agua Salada (Morelos, Guerrero, México), por temporada (lluvias y secas), correspondientes a los 4 periodos de muestreo.

Ambas, riqueza y abundancia fueron más bajas en las colectas de septiembre 2016 que en las de los demás meses de muestreo. No hubo diferencias significativas ($F = 1.997$, $p = 0.134$) en la abundancia de individuos macroinvertebrados entre meses de trabajo. La riqueza difirió entre meses de trabajo ($F = 7.010$, $p < 0.001$), presentándose mayor riqueza en los meses de marzo y noviembre 2017, y una menor riqueza en septiembre 2016 (Tukey $t = 4.333$, $pt < 0.001$) entre marzo y septiembre y (Tukey $t = 3.467$, $pt 0.008$) en noviembre y septiembre (figura 11).

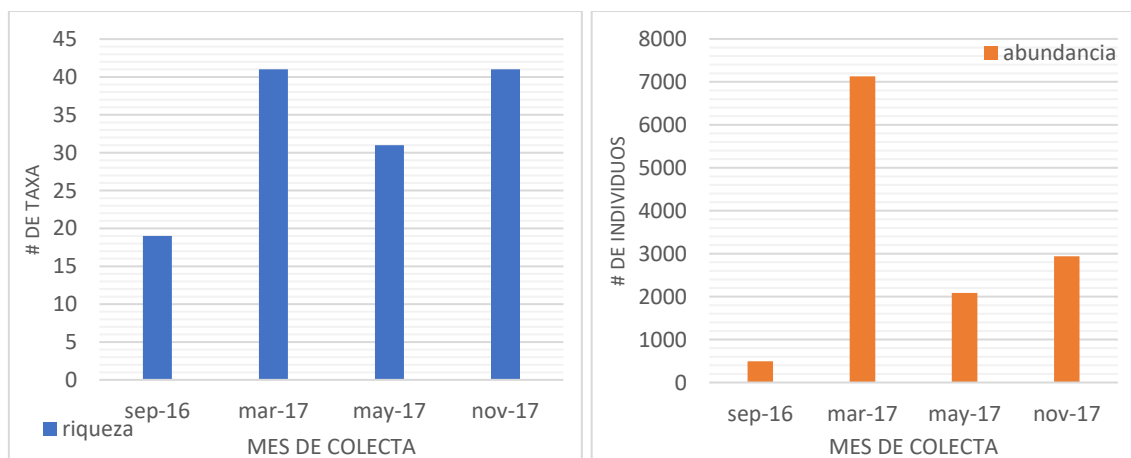


Figura 11. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados colectados en el arroyo Agua Salada (Morelos, Guerrero, México) por mes de colecta.

La riqueza de taxa fue mayor en rápidos (promedio = 16.42 taxa) que en corridas (promedio = 10.06 taxa) ($F = 9.177$, $p = 0.005$) (figura 12). Sin embargo, estas diferencias entre hábitats fueron más marcadas en marzo 2017 y noviembre 2017 que en los meses de mayo 2017 y septiembre 2016.

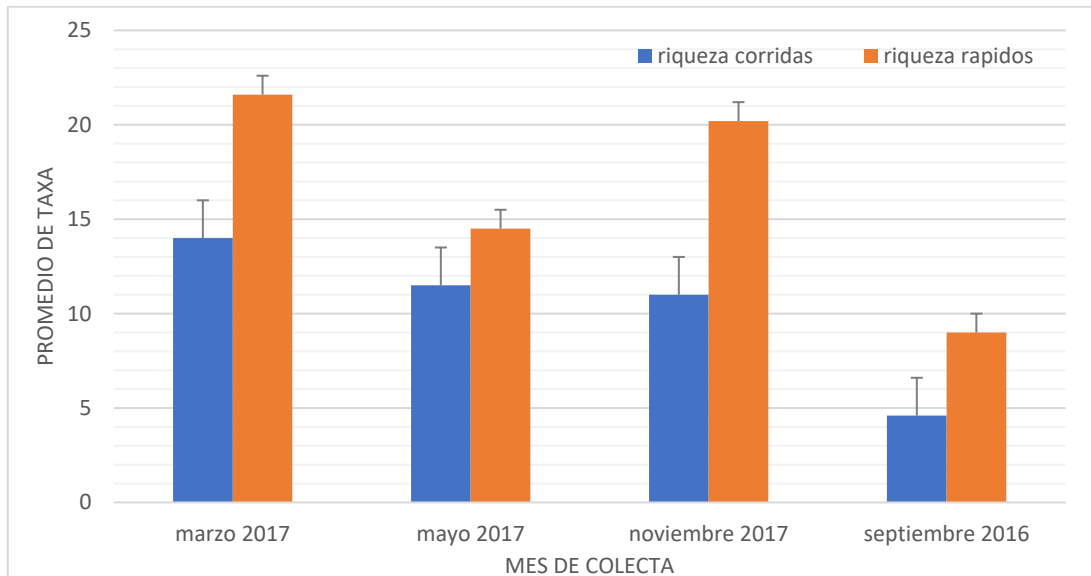


Figura 12. Promedio de Riqueza de macroinvertebrados colectados en el arroyo Agua Salada (Morelos, Guerrero, México) en dos tipos de habitat: Rápidos y Corridas por mes de colecta.

En cuanto a la abundancia entre rapidos y corridas, no se encontraron diferencias significativas ($F = 1.701$, $p = 0.201$). Solo marzo 2017 presentó una diferencia marcada entre habitats (figura 13).

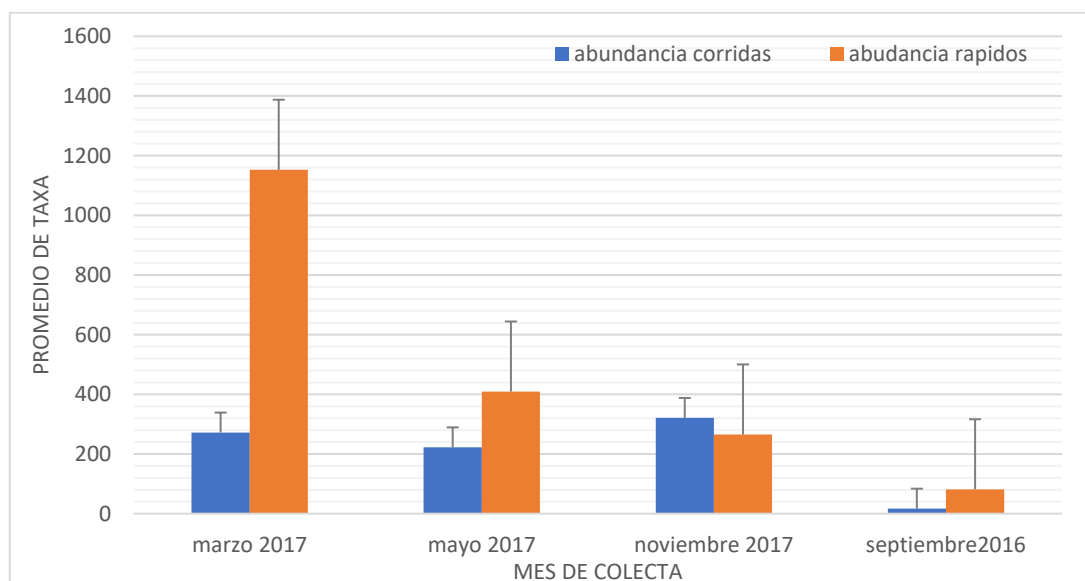


Figura 13. Promedio de abundancia de macroinvertebrados colectados en el arroyo Agua Salada (Morelos, Guerrero, México) de rápidos y corridas por mes de colecta.

No se encontraron diferencias significativas en riqueza ($F = 0.305$, $p = 0.873$) ni abundancia ($F=1.105$, $p = 0.372$) entre tramos para ninguna temporada ni mes de colecta.

La mayor similitud en conjunto para (Índice de Jaccard) las comunidades de macroinvertebrados se encontró entre las colectas de mayo y marzo (ambos pertenecientes a la temporada de secas) con 0.6744 (tabla 4). Sin embargo, septiembre y noviembre (correspondientes a la época de lluvias) presentaron baja similitud (0.3953) (tabla 4).

Tabla 4. Índice de Jaccard por mes de colecta. Los datos en rojo marcan la mayor similitud.

