



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

Calidad del agua de la Reserva de la Biósfera de Sierra la Laguna: Quironómidos (Diptera: Chironomidae) como herramienta de bioindicación

Tesis para obtener el grado de

Licenciatura en Biología

Presenta:

Rodrigo Ek Ceballos

Asesor interno: Sergio Cohuo Durán

Asesor externo: Juan Ramón Beltrán Castro

Chetumal, Quintana Roo

Junio, 2025

Agradecimientos

Quisiera externar mis agradecimientos a mis padres, quienes fueron mi sustento emocional y económico, a mi madrina, quien me dio alojamiento incondicional durante todo mi periodo educativo, a mi abuela, quien de igual forma me proveyó de atención y cariño, y finalmente a mis amigos de la carrera, quienes estuvieron conmigo a lo largo de todo este tiempo.

Agradezco a mi asesor, el Dr. Juan Ramón Beltrán Castro, por dedicarme de su tiempo y conocimiento para la elaboración del presente trabajo, así como al MZC. Plutarco Hernández, por ayudarme en la identificación taxonómica de los organismos estudiados. De igual forma agradezco al ITCH y al ITZM por proveer de las instalaciones y equipo necesarios.

Y por supuesto, quiero agradecer a los docentes que me formaron a lo largo de estos cuatro años y medio, por impartir sus conocimientos y prepararme para el mundo laboral de la biología.

Dedicatoria

Este trabajo fue dedicado a mis padres, quienes estuvieron para mí en todo momento, tanto en lo económico como en lo emocional, siempre pensando en darme un futuro. A mi madrina, la cual siempre será como una segunda madre para mí y ha estado conmigo en buenos y malos momentos durante la carrera. A mi abuela, quien siempre estuvo al pendiente y me brindó amor y un espacio cómodo al que llegar. A mi novia, quien estuvo a mi lado durante noches y días apoyándome a pesar de todo. Y, sobre todo, a mi padrino en paz descanse, quien su recuerdo siempre me acompañó y quien me dejó muchas enseñanzas de vida.

Índice

Introducción	7
Antecedentes.....	10
Marco teórico	12
Contexto de la Reserva de la Biósfera de Sierra la Laguna	12
Ciclo de vida de la familia Chironomidae	12
Justificación	13
Objetivos	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
Metodología	15
Área de estudio.....	15
Materiales y métodos.....	16
Colecta de muestras	16
Montaje de organismos.....	16
Identificación morfológica	16
Análisis de parámetros ambientales.....	16
Análisis estadístico.....	17
Elaboración de mapas interpolados	18
Resultados	19
Variables ambientales.....	19
Calidad de agua	23
Temporalidad verano/invierno – Calidad del agua.....	24
Estructura de la comunidad de la familia Chironomidae	25
Listado taxonómico	25

Verano	27
Invierno.....	31
Análisis multivariados	36
Discusión	44
Conclusión	50
Bibliografía.....	52

Índice de tablas y figuras

Tabla 1 Grado de calidad del agua según el rango del índice	17
Tabla 2 Calidad del agua en los cuerpos de verano 2023. Se aprecia que predomina el grado D de calidad de agua (mala calidad).	19
Tabla 3 Variables ambientales y calidad de agua en invierno de 2023. Se aprecia un alce en el índice de calidad de agua	21
<i>Tabla 4 Abundancias de subfamilias/géneros estandarizados a número de individuos/1000 litros de agua; en verano</i>	<i>28</i>
Tabla 9 Índices de descripción de comunidad por sitio: Riqueza específica (R.E.), dominancia (D), Índice de Shannon (H'), Equidad de Pielou (J'), Índice de Simpson (1-D) y abundancia relativa (A.R)	34
Tabla 10 Tabla de correlaciones entre las variables y los ejes del CCA	41
Tabla 11 Análisis de especies indicadoras (ISA). Remarcados se encuentran los organismos que presentan bioindicación	41
Tabla 12 Análisis de especies bioindicadoras (ISA) según la temporalidad	42

Ilustración 1 Ciclo de vida de Chironomidae (SIGEAMLAB 2019).....	13
Ilustración 2 Porción sur de la península de Baja California donde se muestra la localización de la RBSL, en rojo los sitios muestreados.....	16
Ilustración 3 Interpolación de índice de calidad del agua para verano (secas). Se puede observar una mejor calidad en las proximidades de la RBSL	20
Ilustración 4 Mapa interpolado para la estación de invierno (lluvias).....	22
Ilustración 5 Comparación de calidad de agua entre temporalidades.....	24
Ilustración 6 Abundancia relativa de quironómidos en verano	29
Ilustración 7 Índices ecológicos por sitio	30
Ilustración 8 Abundancia relativa de quironómidos en invierno.....	34
Ilustración 9 Índices ecológicos por sitio	35
Ilustración 10 CA con perspectiva de ICA. Donde 1 significa calidad MALA, 2 calidad MEDIA y 3 calidad BUENA	37
Ilustración 11 CA con perspectiva de temporalidad. Donde 1 significa temporalidad VERANO y 2 temporalidad INVIERNO.....	38
Ilustración 12 CCA de las variables ambientales y sitios asociados a la temporalidad (invierno y verano). Cric3=Cricotopus sp3; Micr1=Microtendipes sp1; Proc1=Procladius sp1; Thi1=Thienemanniella sp1; Tany1=Tanytarsus sp1; Lar1=Larsia sp1; Parach1=Parachironomus sp1; PolAv=Polypedilum aviceps.....	40
Ilustración 13 Presa Santa Inés. Comparación entre verano (a) e invierno (b)	46

Introducción

Los cuerpos de agua lacustre son históricamente requeridos por el ser humano para su uso, extracción y producción de alimentos, agricultura, ganadería y pesca. El agua como recurso tiene diferentes valores de uso, que va desde lo doméstico a lo industrial. Por otro lado, el agua extraída es usada en la industria alimentaria para la limpieza diaria de maquinaria, el lavado de manos de los trabajadores, o como ingrediente principal en muchos productos, pueden ser los jugos, refrescos, cerveza, entre otros (Lucas y García 2018). El agua es importante en áreas como la agricultura en países subdesarrollados de zonas áridas y semiáridas (Herraiz 2009). En los ecosistemas acuáticos se encuentran una variedad de hábitats que albergan diversos grupos de organismos, lo que da lugar a la formación de una intrincada red trófica (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo 2022).

En la porción sur de la Península de Baja California se encuentra el área natural protegida de la Reserva de la Biósfera de Sierra Laguna (RBSL), donde debido al acelerado crecimiento en la región sur del estado, se ha planteado la necesidad de extraer agua para fines de provisión lo cual ha superado la capacidad de recarga de los acuíferos conduciendo a un déficit hídrico (Sánchez-Brito et al. 2012). Encuestas aplicadas en poblaciones cercanas y dentro de la reserva, más específicamente en las comunidades de San Jorge y San Dionisio, indican que el uso de recursos naturales a su alcance incluye agua de ríos y arroyos, y cerca del 70% de familias, designan alrededor del 70% de esta disponibilidad de agua para actividades sociales (Olmos-Martínez et al. 2013).

Dada la importancia del servicio ecosistémico de provisión del agua, el estudio de calidad de agua en la RBSL es necesaria. Actualmente, se relacionan diversas enfermedades relacionadas a aguas con estándares bajos de calidad que pueden conllevar efectos adversos hasta mortales, como enfermedades diarreicas que son la tercera causa de muerte de infantes de 5 años a nivel mundial (Sánchez, 2018). Se han encontrado en aguas de mala calidad bacterias de importancia que pueden

causar fiebres, tos, vómitos, dolores abdominales, heces mucosas, convulsiones, colitis, entre muchos otros síntomas; de igual forma existen protozoarios de importancia que pueden ingresar al tracto digestivo por la ingesta de aguas contaminadas; así mismo, existen virus como el Enterovirus, el virus de la Hepatitis A, el Rotavirus, o Virus Norwalk-like, que provocan síntomas gastrointestinales, encefalitis, cansancio, debilidad muscular, diarreas, vómitos, entre otros síntomas (Cano et al. 2021).

Existen metodologías usadas para medir la calidad del agua, como los indicadores de Índice de Calidad del Agua (ICA), los cuales utilizan un grupo de variables medidas para generar un valor que califica y cualifica la fuente, cuyos índices han ido mejorando a través del tiempo. Horton (1965), dice que se indica el grado de contaminación, expresándose como porcentaje de agua pura, indicando así, en el caso de un agua altamente contaminada, valores cercanos al 0%, en tanto que un agua en excelentes condiciones tendría valores cercanos al 100%. Este índice utiliza diez variables, dichas variables son el oxígeno disuelto, recuento de coliformes, pH, conductancia específica, alcalinidad, contenido de cloruro y temperaturas. Sin embargo, se ha desarrollado un índice universal que utiliza 23 variables físico-químicas y microbiológicas entre las que se encuentran coliformes totales, cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruros, nitratos, oxígeno disuelto, pH, demanda biológica de oxígeno (DBO) y fósforo total (Castro et al. 2014)

Entre las estrategias usadas, también se encuentran los bioindicadores, que son organismos que son sensibles a los cambios de parámetros físico y químicos del ambiente en el que habitan, por lo que, debido a su presencia o comportamiento ante estos cambios, indican el estado del hábitat en el que se encuentran (Morales Salinas 2011). Dichos indicadores son altamente usados pues suelen ser más relevantes a nivel biológico, así como más baratos y prácticos en comparación con métodos físicos y químicos (Holt y Miller 2011).

Un bioindicador útil en cuerpos de agua lacustres son los organismos en su fase larvaria de la familia Chironomidae (Molineri et al. 2020), debido a que sus estadios

se desarrollan en el agua, así como requieren de ciertos valores ambientales en cada estadio para seguir desarrollándose (Oliver 1971), por lo que dan una idea del estado del medio en donde se encuentran. La familia Chironomidae son pertenecientes al orden díptera y son ampliamente distribuidos por el mundo pero sensibles a variaciones de temperatura, pH, salinidad, concentración de oxígeno, velocidad de corrientes, productividad, entre otros parámetros (Armitage, Pinder, y Cranston 2012).

El valor de bioindicadores de dichos organismos se asocia a que son altamente sensibles a cambios de las variables ambientales de su entorno, considerándose organismos estenotópicos (Luoto 2011), a su ubicuidad, alta abundancia y diversidad (Adriaenssens et al. 2004), siendo este taxon la mayor parte de la comunidad biológica que conforman aguas dulces dependiendo de las condiciones espaciales y temporales (Molineri et al. 2020). Algunas de las variables observadas que afectan a los quironómidos son la presencia de contaminantes por metales pesados, que generan deformaciones en sus aparatos bucales (Adriaenssens et al. 2004), condición del oxígeno y estado trófico del agua (Rossaro et al. 2007), demanda biológica de oxígeno, conductividad eléctrica, temperatura, pH, carbono orgánico total, fósforo total, nitratos, entre otros. Según los datos que se recopilen, se analizan la presencia y abundancia de especies de quironómidos para darles un valor de bioindicador (Carew et al. 2007).

Antecedentes

Castro et al., (2014) recopilaron los antecedentes sobre diferentes índices de calidad de agua que se fueron perfeccionando a través del tiempo y conforme a las necesidades de las actividades humanas. La evolución de estos índices comienza en el siglo XX con Horton (1965), quien propuso el primer ICA, contemplando el uso de diez variables entre las que se encuentran el DO, pH, temperatura, recuento de coliformes, DBO, conductancia, alcalinidad, contenido de cloruro, nitratos y fosfatos. Posteriormente, con base al trabajo de Horton, la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF), creó una variable del ICA en 1970 considerando características favorables para el consumo humano. Luego Dinius, desarrolló un sistema que considerara los costos y el impacto de los esfuerzos de control de la contaminación, planteando un ICA conformado por nueve variables físico-químicas y dos microbiológicas. Mingo-Magro (1981) propuso un índice universal donde se toman en cuenta 23 variables físico-químicas y microbiológicas con diferentes niveles de complejidad según al uso del agua. Castro et al. (2014) concluyeron que es de gran importancia que organismos gubernamentales, urbanistas, compañías de agua potable, etc., aporten con la información sobre el agua y afirman que, en todos los índices, se incluyen al menos tres de los siguientes parámetros: O₂, DBO o DQO, NH₄ -, PO₄ - P, NO₃ -N, pH y sólidos totales.

Carew et al. (2007) Mostraron que los ensamblajes de quironómidos se estructuran en los humedales y se relacionan con las condiciones ambientales, esto a través de los métodos Escalamiento Multidimensional no métrico (NMS) y Análisis de Correspondencia Canónica (CCA). Gracias a esto, se identificaron posibles bioindicadores por las regresiones logísticas, de los que *Riethia stictoptera*, *Tanytarsus inextentus*, *Coelopynia* y *Chironomus 'februarius'*, se asociaron de forma negativa a la polución, mientras que *Chironomus dúplex* de manera positiva. Se concluyó que taxa específicos de quironómidos tienen mayor potencial de bioindicadores que ensamblajes enteros, siempre que se consideren sus preferencias ecológicas y se caracterice su sensibilidad a la contaminación.

Ilkova et al. (2017) estudiaron el genoma de comunidades de quironómidos en los ríos polacos Chechło y Biała Przemsza, afectados por más de 50 años por metales pesados debido a los vertidos de minas en Trzebinia y Bukowno. Se estudió inestabilidad del genoma en las especies *Prodiamesa olivacea* Meigen, *P. bureschi* Michailova, *Chironomus riparius* Meigen y *C. annularius* Meigen mediante mutaciones cromosómicas somáticas y hereditarias, dando como resultado, con base al índice somático, que los valores más altos de alteración fueron las especies del género *Chironomus*; sin embargo, los resultados arrojaron que las especies de otros géneros tienen una reacción genómica específica al estrés ambiental. Concluyeron que la inestabilidad del genoma fue provocada, en todos los casos, por el estrés ambiental causado por iones de metales traza, pero esto puede ser usado como un válido biomarcador de contaminación por metales pesados en ecosistemas acuáticos.

Prat y Castro-López, (2023) realizaron un estudio sobre quironómidos bioindicadores en el río Pesquería, en Monterrey con el fin de relacionar la composición y abundancia de estos organismos con la salud fluvial. Encontraron que *Chironomus* gr. *plumosus*, *Rheotanytarsus* spp. y *Cricotopus* gr. *Bicinctus* fueron las especies más abundantes. Distinguieron tres sectores principales en el río, que fueron: 1) donde se encuentra la mayor biodiversidad y los organismos con mayor intolerancia a contaminantes, 2) la zona media contaminada y que tiene mayor presencia de organismos con mayor tolerancia a la polución, que fueron organismos de los géneros *Chironomus* y *Dicrotenpides* y 3) la sección más baja, donde la comunidad está conformada principalmente por organismos del género *Rheotanytarsus*. Concluyeron que las especies de la familia Chironomidae puede ser buenos bioindicadores que mejora su eficacia mientras que se logre identificar rangos taxonómicos más bajos.

Marco teórico

Contexto de la Reserva de la Biósfera de Sierra la Laguna

En esta región se encuentran ecosistemas únicos y tiene un alto valor como sitio de recarga de mantos acuíferos (CONANP 2003). A lo largo de esta área se encuentra una amplia diversidad de vegetación gracias a los factores físicos y la incidencia del medio ambiente; entre esta vegetación se encuentran matorrales, bosque tropical caducifolio, vegetación de cañada, bosque de encinos, bosque de pino-encino y pastizales (CONANP 2003).

Ciclo de vida de la familia Chironomidae

La familia Chironomidae son un grupo de insectos pertenecientes al orden Diptera comúnmente llamados mosquitos no picadores, debido la reducción de sus piezas bucales y a que no se alimentan en su fase adulta. Se estima que existen más de 15,000 especies, representando más del 50% del número total de macroinvertebrados (Murrieta-Morey, Nájar, y Alcantara-Bocanegra 2016).

Los quironómidos presentan un ciclo de vida completo, donde existen los estadios de huevo, larva, pupa y adulto. En la fase de huevo, estos están envueltos en una capa gelatinosa que se llega a expandir en el agua varias veces su tamaño original y varía su forma dependiendo de la subfamilia, aunque las dos formas más comunes son la forma linear y la compacta (Oliver 1971). Es casi universal que los quironómidos tengan cuatro estadios larvarios, donde, en el primer estadio, las larvas eclosionadas nadan por el agua siendo fotopositivas y permanecen planctónicas hasta encontrar un hábitat apropiado para inmolarse en el sustrato, donde formarán tubos con partículas del sustrato y seda secretada de sus glándulas salivares, donde se desarrollarán y se alimentarán de partículas del medio hasta alcanzar la madurez. Al nadar, estas larvas consumen energía que obtienen de algas suspendidas o detrito, por lo que suelen estar cerca de vegetación acuática (Hernández 2021; Oliver 1971). En su fase de pupa, dependiendo la especie, pueden haber dos formas: sedimentarias o de vida libre (Oliver 1971). En esta fase los organismos pueden durar entre horas o días hasta dirigirse a la superficie del agua

para pasar a la fase adulta, la cual tiene un aparato bucal reducido, por lo que no pueden alimentarse y sólo buscarán aparearse (Oliver 1971).

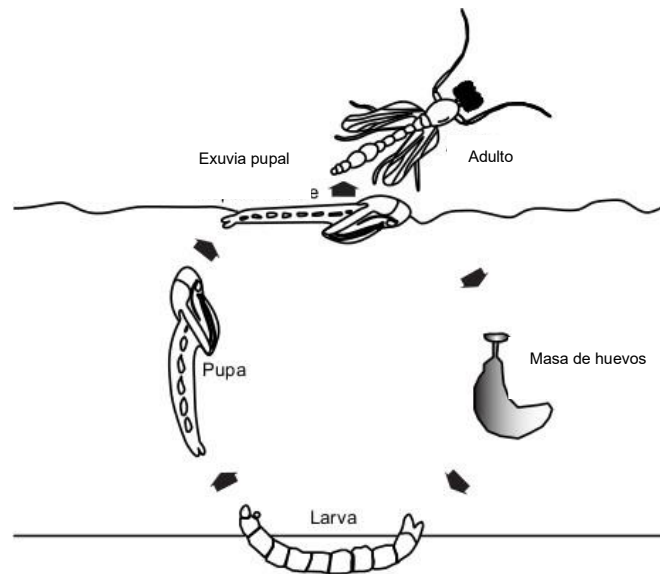


Ilustración 1 Ciclo de vida de Chironomidae (imagen tomada y modificada de SIGEAMLAB 2019).

El hecho de que las larvas se desarrollen en el sedimento hace que sean útiles como bioindicadores, donde se encuentran expuestas a los contaminantes que se liberan a la columna de agua. Evidencia ha demostrado que estas larvas pueden tener deformaciones en los aparatos bucales mayormente debido a la exposición a contaminantes como metales pesados o enriquecimiento de nutrientes (Ilkova et al. 2017). Entre las deformaciones más comunes se encuentran cambios en la simetría de dientes, mandíbulas y premandíbulas que incluyen la adición, disminución, fusión y fisura de uno o más dientes, pudiendo aparecer de una forma un poco más acentuada (BIASI y RESTELLO 2010).