Índice de Jaccard por mes de colecta				
	sep-16	mar-17	may-17	nov-17
sep-16	1	0.395	0.428	0.395
mar-17	0.395	1	0.674	0.64
may-17	0.428	0.674	1	0.565
nov-17	0.395	0.64	0.565	1

En el siguiente Cluster de Jaccard podemos observar que se separan dos grupos principales donde septiembre es el mes de colecta que menos parecido tiene con los demás (figura 14).

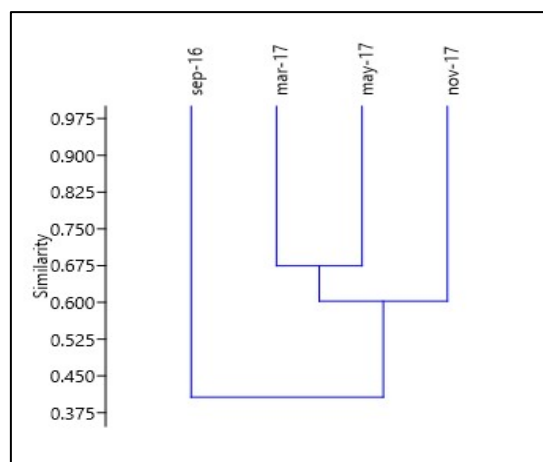


Figura 14. Cluster de similitud de Jaccard por mes de colecta.

Al agrupar los datos por tramos, y con base en su similitud, observamos 3 grupos, el primero y que se encuentra solo, es el tramo 2 del mes de mayo, le siguen los tramos 4, 2, 5, 3, 1 de septiembre y por último se agrupan marzo, mayo y noviembre (figura 15).

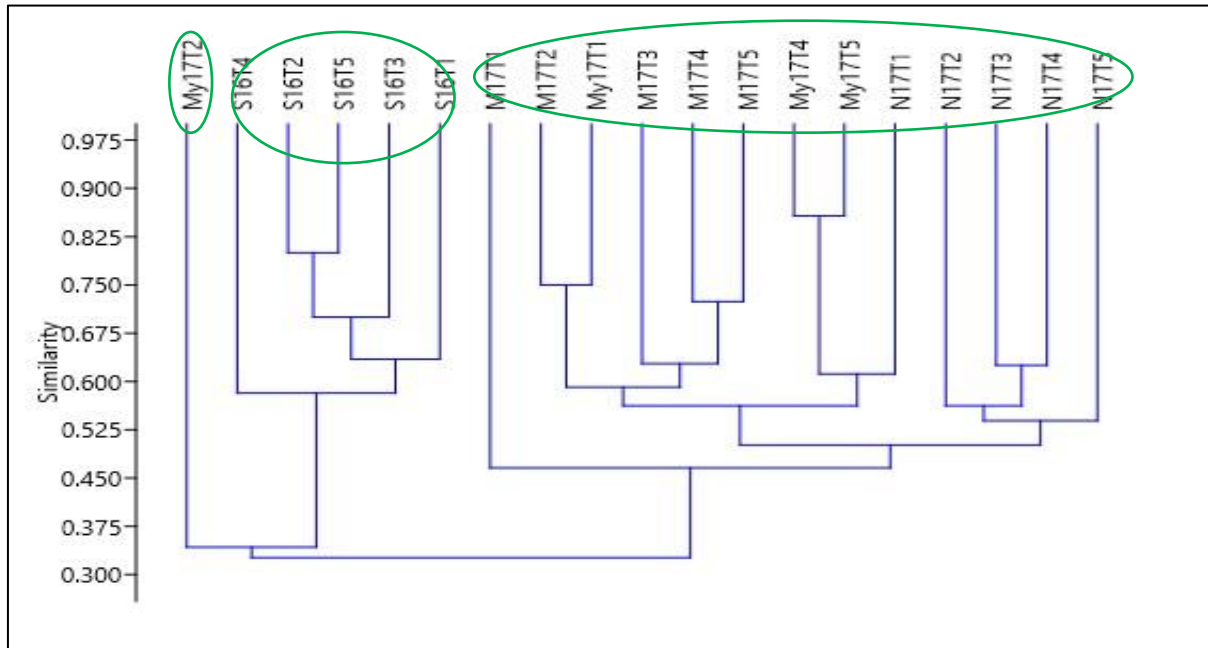


Figura 15. Cluster de similitud de Jaccard por tramo y mes de colecta. S16T1=septiembre 2016 tramo 1, S16T2=septiembre 2016 tramo 2, S16T3=septiembre 2016 tramo 3, S16T4=septiembre 2016 tramo 4, S16T5=septiembre 2016 tramo 5, M17T1=marzo 2017 tramo 1, M17T2=marzo 2017 tramo 2, M17T3=marzo 2017 tramo 3, M17T4=marzo 2017 tramo 4, M17T5=marzo 2017 tramo 5, My17T1=mayo 2017 tramo 1, My17T2=mayo 2017 tramo 2, My17T4=mayo 2017 tramo 4, My17T5=mayo 2017 tramo 5, N17T1=noviembre 2017 tramo 1, N17T2=noviembre 2017 tramo 2, N17T3=noviembre 2017 tramo 3, N17T4=noviembre 2017 tramo 4 y N17T5=noviembre 2017 tramo 5.

De manera general, y con base en el tipo de hábitat donde se obtuvo la muestra, las mayores similitudes se dieron entre hábitats similares. En la figura 16 se presentan 6 grupos que reflejan similitud entre muestras provenientes de corridas (A y C), muestras de rápidos (B), algunos que agrupan mayoritariamente muestras de corridas con algunos rápidos (D), o inversamente agrupando rápidos y algunas corridas (E) y solo un pequeño grupo que agrupa muestras de ambos hábitats (F) (figura 16).

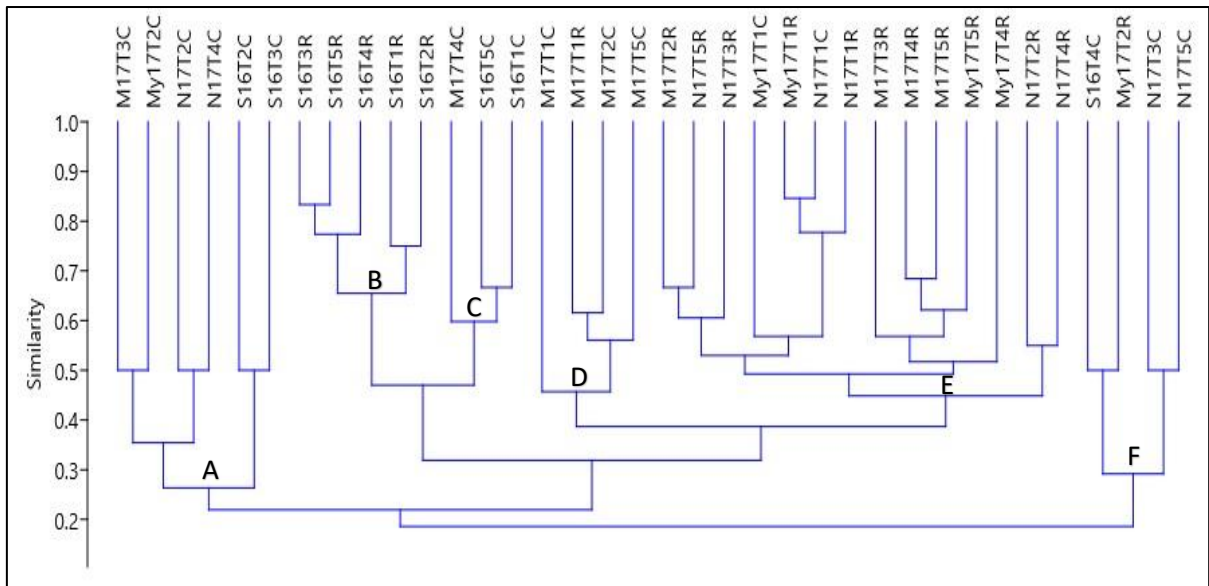


Figura 16. Cluster de similitud de Jaccard de rápidos y corridas. S16T1R=septiembre 2016 tramo 1 rápido, S16T1C=septiembre 2016 tramo 1 corrida, S16T2R=septiembre 2016 tramo 2 rápido, S16T2C=septiembre 2016 tramo 2 corrida, S16T3R=septiembre 2016 tramo 3 rápido, S16T3C=septiembre 2016 tramo 3 corrida, S16T4R=septiembre 2016 tramo 4 rápido, S16T4C=septiembre 2016 tramo 4 corrida, S16T5R=septiembre 2016 tramo 5 rápido, S16T5C=septiembre 2016 tramo 5 corrida, M17T1R=marzo 2017 tramo 1 rápido, M17T1C=marzo 2017 tramo 1 corrida, M17T2R=marzo 2017 tramo 2 rápido, M17T2C=marzo 2017 tramo 2 corrida, M17T3R=marzo 2017 tramo 3 rápido, M17T3C=marzo 2017 tramo 3 corrida, M17T4R=marzo 2017 tramo 4 rápido, M17T4C=marzo 2017 tramo 4 corrida, M17T5R=marzo 2017 tramo 5 rápido, M17T5C=marzo 2017 tramo 5 corrida, My17T1R=mayo 2017 tramo 1 rápido, My17T1C=mayo 2017 tramo 1 corrida, My17T2R=mayo 2017 tramo 2 rápido, My17T2C=mayo 2017 tramo 2 corrida, My17T4R=mayo 2017 tramo 4 rápido, My17T5R=mayo 2017 tramo 5 rápido, N17T1R=noviembre 2017 tramo 1 rápido, N17T1C=noviembre 2017 tramo 1 corrida, N17T2R=noviembre 2017 tramo 2 rápido, N17T2C=noviembre 2017 tramo 2 corrida, N17T3R=noviembre 2017 tramo 3 rápido, N17T3C=noviembre 2017 tramo 3 corrida, N17T4R=noviembre 2017 tramo 4 rápido, N17T4C=noviembre 2017 tramo 4 corrida, N17T5R=noviembre 2017 tramo 5 rápido y N17T5C=noviembre 2017 tramo 5 corrida.

Los primeros dos ejes del análisis de componentes principales explicaron el 89% de la variabilidad en los parámetros fisicoquímicos obtenidos en campo. El primer eje estuvo dominado por la conductividad y el pH (2.5426), mientras que el segundo eje estuvo determinado por la temperatura (1.0508). El análisis de componentes principales realizado con abundancia de macroinvertebrados y parámetros físico-químicos sugiere que la mayor parte de los macroinvertebrados guardan una relación inversa con la temperatura y una relación positiva con altos valores de conductividad. Grupos como Tabanidae, Naucoridae y Cordulegastridae (*30, *38 y *44) se asociaron positivamente con altos valores de OD y con altos valores de pH. Las familias Thiaridae y Glossosomatidae (*8 y *49) se asociaron con altos valores de temperatura (figura 17).

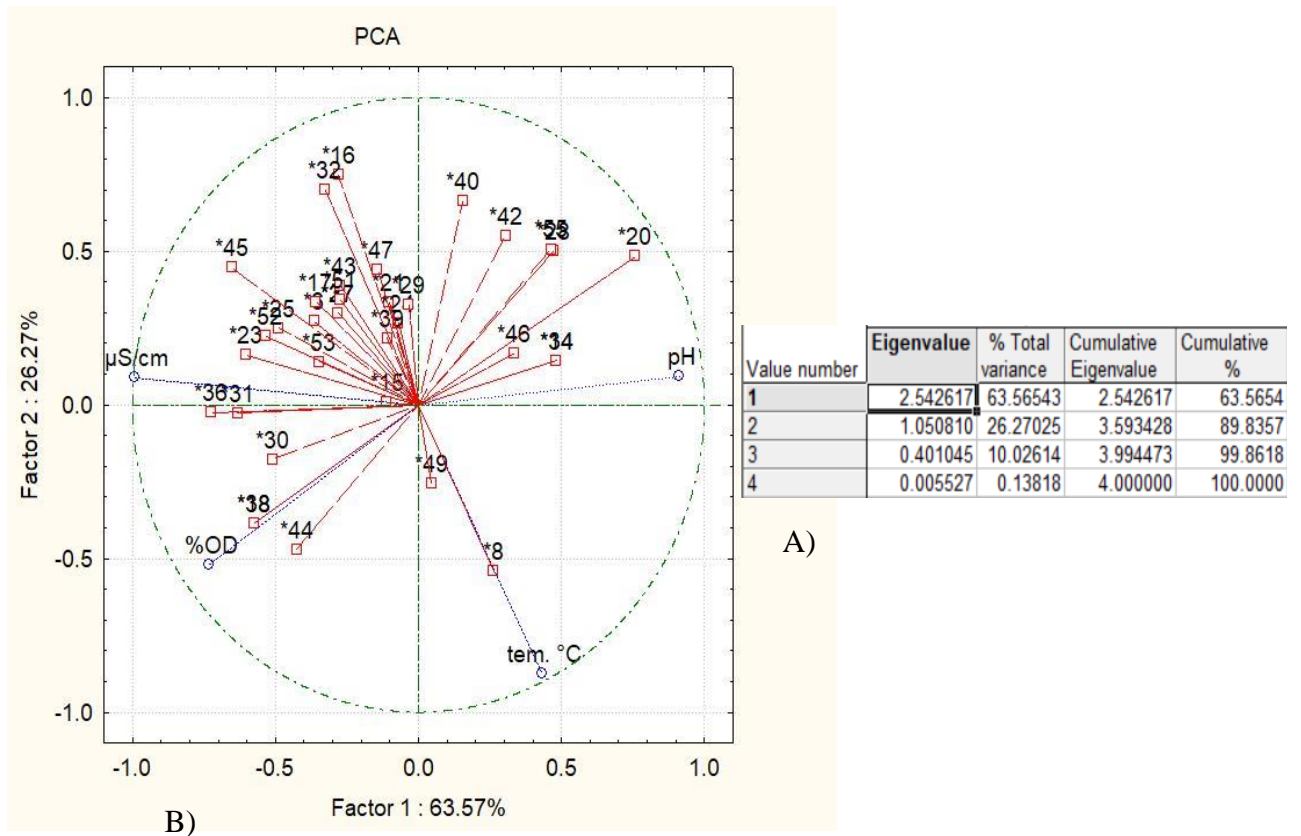


Figura 17. A) Análisis de Componentes Principales (PCA) de parámetros físico-químicos con macroinvertebrados del arroyo Agua Salada. 6=Oligocheata, 8=Thiaridae, 14=Amphipoda, 15=Ostracoda, 16=Elmidae, 17=Hydraenidae, 18=Hydrophilidae, 20=Lutrochidae, 21=Psephenidae, 23=Ceratopogonidae, 24=Chironomidae, 25=Empididae, 27=Psychodidae, 28=Simuliidae, 29=Stratiomyidae, 30=Tabanidae, 31=Tipulidae, 32=Baetidae, 34=Isonychiidae, 36=Leptophlebiidae, 37=Gerridae, 38=Naucoridae, 39=Velidae, 40=Crambidae, 42=Corydalidae, 43=Coenagrionidae, 44=Cordulegastridae, 45=Gomphidae, 46=Libellulidae, 47=Platystictidae, 49=Glossosomatidae, 51=Hydropsychidae, 52=Hydroptilidae, 53=Leptoceridae y 55=Philopotamidae. %OD es porcentaje de oxígeno disuelto. $\mu\text{S}/\text{cm}$ se refiere a la conductividad. $\text{tem. } ^\circ\text{C}$ temperatura en grados centígrados y pH es potencial del hidrogeno. B) tabla de valores de Eigenvalue.

Grupo funcional y Hábito de vida.

En la comunidad de macroinvertebrados del arroyo Agua Salada y con base en todas las colectas realizadas se presentaron 7 grupos de hábitos de vida y 7 grupos funcionales. Los organismos agarradores conformaron el 39% de todos los ejemplares obtenidos, los excavadores el 18% y nadadores el 15%. Los demás grupos fueron proporcionalmente menores. Los trepadores, reptadores y agarradores-trepadores fueron menos comunes. Para los grupos funcionales, los grupos más abundantes fueron los recolectores (49%), los depredadores (25%) y los raspadores (8%) (figura 18).