Justificación

El uso de la bioindicación es un área de gran importancia debido a que emplea organismos que, entre sus características, poseen ciclos de vida cortos, por lo que son afectados rápidamente por los cambios en las variables ambientales, así como la reducción de costos de monitoreo. Para el caso de su uso en relacionar la calidad del agua es imprescindible debido al valor intrínseco atribuido en el desarrollo humano.

En la porción sur de Baja California Sur, el acceso a cuerpos de agua es el más limitado que en el resto de la península, por lo que se debe asegurar que la que se emplee para uso humano, no provoque afectaciones a la población. Aun así, en el estado de Baja California Sur no existen estudios de calidad del agua de los cuerpos de agua continentales, más allá de estudios de agua superficial en monitoreos de la CONAGUA (CONAGUA, 2025) que no toman parámetros consistentes.

Los organismos de la familia Chironomidae podría servir como una herramienta de obtención de condición trófica de los sistemas a través del tiempo (Hernández 2021). La amplia abundancia y diversidad de este grupo, así como la facilidad de colecta, hacen que sean viables como herramienta de bioindicación, conociendo sus características biológicas y ecológicas.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la calidad del agua de la reserva de los sistemas lacustres de la Biósfera de Sierra la Laguna (RBSL) y oasis aledaños mediante indicadores fisicoquímicos y quironómidos como herramientas de bioindicación y evaluar su variación estacional.

Objetivos específicos

- Determinar la calidad del agua de los sistemas lacustres de la RBSL mediante el Índice de Calidad del Agua.
- Caracterizar la estructura y composición de la comunidad de quironómidos de la RBSL en función a la calidad de agua y parámetros físico-químicos medidos, así como evaluar su variación estacional.
- Determinar las especies bioindicadores de quironómidos asociados a los distintos grados de calidad del agua (ICA).

Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la calidad del agua de los sistemas lacustres epicontinentales en la RBSL y oasis aledaños?

- ¿Cuáles parámetros físico-químicos explican mejor la distribución y abundancia de quironómidos en estos sistemas?

Metodología

Área de estudio

Para el área de estudio se delimitará la porción sur del estado de Baja California Sur, comparando la zona de la RBSL con el resto de cuerpos de agua de la región. La RBSL es un área localizada al sur del estado de Baja California Sur de 112,437.07 hectáreas declarada Área Natural Protegida (ANP) el 06 de junio de 1994 (CONANP 2003). Dicha ANP se encuentra en la región hidrológica prioritaria llamada Sierra de la Laguna y oasis aledaños (CONABIO 2012). Esta área es considerada una isla biológica debido a un proceso geológico de separación continental, lo que causó que se dieran determinadas condiciones climáticas, orográficas y biológicas que, por consecuencia, la región presenta las características para tener un alto grado de endemismo.



Ilustración 2 Porción sur de la península de Baja California donde se muestra la localización de la RBSL, en rojo los sitios muestreados (Mapa propio)

Materiales y métodos

Colecta de muestras

Se delimitaron 18 cuerpos de agua en la porción sur de Baja California Sur donde se recolectaron muestras con ayuda de una red cilíndrico-cónica de 300µm, filtrando 200 litros de agua por sitio, posteriormente, se fijaron las muestras en etanol al 96% y se realizó un recambio de alcohol a las 24 horas para almacenar a temperatura ambiente en oscuridad. Las muestras de agua se tomaron en frascos plásticos de polipropileno de 500 ml de capacidad y se refrigeraron a 4°C.

Montaje de organismos

Para montar a los organismos se les cortó la cápsula cefálica y se sumergió en una solución de KOH al 10% para la degradación de tejidos blandos. Una vez aclaradas, se montaron en posición ventral en un portaobjetos con líquido de Hoyer.

Identificación morfológica

Las muestras se identificaron y contaron a partir de tres alícuotas de 20 ml que se obtuvieron a partir de un volumen total de 250 ml de muestra de zooplankton y etanol. Estas alícuotas se agitaron para homogeneizar y se fraccionó con ayuda de una pipeta Stempel de 20 ml de capacidad calibrada. Se llevó a cabo la identificación morfológica hasta el nivel taxonómico más bajo posible, usando claves de identificación de Epler (2001), Hamerlik et al. (2018), Madden (2010), Prat i Fornells & Rieradevall i Sant (2014) y Ruiz Moreno et al. (2000) (Hernández, 2021).

Análisis de parámetros ambientales

Para cada cuerpo de agua, se midió en sitio, el oxígeno disuelto, los sólidos suspendidos totales y el pH con una sonda multiparamétrica WTW Multi Set 350i y una sonda Hanna HI 9813-0 y la demanda bioquímica de oxígeno se midió por cinco días, usando el protocolo de Delzer y McKenzie (2003).

En el caso de los nitratos se usó el Test Kit Nitratos NO₃-N (0 a 50 mg/ L) 100 test de Hanna Instruments®; para los fosfatos el Test Kit HI38061 de la misma marca; y para los coliformes el Kit 3M 1774. Placa para coliformes de la marca Petrifilm 3M.

Una vez obtenidos los parámetros se calculó el ICA conforme a las ponderaciones según Brown et al. (1970) apoyándose en la plataforma know your H2O (<https://www.knowyourh2o.com/outdoor-3/water-quality-index-calculator-for-surface-water>) (tabla 1).

Los parámetros ambientales medidos de los cuerpos de agua se usaron para aplicar la fórmula de ICA. Se usó una escala según el grado de calidad del agua donde A significa excelente; B, bueno; C, medio; D, malo; y E, pésimo.

Tabla 1 Grado de calidad del agua según el rango del índice

Grado	Rango de ICA	Estado de calidad
A	90-100	Excelente
B	70-89	Bueno
C	50-69	Medio
D	25-49	Malo
E	0-24	Pésimo

Análisis estadístico

Para caracterizar la comunidad, se usó el software Past versión 4.03 para calcular la diversidad de Shannon-Wiener ($H' = - \sum p_i \lg_2 p_i$), el índice de dominancia de Simpson ($\lambda = \sum p_i^2$) y el índice de equidad de Pielou ($J' = H' / H'_{\max}$), así como la abundancia relativa y riqueza específica (Hernández 2021).

Los datos obtenidos se procesaron en PCORD 6 mediante un Análisis de Agrupamiento de dos Vías, analizando el ICA y las comunidades de quironómidos, y un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) usando dos matrices: una de abundancia de especies y la otra para las variables ambientales previamente mencionadas. Estas abundancias de especie se transformarán en $\log(x+1)$ y las variables ambientales se relativizaron para no dar más peso a cualquier variable dependiendo del rango natural de variabilidad de las unidades de cada variable.

El CCA, se realizó con el fin de explorar la variabilidad de la abundancia espacial de las especies asociada a las variables ambientales obtenidas.

Se realizó también, un análisis de Procedimiento Permutacional de Multirrespuesta (MRPP) con el fin de demostrar la existencia de diferencias de relevancia en las

abundancias o frecuencias de aparición en el ensamblaje de la comunidad de quironómidos, comparando entre estaciones con baja calidad de agua contra las estaciones con buena calidad, además, se realizó para comparar por temporalidad, en estación verano (secas) vs Invierno (Lluvias). Esta técnica proporciona un descriptor estadístico de la homogeneidad dentro del grupo en comparación con la expectativa aleatoria y la probabilidad de significancia.

Se usó un test de Montecarlo para medir la influencia de las variables tomadas en relación a la calidad del agua, siguiendo la metodología de Oviedo-Machado et al. (2018).

Posteriormente, las especies que causan las diferencias se pusieron bajo la técnica de Análisis de Especies Indicadoras o ISA, pues describe la fidelidad de cada especie presente en las unidades de muestreo consideradas según los criterios de contraste de la hipótesis nula propuesta para el análisis MRPP. Los valores de este indicador van desde 0 a 100%, donde 0 significa nada de indicación y 100 la máxima indicación. El 100% indicaría que una especie está representada en un grupo de unidades de muestreo significativamente más abundante.

Elaboración de mapas interpolados

Se elaboraron mapas interpolados de la región estudiada con el fin de observar el comportamiento y variabilidad del ICA en función a cada cuerpo de agua y poder observar un patrón de forma gráfica. Para estos mapas se usó el software QGIS 3.32.3.

Resultados

Variables ambientales

Durante el verano de 2023, se obtuvieron una cantidad menor de muestras con respecto a invierno del mismo año debido a las sequías de cuerpos de agua de la región. Fue posible determinar la calidad del agua de once cuerpos, tanto dentro, como fuera del área natural protegida RBSL. Las variables que más fluctuaron, fueron la temperatura, el pH y el DBO. La temperatura tuvo su valor más alto en San Lázaro, con 35.8 °C, mientras que el valor más bajo fue en Primer Valle, con 20.2 °C; en el caso del oxígeno, se registró en El Chorro el valor más alto, con 7.33 g/l y en Todos santos el más bajo con 0.94 g/l; los coliformes tuvieron en Todos santos el valor más alto, con 912 NMP/100 ml, y en San Bartolo el más bajo, con 12 NMP/100 ml; para los fosfatos se obtuvo su valor más alto en Estero San José con 10 mg/l, y en Segundo Valle el menor, con 0.05 mg/l; los nitratos no tuvieron una variabilidad significativa, siendo que en todos los sitios tuvo un valor menor a 10 mg/l; el sitio con mayor concentración de sólidos totales fue Todos santos, con 1.31 ppt, y el que concentra menos, fue Segundo Valle, con 0.08 ppt; se registró la mayor turbidez en Santiago Laguna, con 33.93 NTU, mientras que la menor, se registró en San Bartolo con 0.10 NTU; el sitio con un pH más alcalino fue San Lázaro con 8.72, mientras que el pH más ácido se registró en Segundo Valle con 6.99; se obtuvo el valor más alto de DBO en Santiago Laguna con 7.05 mgO₂/l, mientras que el más bajo fue en Segundo Valle con 0.87 mgO₂/l.

Tabla 2 Calidad del agua en los cuerpos de verano 2023. Se aprecia que predomina el grado D de calidad de agua (mala calidad).

Estación de muestreo	Temperatura (°C)	Oxígeno (g/l)	Coliformes (NMP/100ml)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Sólidos Totales (ppt)	Turbidez	pH	DBO (mgO ₂ /l)	Índice de calidad del Agua	Grado de calidad
Presa San Lázaro 1	35.8	4.9	288	0.4	10	0.21	1.77	8.72	3.15	44	Malo
Presa San Lázaro 2	35.8	4.9	288	0.4	10	0.21	1.77	8.72	2.85	44	Malo
San Bartolo 1	28.2	4.93	12	0.1	10	0.23	0.10	7.03	0.915	56	Medio
San Bartolo 2	28.2	4.93	12	0.1	10	0.23	0.10	7.03	2.85	54	Medio
Las Cuevas 1	27.8	2.88	247	0.75	10	0.17	0.68	7.42	2.475	49	Malo
Las Cuevas 2	27.8	2.88	247	0.75	10	0.17	0.68	7.42	2.34	49	Malo
Sol de Mayo 1	33.1	4.46	15	0.2	10	0.24	1.77	8.4	2.79	50	Medio

Sol de Mayo 2	33.1	4.46	15	0.2	10	0.24	1.77	8.4	3.6	49	Malo
Santiago Laguna 1	33.2	1.39	26	0.2	10	0.27	33.93	7.03	4.425	46	Malo
Santiago Laguna 2	33.2	1.39	26	0.2	10	0.27	33.93	7.03	7.05	44	Malo
El Chorro Santiago 1	32.9	7.33	171	0.3	10	0.18	8.26	8.56	3.24	45	Malo
El Chorro Santiago 2	32.9	7.33	171	0.3	10	0.18	8.26	8.56	3.45	44	Malo
Miraflores 1	34.6	3.7	228	0.65	10	0.38	10.57	7.34	1.74	47	Malo
Miraflores 2	34.6	3.7	228	0.65	10	0.38	10.57	7.34	3.96	45	Malo
Estero San José 1	33.1	1.03	247	10	10	0.46	6.78	7.17	3.825	37	Malo
Estero San José 2	33.1	1.03	247	10	10	0.46	6.78	7.17	4.23	37	Malo
Primer Valle	20.2	3.27	209	0.1	10	0.08	1.77	7.18	1.47	52	Medio
Segundo Valle	20.6	1.46	77	0.05	10	0.08	3.75	6.99	0.87	54	Medio
Laguna Todos Santos 1	30.5	0.94	912	0.4	10	1.31	6.94	7.73	3.42	44	Malo
Laguna Todos Santos 2	30.5	0.94	912	0.4	10	1.31	6.94	7.73	5.13	42	Malo

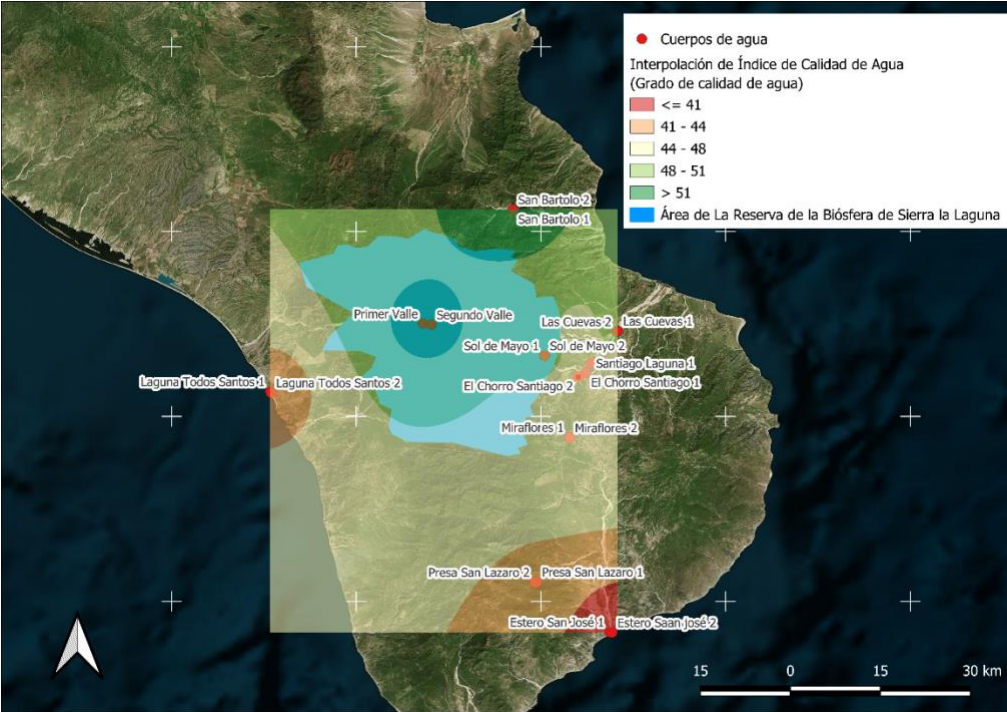


Ilustración 3 Interpolación de índice de calidad del agua para verano (secas). Se puede observar una mejor calidad en las proximidades de la RBSL (Mapa propio)

Durante invierno de 2023, al haber presencia de lluvias, estuvieron presentes 18 cuerpos de agua. La temperatura tuvo su valor más alto en Estero San José, con 29 °C, mientras que el valor más bajo fue en Santiago Laguna, con 17.8 °C; en el

caso del oxígeno, se registró en Todos Santos Laguna el valor más alto, con 16.2 g/l y en Santiago Laguna el más bajo con 2.3 g/l; las coliformes tuvieron en Estero San José el valor más alto, con 960 NMP/100 ml, y en San Bartolo el más bajo, con 0 NMP/100 ml; para los fosfatos se obtuvo su valor más alto en San Antonio con 14 mg/l, y en Portón la Burrera el menor, con 0.18 mg/l; se registró el nivel más alto de nitratos en San Antonio, con un valor de 20 mg/l, mientras que el menor, en El Chorro, con 0.2 mg/l; el sitio con mayor concentración de sólidos totales fue San Antonio, con 0.87 ppt, y el que concentra menos, fue Santa Inés, con 0.06 ppt; se registró la mayor turbidez en El Rosario con 71.03 NTU, mientras que la menor, se registró en Todos Santos Río con 0.02 NTU; el sitio con un pH más alcalino fue San Lázaro con 9.31, mientras que el pH más bajo se registró en Santiago Laguna con 7.1; se obtuvo el valor más alto de DBO en San Lázaro con 23.7 mgO₂/l, mientras que el más bajo fue en Todos Santos Río con 3.6 mgO₂/l.

Tabla 3 Variables ambientales y calidad de agua en invierno de 2023. Se aprecia un alce en el índice de calidad de agua

Estación de muestreo	Temperatura (°C)	Oxígeno (g/l)	Coliformes (NMP/100ml)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Sólidos Totales (ppt)	Turbidez	pH	DBO (mgO ₂ /l)	Índice de calidad del Agua	Grado de calidad
Presa San Ines 1	18.7	4.45	0	0.35	15	0.06	30.37	8.2	12	58	Medio
Presa San Ines 2	18.7	4.45	0	0.35	15	0.06	30.37	8.2	5.1	61	Medio
Río Todosantos 1	24.5	5.8	608	0.4	5	0.33	0.02	7.5	8.7	63	Medio
Río Todosantos 2	24.5	5.8	608	0.4	5	0.33	0.02	7.5	3.6	66	Medio
Laguna Todosantos 1	19.2	16.2	192	0.24	3	0.74	14.22	8.94	14.4	55	Medio
Laguna Todosantos 2	19.2	16.2	192	0.24	3	0.74	14.22	8.94	9	56	Medio
San Pedro de las Palmas 1	22	3.3	160	4	8	0.36	0.62	7.2	6.6	49	Malo
San Pedro de las Palmas 2	22	3.3	160	4	8	0.36	0.62	7.2	4.8	51	Medio
El Portón de la Burrera 1	22	7.8	12	0.18	2	0.14	1.91	7.92	9.6	71	Bueno
El Portón de la Burrera 2	22	7.8	12	0.18	2	0.14	1.91	7.92	3.75	77	Bueno
Estero San José 1	29	5.1	960	13	9	0.48	14.04	7.37	21.9	47	Malo
Estero San José 2	29	5.1	960	13	9	0.48	14.04	7.37	9.9	50	Medio
Presa San Lázaro 1	23	11.8	176	0.34	2	0.14	7.58	9.31	23.7	57	Medio
Presa San Lázaro 2	23	11.8	176	0.34	2	0.14	7.58	9.31	11.85	59	Medio
Caduaño 1	26.7	9	304	3.6	1	0.36	26.2	8.48	21.9	54	Medio
Caduaño 2	26.7	9	304	3.6	1	0.36	26.2	8.48	10.8	56	Medio
Miraflores Puente 1	25.6	8.4	576	3.8	0.5	0.26	7.05	7.92	20.4	58	Medio
Miraflores Puente 2	25.6	8.4	576	3.8	0.5	0.26	7.05	7.92	10.2	60	Medio

Boca Sierra 1	19.9	8.4	96	0.55	0.2	0.17	1.33	8.27	21.9	66	Medio
Boca Sierra 2	19.9	8.4	96	0.55	0.2	0.17	1.33	8.27	11.1	68	Medio
Santiago el Chorro 1	22.1	7.7	144	0.32	0.2	0.14	9.67	8	22.5	66	Medio
Santiago el Chorro 2	22.1	7.7	144	0.32	0.2	0.14	9.67	8	11.7	68	Medio
Santiago Laguna 1	17.8	2.3	192	0.42	0.3	0.27	4.61	7.1	22.8	54	Medio
Santiago Laguna 2	17.8	2.3	192	0.42	0.3	0.27	4.61	7.1	10.5	56	Medio
Sol de Mayo 1	18.8	10.7	6	0.2	0.5	0.16	1	8.28	9.6	75	Bueno
Sol de Mayo 2	18.8	10.7	6	0.2	0.5	0.16	1	8.28	4.95	77	Bueno
Las Cuevas 1	26.6	10.3	0	0.38	0.5	0.21	5.32	8.21	12.6	73	Bueno
Las Cuevas 2	26.6	10.3	0	0.38	0.5	0.21	5.32	8.21	7.65	75	Bueno
San Bartolo 1	26.5	8.5	12	0.3	7	0.23	0.12	7.15	11.4	70	Bueno
San Bartolo 2	26.5	8.5	12	0.3	7	0.23	0.12	7.15	4.95	73	Bueno
San Antonio 1	23.7	8.4	0	14	20	0.87	0.04	7.39	19.2	63	Medio
San Antonio 2	23.7	8.4	0	14	20	0.87	0.04	7.39	7.35	67	Medio
El Rosario 1	22	10.3	24	0.55	4	0.63	71.03	8.25	12.3	61	Medio
El Rosario 2	22	10.3	24	0.55	4	0.63	71.03	8.25	5.7	64	Medio
San Blas 1	21.9	10.7	20	1	0.5	0.36	8.26	8.25	14.4	66	Medio
San Blas 2	21.9	10.7	20	1	0.5	0.36	8.26	8.25	6.6	68	Medio

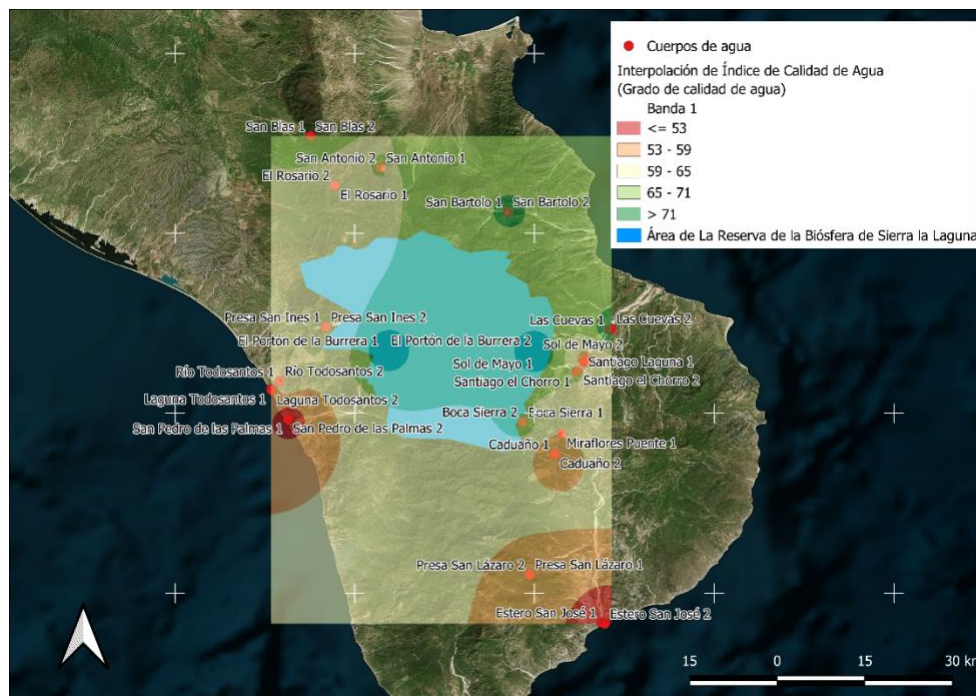


Ilustración 4 Mapa interpolado para la estación de invierno (lluvias) (mapa propio)

Calidad de agua

Bajo este contexto se observó un cambio en el patrón de calidad de agua, tales diferencias influenciaron en un aumento del índice de calidad del agua para invierno, en ese sentido, también se tuvo un incremento en el número de cuerpos lacustres muestreados. Para verano se observó que el cuerpo de agua con mejor calidad fue San Bartolo, con un ICA de 56, siendo de calidad media, mientras que el sitio con peor calidad fue Estero San José, con un ICA de 37, siendo calidad mala (tabla 2). Por otro lado, en invierno, el sitio con mejor calidad fue Portón la Burrera, con un ICA de 77, siendo buena calidad, mientras que el sitio con peor calidad fue Estero San José, con 47, siendo calidad mala (tabla 3).

El análisis MRPP, para poner a prueba la hipótesis de los grupos formados por calidad de agua, arrojó diferencias significativas, pues el grupo de calidad media comparado al grupo de calidad mala presenta un valor $p=0.00047058$, el grupo de calidad media con el de calidad buena un valor $p=0.00702840$ y el grupo de calidad mala con el de calidad buena, un valor $p=0.00024139$. Posteriormente, al realizar el test de Montecarlo para establecer las variables que más influyeron en la estructura de los grupos de calidad de agua, se obtuvo que las variables que más influyeron en los sistemas categorizados como mala calidad fueron: la temperatura [$p=0.0010$], los coliformes [$p=0.0020$], los sólidos totales [$p=0.0290$], el pH [$p=0.0020$] y el DBO [$p=0.0010$], mientras que para la mediana y buena calidad no se hallaron valores significativos.

Temporalidad verano/invierno – Calidad del agua

Como se mencionó anteriormente, las variables ambientales cambiaron dentro de las diferentes temporalidades verano (secas) e invierno (lluvias) marcando diferencias significativas entre ellas; en ese sentido, ese cambio no solo influyó en el número de sistemas muestreados, sino que también en las variables ambientales que influyen en la calidad de estos mismo sistemas, como se puede observar en la figura 5, la calidad del agua se modificó en los sistemas, durante el verano el 73% fueron catalogados como mala calidad mientras que el 27% restante mediana calidad, sin embargo después de las lluvias este patrón se modificó drásticamente donde se obtuvo un 22% de buena calidad (dicha categoría estuvo ausente en época de secas), 72% mediana calidad y 6% mala calidad, siendo Estero San José el único sitio que, a pesar de haber tenido un incremento en el ICA, sigue estando en la categoría de mala calidad.

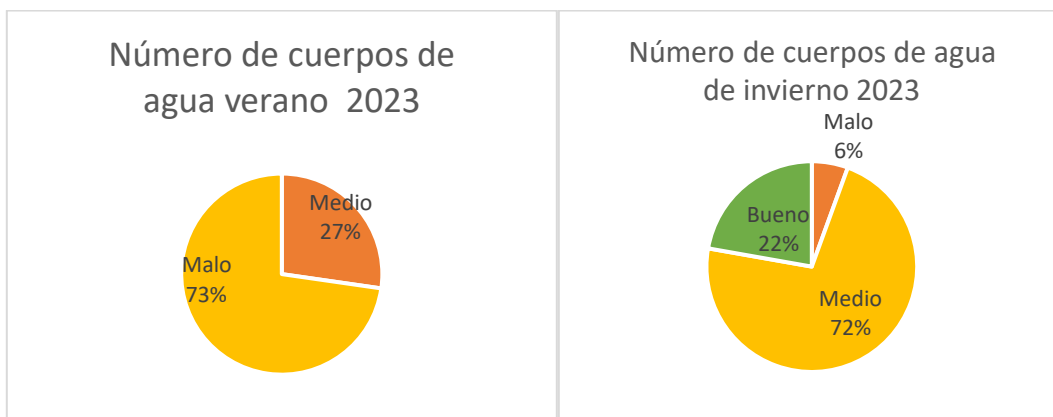


Ilustración 5 Comparación de calidad de agua entre temporalidades

Estructura de la comunidad de la familia Chironomidae

En el presente estudio se identificaron y cuantificaron un total de 3 subfamilias, 37 géneros y, 100 morfoespecies, siendo los de la subfamilia Tanypodinae los más diversos con 15 géneros y 36 morfoespecies; a continuación, se muestra un listado de la diversidad de morfoespecies identificadas:

Listado taxonómico

Familia Chironomidae

Subfamilia Tanypodinae

Género Ablabesmyia

Ablabesmyia sp1

Ablabesmyia sp2

Ablabesmyia sp3

Ablabesmyia sp4

Ablabesmyia sp5

Ablabesmyia sp6

Ablabesmyia sp7

Ablabesmyia sp8

Ablabesmyia sp9

Ablabesmyia sp10

Ablabesmyia sp11

Género Coelotanypus

Coelotanypus sp1

Género Hudsonimyia

Hudsonimyia sp1

Género Labrundinia

Labrundinia sp1

Labrundinia sp2

Labrundinia sp3

Labrundinia sp4

Género Larsia

Larsia sp1

Larsia sp2

Larsia sp3

Género Meropelopia

Meropelopia sp1

Género Monopelopia

Monopelopia sp1

Género Paramerina

Paramerina sp1

Paramerina sp2

Paramerina sp3

Género Parapentaneura

Parapentaneura sp1

Género Pentaneura

Pentaneura inconspicua

Pentaneura sp1

Pentaneura sp2

Género Procladius

Procladius sp1

Procladius sp2

Género *Psectrotanypus*
Psectrotanypus sp1
Género *Rheopelopia*
Rheopelopia sp1
Género *Telopelopia*
Telopelopia sp1
Género *Thienemannimyia*
Thienemannimyia sp1
Thienemannimyia sp2

Subfamilia Chironominae

Género *Apedilum*
Apedilum sp1
Apedilum sp2
Apedilum sp3
Género *Chironomus*
Chironomus sp1
Chironomus sp2
Chironomus sp3
Chironomus sp4
Chironomus sp5
Chironomus sp6
Chironomus sp7
Chironomus sp8
Chironomus sp9
Chironomus sp10
Género *Cladotanytarsus*
Cladotanytarsus sp1
Cladotanytarsus sp2
Cladotanytarsus sp3
Género *Cryptotendipes*
Cryptotendipes sp1
Género *Dicrotendipes*
Dicrotendipes sp1
Dicrotendipes sp2
Dicrotendipes sp3
Dicrotendipes sp4
Dicrotendipes sp5
Género *Goeldichironomus*
Goeldichironomus holoprasinus
Goeldichironomus sp1
Goeldichironomus sp2
Género *Microtendipes*
Microtendipes sp1
Género *Parachironomus*
Parachironomus sp1
Parachironomus sp2
Género *Paratanytarsus*
Paratanytarsus sp1
Paratanytarsus sp2
Género *Paratendipes*
Paratendipes nudisquama
Género *Polypedilum*
Polypedilum aviceps
Polypedilum sp1
Polypedilum sp2
Polypedilum sp3

Polypedilum sp4
Género *Pseudochironomus*
Pseudochironomus sp1
Pseudochironomus sp2
Género *Rheotanytarsus*
Rheotanytarsus sp1
Rheotanytarsus sp2
Rheotanytarsus sp3
Rheotanytarsus sp4
Género *Tanytarsus*
Tanytarsus sp1
Tanytarsus sp2
Tanytarsus sp3
Tanytarsus sp4
Tanytarsus sp5
Tanytarsus sp6
Subfamilia Orthocladiinae
Género *Comptosmittia*
Comptosmittia sp1
Género *Corynoneura*
Corynoneura sp1
Género *Cricotopus*
Cricotopus sp1
Cricotopus sp2
Cricotopus sp3
Cricotopus sp4
Género *Lopescladius*
Lopescladius sp1
Género *Onconeura*
Onconeura sp1
Onconeura sp2
Onconeura sp3
Género *Orthocladius*
Orthocladius sp1
Orthocladius sp2
Orthocladius sp3
Orthocladius sp4
Género *Parametriocnemus*
Parametriocnemus sp1
Género *Thienemanniella*
Thienemanniella sp1

Verano

En cuanto a las variables ecológicas, el sitio con mayor riqueza de especies en verano fue el sitio muestreo el Segundo Valle, con un total de 11 taxa, mientras que los sitios con menor riqueza fueron San Bartolo, Estero San José y Santiago Laguna, con 3 taxa cada uno (Tabla 4). Sin embargo, el sitio que presentó mayor abundancia fue El Chorro, con una abundancia relativa del 17.68%, seguido por Segundo Valle (14.8%), Sol de Mayo (12.9%) y Primer Valle (12.8%) (Tabla 5). La especie con una mayor abundancia relativa fue *Thienemanniella sp1*, con un 24.9%

y encontrándose la mayoría en San Bartolo, mientras que las especies con menor abundancia relativa fueron *Ablabesmyia* sp5, *Dicrotendipes* sp1 y *Rheotanytarsus* sp1, con 0.067% cada una, encontrándose únicamente en San Lázaro, Estero San José y Las Cuevas, respectivamente (tabla 4). *Pseudochironomus* sp1, *Cricotopus* sp1, *Chironomus* sp1, *Chironomus* sp2, *Orthocladius* sp2, *Hudsonimyia* sp1, *Chironomus* gen01, *Ablabesmyia* sp3, *Ablabesmyia* sp4, *Goeldichironomus* holoprasinus, *Labrundinia* sp2, *Procladius* sp2, *Chironomus* sp3, *Tanypodinae* sp1, *Thienemanniella* sp1, *Ablabesmyia* sp5, *Dicrotendipes* sp1, *Rheotanytarsus* sp1 presentaron un valor de dominancia de 1, siendo el más alto, mientras que el más bajo fue *Procladius* sp1 con un valor de dominancia de 0.2675 (Tabla 5).

Tabla 4 Abundancias de subfamilias/géneros estandarizados a número de individuos/1000 litros de agua; en verano

	SAN BARTOLO	PRIMER VALLE	ESTERO SAN JOSÉ	SANTIAGO LAGUNA	LAS CUEVAS	SOL DE MAYO	EL CHORRO	PUNTE MIRAFLORES	SAN LÁZARO	SEGUNDO VALLE	TODOSANTOS
<i>Ablabesmyia</i> sp1	0	0	0	0	25	10	0	0	0	0	0
<i>Ablabesmyia</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0	35	0	100	55
<i>Ablabesmyia</i> sp3	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0
<i>Ablabesmyia</i> sp4	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0
<i>Ablabesmyia</i> sp5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Chironominae</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0
<i>Chironomus</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0
<i>Chironomus</i> sp2	0	0	0	135	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus</i> sp3	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus</i> sp1	0	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus</i> sp2	0	0	255	0	0	0	0	290	0	35	0
<i>Dicrotendipes</i> sp1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Goeldichironomus</i> holoprasinus	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hudsonimyia</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0
<i>Microtenpides</i> sp1	0	0	0	0	25	0	620	0	215	185	0
<i>Labrundinia</i> sp1	0	5	0	0	0	0	70	0	35	0	155
<i>Labrundinia</i> sp2	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
<i>Orthoclaadiinae</i> sp1	0	0	0	0	20	0	0	0	0	60	0
<i>Orthoclaadiinae</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0
<i>Parachironomus</i> sp1	0	0	0	0	5	325	420	155	0	0	0
<i>Parachironomus</i> sp2	0	0	0	0	0	20	0	0	290	0	0
<i>Paramerina</i> sp1	0	0	0	0	0	10	0	0	5	0	0

<i>Polypedilum sp1</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	175	0
<i>Procladius sp1</i>	25	95	0	0	10	5	50	0	0	0	50
<i>Procladius sp2</i>	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
<i>Psectrotanytus sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0
<i>Pseudochironomus sp1</i>	0	645	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rheotanytarsus sp1</i>	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Tanypodinae sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Tanytarsus sp1</i>	0	5	0	0	0	15	140	0	0	80	0
<i>Thienemanniella sp1</i>	630	5	0	10	395	545	10	0	0	250	0
<i>Thienemannimyia sp1</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0

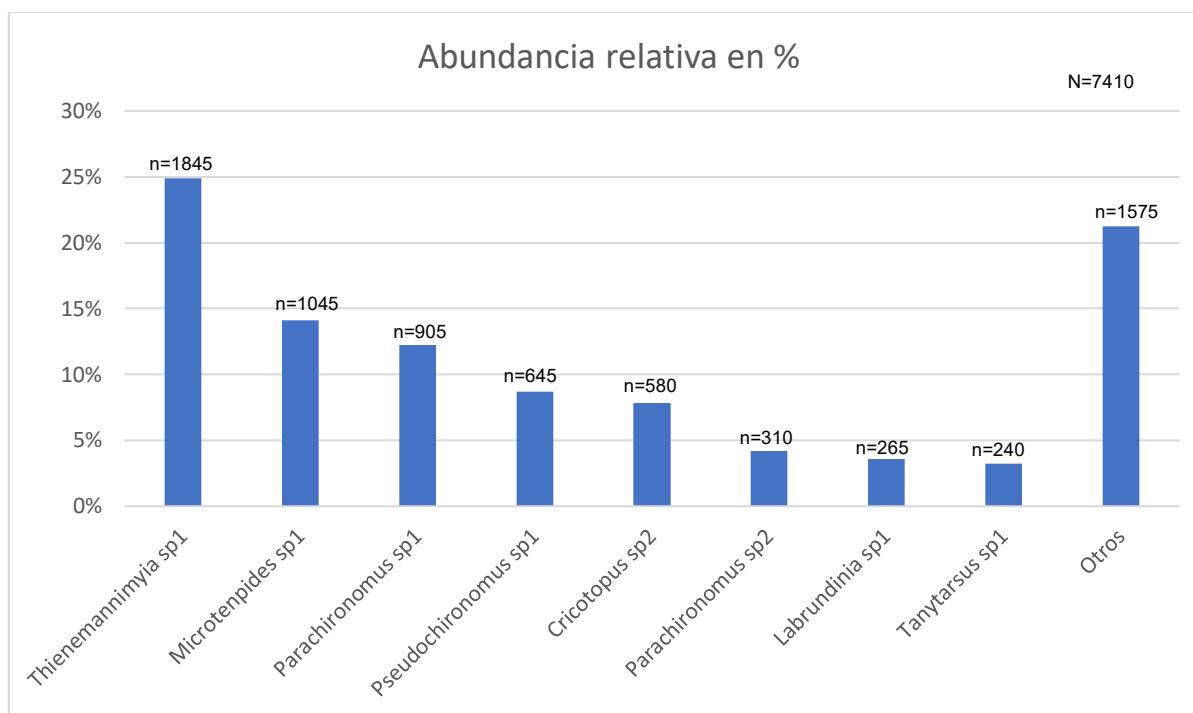


Ilustración 6 Abundancia relativa de quironómidos en verano

Se observó que el sitio con mayor diversidad fue Segundo Valle, según el índice de diversidad de Shannon (H') (Tabla 6). El índice de Equidad de Pielou presentó su mayor valor en Todos Santos con 0.8684, y el menor en San Bartolo 0.2163 (Tabla 6). El índice de Simpson obtuvo su mayor valor en Segundo Valle con 0.8582 y el menor en San Bartolo con 0.1009 (Tabla 6). El sitio con mayor dominancia fue 0.8991 en San Bartolo, mientras que el de menor dominancia fue Segundo Valle con 0.1418 (Tabla 6).