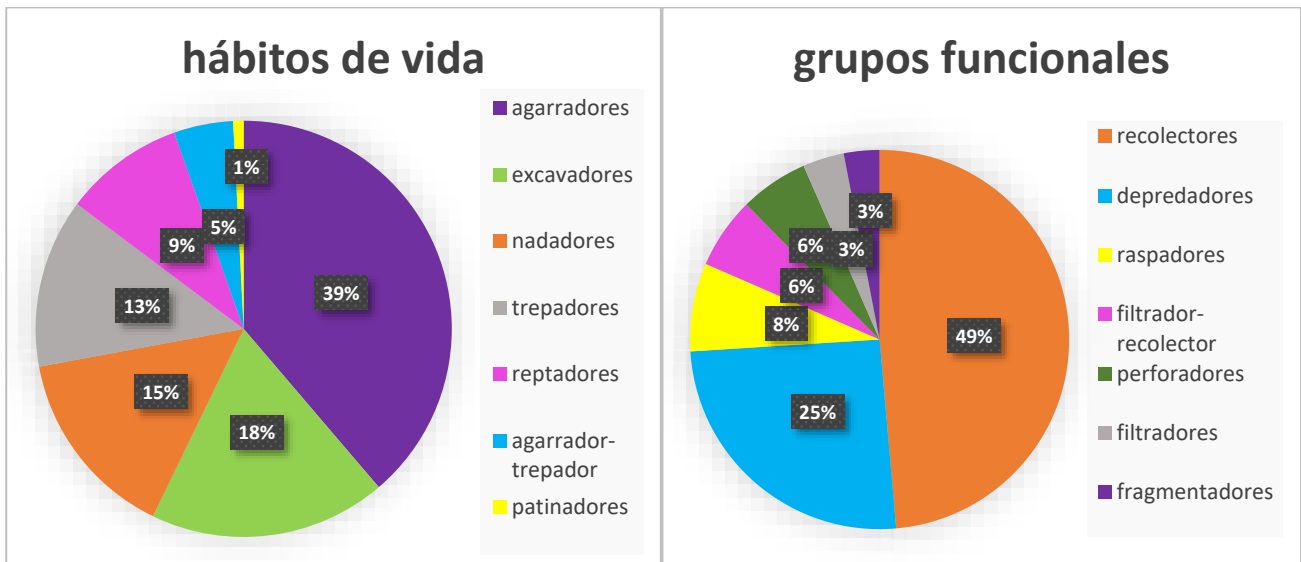


Figura 18. Porcentaje de abundancia en hábitos de vida y grupos funcionales de macroinvertebrados colectados en el arroyo Agua Salada (Morelos-Guerrero), México en cuatro eventos de muestreo entre 2016 y 2017.

Al analizar la proporción de grupos por hábitos de vida por temporada se encontró que agarradores y nadadores fueron dominantes en época de lluvias (41% y 19% de los organismos colectados, respectivamente) y secas (37% y 18%, respectivamente) (figura 19). Se presentan más hábitos de vida en secas que en lluvias con una diferencia significativa ($F = 6.526$, $p = 0.011$) (figura 19).

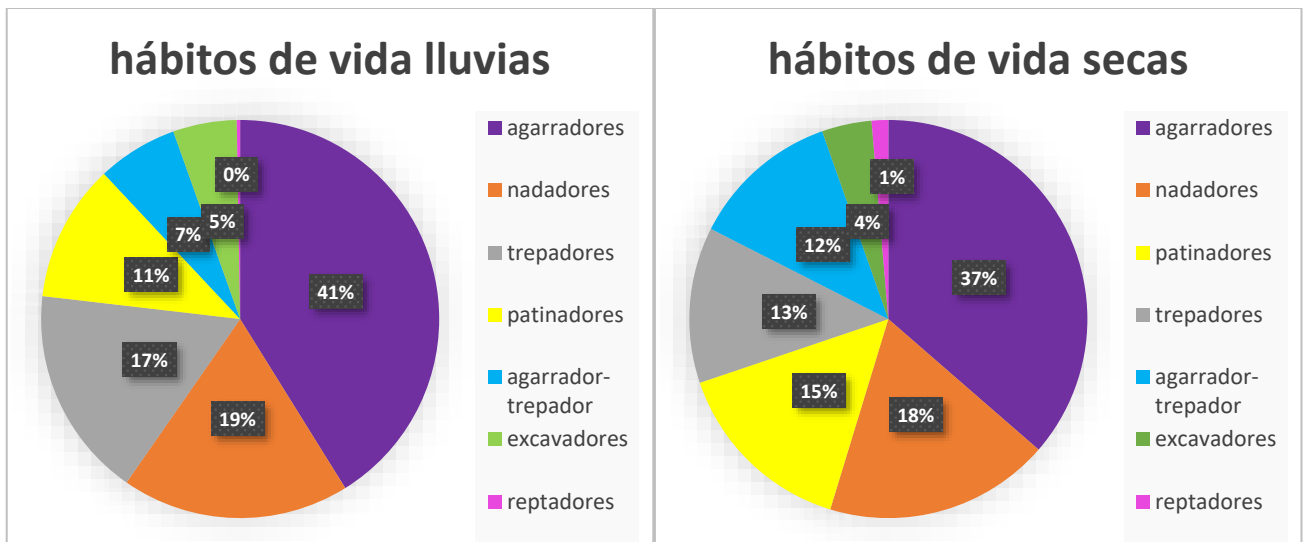


Figura 19. Porcentaje de abundancia en hábitos de vida de macroinvertebrados colectados en el arroyo Agua Salada (Morelos-Guerrero, México) en temporada de lluvias y secas de 2016 y 2017.

Los fragmentadores predominaron en las muestras tanto en época de lluvias (51%) como en época de secas (46%). Este grupo fue seguido de los recolectores en ambas épocas (22% en lluvias y 29% en secas). Los demás grupos se presentaron todos en proporciones por debajo de 8%. Sin embargo, las pruebas estadísticas no muestran diferencias significativas en la abundancia de grupos funcionales entre las temporadas ($F = 1.966$, $p = 0.161$) (figura 20).

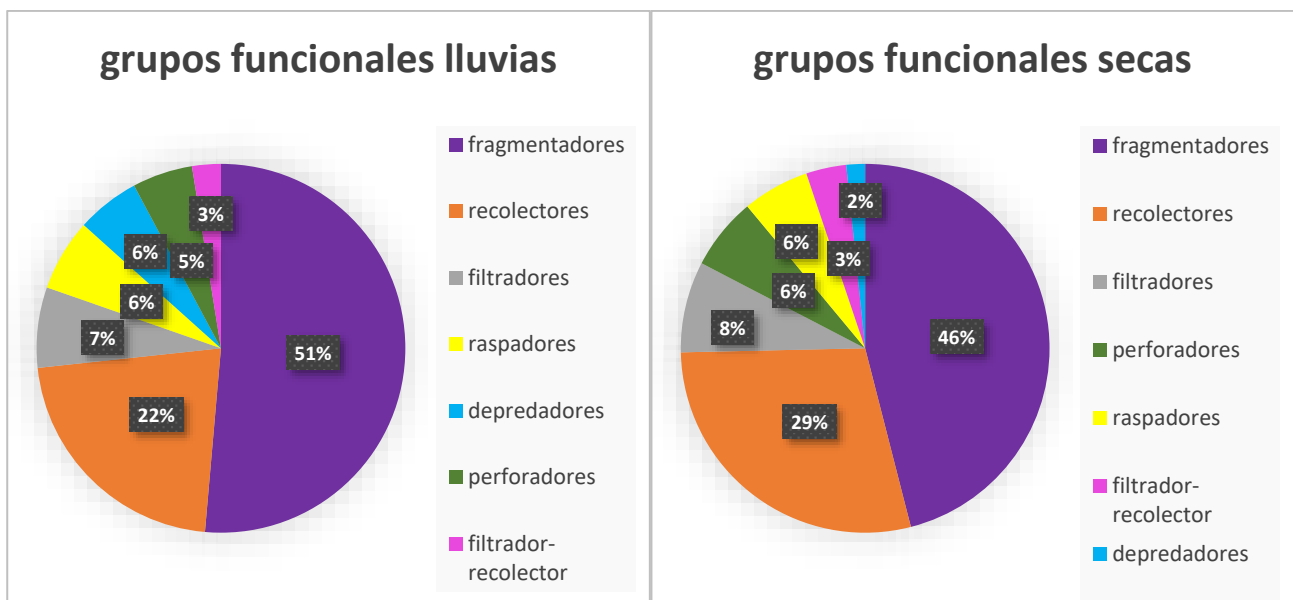


Figura 20. Porcentaje de abundancia en Grupos funcionales de los macroinvertebrados colectados en el arroyo Agua Salada Morelos-Guerrero México, en temporada de lluvias y secas.

Discusión y Conclusión.

Inventarios zoológicos y estudios ecológicos provenientes de ambientes con bajo niveles de afectación humana son de importancia para poder tener puntos de referencia contra los cuales contrastar la información proveniente de ambientes que han sufrido ya algún grado de perturbación humana (Karr, 1991). Efectivamente, trabajos como el que aquí se presenta pueden ser de gran apoyo para estudios de línea base, que se han vuelto una herramienta indispensable en la medida de efectos antropogénicos producto de diversas actividades (p. e. Pritchard, 1991; Betancourth, 2007; Campos-Cervantes *et al.*, 2007; Nieto *et al.*, 2016; Tamaris-Turizo, 2018).

El arroyo Agua Salada, la porción perene de la microcuenca Coaxitlan, es alimentada por una red de manantiales que le aportan agua. El agua proveniente de estos manantiales presenta características fisicoquímicas particulares (alta temperatura y alta conductividad), que, dependiendo de la temporada, y por ende la cantidad de agua dentro del canal, pueden tener cierta afectación sobre la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados (Molina *et al.*, 2008). En este trabajo se logró identificar a los macroinvertebrados colectados en rápidos y corridas del arroyo Agua Salada, en temporada de lluvias y secas, de esta forma se observó la distribución espacio temporal de la comunidad de invertebrados.

Parámetros Fisicoquímicos.

Los parámetros fisicoquímicos generalmente han sido una buena herramienta para evaluar las condiciones de los arroyos, así como para observar en qué intervalos de parámetros fisicoquímicos pueden o no estar ciertos organismos como peces y macroinvertebrados (Gibson *et al.*, 1996). De manera particular, y con base en estudios anteriores donde se han analizado la calidad del agua en el Arroyo Agua Salada, se ha determinado que sus aguas son generalmente aptas para la recreación y para la pesca, pero no para consumo humano (Gómez, 2018).

En el arroyo Agua Salada el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos fue variando a través del tiempo de colecta, sin embargo, no presentaron diferencias que sean significativas entre cada uno de sus tramos analizados por lo que presenta la misma composición fisicoquímica a lo largo de todo el arroyo, esto ayuda a la presencia de similitud entre las comunidades de macroinvertebrados, ya que gracias a estas condiciones

fisicoquímicas, relativamente estables, ellos pueden establecerse a lo largo del segmento estudiado.

Las condiciones fisicoquímicas que se registraron en este trabajo fueron similares a las registradas por Gómez (2018), quién nos habla de un arroyo con temperaturas cálidas de entre 27°C y 29°C, por lo que la temperatura no es un factor que limite a la comunidad de macroinvertebrados, aunque éstas generalmente no pueden resistir temperaturas mayores a 40°C (Hanson *et al.*, 2010). Las aguas son oxigenadas lo que permite que la demanda de oxígeno de los invertebrados no se vea afectada en temperaturas altas (Pritchard, 1991). Los niveles de salinidad son altos, así como el total de sólidos disueltos, lo que nos podría sugerir que encontraríamos una menor cantidad de invertebrados que en arroyos con bajos niveles de salinidad y total de sólidos disueltos (Pritchard, 1991), sin embargo, en el arroyo agua salada se encuentra una alta diversidad de organismos como las presentes en otros ríos que no son alimentados por manantiales (Gómez, 2018).

Los análisis realizados entre temporada de secas y lluvias nos indicaron diferencias significativas para todos los parámetros fisicoquímicos medidos en el arroyo, esta diferencia mostró una dinámica donde en la época de secas se incrementan las concentraciones de oxígeno, total de sólidos disueltos, conductividad, salinidad y temperatura y que disminuyen en época de lluvias. Esto puede deberse a la magnitud del caudal existente y calculado por Reyes (2016) donde los meses pertenecientes a lluvias, como en el mes de junio, el caudal puede crecer hasta los 2.706 m³/s, de 0.891 m³/s en el mes de abril.

En el arroyo Agua Salada, al ser un ambiente conservado muestra unos parámetros óptimos para el establecimiento de los macroinvertebrados (Gómez, 2018). Su temperatura es alta ya que varía de los 26 °C a los 29°C, esto es debido a que la mayor parte de sus aguas provienen de manantiales se encuentran repartidos a lo largo del arroyo (Reyes, 2016). Por lo que es de esperarse una conductividad alta, esto debido a la cantidad de minerales que brota del agua de los manantiales, así como de todo lo que las lluvias lavan de las orillas del arroyo y que es importante en el ingreso de nutrientes al sistema acuático (Cummins *et al.*, 1989).

Velocidad.

En esta parte podemos darnos una idea de las características físicas del arroyo, en especial de los hábitats que en este caso de estudio usamos dos: corridas y rápidos. En las gráficas de las figuras 8 y 9, podemos observar que las mayores velocidades están en los rápidos que en corridas y existen mayores velocidades en época de lluvias que en secas, por lo que estas características influyen en el comportamiento como en la modificación de partes anatómicas de la comunidad de macroinvertebrados, como; ventosas, pegamentos especiales para poder adherirse, cuerpos aplanados que ayudan al organismo a soportar estas velocidades entre otras modificaciones y comportamiento que se pueden observar en los macroinvertebrados (Hanson *et al.*, 2010).

Macroinvertebrados.

En este trabajo se lograron identificar 47 familias y 11 géneros a partir de las muestras obtenidas. Esto contrasta con otros trabajos llevados a cabo en la cuenca del arroyo Agua Salada donde se encontraron 55 familias y 85 géneros de macroinvertebrados (Gómez, 2018), 49 familias y 78 géneros del río Amacuzac (Montes, 2003), 60 familias y 169 géneros del río Amacuzac (Ochoa 2015). Aunque no es mucha diferencia en número de familias si las hay en los géneros sobre todo para el río Amacuzac, esto considerando que el río es de mayores dimensiones comparado con el arroyo Agua Salada.

El arroyo presenta una riqueza alta de taxa en marzo y noviembre, las taxa más sobresalientes fueron Leptohyphidae, Chironomidae y Elmidae, correspondiente a la clase Insecta. Varios estudios muestran a esta clase como la más sobresaliente por su número de familias representadas (p.e., Huerto *et al.*, 2005; Pérez *et al.*, 2008; Longo *et al.*, 2010; Román, 2013; Arrieta, 2014; Colín, 2014; Rico-Sánchez *et al.*, 2014; Ramírez-Villalobos *et al.*, 2015).

Algunos autores identifican a los coleópteros como característicos de los manantiales sin embargo son los dípteros los más abundantes y diversos (Pritchard, 1991). Para este estudio realizado a pesar de ser los dípteros los más abundantes y diversos fueron superados por los efemerópteros, en especial con la familia Leptohyphidae. Los órdenes como Plecoptera Ephemeroptera y Megaloptera son raros de encontrar en manantiales (Pritchard, 1991), sin embargo, el único orden que no se presentó en el

arroyo Agua Salada fue Plecoptera; este orden está muy asociado con temperaturas frías por lo que su ausencia en el arroyo es comprensible (Merritt *et al.*, 2008).

Los meses con mayor riqueza fueron los de secas (marzo y mayo). Tanto la riqueza como la abundancia del mes de septiembre 2016 fueron las más bajas, comparadas con los demás meses. Entre corridas y rápidos pudimos ver una mayor riqueza en los rápidos sobre todo en los del mes de marzo; esto debido a que, en época de secas, las condiciones son favorables para el establecimiento de los organismos ayudando a que se mantengan y reproduzcan (Roldán, 1988). Sobre todo, para la familia de Leptohyphidae en cual posee branquias operculadas que facilitan la tolerancia a sólidos en suspensión (Domínguez *et al.*, 2006) y son familias que pueden tolerar niveles altos de contaminación (Flowers y De la Rosa, 2010). Sus características fisiológicas le permiten estar presentes en casi todo tipo de ríos y por los datos arrojados la temperatura presente en el arroyo Agua Salada, no representa conflicto para el establecimiento del organismo.

Los análisis de similitud se descubrieron asociaciones relacionadas principalmente con los meses de colecta de mayo y marzo correspondiente al periodo de secas, septiembre es el mes más alejado en similitud. Este mes presenta muy poca riqueza y abundancia por lo que podría ser una explicación a esa separación además de pertenecer a la época de lluvias, como lo mencionan algunos autores en esta temporada las comunidades de macroinvertebrados bajan debido a que no presentan adaptaciones para impedir el arrastre por la corriente (Roldán, 1988; Fernández *et al.*, 2002; Arce y Leiva, 2009).