Tabla 5 Índices de descripción de comunidad por sitio: Riqueza específica (R.E.), dominancia (D), Índice de Shannon (H'), Equidad de Pielou (J'), Índice de Simpson (1-D) y abundancia relativa (A.R)

	R. E	D	1-D	H'	J'	A. R
SAN BARTOLO	3	0.8991	0.1009	0.2377	0.2163	9.0%
PRIMER VALLE	6	0.5165	0.4835	0.8974	0.5008	12.8%
ESTERO SAN JOSÉ	3	0.8086	0.1914	0.3839	0.3495	3.8%
SANTIAGO LAGUNA	3	0.7669	0.2331	0.474	0.4314	2.1%
LAS CUEVAS	8	0.6322	0.3678	0.8901	0.428	6.7%
SOL DE MAYO	9	0.4428	0.5572	1.069	0.4866	12.9%
EL CHORRO	6	0.3426	0.6574	1.276	0.7122	17.7%
PUENTE MIRAFLORES	6	0.2965	0.7035	1.443	0.8052	8.6%
SAN LÁZARO	7	0.3664	0.6336	1.21	0.6218	8.2%
SEGUNDO VALLE	11	0.1418	0.8582	2.104	0.8773	14.8%
TODOSANTOS	3	0.4371	0.5629	0.954	0.8684	3.5%

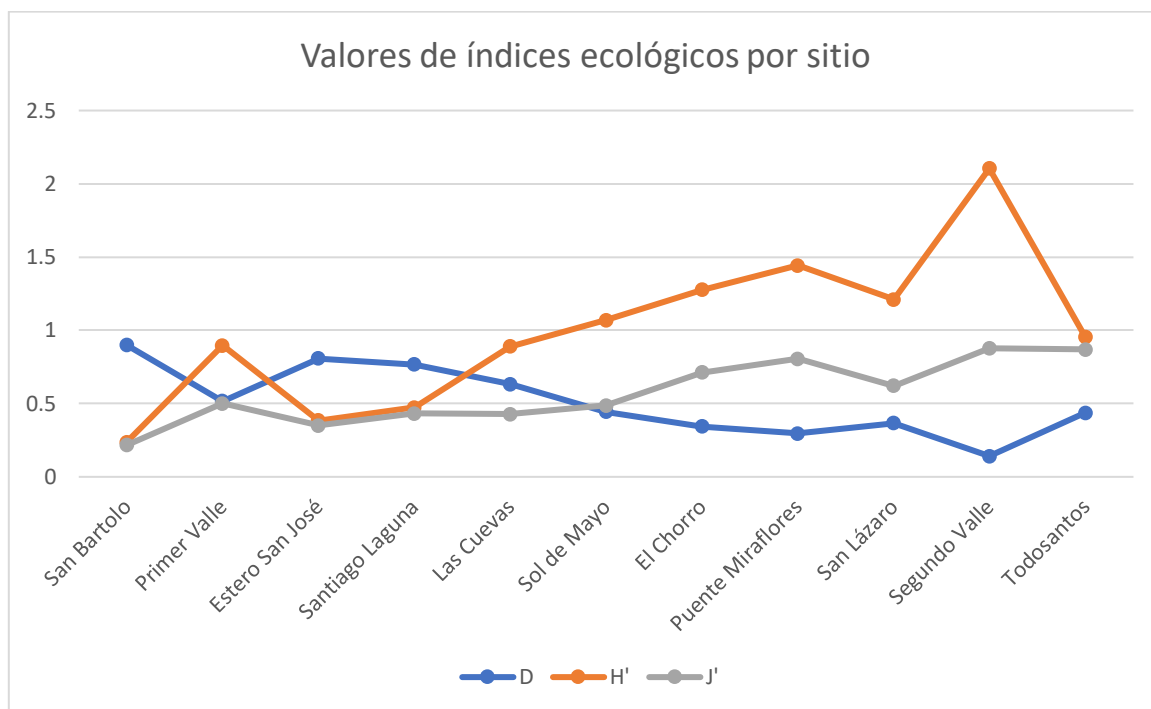


Ilustración 7 Índices ecológicos por sitio para verano

Invierno

Para invierno se encontraron 72 taxa, siendo El Rosario donde hubo una mayor riqueza específica, con un total de 16 y el de menor Todos Santos Río con 2 (Tabla 6). El sitio con una mayor abundancia relativa fue San Lázaro, con un 18.1%, mientras que los de menor fueron Todos Santos Río y San P. Palmar con 0.2% (Tabla 6). La especie con mayor abundancia relativa fue *Apedilum sp3* con el 10.24%, presente mayormente en San Lázaro, mientras que las especies con menor, fueron *Ablabesmyia sp6*, *Chironomus sp4*, *Coelotanypus sp1*, *Larsia sp3*, *Onconeura sp3* y *Polypedilum sp2*, con 0.04%, principalmente presentes en Sol de Mayo, Estero San José, Santa Inés, San P. Palmar y San Blas, respectivamente (tabla 6).

Tabla 6 Abundancias de subfamilias/géneros extrapolados a 1000 litros de agua en invierno

	BOCA SIERRA	CADUÑO	EL CHORRO	EL ROSARIO	ESTERO SAN JOSÉ	LAS CUEVAS	PORTÓN LA BURRERA	PUENTE MIRAFLORES	SAN ANTONIO	SAN BARTOLO	SAN BLAS	SAN LÁZARO	SAN P. PALMAR	SANTA INÉS	SANTIAGO LAGUNA	SOL DE MAYO	TODOSANTOS LAGUNA	TODOSANTOS RÍO
<i>Ablabesmyia sp1</i>	0	0	0	4	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ablabesmyia sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	104	68	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ablabesmyia sp3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	36	0
<i>Ablabesmyia sp4</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0
<i>Ablabesmyia sp5</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Ablabesmyia sp6</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Apedilum sp1</i>	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apedilum sp2</i>	0	0	0	0	0	0	4	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apedilum sp3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	980	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomini gen a</i>	0	16	0	0	0	0	0	212	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus sp1</i>	0	0	0	64	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus sp2</i>	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184	0	0	0	0
<i>Chironomus sp3</i>	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus sp4</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus sp5</i>	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus sp6</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0
<i>Cladotanytarsus sp1</i>	0	0	0	208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cladotanytarsus sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	432	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coelotanypus sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0

Comptosmittia sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	0	0	0	0	0	
Corynoneura sp1	4	0	0	8	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	104	0	0
Cricotopus sp1	136	0	32	60	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0	0	28	0	8
Cricotopus sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cryptotendipes sp1	0	0	8	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicrotendipes sp1	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicrotendipes sp2	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0
Dicrotendipes sp3	0	0	0	0	0	0	0	72	0	0	0	0	0	0	8	0	12	0
Dicrotendipes sp4	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0
Goeldichironomus sp1	0	0	0	0	0	0	0	168	0	0	0	804	0	0	0	0	0	0
Goeldichironomus sp2	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
Labrundinia sp1	0	0	0	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0
Labrundinia sp2	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0
Labrundinia sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
Larsia sp1	32	120	0	0	4	60	80	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larsia sp2	0	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
Larsia sp3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Lopescladius sp1	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Meropelopia sp1	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monopelopia sp1	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onconeura sp1	0	0	96	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onconeura sp2	0	0	0	216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0
Onconeura sp3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Orthocladius sp1	0	0	0	96	0	0	0	0	0	212	0	0	0	0	0	0	0	0
Orthocladius sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0
Paramerina sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Paramerina sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Parametrioctenemus sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	0	0	0	28	0	0	0
Parapentaneura sp1	0	176	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
Paratanytarsus sp1	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paratanytarsus sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0
Paratendipes nudisquama	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pentaneura inconspicua	0	0	116	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pentaneura sp1	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pentaneura sp2	0	0	0	0	0	376	0	0	32	0	0	0	0	0	0	44	0	0
Polypedilum aviceps	0	0	4	80	0	0	56	0	176	116	0	0	0	0	0	68	0	0
Polypedilum sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polypedilum sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0

[illegible]

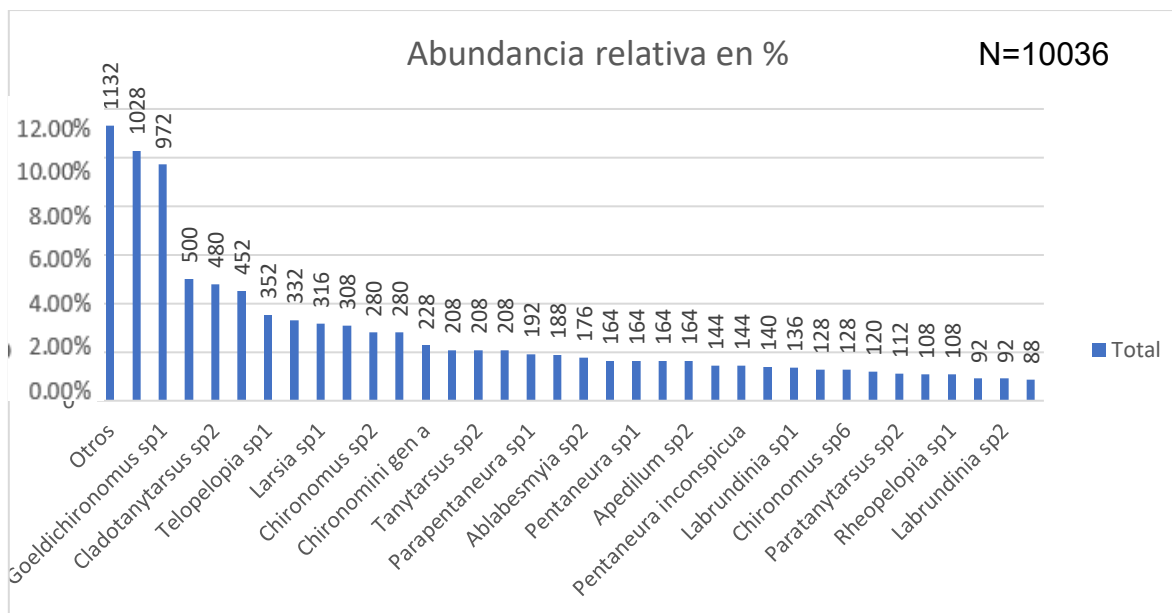


Ilustración 8 Abundancia relativa de quironómidos en invierno

El índice de diversidad de Shannon (H') presentó su valor más alto en el Rosario, con 2.394, y el más bajo en Todos Santos Río con 0.673 (Tabla 9). El sitio con mayor índice de Simpson fue El Rosario con un valor de 0.8935, mientras que el menor fue Todos Santos Río con 0.48 (Tabla 9). En cuanto al índice de equidad de Pielou, fue Todos Santos Río, con 0.971, y el menor, San Lázaro con 0.554 (tabla 9). El sitio con mayor dominancia fue Todos Santos Río con 0.52 y el de menor, Sol de Mayo con 0.1516 (Tabla 9).

Tabla 5 Índices de descripción de comunidad por sitio: Riqueza específica (R.E.), dominancia (D), Índice de Shannon (H'), Equidad de Pielou (J'), Índice de Simpson (1-D) y abundancia relativa (A.R)

	R. E	D	1-D	H'	J'	A.R
BOCA SIERRA	5	0.3362	0.6638	1.277	0.7933	2.7%
CADUAÑO	4	0.4093	0.5907	1.04	0.7501	3.3%
EL CHORRO	10	0.1756	0.8244	1.899	0.8246	6.6%
EL ROSARIO	16	0.1065	0.8935	2.394	0.8634	13.6%
ESTERO SAN JOSÉ	5	0.275	0.725	1.383	0.8594	0.8%
LAS CUEVAS	7	0.339	0.661	1.421	0.7302	7.0%
PORTÓN LA BARRERA	7	0.2003	0.7997	1.717	0.8821	3.7%
PUENTE MIRAFLORES	12	0.1989	0.8011	1.922	0.7736	12.2%
SAN ANTONIO	9	0.1815	0.8185	1.886	0.8582	6.2%
SAN BARTOLO	7	0.2032	0.7968	1.737	0.8926	7.0%
SAN BLAS	10	0.2539	0.7461	1.627	0.7066	3.3%

SAN LÁZARO	4	0.4895	0.5105	0.768	0.554	18.1%
SAN P. PALMAR	3	0.44	0.56	0.9503	0.865	0.2%
SANTA INÉS	6	0.2707	0.7293	1.458	0.8137	4.7%
SANTIAGO LAGUNA	7	0.2267	0.7733	1.603	0.824	5.1%
SOL DE MAYO	10	0.1516	0.8484	2.048	0.8895	3.9%
TODOSANTOS LAGUNA	6	0.2053	0.7947	1.664	0.9284	1.5%
TODOSANTOS RÍO	2	0.52	0.48	0.673	0.971	0.2%

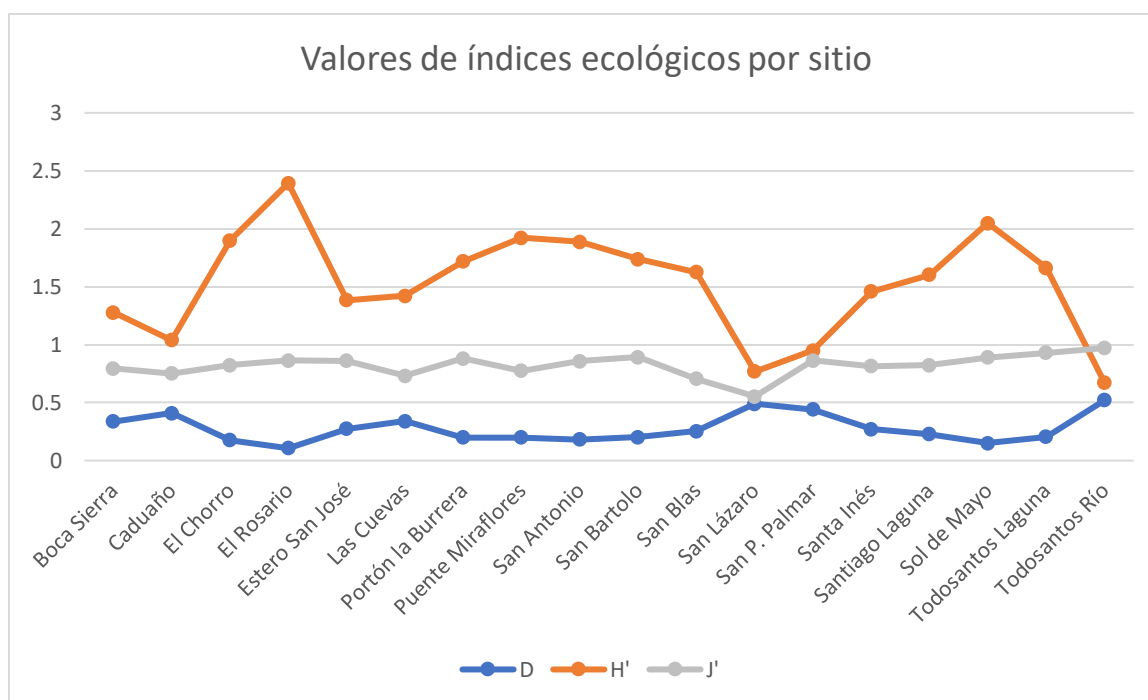


Ilustración 9 Índices ecológicos por sitio para invierno

La abundancia total de los quironomidos fue 35.4% mayor durante invierno que durante el verano. La riqueza de especies mostró una clara tendencia estacional o interanual, pues únicamente dos especies, que fueron *Thienemanniella sp1* y *Rheotanytarsus sp2*, se encontraron en ambas estaciones. Sin embargo, la riqueza de especies fue mayor durante la estación fría que durante la estación cálida. La comunidad de quironómidos de la RBSL incluyó 100 morfoespecies: 36 de la subfamilia Tanypodinae, 48 Chironominae y, 16 Orthoclaadiinae. La Subfamilia Chironominae represento el 48%, seguida de Tanypodinae con un 36% finalmente

la subfamilia Orthocladinae con un 16% de la abundancia total. 35 especies de quironómidos representaron el 80.25% de la abundancia total y el resto de las 65 especies representaron el 19.75%.

Análisis multivariados

El Clúster Análisis (CA) mostró 4 grupos de especies de quironómidos con un corte del 25% de similitud. El G3 incluyó las 10 especies más abundantes con 30.6% del total de abundancia (Ilustración 5), el g1 incluyó 7 especies con 17.1%, el g2 incluyó 8 especies con 21.8% y el g4 con 10 especies el 30.5% del total de la abundancia y frecuencia de ocurrencia (Ilustración 5). Desde la perspectiva de ICA, se encontraron dos grupos: el G1, en el que se encuentran mayormente cuerpos de agua en su mayoría con mala calidad y G2 donde son de mediana a buena calidad. Por otro lado, desde la perspectiva de la temporalidad el CA mostró dos grupos bien definidos a través de unidades de muestreo (corte de 15% de similitud) (Ilustración 6). El G1 incluyó principalmente muestras de zooplancton recolectadas durante la temporada fría; el G2 incluyó principalmente aquellas muestras de zooplancton recolectadas durante la estación cálida.