El clúster de similitud de Jaccard entre rápidos y corridas nos agrupa en su mayoría rápidos con rápidos y corridas con corridas, sugiriendo que existe una diferencia en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados de un hábitat a otro.

El análisis de componentes principales nos ayuda a tratar de explicar la variancia y covariancia en pocas combinaciones lineales de las variables que la forman para de esta manera poder entender cómo se relacionan en este caso los macroinvertebrados con los parámetros fisicoquímicos. En nuestro análisis tenemos a la mayor parte de los macroinvertebrados relacionados positivamente a la conductividad presente en el arroyo. En cuanto al pH; Crambidae, Corydalidae, Libellulidae, Isonychiidae, Lutrochidae, Ceratopogonidae y Philopotamidae son los más cercanos, mientras que Thiaridae y

Glossosomatidae están más influenciados por la temperatura. Para el caso de oxígeno disuelto, tenemos a Cordulegastridae, Naucoridae y Tabanidae, estos últimos tres son depredadores y podría ser que por sus requerimientos energéticos y debido a su tipo de alimentación requieran un poco más de oxígeno que otros organismos que no son depredadores (Cummins y Klug, 1979; Pritchard, 1991). La variable más importante para el arroyo Agua Salada es la conductividad, ya que presentó la mayor relación con los macroinvertebrados.

Grupo funcional y hábito de vida.

Los grupos funcionales y hábito de vida nos pueden dar una vista más profunda sobre el comportamiento y del porqué se encuentran ciertos grupos de macroinvertebrados en ciertos tipos de hábitat; así mismo también brindan información sobre el papel que desempeñan en el ecosistema acuático (Hanson *et al.*, 2010).

El arroyo Agua Salada presenta una composición de hábitos de vida dominada por agarradores, nadadores y excavadores, los dos primeros son organismos con adaptaciones morfológicas que les permite estar presentes en zonas de corriente fuerte, ya sea con cuerpos hidrodinámicos que les permita nadar o ventosas, sedas o ganchos que les permita mantenerse fijos a pasar de las corrientes rápidas en el arroyo. Los excavadores por otro lado se entierran en sedimentos blandos (granos de arena) por lo que nos habla un poco de las condiciones físicas en los sedimentos del arroyo el cual en su mayoría este compuesto por sustrato rocoso (Hanson *et al.*, 2010; Reyes, 2018).

Desde la perspectiva de los grupos funcionales, se notó un predominio por recolectores seguido de depredadores y raspadores. Los raspadores se alimentan de algas y microbios adheridos a las rocas, mientras que los recolectores solo recogen partículas finas depositadas en el agua (Hanson *et al.*, 2010). Estos últimos son importantes ya que su función ecológica es la de integrar los nutrientes de plantas y de ciertas partículas a la cadena alimenticia como consumidores primarios. Los depredadores por su parte se alimentan de macroinvertebrados por lo que regulan las poblaciones de otros insectos (Hanson *et al.*, 2010). Se tiene registrado que en manantiales los grupos funcionales más abundantes son los depredadores y raspadores lo que concuerda con lo encontrado en el arroyo Agua Salada (Williams, 1991). Sin embargo, se encontró en mayor cantidad a los recolectores, esto se debe a que hay mucho material alóctono en el arroyo el cual

favorece su establecimiento, estos organismos usualmente se presentan en arroyos con disturbios estacionales en los cuales la materia orgánica se va consumiendo de tal manera que se transforma la energía (Vannote *et al.*, 1980; Príncipe *et al.*, 2010).

A pesar de no haber cambios importantes en la conformación de los grupos funcionales y hábitos de vida en temporada de lluvias y de secas los hábitos de vida fueron los que presentaron un aumento en época de lluvias, mientras que en rápidos contra corridas fue lo contrario, los grupos funcionales fueron más abundantes en rápidos que en corridas, esto quizás debido a que en estos hábitats se concentran más cantidad de macroinvertebrados.

Los resultados obtenidos muestran el comportamiento del arroyo donde la comunidad aumenta su diversidad en temporada de secas y disminuye en temporada de lluvias, así como también ocurre en sus parámetros fisicoquímicos; también puede observarse una diferencia entre el tipo de hábitat (corridas y rápidos) en cuanto a la comunidad de macroinvertebrados como en sus velocidades (Molina *et al.*, 2008). En general presenta condiciones óptimas en cuanto a su comunidad de macroinvertebrados presentes como en su fisicoquímica (Gómez, 2018). Este trabajo sirve como una base de datos y de información para todo arroyo que presente características semejantes al arroyo Agua Salada. Por lo que es importante conservarlo y no dejar de estudiarlo para aprender más de la dinámica de los ríos del Amacuzac y en un futuro saber qué medidas de mitigación o de recuperación serán las más aptas para este tipo de sistemas tan importantes en un ecosistema de selva baja caducifolia.

Las limitaciones del trabajo estuvieron relacionadas principalmente a fallas de logística. Faltaron análisis del tipo de sustratos y como se relacionaban con los macroinvertebrados, así como la aplicación de índices para darnos cuenta de que calidad de agua se tiene en el lugar, también un análisis de Calidad Ambiental Visual y un análisis de metales pesados para saber si estas aguas las contienen. Con un periodo de muestreo de mayor tiempo se pueden lograr resultados más puntuales para lograr comprender la dinámica del arroyo Agua Salada. En futuras investigaciones se recomienda, la aplicación de educación ambiental para las personas que habitan a sus alrededores de esta forma hacerlos consciente de lo importante que es conservar el río, así como mostrarles cual es el mejor manejo para el ecoturismo y de esta manera preservar el arroyo para futuras generaciones.

Literatura Citada.

- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio en Andalucía (SIAGA), 2*, 203–213 pp.
- Alba-Tercedor, J. y A. Sánchez-Ortega. 1998. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Asociación Española de Limnología, Madrid, Spain. Limnética, 4*, 51–56 pp.
- Alcocer, R. M. 2016. Diversidad y ecología de los insectos acuáticos de Arroyo Agua Salada, Morelos-Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, 64 pp.
- Alonso, A. y J. A. Camargo. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas, 14* (3), 87–99 pp.
- Arce, M. F. y M. A. Leiva. 2009. Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo: Tesis, UTPL, Ecuador.
- Arce, O. 2006. Indicadores biológicos de calidad de agua. Programa de Maestría e Ingeniería Ambiental. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias y Tecnología.
- Arrieta, N. E., A. 2014. Bionomía de los insectos acuáticos del río Atila en el estado de Puebla. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 50 pp.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, Zinder B. D. y J. B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA 841 – B41-99-002. U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C., 336 pp.
- Barlow, M. 2009. El agua nuestro bien común. Hacia una nueva narrativa del agua. The Council of Canadians. Ed. Oficina Regional para México, Centroamérica y el Caribe de la Heinrich Böll Stiftung, 50 pp.
- Baron, J. S., N. L. Poff, P. L. Angermeier, C. N. Dahm, P. H. Gleick, N. G. Hairston, R. B. Jackson, C. A. Johnston, B. D. Richter y A. D. Steinman. 2003. Ecosistemas de Agua Dulce Sustentables. *Trópicos en Ecología, 10*, 16 pp.
- Betancourth, J. C. 2007. Análisis estacional de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en un tramo del río Portoviejo. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Escuela de Biología, 103 pp.
- Bilbao, A. P., C. J. Benetti y J. Garrido. 2013. Estudio de la calidad del agua del río Furnia (NO España) mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos. *Nova Acta Científica Comportelana. Biología, 20* (1), 1–9 pp.