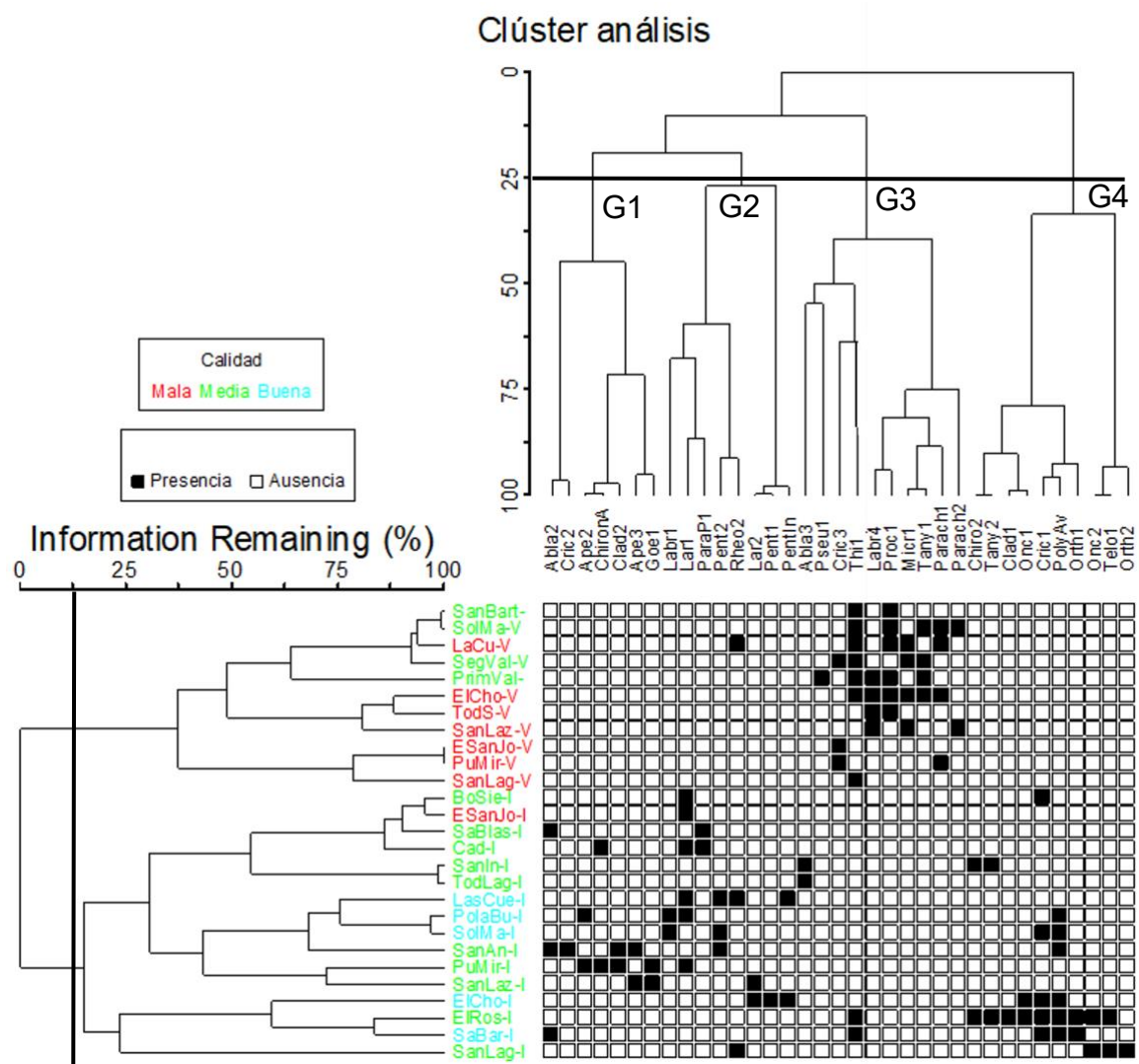


Ilustración 10 CA con perspectiva de ICA. Donde 1 significa calidad MALA, 2 calidad MEDIA y 3 calidad BUENA

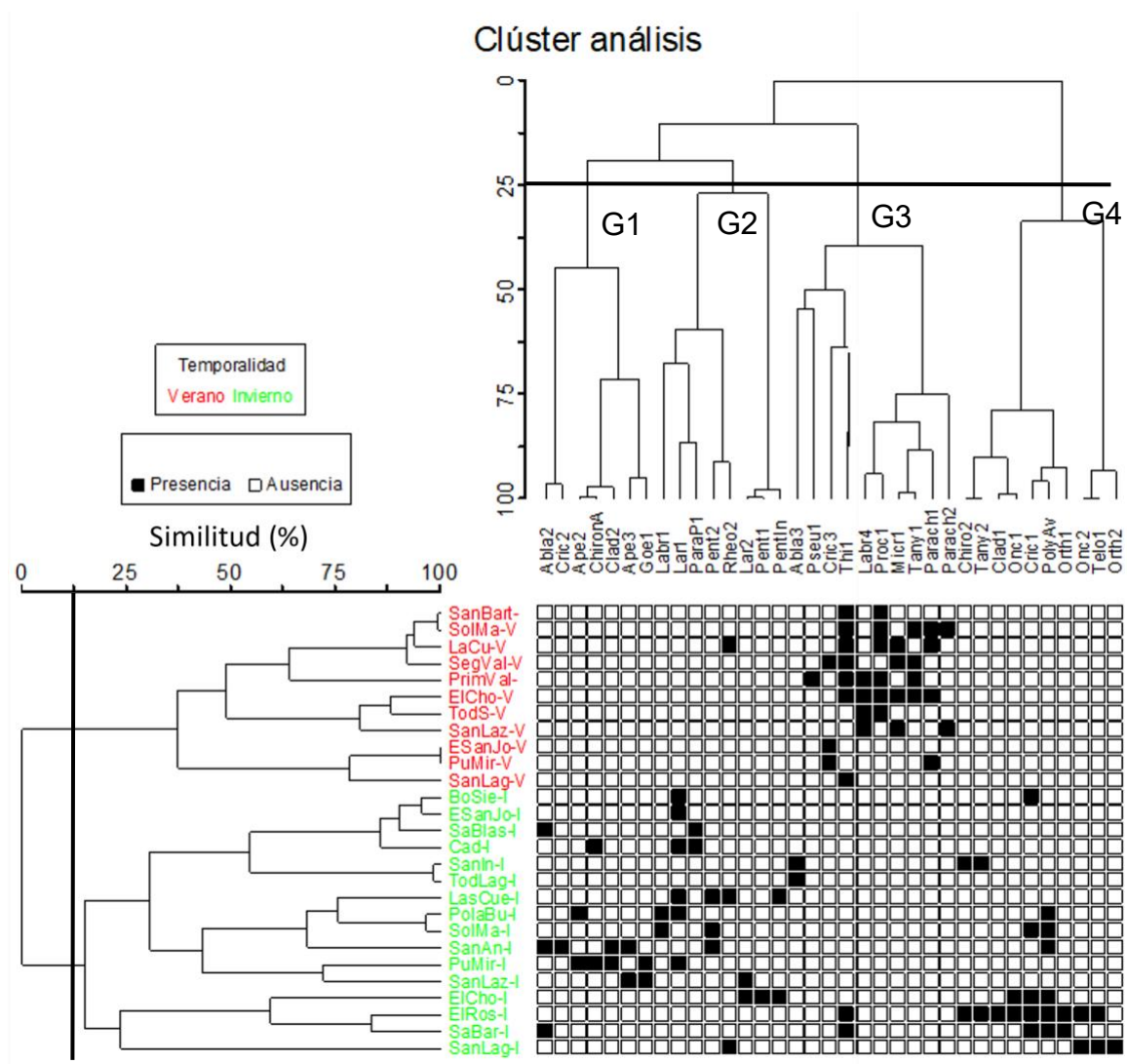


Ilustración 11 CA con perspectiva de temporalidad. Donde 1 significa temporalidad VERANO y 2 temporalidad INVIERNO

Para el Analisis de correlaciones canonicas (CCA), los ejes 1 y 2 explican el 17.7% de la varianza en la abundancia de especies de quironomidos mostrando dos conjuntos de especies distintas correspondientes con los periodos de colecta en verano e invierno (Figura 8, Tabla 9). Los sitios de muestreo durante el verano estuvieron correlacionados positivamente a la temperatura, al pH y al oxigeno disuelto, por otro lado los fosfatos no obtuviero correlación significativa.

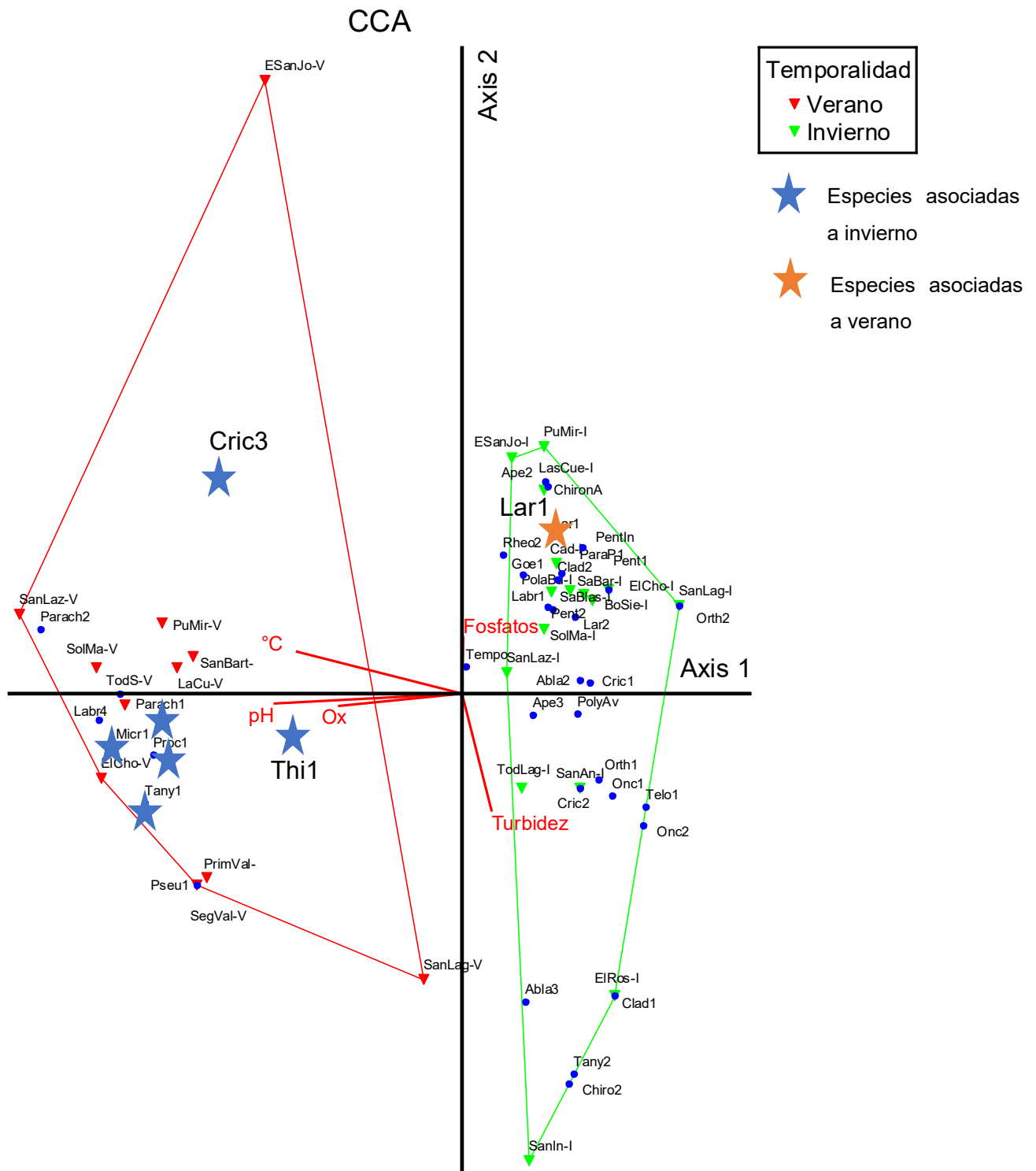


Ilustración 12 CCA de las variables ambientales y sitios asociados a la temporalidad (invierno y verano). Cric3=Cricotopus sp3; Micr1=Microtendipes sp1; Proc1=Procladius sp1; Thi1=Thienemanniella sp1; Tany1=Tanytarsus sp1; Lar1=Larsia sp1; Parach1=Parachironomus sp1; PolAv=Polypedilum aviceps

Tabla 6 Tabla de correlaciones entre las variables y los ejes del CCA

VARIABLE	EJE 1	EJE 2
VALOR DE EIGEN	0.597	0.372
% DE VARIANZA EXPLICADA	10.9	6.8
% ACUMULATIVO EXPLICADO	10.9	17.7
CORRELACIÓN DE PEARSON	0.986	0.893
CORRELACIÓN DE KENDALL	0.806	0.624
TEMPERATURA	-0.11	0.614
OXIGENO	-0.036	-0.013
COLIFORM	-0.168	1.08E-01
FOSFATOS	0.003	2.76E-01
NITRATOS	-0.099	-6.59E-01
SÓLIDOS	0.064	-4.80E-02
TURBIDEZ	0.147	-5.91E-01
PH	-0.879	-5.85E-01
DBO	0.154	1.28E-01

El análisis MRPP por temporalidad (verano e invierno) arrojo diferencia significativa entre verano e invierno ($p=0.00008127$); así mismo, para los grupos de calidad de agua mala, mediana y buena, se obtuvieron diferencias significativas con los valores $p=0.000003$, 0.013 y 0.000099 respectivamente.

Tabla 7 Análisis de especies indicadoras (ISA). Remarcados se encuentran los organismos que presentan bioindicación

ESPECIE	ICA	VALOR INDICADOR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR P
<i>Ablabesmyia</i> sp2	Buena	13.1	15.1	8.32	0.4765
<i>Ablabesmyia</i> sp3	Media	14.3	13.8	6.57	0.4765
<i>Apedylum</i> sp2	Buena	9.4	13.4	7.19	0.7802
<i>Apedylum</i> sp3	Media	14.3	13.7	6.73	0.5246
<i>Chironomus</i> gena	Media	14.3	13.6	6.77	0.5244
<i>Chironomus</i> sp2	Media	14.3	13.7	6.44	0.471
<i>Cladotanytarsus</i> sp1	Media	7.1	11	4.81	1.0000
<i>Cladotanytarsus</i> sp2	Media	14.3	13.7	6.58	0.4754
<i>Cricotopus</i> sp1	Buena	46.5	18.3	9.38	0.0155
<i>Cricotopus</i> sp2	Media	7.1	11.1	4.83	1.0000
<i>Cricotopus</i> sp3	Mala	21.8	14.9	8.48	0.1449
<i>Goeldichironomus</i> 1	Media	14.3	13.7	6.51	0.4605
<i>Labrundinia</i> sp4	Buena	40	13.7	6.52	0.0286
<i>Labrundinia</i> sp2	Mala	35.8	17.1	9.05	0.0296
<i>Larsia</i> sp1	Buena	25.1	20.2	9.39	0.1948

<i>Larsia sp2</i>	Buena	16.9	13.5	6.7	0.2056
<i>Microtendipes sp1</i>	Mala	31.3	16.9	8.99	0.0569
<i>Onconeura sp1</i>	Buena	14.6	13.7	6.37	0.3061
<i>Onconeura sp2</i>	Media	14.3	13.6	6.37	0.4673
<i>Orthocladus sp1</i>	Buena	15.3	13.7	6.35	0.2082
<i>Orthocladus sp2</i>	Media	7.1	11.1	4.83	1.0000
<i>Parachironomus sp1</i>	Mala	29.3	17.1	9.03	0.1082
<i>Parachironomus sp2</i>	Mala	10.2	13.4	6.96	0.7852
<i>Parapentaneura sp1</i>	Media	14.3	13.6	6.67	0.5218
<i>Pentaneura inconspicua</i>	Buena	40	13.6	6.34	0.0262
<i>Pentaneura sp1</i>	Buena	20	11.1	4.81	0.1823
<i>Pentaneura sp2</i>	Buena	35.5	15	8.12	0.0365
<i>Polypedilum aviceps</i>	Buena	64.9	20.2	9.47	0.0028
<i>Procladius sp1</i>	Mala	24.5	20.3	9.48	0.2482
<i>Pseudochironomus sp1</i>	Media	7.1	11.1	4.84	1.0000
<i>Rheotanytarsus sp2</i>	Buena	14.3	15.3	8.45	0.4747
<i>Tanytarsus sp1</i>	Media	9.7	17.3	9.08	0.8712
<i>Tanytarsus sp2</i>	Media	14.3	13.7	6.43	0.5679
<i>Telopelopia sp1</i>	Media	14.3	13.7	6.32	0.5671
<i>Thienamanniella sp1</i>	Media	14	24.9	9.59	0.9551

Tomando en cuenta los resultados del MRPP se realizó el Análisis de Especies Indicadoras (ISA) aplicado a las matrices de abundancias y variables ambientales con enfoque en el ICA (tabla 9), arrojó siete especies potencialmente bioindicadoras, 2 para la calidad mala y 5 para la calidad buena. Las especies potencialmente bioindicadoras para la calidad mala fueron: *Labrundinia sp4* ($p=0.034$) y *Microtendipes sp1* ($p=0.057$); mientras que para la calidad buena fueron: *Cricotopus sp1* ($p=0.0157$), *Labrundinia sp1* ($p=0.0291$), *Pentaneura inconspicua* ($p=0.0368$), *Pentaneura sp2* ($p=0.0368$) y *Polypedilum aviceps* ($p=0.0025$).

Tabla 8 Análisis de especies bioindicadoras (ISA) según la temporalidad

ESPECIE	TEMPORALIDAD	VALOR INDICADOR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR P
<i>Ablabesmyia sp2</i>	Invierno	18.8	12.4	5.85	0.2466
<i>Ablabesmyia sp3</i>	Invierno	12.5	9.8	4.85	0.4924
<i>Apedylum sp2</i>	Invierno	12.5	10.1	4.75	0.4984
<i>Apedylum sp3</i>	Invierno	12.5	9.7	4.9	0.4922
<i>Chironomus gena</i>	Invierno	12.5	9.8	4.95	0.4952

<i>Chironomus sp2</i>	Invierno	12.5	9.8	4.84	0.4992
<i>Cladotanytarsus sp1</i>	Invierno	6.2	7.4	1.4	1.0000
<i>Cladotanytarsus sp2</i>	Invierno	12.5	9.8	4.88	0.4943
<i>Cricotopus sp1</i>	Invierno	31.2	16.9	7.11	0.0890
<i>Cricotopus sp2</i>	Invierno	6.2	7.4	1.4	1.0000
<i>Cricotopus sp3</i>	Verano	27.3	12.5	5.83	0.0583
<i>Goeldichironomus1</i>	Invierno	12.5	9.8	4.85	0.4949
<i>Labrundinia sp4</i>	Invierno	12.5	9.8	4.88	0.5024
<i>Labrundinia sp2</i>	Verano	36.4	15.1	6.33	0.0180
<i>Larsia sp1</i>	Invierno	37.5	19.6	6.86	0.0527
<i>Larsia sp2</i>	Invierno	12.5	9.7	4.95	0.4942
<i>Microtendipes sp1</i>	Verano	36.4	15.1	6.15	0.0185
<i>Onconeura sp1</i>	Invierno	12.5	9.9	4.83	0.5018
<i>Onconeura sp2</i>	Invierno	12.5	9.9	4.85	0.5094
<i>Orthocladius sp1</i>	Invierno	12.5	9.8	4.81	0.4944
<i>Orthocladius sp2</i>	Invierno	6.2	7.4	1.4	1.0000
<i>Parachironomus sp1</i>	Verano	36.4	15.2	6.41	0.0193
<i>Parachironomus sp2</i>	Verano	18.2	9.9	4.89	0.1598
<i>Parapentaneura sp1</i>	Invierno	12.5	9.8	4.93	0.5053
<i>Pentaneura inconspicua</i>	Invierno	12.5	9.8	4.9	0.4993
<i>Pentaneura sp1</i>	Invierno	6.2	7.4	1.4	1.0000
<i>Pentaneura sp2</i>	Invierno	18.8	12.5	5.87	0.2519
<i>Polypedilum aviceps</i>	Invierno	37.5	19.7	6.91	0.0561
<i>Procladius sp1</i>	Verano	54.5	19.5	7.02	0.0011
<i>Pseudochironomus sp1</i>	Verano	9.1	7.4	1.4	0.4080
<i>Rheotanytarsus sp2</i>	Invierno	9.1	12.7	5.79	0.6964
<i>Tanytarsus sp1</i>	Verano	36.4	15.2	6.3	0.0184
<i>Tanytarsus sp2</i>	Invierno	12.5	9.8	4.84	0.4992
<i>Telopelopia sp1</i>	Invierno	12.5	9.9	4.83	0.5094
<i>Thienamanniella sp1</i>	Verano	50.6	25.9	7.76	0.0086

Mientras que el enfoque hacia la temporalidad arrojó a más especies asociadas a temporalidades (tabla 10). Las especies asociadas a verano fueron: *Cricotopus sp3* ($p=0.05$), *Labrundinia sp4* ($p=0.0194$), *Microtendipes sp1* ($p=0.0181$), *Parachironomus sp1* ($p=0.0193$), *Procladius sp1* ($p=0.0008$), *Tanytarsus sp1* ($p=0.0186$) y *Thienemanniella sp1* ($p=0.0089$); mientras que para invierno fue únicamente *Larsia sp1* ($p=0.05$).