- Bobadilla, M. J. I. 2015. Ecología y diversidad de insectos acuáticos de la localidad de Cruz Pintada, Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca. México, 75 pp.
- Boulton, A. J. y P. J. Hancock. 2006. Rivers as groundwater-dependent ecosystems: a review of degrees of dependency, riverine processes and management implication. *Australian Journal of Botany*, 54 (2), 133–144 pp.
- Boulton, A. J., S. Findlay, P. Marmonier, E. H. Stanley y H. M. Valett. 1998. The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 29, 59–81 pp.
- Boulton, A. J., T. Datry, T. Kasahara, M. Mutz y J. A. Stanford. 2010. Ecology and management of the hyporheic zone: stream-groundwater interactions of running Waters and their floodplains. *Journal of the North American Benthological Society*, 29 (1), 26–40 pp.
- Brunke, M. y T. Gonser. 1997. The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology*, 37 (1), 1–33 pp.
- Bueno, S. J. y A. J. B. López. 1975. Evaluación de la calidad del agua de dos corrientes en México mediante el uso de la fórmula de diversidad de Whilm y Dorris. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 36, 147–156 pp.
- Cadena., L. F. 2005. Macroinvertebrados acuáticos como organismos indicadores de la calidad del agua entre Caserio Ingueza y la ciudad El Ángel. Tesis de Ingeniero en Recursos naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte, 114 pp.
- Campos-Cervantes, V., R. Pérez-Munguía y R. Pineda-López. 2007. Patrones del establecimiento de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos en los manantiales cársticos de la Huasteca Mexicana. *Biológicas*, 9, 87–95 pp.
- Colín, T. R. 2014. Aplicación y composición del Índice Biótico de Familias de Hilsenhoff en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el Río Cuautla, Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 57 pp.
- CONAGUA. 2010. Estadísticas del Agua en la cuenca del Río Balsas, 2010. Editor. Secretaría del medio Ambiente y Recursos Naturales. CD. ISBN978-968-817-927-7, 171 pp.
- Cummins, K. W., Wilzabach, M. A., Gates, D. M., Perry, J. B. y W. B. Taliaferro. 1989. Shredders and riparian vegetation. *BioScience*, 39 (1), 24–30 pp.
- Cummins, K. W., y M. J. Klug. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual review of ecology and systematics*, 10 (1), 147–172 pp.

- De la Lanza Espino, G., S. Hernández Pulido y J. L. Carvajal (eds.). 2000. *Organismos indicadores de calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. México. SEMARNAT-CONAGUA-Instituto de Biología/UNAM-Plaza y Valdés, 633 pp.
- Domínguez, E. y H. R. Fernández. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656 pp.
- Domínguez, E., C. Molineri, M. Pescador, M. Hubbard y C. Nieto. 2006. Ephemeroptera de América del Sur. *Pensoft Publishers*, 646 pp.
- Echevarría, G. y C. Marrero. 2012. Determinación del estado ecológico del río Guanare, estado Portuguesa, Venezuela, utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores. *Acta Biol. Venez*, 32 (1), 29–55 pp.
- Eufracio-Torres, A. E., E. V. Wehncke, X., López-Medellín, y B. Maldonado-Almanza. 2016. Fifty years of environmental changes of the Amacuzac riparian ecosystem: a social perceptions and historical ecology approach. *Ethnobiology and Conservation*, 5, 35 pp.
- Fernández, H. R., F. Romero, M. B. Vece, V. Manzo, C. Nieto y M. Orce. 2002. Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán-Argentina). *Limnetica*, 21 (1), 1–13 pp.
- Fernández, H. R., F. Romero, M. B. Vece, V. Manzo, C. Nieto y M. Orce. 2002. Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán- Argentina). *Limnética*, 21 (1-2), 1–13 pp.
- Fernández, R. L. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información ambiental*, 39, 24–29 pp.
- Figuroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., y O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilina de Historia Natural*, 76, 275–285 pp.
- Flores, A. M. O. 2013. Las familias Elmidae, Dytiscidae e Hydrophilidae (Coleoptera) como indicadores de la calidad del hábitat en el río Amacuzac, Morelos-Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 93 pp.
- Flowers, R. W. y C. De la Rosa. 2010. Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58 (4), 63–93 pp.
- García, J. 1985. Utilización del plancton como herramienta para el conocimiento de la calidad del agua en la cuenca del alto Amacuzac, Estado de Morelos. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM, 91 pp.
- Giacometti, V. J. C. y V. F. Bersosa. 2006. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico, Serie Zoología*, 6 (2), 17–32 pp.

- Gibson, G. R., M. T. Barbour, J. B. Stribling, J. Gerritsen y J. R. Karr. 1996. Biological criteria: technical guidance for streams and small rivers. Revised Edition. U.S. E.P.A., Office Water, EPA 822-B-96-001. Washington, D.C.
- Gómez, E. B. 2018. Análisis de la calidad del hábitat con macroinvertebrados dulceacuícolas en la microcuenca Coaxitlán, limítrofe entre los estados de Morelos y Guerrero. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 109 pp.
- Gong, Z., Xie, P., y S. Wang. 2000. Macrozoobenthos in 2 shallow, mesotrophic Chinese lakes with contrasting sources of primary production. *Journal of the North American Benthological Society*, 19 (4), 709–724 pp.
- Guerrero, M. L. 1991. El Agua. *Fondo de cultura económica*, S.A. DE C.V. ISBN 968-16-3634-1
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/102/html/sec_7.html
- Guevara, M. M. 2011. Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop*, 59 (2), 635–654 pp.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E., Ramírez, A., y A. Rodríguez. 2016. Guía fotográfica de familias de macroinvertebrados acuáticos de Puerto Rico, 10.13140/RG.2.1.2131.9443, 6 pp.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E., y A. Ramírez. 2016. Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación. *Hidrobiológica*, 26 (3), 433–441 pp.
- Hanson, P., Springer M. y A. Ramírez. 2010. Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58 (4), 3–37 pp.
- Hering, D., R. K. Johnson, S. Kramm, S. Schmutz, K. Szoszkiewicz y P. F. M. Verdonshot. 2006. Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metricbased analysis of organism response to stress. *Freshwater Biology*, 51 (9), 1757-1785 pp.
- Hilsenhoff, W. L. 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomologist*, 20 (1), 31–39 pp.
- Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family Level Biotic Index. *Journal of the North American Benthological Society*, 7, 65–68 pp.
- Huerto, R., Alonso-Eguía P., Brug B. y P. Maya. 2005. Monitoreo biológico de la calidad del agua en ríos caudalosos: Amacuzac y Balsas. Anuario IMTA, 103 pp.
- Hurtado, S., García-Trejo, F., y P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2005. Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomológica México*, 44 (3), 271–286 pp.

- Hynes, H. B. N. 1983. Groundwater and stream ecology. *Hydrobiologia*, 100 (1), 93–99 pp.
- Karr, J. L. 1991. Biological integrity: a Long-Neglected aspecto of wáter resource management. *Ecological Applications*, 1 (1), 66–84 pp.
- Lenat, D. R. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 7 (3), 222–233 pp.
- Longo, M., Zamora, H., Guisande, C. y J. J. Ramírez. 2010. Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. *Limnetica*, 29 (2), 195–210 pp.
- Mafla, M. 2005. Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano, Talamanca, Costa Rica. *CATIE Costa Rica*, 87 pp.
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton *University Press*. New Jersey, 179 pp.
- Margalef, R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Pub. Inst. Biol. Apl. Barcelona*, 6, 59–72 pp.
- Mathuriau, C., Mercado, N., Lyons, J., y L. M. Martínez. 2012. Fish and Macroinvertebrates as Freshwater Ecosystem Bioindicators in México: Current State and Perspectives. En Ú. Oswald Spring (Ed.), *Water Resources in México. Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace*. Springer, Berlín, Heidelberg, 251–261 pp.
- Meade, O. 2010. Propuesta metodológica para la inclusión del enfoque de equidad de género en programas de gestión integral del agua en la cuenca del río Apatlaco. Tesis de posgrado. Instituto Mexicano de tecnología del Agua Programa de Posgrado, 114 pp.
- Menhinick, E. F. 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45, 859–861 pp.
- Merrit, R.W., K. W. Cummins y M. B. Berg. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Fourth Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. USA, 595 pp.
- Molina, C. I., F.M. Gibon, J. Pinto y C. Rosales. 2008. Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río Altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología Aplicada*, 7 (1,2), 105–116 pp.
- Montes, M. E. 2003. Análisis de los grupos funcionales alimenticios de macroinvertebrados y especies indicadoras de río Amacuzac, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 43 pp.