Discusión

Calidad del agua y temporalidad

En la porción sur de la península de Baja California fluctúa la calidad del agua por estaciones, según el cálculo del ICA, pues factores como la temperatura, que tienen gran relevancia en las ponderaciones del índice, cambian entre las diferentes estaciones. Dicho esto, incluso la cantidad de cuerpos de agua varían, pues en verano, por las altas temperaturas y la escasez en las precipitaciones, algunos cuerpos se secan, debido a que los meses con mayores precipitaciones ocurren a finales del verano y principios del otoño según registros históricos de la CONAGUA (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=bcs>) siendo estos los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, en promedio durante los últimos 30.

Como se mencionó anteriormente, de las variables cuantificadas la temperatura es una de las variables que más influyen en la calidad del agua coincidiendo con el trabajo encontrado por Pérez-Castillo y Rodríguez (2008) donde estudiaron el sistema de lagunas en parque nacional de Palo Verde, en Guanacaste, Costa Rica, determinando que la temperatura es la variable más influyente, debido a que está relacionado a las fluctuaciones de otros parámetros físicos y químicos en el medio. Otras variables que influyeron fueron los coliformes totales, pH, nitratos, oxígeno y DBO, para mala y buena calidad, respectivamente.

Se encontró que los cuerpos con una mejor calidad de agua están asociados al polígono del área natural protegida de Sierra la Laguna, que podría explicarse debido a un menor impacto humano en relación a cuerpos con cercanía a asentamientos humanos o ciudades, pues no se usan los cuerpos de agua para actividades de ganadería ni hay plantas de tratamiento de agua, como lo registrado por Faviel Cortez, Infante Mata, y Molina Rosales (2019), quienes estudiaron en el ANP de La Encrucijada la calidad de agua cerca de comunidades, donde se registró que el agua es apta para el uso, así como que tiene disponibilidad de agua como servicio ecosistémico.

Durante la temporada de verano se observó una mayor proporción de cuerpos de agua con mala calidad. Esta condición se le puede atribuir a la influencia de la alta temperatura y la baja precipitación, ya que esta fue una de las variables que más afectaron la calidad del agua en los sistemas estudiados. En invierno, al disminuir la temperatura y al haber pasado por el periodo de precipitaciones, con una precipitación acumulada de los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2023 fue de aproximadamente 454mm, se registró un aumento en el índice de calidad del agua (ICA) (https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Mensuales/bcs/mes03048.txt). Asimismo, se identificó una mejora en el ICA conforme los cuerpos de agua se encontraban más próximos al Área Natural Protegida (ANP) de la RBSL, mientras que aquellos situados cerca de asentamientos humanos y fuera del polígono de protección tendieron a mostrar una calidad deficiente, como fue el caso del Estero de San José y la Laguna de Todos Santos.

Por otro lado, durante el verano se identificaron menos cuerpos de agua, debido a la escasa precipitación registrada en el estado, que el acumulado hasta julio del 2023 apenas alcanzó los 8.0mm (CONAGUA 2025). En contraste, a finales del verano y durante el otoño las precipitaciones comenzaron a incrementarse, lo que favoreció la recarga de cuerpos de agua que previamente se encontraban secos, consecuentemente para el invierno las corrientes superficiales producto del aumento de las precipitaciones, duplicaron el número de cuerpos de agua superficial, donde algunos que se encontraban secos durante el verano como es el caso de la presa “Santa Inés” (Figura 11) para el invierno presentaron agua, evidenciando la importancia de las presas en la zona, con la finalidad de recarga de los mantos freáticos. Este fenómeno también se reflejó en un aumento del ICA, que pasó de clasificarse mayoritariamente como de mala calidad, a alcanzar niveles de calidad media en la mayoría de los casos, e incluso buena calidad en algunos puntos específicos. Dicho se puede comparar al trabajo de Román-Botero, Gómez-Giraldo, y Toro-Botero (2013), quienes estudiaron las variaciones estacionales en la estructura térmica en un embalse en La Fe, Colombia, donde encontraron que durante cada “campaña” habían diferencias, que van desde cambios en los

gradientes de profundidad, inhibiciones de cambios verticales de temperatura, aumento de caudal, ausencia de bombeo, entre otros.

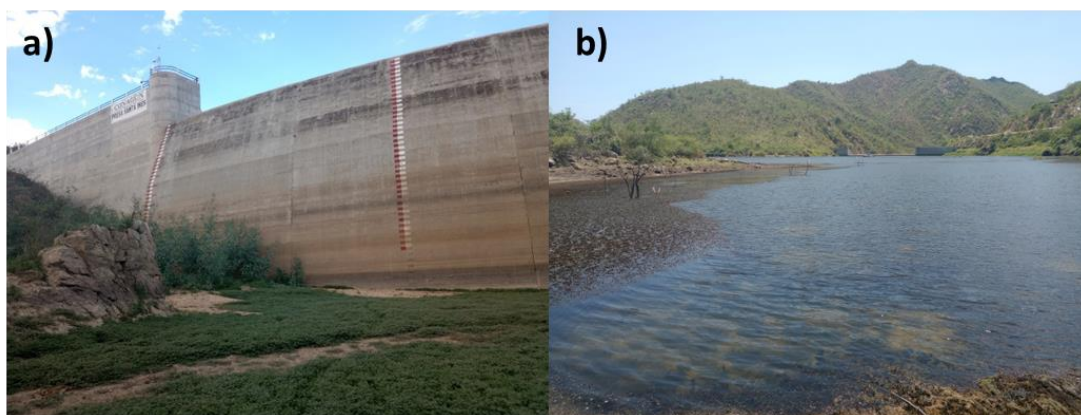


Ilustración 13 Presa Santa Inés. Comparación entre verano (a) e invierno (b) del 2023.

Este aumento en la calidad del agua podría atribuirse al recambio propiciado por las lluvias, lo cual influyó en la variación de otros parámetros como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), los coliformes y los sólidos totales, que, de acuerdo con Mendoza-Flores (2015), quien estudió la dinámica de calidad de agua y variación estacional de nutrientes en los ríos Vado Ancho y Despoblado, presentan fluctuaciones en función de la temporalidad, así como en el descenso de temperatura.

Si embargo, el sitio anteriormente mencionado, Estero de San José, a pesar de este recambio y alce del valor de ICA, seguía entrando en la categoría de mala calidad. Esto podría deberse a que es un sitio sobre explotado según Tessaro (2007), aparte de ser donde se vierten aguas grises, lo cual contamina el sitio, a la par de que aporta un exceso de nutrientes y provoca una eutrofización (Wurl y Lamadrid 2016). Dado que estas descargas de aguas residuales no dependen de la temporalidad, este fenómeno podría explicar por qué el sitio mantiene una calidad deficiente del agua, incluso durante el invierno, cuando ocurre el recambio natural de los cuerpos de agua. Siendo un caso similar, en el río Atoyac, en Puebla, se observa una clara contaminación y eutrofización, asociado al impacto antropogénico, ya que se encuentra rodeado de zonas urbanas y actividad industrial. Se pudieron observar altos niveles de nutrientes, valores altos de DBO_5 , OD, STD, elementos traza, y una

severa contaminación bacteriológica, registrando valores de coliformes totales de aproximadamente 10^{12} NMP/100 ml; de igual forma se encontraron residuos orgánicos antropogénicos como Organofosfatos, plaguicidas, concentraciones considerables de medicamentos como Naproxeno, Trisoclan y Diclofenaco, así como microplásticos y llegando a tener zonas anóxicas (Mora et al. 2021).

Ecología de los quironómidos en sistemas lacustres

Las comunidades de quironómidos encontradas estuvieron conformadas por más de 30 géneros, a diferencia de lo evaluado por Bello-González, Andersen, y Mercado-Silva (2024), que tienen registro de únicamente una especie en todo el estado de Baja California Sur, lo que denota la falta de investigación de este grupo de organismos en el área de estudio, actualizándose el número de registros de morfoespecies para este grupo. Debido a esto, no se puede tener una comparación sobre si han ido en incremento o en decremento las poblaciones de quironómidos en la porción sur de la península de Baja California, en ese sentido, el presente estudio cobra una relevancia fundamental, ya que sería la línea base de comparación para futuros trabajos a realizarse en el área de estudio y tal vez en general para la península de Baja California.

En este estudio se identificaron tres subfamilias de quironómidos: Chironominae, Tanypodinae y Orthocladiinae. De estas, Orthocladiinae mostró una mayor asociación con condiciones de buena calidad del agua como se mencionan en el estudio llevado a cabo por Oviedo-Machado et al. (2018) donde obtuvieron correlaciones positivas con una buena calidad del agua en los géneros representantes de la subfamilia Orthocladiine a lo largo del río Opia en Tolima, Colombia, mientras que Chironominae y Tanypodinae estuvieron presentes tanto en sitios de buena como de mala calidad, estas dos subfamilias son de amplia distribución y normalmente están asociadas con sistemas ricos en nutrientes y sedimentos orgánicos, encontrándose altas abundancias en estos sistemas (Motta, 2017). Sin embargo, los resultados de bioindicación pueden ser más precisos al trabajar con niveles taxonómicos más específicos, dado que una mayor resolución taxonómica tiende a reflejar con mayor exactitud a las respuestas biológicas al

estrés ambiental. Esto coincide con los hallazgos de Molineri et al. (2020), quienes correlacionaron niveles de tolerancia a la contaminación a nivel de subfamilia en ríos de montaña en Argentina, aunque señalaron que métodos moleculares serían necesarios para obtener conclusiones aún más precisas.

Se observó un incremento en la riqueza de especies entre las diferentes temporalidades, registrándose un total de 32 morfoespecies durante el verano, mientras que en invierno se contabilizaron 70. Este aumento podría explicarse por el recambio de agua anteriormente mencionado producto de las precipitaciones. La diferencia en la estructura de la comunidad de quironómidos fue particularmente marcado, ya que se observó un recambio casi total de especies, siendo constantes en ambas estacionalidad dos morfoespecies (*Thienemanniella* sp1 y *Rheotanytarsus* sp1); este patrón ha sido documentado previamente por Puntí, Rieradevall, y Prat (2007) y Motta Díaz, Longo, y Aranguren-Riaño (2017), quienes reportaron una variabilidad en los ensambles de microinvertebrados, particularmente de quironómidos, en función de la estación o temporada en que fueron estudiados, indicando además la presencia de géneros exclusivos para cada temporalidad. De acuerdo con el Análisis de Especies Indicadoras (ISA), las especies asociadas al invierno fueron *Polypedilum aviceps* y *Larsia* sp1, los cuales estudios como el de Ahmad, Hafizah, y Aisyah (2021) los relacionan a climas más cálidos o tropicales, mientras que para el verano se identificaron como indicadoras a *Cricotopus* sp3, *Labrundinia* sp2, *Microtendipes* sp1, *Parachironomus* sp1, *Procladius* sp1, *Tanytarsus* sp1 y *Thienemanniella* sp1.

Se registraron un total de siete posibles morfoespecies bioindicadoras de calidad del agua según el ISA, de las cuales cinco están asociadas a una buena calidad del recurso hídrico y dos a una mala calidad. Las especies indicadoras de condiciones de mala calidad fueron *Labrundinia* sp4 y *Microtendipes* sp1, lo que sugiere la presencia de ciertos factores de contaminación o deterioro ambiental. Por otro lado, las especies asociadas a ambientes con buena calidad de agua fueron *Cricotopus* sp1, *Labrundinia* sp1, *Pentaneura inconspicua*, *Pentaneura* sp2 y *Polypedilum aviceps*. Esta posible bioindicación se ve igual en trabajos como el de Ahmad,

Hafizah, y Aisyah (2021), quienes estudiaron la diversidad de quironómidos en ríos de Malaysia y su relación con la calidad de agua, encontrando que especies del género *Polypedilum* son aptas para su uso como bioindicadores. La presencia de estas especies indica condiciones favorables en términos de oxigenación, baja carga orgánica y estabilidad del ecosistema acuático.

Durante el verano, Segundo Valle fue el sitio que presentó la mayor diversidad según el índice de Shannon ($H' = 2.104$), así como los valores más bajos de dominancia ($D = 0.1418$) y la mayor equidad según el índice de Pielou ($J' = 0.8773$). Esto sugiere que en este sitio existió una comunidad más diversa y con una distribución más homogénea de especies. En contraste, San Bartolo mostró la menor diversidad ($H' = 0.2377$) y la mayor dominancia ($D = 0.8991$), lo que indica que una sola especie estuvo claramente predominando sobre las demás. Por su parte, el Estero de San José presentó la equidad más baja ($J' = 0.3495$), lo que refleja una distribución desigual de los organismos en ese sitio. Durante el invierno, se mantuvieron patrones similares en cuanto a diversidad, pero con valores más altos en general. El Rosario destacó con el mayor valor de diversidad ($H' = 2.394$) y la menor dominancia ($D = 0.1065$), confirmando su condición como un sitio ecológicamente más balanceado. Por el contrario, Todos Santos Río presentó la menor diversidad ($H' = 0.673$) y la mayor dominancia ($D = 0.52$), aunque curiosamente también registró la mayor equidad ($J' = 0.971$), lo cual podría indicar una distribución homogénea dentro de una comunidad con pocas especies. San Lázaro, por su parte, tuvo la equidad más baja ($J' = 0.554$), mostrando una distribución desigual de las especies.

Estos resultados sugieren que, aunque durante el invierno hubo una tendencia general hacia una mayor diversidad y menor dominancia, persisten diferencias importantes entre sitios. Asimismo, refuerzan la idea de que factores locales, como la calidad del agua y el grado de perturbación, influyen significativamente en la estructura de las comunidades acuáticas.

Durante el verano, se observó una relación aparente entre la diversidad de Shannon y la calidad del agua. En Segundo Valle, donde se registró el valor más alto de

diversidad ($H' = 2.104$), también se reportó una calidad media de agua con un ICA de 54, uno de los valores más altos para esa temporada. En contraste, el Estero de San José presentó la menor diversidad ($H' = 0.2377$) y, a su vez, el valor más bajo de calidad del agua, con un ICA de 37, clasificado como mala calidad. Esta coincidencia sugiere que, al menos durante el verano, una mayor diversidad podría estar asociada a mejores condiciones de calidad del agua.

Sin embargo, este patrón no se mantuvo claramente durante el invierno. Aunque El Rosario presentó la mayor diversidad ($H' = 2.394$) y también una calidad media de agua, otros sitios con diversidad baja no necesariamente coincidieron con los valores más bajos de calidad. Esto indica que, en invierno, la relación entre diversidad y calidad del agua no fue tan evidente, lo que podría deberse a una mayor homogeneidad en las condiciones ambientales o a la influencia de otros factores ecológicos que no fueron evaluados directamente.

Conclusión

En este trabajo se evaluó la calidad del agua en cuerpos lacustres ubicados en la región sur de la península de Baja California y sus influencias en la estructura de la comunidad de quironómidos.

Los resultados mostraron que la calidad del agua fue marcadamente inferior durante la temporada de verano, periodo en el que la mayoría de los cuerpos de agua se clasificaron como de mala calidad y ninguno alcanzó el rango de buena calidad, siendo 56 el valor de ICA más alto registrado. En contraste, durante el invierno predominó la calidad media, con varios sitios que lograron alcanzar niveles de buena calidad y solo uno que se mantuvo en la categoría de mala calidad. Estos hallazgos reflejan una mejora significativa en la calidad del agua durante la temporada invernal, probablemente relacionada con el aumento en la precipitación y el consecuente recambio de los cuerpos de agua.

Se pudo observar que las variables ambientales que más influyeron en la calidad mala fueron la temperatura, el DBO, el pH, los coliformes y los sólidos totales. Sin

embargo, no se observaron variables representativas para la calidad media ni buena.

Se registraron un total de 100 taxa, que se dividen en tres subfamilias: Chironominae, Tanypodinae y Orthocladiinae, de las cuales, Tanypodinae resultó ser la más diversa con 15 géneros y 36 morfoespecies, seguida de Chironominae con 14 géneros y 48 morfoespecies y Orthocladiinae con 8 géneros y 16 morfoespecies.

Se registraron siete especies bioindicadoras según el ICA: cinco para la buena calidad y dos para la mala calidad. Las especies bioindicadoras para la calidad mala fueron: *Labrundinia sp4* y *Microtendipes sp1*; mientras que para la calidad buena fueron: *Cricotopus sp1*, *Labrundinia sp1*, *Pentaneura inconspicua*, *Pentaneura sp2* y *Polypedilum aviceps*.

Mientras que el enfoque hacia la temporalidad arrojó a más especies asociadas a temporalidades. Las especies asociadas a verano fueron: *Cricotopus sp3*, *Labrundinia sp4* ($p=0.0194$), *Microtendipes sp1*, *Parachironomus sp1*, *Procladius sp1* ($p=0.0008$), *Tanytarsus sp1* y *Thienemanniella sp1*; mientras que para invierno fue únicamente *Larsia sp1*.

Este es el primer trabajo hecho sobre quironómidos bioindicadores y calidad de agua para la región de la península de Baja California, así como el registro de géneros para la misma, por lo que se espera generar una base para futuros trabajos relacionados a la ecología de cuerpos de agua lacustre en el área.

Bibliografía

- Adriaenssens, Veronique, Frank Simons, Lien TH Nguyen, Boudewijn Goddeeris, Peter Goethals, y Niels De Pauw. 2004. "Potential of bio-indication of chironomid communities for assessment of running water quality in Flanders (Belgium)". *Belgian Journal of Zoology* 134 (1): 31–40.
- Ahmad, AK, A Hafizah, y SO Sharifah Aisyah. 2021. "Chironomidae (Order: Diptera) diversity in relation to water quality of highland rivers at Cameron Highlands, Malaysia". *Journal of Environmental Biology* 42:824–31.
- Armitage, P. D., L. C. Pinder, y P. S. Cranston. 2012. *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges*. Springer Science & Business Media.
- Bello-González, Orestes C, Trond Andersen, y Norman Mercado-Silva. 2024. "A revised, annotated checklist of Mexican non-biting midges (Diptera, Chironomidae)". *ZooKeys* 1191:237.
- BIASI, Cristiane, y Rozane Maria RESTELLO. 2010. "Incidência de deformidades morfológicas em larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) como ferramenta de avaliação da qualidade de água em riachos de Erechim-RS". *Revista Eletrônica de Extensão da URI, Vivências* 6 (9): 136–48.
- Brown, Robert M, Nina I McClelland, Rolf A Deininger, y Ronald G Tozer. 1970. "A water quality index-do we dare". *Water and sewage works* 117 (10).
- Cano, Julio Rodrigo Morillo, Vladimir Vega Falcón, y Belkis Sánchez Martínez. 2021. "Enfermedades transmitidas por el consumo de agua de mala calidad". *Universidad y Sociedad* 13 (S2): 513–20.
- Carew, Melissa E., Vincent Pettigrove, Renee L. Cox, y Ary A. Hoffmann. 2007. "The Response of Chironomidae to Sediment Pollution and Other Environmental Characteristics in Urban Wetlands". *Freshwater Biology* 52 (12): 2444–62. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01840.x>.
- Castro, Mario, Juniel Almeida, Julio Ferrer, y Daissy Díaz. 2014. "Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global". *Ingeniería solidaria* 10 (17): 111–24.
- CONABIO. 2012. "LISTA DE LAS REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS". CONABIO (blog). el 2 de febrero de 2012. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html>.
- CONAGUA. 2025. "Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia". el 13 de mayo de 2025. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- . s/f. "Sitios superficiales". Consultado el 6 de marzo de 2025. <https://app.conagua.gob.mx/ICA/Contenido?n1=4&n2=2>.
- CONANP. 2003. "Programa de manejo Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna". Conanp Ciudad de México.
- Delzer, Gregory C, y Stuart W McKenzie. 2003. "Chapter A7. Section 7.0. Five-day biochemical oxygen demand". US Geological Survey.
- Epler, John H. 2001. "Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina".
- Faviel Cortez, Elba, Dulce Infante Mata, y Dolores O Molina Rosales. 2019. "Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural

- protegida La Encrucijada, Chiapas, México". *Revista internacional de contaminación ambiental* 35 (2): 317–34.
- Hamerlik, Ladislav, Fabio Laurindo da Silva, y Dean Jacobsen. 2018. "Chironomidae (Insecta: Diptera) of Ecuadorian Highaltitude Streams: A Survey and Illustrated Key". *Florida Entomologist* 101 (4): 663–75. <https://doi.org/10.1653/024.101.0404>.
- Hernández, Plutarco. 2021. "Caracterización del ensamble de quironómidos (Diptera: Chironomidae) en sistemas acuáticos del sur de Quintana Roo y su posible uso como bioindicadores de cambios tróficos". Chetumal, Quintana Roo: Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Herraiz, Andrés Sahuquillo. 2009. "La importancia de las aguas subterráneas". *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 103 (1): 97–114.
- Holt, EA, y SW Miller. 2011. "Bioindicators: Using organisms to measure environmental Impacts". *Nature* 3:8–13.
- Ilkova, Julia, Paraskeva Michailova, Ewa Szarek-Gwiazda, Andrzej Kownacki, Dariusz Ciszewski, y others. 2017. "The response of genome of the chironomidae (Diptera) to heavy metal pollution in two rivers of Southern Poland". *Acta Zoologica Bulgarica* 8:9–15.
- Lucas, S Muñoz, y R Sánchez García. 2018. "El agua en la industria alimentaria". *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica* 33 (2): 157–71.
- Luoto, Tomi P. 2011. "The relationship between water quality and chironomid distribution in Finland—A new assemblage-based tool for assessments of long-term nutrient dynamics". *Ecological Indicators* 11 (2): 255–62. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.05.002>.
- Madden, Chris P. 2010. "Key to genera of larvae of Australian Chironomidae (Diptera)." *Museum Victoria Science Reports*, núm. 13.
- Mendoza-Flores, Esmeralda Erendira. 2015. "Dinámica de la Calidad de agua y variación estacional de los nutrientes en los ríos Vado Ancho y Despoblado en Chiapas, México." PhD Thesis, El Colegio de la Frontera Sur.
- Molineri, Carlos, Eva G. Tejerina, Silvia E. Torrejón, Edgardo J. I. Pero, y Guillermo E. Hankel. 2020a. "Indicative value of different taxonomic levels of Chironomidae for assessing the water quality". *Ecological Indicators* 108 (enero):105703. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105703>.
- Molineri, Carlos, Eva G Tejerina, Silvia E Torrejón, Edgardo JI Pero, y Guillermo E Hankel. 2020b. "Indicative value of different taxonomic levels of Chironomidae for assessing the water quality". *Ecological Indicators* 108:105703.
- Mora, Abrahan, Maritza García-Gamboa, Mari Sol Sánchez-Luna, Lilian Gloria-García, Pabel Cervantes-Avilés, y Jürgen Mahlknecht. 2021. "A review of the current environmental status and human health implications of one of the most polluted rivers of Mexico: The Atoyac River, Puebla". *Science of The Total Environment* 782 (agosto):146788. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146788>.
- Morales Salinas, Nafer Edivar. 2011. "¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica". <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/19984>.

- Motta Díaz, Angela J, Magnolia Longo, y Nelson Aranguren-Riaño. 2017. "Variación temporal de la diversidad taxonómica y rasgos funcionales de los macroinvertebrados acuáticos en ríos temporales en la isla de Providencia, Colombia". *Actualidades biológicas* 39 (107): 82–100.
- Murrieta-Morey, Germán Augusto, Jorge Nájar, y Fernando Alcantara-Bocanegra. 2016. "INCUBACIÓN DE HUEVOS Y DETERMINACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO DE *Chironomus* sp. (CHIRONOMIDAE, DÍPTERA) EN CUBETAS DE PLÁSTICO". *Folia Amazónica* 25 (1): 37–44. <https://doi.org/10.24841/fa.v25i1.381>.
- Oliver, D. R. 1971. "Life history of the Chironomidae". *Annual review of entomology* 16 (1): 211–30.
- Olmos-Martínez, Elizabeth, Benito Rafael Bermúdez-Almada, Magdalena Lagunas-Vázquez, y Alfredo Ortega-Rubio. 2013. "Estudio de Caso: Uso de Recursos Naturales en Actividades Productivas en el Ejido San Jorge y la Comunidad de San Dionisio, Reserva de La Biosfera Sierra La Laguna, BCS". *LA LAGUNA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO*, 233.
- Oviedo-Machado, Néstor, Gladys Reinoso-Flórez, Néstor Oviedo-Machado, y Gladys Reinoso-Flórez. 2018a. "Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia)". *Revista Colombiana de Entomología* 44 (1): 101–9. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546>.
- . 2018b. "Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia)". *Revista Colombiana de Entomología* 44 (1): 101–9. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546>.
- Pérez-Castillo, Ana Gabriela, y Alexis Rodríguez. 2008. "Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación". *Revista de Biología tropical* 56 (4): 1905–18.
- Prat i Fornells, Narcís, y Maria Rieradevall i Sant. 2014. "Guia para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (DIPTERA) de los ríos mediterráneos.", diciembre. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/60584>.
- Prat, Narcís, y Daniel Castro-López. 2023. "Chironomidae as Indicators of Water Pollution in Pesquería River (México)". *Journal of Entomological and Acarological Research* 55 (1). <https://doi.org/10.4081/jear.2023.10861>.
- Puntí, T, M Rieradevall, y N Prat. 2007. "Chironomidae assemblages in reference condition Mediterranean streams: environmental factors, seasonal variability and ecotypes". *Fundamental and Applied Limnology-Archiv fur Hydrobiologie* 170 (2): 149–66.
- Roldán Pérez, Gabriel, y John Jairo Ramírez Restrepo. 2022. "Fundamentos de limnología neotropical".
- ROMÁN-BOTERO, RICARDO, ANDRÉS GÓMEZ-GIRALDO, y MAURICIO TORO-BOTERO. 2013. "Efecto estacional de los afluentes en la estructura térmica de un pequeño embalse neotropical, La Fe-Colombia". *Dyna* 80 (177): 152–61.
- Rossaro, Bruno, Laura Marziali, Ana Cristina Cardoso, Angelo Solimini, Gary Free, y Roberto Giacchini. 2007. "A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes". *Ecological Indicators* 7 (2): 412–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.04.002>.

- Ruiz Moreno, Jeanet Liliana, Rodolfo Ospina Torres, y Wolfgang Riss. 2000. "Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (diptera: chironomidae) de la Sabana de Bogotá. II. subfamilia chirominae", enero. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/31160>.
- Sánchez-Brito, Ismael, Marco Antonio Almendarez-Hernández, María Verónica Morales-Zárate, y César Augusto Salinas-Zavala. 2012. "Valor de existencia del servicio ecosistémico hidrológico en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México". 2012. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722013000200005.
- SIGEAMLAB. 2019. "Quironómidos". *Sigeam.info* (blog). el 23 de mayo de 2019. <https://sigeam.info/2019/05/23/quironomidos/>.
- Tessaro, Patricia Galina. 2007. "FICHA INFORMATIVA DE LOS HUMEDALES DE RAMSAR (FIR)", noviembre.
- Wurl, Jobst, y Miguel Ángel Imaz Lamadrid. 2016. "Las Condiciones Hidrogeológicas en la Cuenca San José del Cabo, Baja California Sur, México". *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 2 (2): 91–102.