- Morales, A. I. T. y E. C. Castro. 2015. Importancia y utilidad de los bioindicadores acuáticos. *Biodiversidad Colombia*, 5, 39–48 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. MyT-Manual y Tesis SEA. Zaragoza. Universidad Veracruzana, 74 pp.
- Moreno, I. E. 2014. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos, en el río Apatlaco, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas UAEM, 71 pp.
- Nieto, C., A. Maliza, J. Carilla, A. Izquierdo, J. Rodríguez, S. Cuello, M. Zannier y H. R. Grau. 2016. Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Pauna Argentina. *Biología Tropical*, 64 (2), 747–762 pp.
- Ochoa, G. J. F. 2015. Algunos aspectos biológicos y ecológicos de los insectos acuáticos del río Amacuzac, Guerrero-Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 45 pp.
- Pérez, R. M., Pineda, R. F., y V. Campos. 2004. Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexica. *Biológicas*, 6, 37–47 pp.
- Pérez, R. M., Torres, U., y M. A. Piñón. 2008. Estructura funcional de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos en arroyos y ríos del sur del municipio de Morelia, Michoacán. *Sociedad Mexicana de Entomología*. ISBN 968-839-357-6, 391–396 pp.
- Pérez, R. y R. Pineda. 2005. Calidad ambiental de ríos y arroyos en el centro de México: posibilidades para evaluar la integridad ecológica de microcuencas. *SAS Institute. JMP*, 6, 37–47 pp.
- Pielou, E. 1975. Ecological diversity. John Wiley y Sons. New York. 165 pp.
- Príncipe, R. E., C. M. Gualdoni, A. M. Oberto, G. B. Raffaini y M. C. Corigliano. 2010. Spatial-temporal patterns of functional feeding groups in mountain streams of Córdoba, Argentina. *Ecología Austral*, 20, 257–268 pp.
- Pritchard, G. 1991. Insects in termal springs. *Mem. Ent. Soc. Can.*, 155, 89–106 pp.
- Ramírez, A. 2010. Capítulo 2: Métodos de Recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58 (4), 41–50 pp.
- Ramírez, A., Fernández, N. y F. Solano. 2005. Dinámica fisicoquímica y calidad del agua en la micro cuenca el volcán, municipio de pamplona, Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3 (1), 5–16 pp.
- Ramírez, A., y P. Gutiérrez-Fonseca. 2014a. Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras. *Revista Biología Tropical*, 62 (2), 9–20 pp.

- Ramírez, A., y P. Gutiérrez-Fonseca. 2014b. Functional Feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review literature. *Revista de Biología Tropical*, 62 (2), 155–167 pp.
- Ramírez-Villalobos, E., Rosas-Acevedo, J. L., González-González, J., y Ávila-Pérez, H. 2015. Insectos acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua de manantial en Platanillo, Guerrero, México. *Entomología Mexicana*, 2, 167–171 pp.
- Reyes, J. 2016. Dinámica del nitrógeno en un afluente del río Amacuzac. Tesis de Maestría de Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, 84 pp.
- Reyes-Morales, F. y M. Springer. 2014. Efecto del esfuerzo de muestreo en la riqueza de taxones de macroinvertebrados acuáticos y el índice BMWP/Atitlán. *Rev. Biol. Trop*, 62 (2), 291–301 pp.
- Rico-Sánchez, A. E., Rodríguez-Romero, A. J., López-López, E. y J. E. Sedeño-Díaz. 2014. Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo México. *Revista de Biología tropical*, 62 (2), 81–96 pp.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Bogotá, Colombia. 216 pp.
- Roldán-Pérez G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat*, 40 (155), 254–274 pp.
- Román, J., H. 2013. Diversidad y taxonomía de los insectos acuáticos del río Mixteco, tramo Peña Colorada, Puebla. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 57 pp.
- Salas, L. 2003. Análisis preliminar de la biodiversidad del macrobentos en cursos de agua pertenecientes a la cuenca del río del Valle (Catamarca, Argentina). Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA., 1–21 pp.
- Sandoval-Manrique, J. C., F. I. Molina-Astudillo y A. Burgos-Solorio. 2012. Análisis y ponderación de los macroinvertebrados bénticos como bioindicadores de la calidad del agua del río Amacuzac, Morelos, México. pp. 135–152. *En*: Monroy, R., Monroy-Ortiz, R. y Monroy-Ortiz, C. (Comp). Las Unidades productivas tradicionales: frente a la fragmentación territorial. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. México, 223 pp.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Sociedad Venezolana de Ecología. *ECOTROPICOS*, 16 (2), 45–63 pp.

- Shannon, C. E. y W. Weaver. 1963. The mathematical theory of Communication. *Univ. Of Illinois Press*, 117 pp.
- Shiklomanov, I. A. 2008. World water resources: A new appraisal and assessment for the 21st century, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, St. Petersburg, Russia, 37 pp.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature Lond.* 163, 688 pp.
- Soares, D. y R. Romero. 2008. Recursos hídricos de la cuenca del Amacuzac. *Inventio*, 4 (8), 15–23 pp.
- Tamaris-Turizo, C. E. 2018. Relaciones tróficas de macroinvertebrados acuáticos en un río tropical de la sierra nevada de Santa Marta. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 103 pp.
- Thorp, J. M. y A. P. Covich. 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Second Edition. Academic Press. USA, 1194 pp.
- Valverde, L. N. L., Q. O. Caicedo y R. N. J. Aguirre. 2009. Análisis de la calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. *Revista Técnico Científica de Producción más Limpia*, 4 (1), 44–60 pp.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., y C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 130–137 pp.
- Vázquez-Silva, G., R. Pérez-Rodríguez, G. Castro-Mejía y V. Vicente-Velázquez. 2005. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en los ríos Apatlaco y Amacuzac del estado de Morelos, México. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Zoología, Monterrey, N.L, 117–118 pp.
- Wallace, J y J. Webster. 1996. The Role of Macroinvertebrates in Stream Ecosystem Function. *Annu. Rev. Entomol*, 41 (1), 15–39 pp.
- Walteros-Rodríguez, J. M. y J. E. Paiba-Alzate. 2010. Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la reserva Forestal Torre Cuatro. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural*, 14 (1), 137–149 pp.
- Williams, N. E. 1991. Geographical and environmental patterns in caddisfly (Trichoptera) assemblages for coldwater springs. En Canada. Arthropods of springs, with particular reference to Canada. Williams D. D. y H. V. Danks (eds.). *The Entomological Society of Canada*, 155, 107–124 pp.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN



"1919-2019: en memoria del General Emiliano Zapata Salazar"

martes 30 de abril de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **"Análisis espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el arroyo Agua Salada, Morelos, México"** de la alumna **Biól. Ilse Estephani Moreno Hernández**, con número de matrícula **7920161008**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta

Dr. Norman Mercado Silva
PITC

Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Correo E.: norman.mercado@uaem.mx
Extensión Tel.: 3174



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

"1919-2019: en memoria del General Emiliano Zapata Salazar"

30 de abril de 2019

Comisión de Seguimiento Académico Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Análisis espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el arroyo Agua Salada, Morelos, México**" de la alumna **Biól. Ilse Estephani Moreno Hernández**, con número de matrícula **7920161008**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dra. Elisabet Wehncke



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS
UAEM

Fecha: lunes 29 de abril de 2019

Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Análisis espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el arroyo Agua Salada, Morelos, México**" de la alumna **Biól. Ilse Estephani Moreno Hernández**, con número de matrícula **7920161008**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "José Guadalupe Granados Ramírez".

Dr. José Guadalupe Granados Ramírez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS

Querétaro, Querétaro a 13 de mayo del 2019

Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “Análisis espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el arroyo Agua Salada, Morelos, México” de la alumna Biól. Ilse Estephani Moreno Hernández, con número de matrícula 7920161008, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi VOTO APROBATORIO.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
“Educo con la Verdad y en el Honor”

Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón
CONACYT-UAQ



Centro Académico Multidisciplinario. Campus UAQ Aeropuerto, Carretera a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, Santiago de Querétaro, Qro. México, C.P. 76140. Tel. 01 (442) 192 12 00 Ext. 65400, 65410
jpramirezhe@conacyt.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Laboratorio de Hidrobiología



Fecha: lunes 29 de abril de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación**

Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Análisis espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el arroyo Agua Salada, Morelos, México**" de la alumna **Biól. Ilse Estephani Moreno Hernández**, con número de **matrícula 7920161008**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

**M. en C. Roberto Trejo Albarrán
Profesor investigador**

C.c. p. Interesado



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia

Fecha: 29 de abril de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Análisis espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el arroyo Agua Salada, Morelos, México**" de la alumna **Biól. Ilse Estephani Moreno Hernández**, con número de matrícula **7920161008**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

M.C. Miguel Aurelio Piñón Flores