Anexos

QUIIRONÓMIDOS DEL SUR DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

**CATÁLOGO DE
IDENTIFICACIÓN**

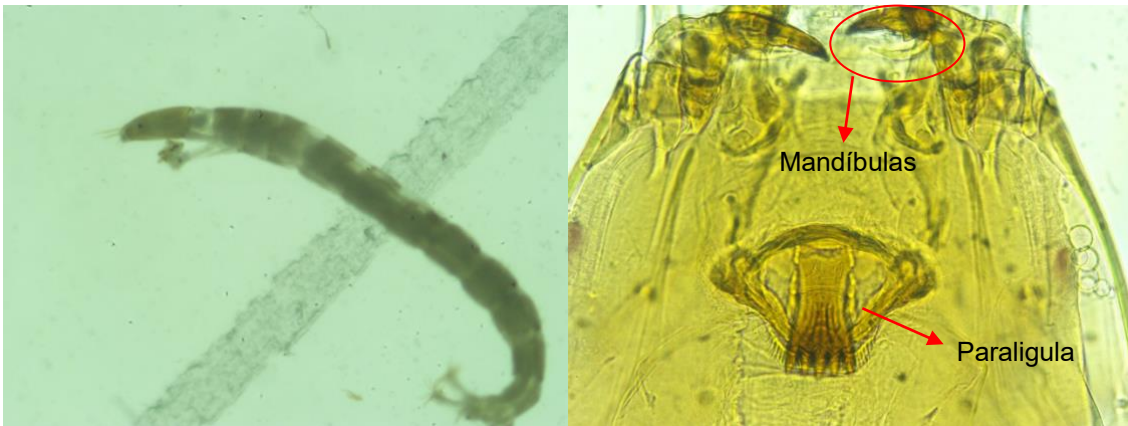
Rodrigo Ek Ceballos

Invierno

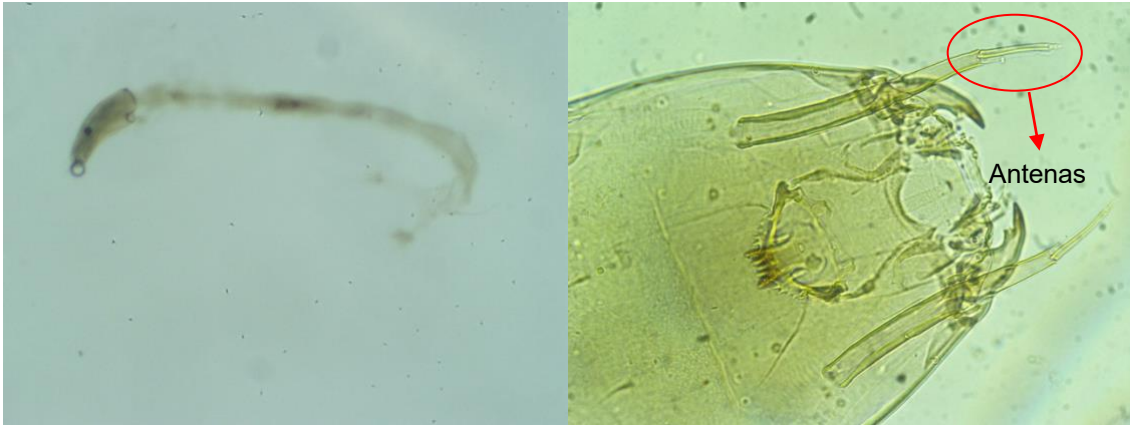
Ablabesmyia sp1



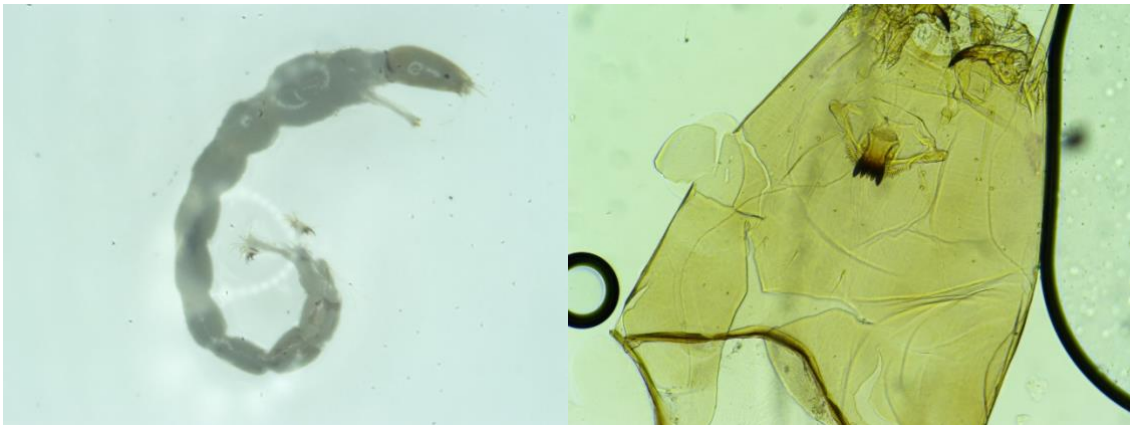
Ablabesmyia sp2



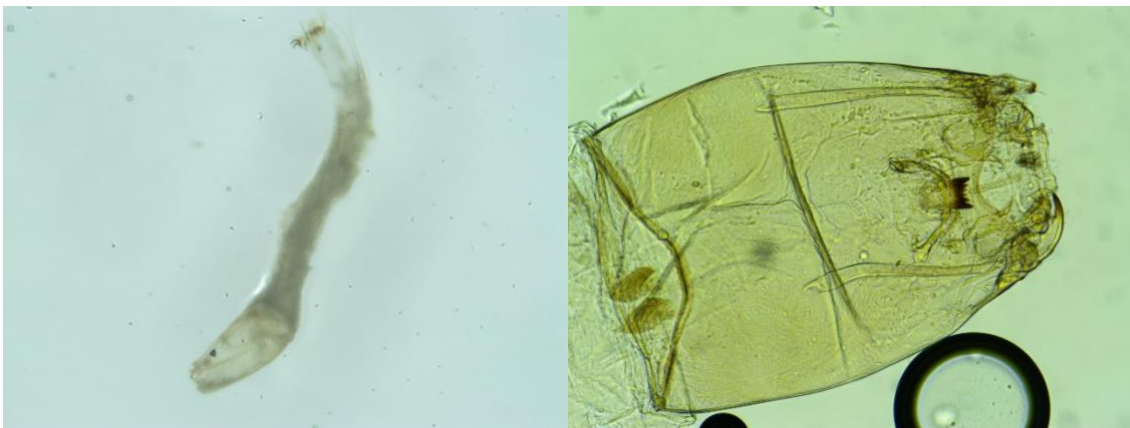
Ablabesmyia sp3



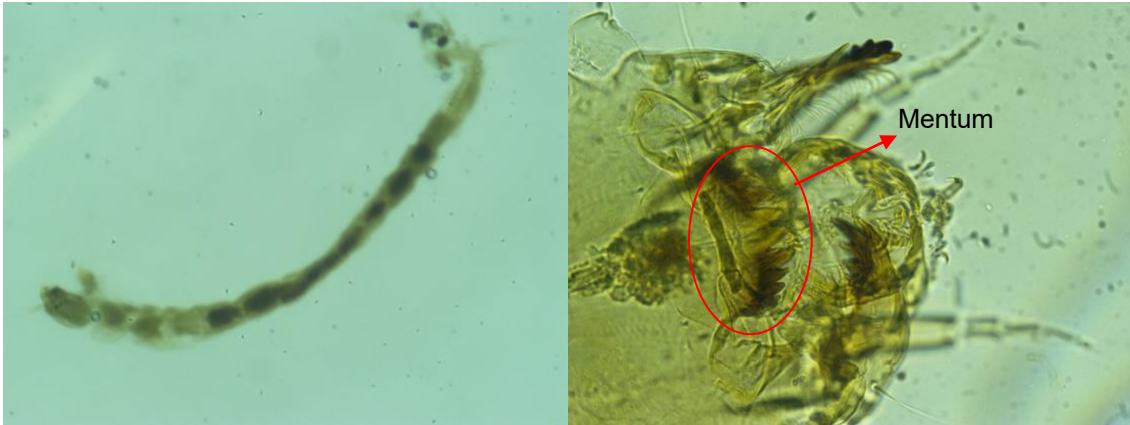
Ablabesmyia sp5



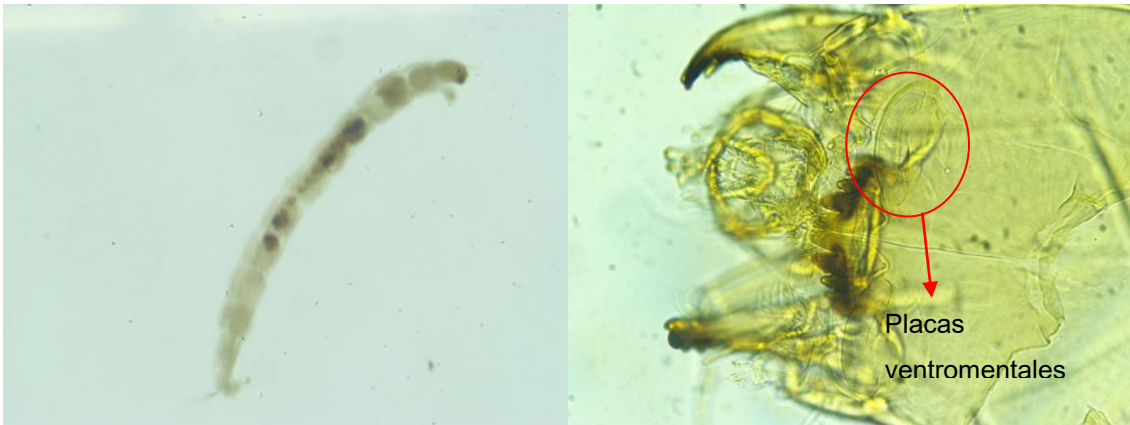
Ablabesmyia sp6



Apedilum sp1



Apedilum sp2



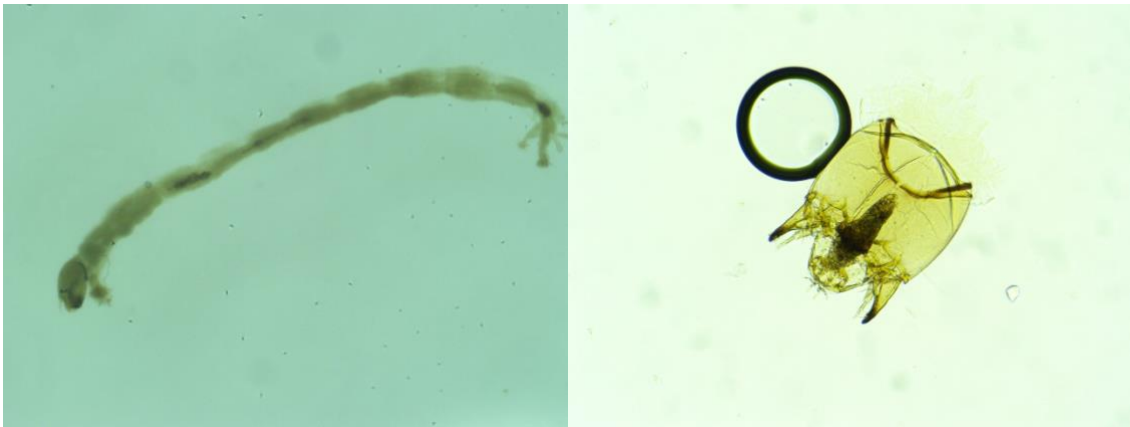
Apedilum sp2



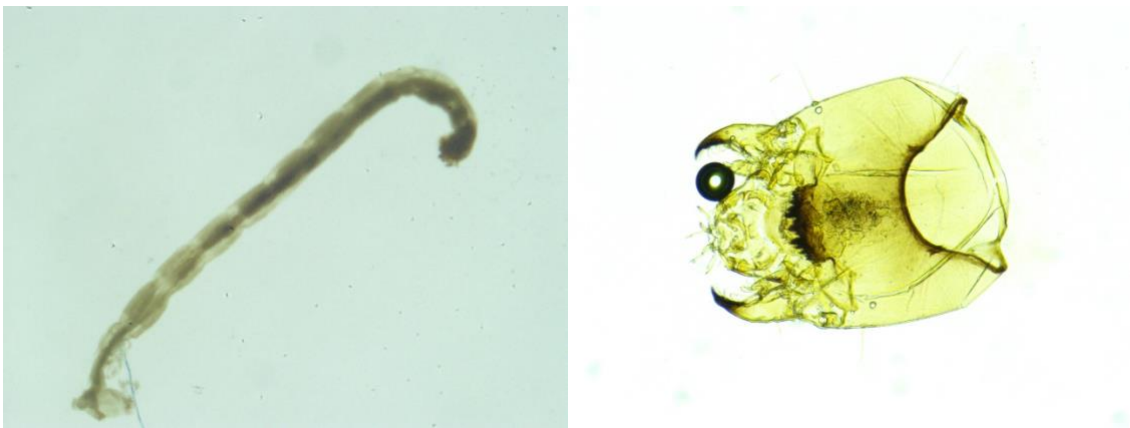
Chironomus sp1



Chironomus sp2



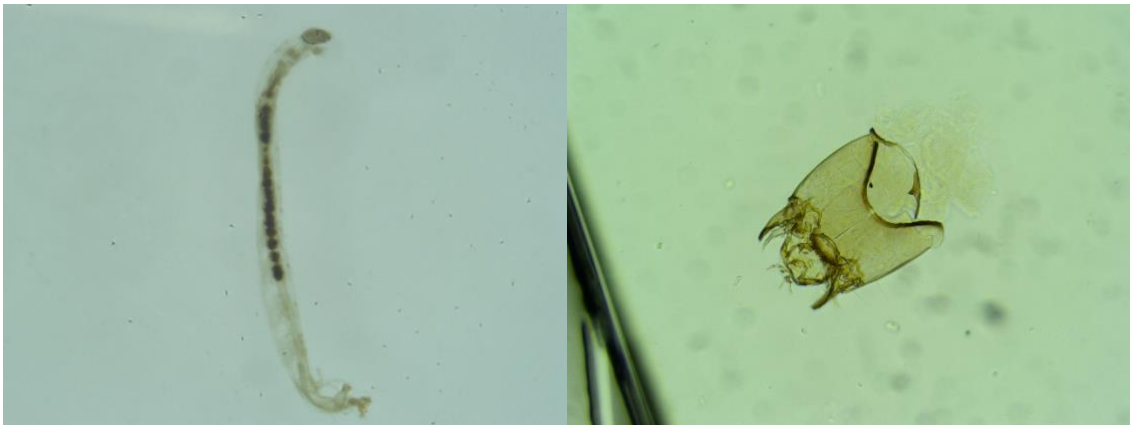
Chironomus sp3



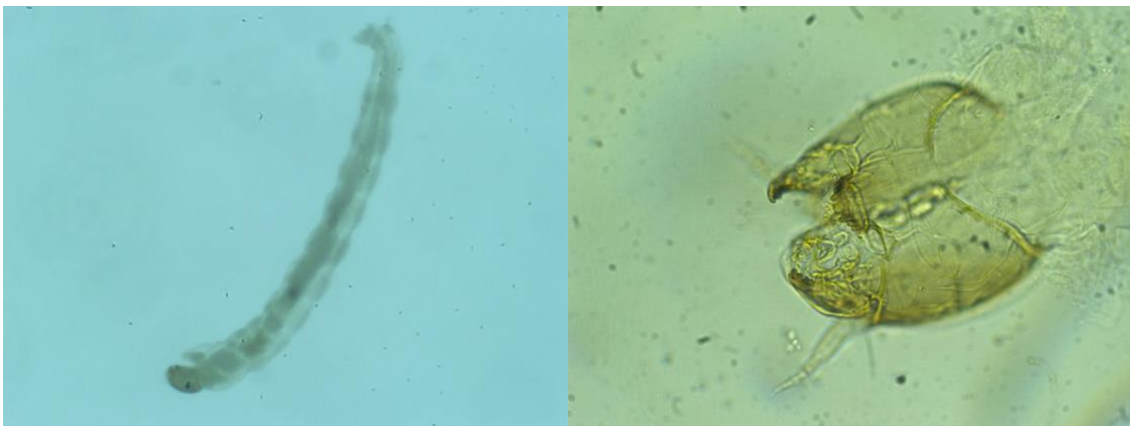
Chironomus sp5



Chironomus sp6



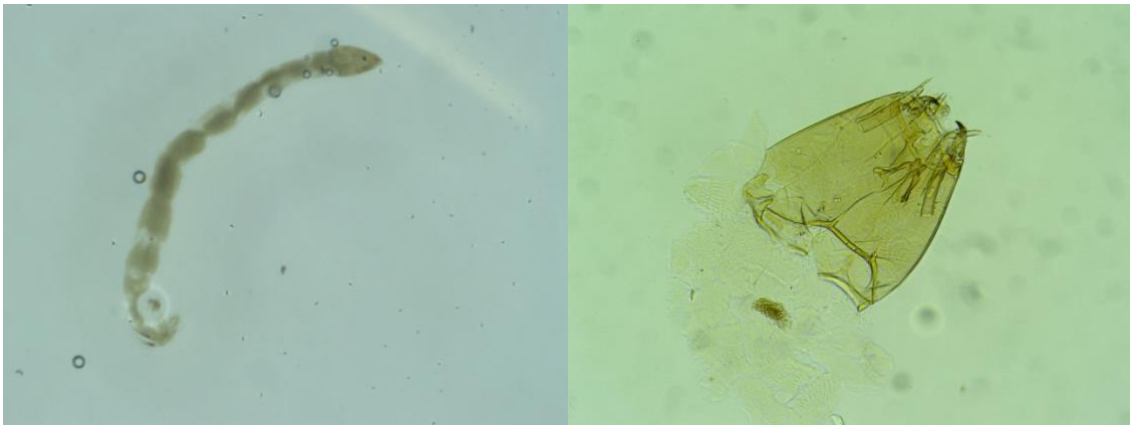
Cladotanytarsus sp1



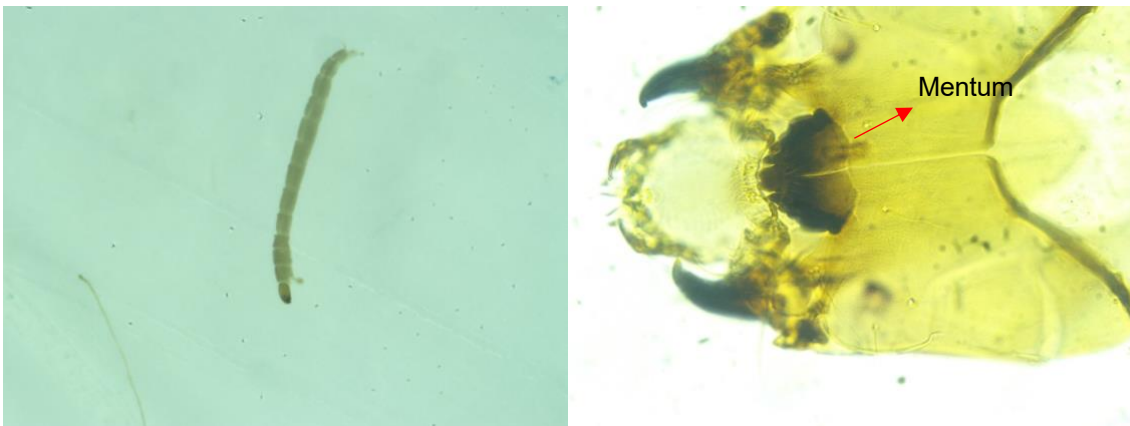
Cladotanytarsus sp2



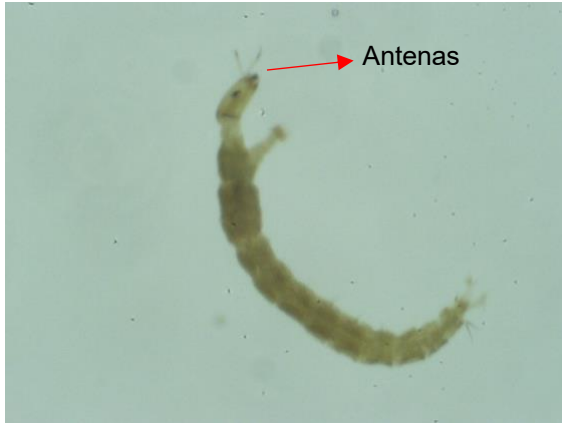
Coelotanypus sp1



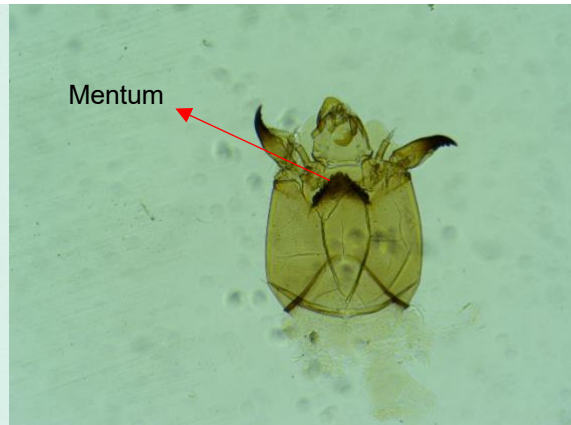
Compterosmittia sp1



Corynoneura sp1



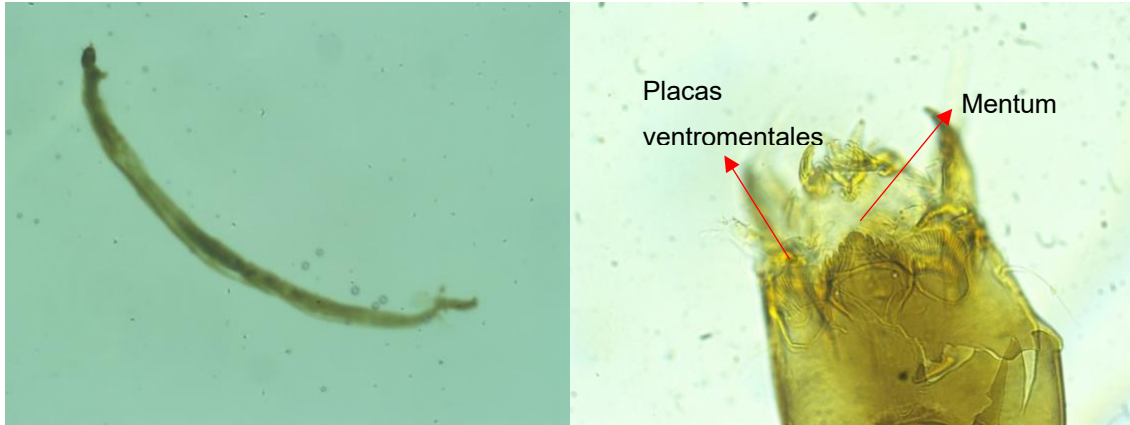
Cricotopus sp1



Cricotopus sp2



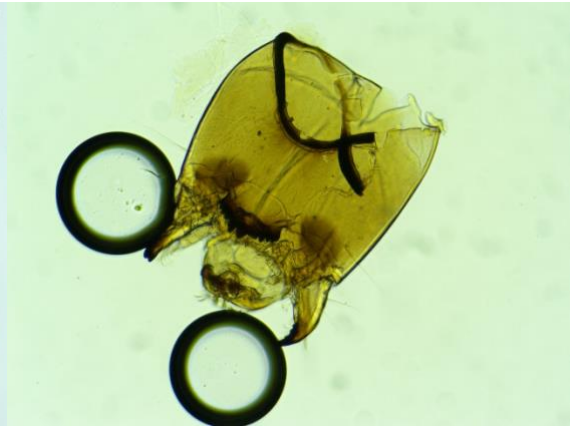
Cryptotendipes sp1



Dicrotendipes sp1



Dicrotendipes sp2



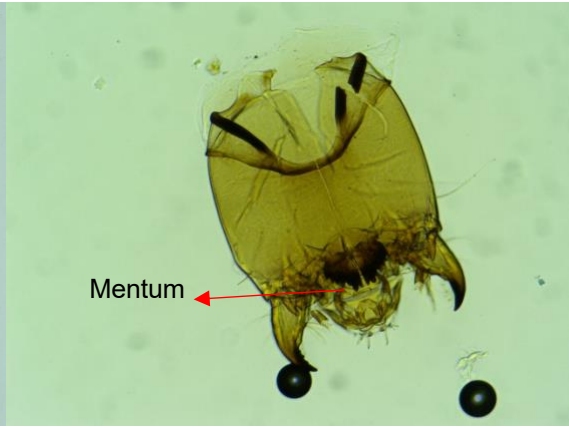
Dicrotendipes sp3



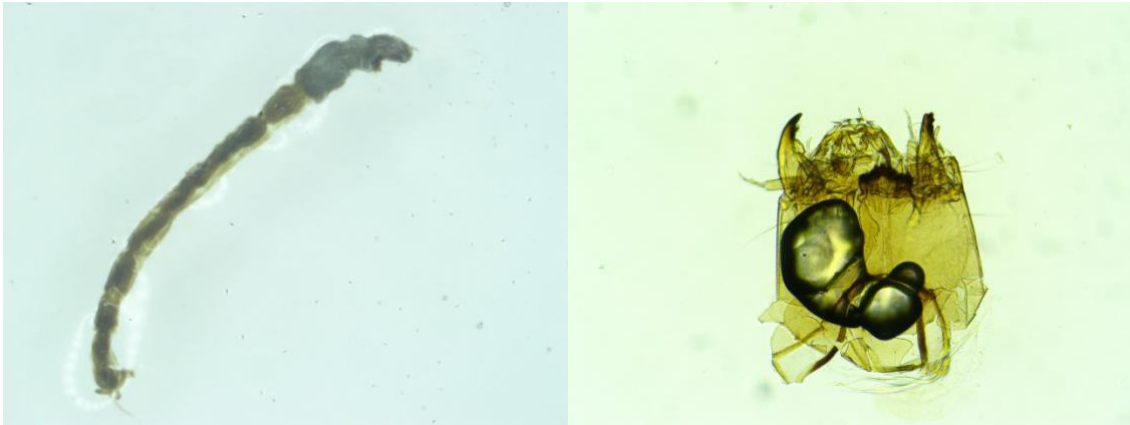
Dicrotendipes sp4



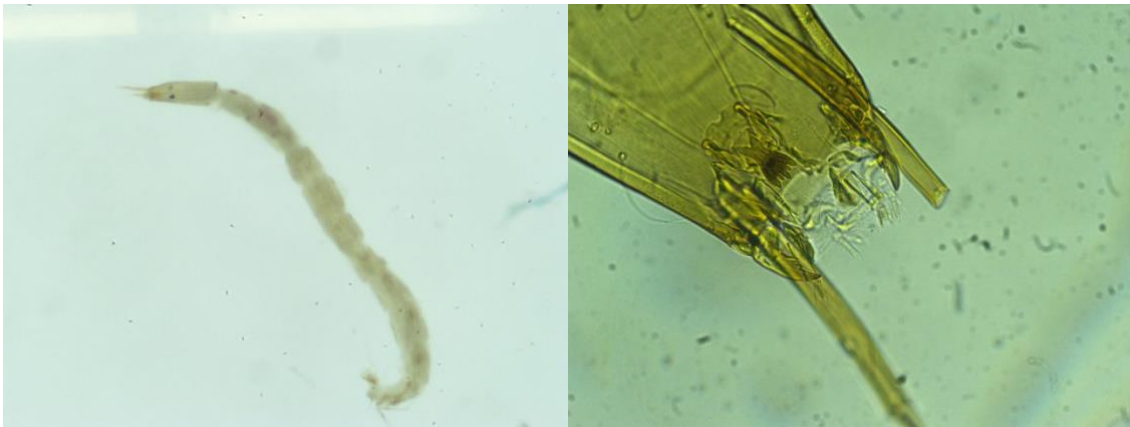
Goeldichironomus sp1



Goeldichironomus sp2



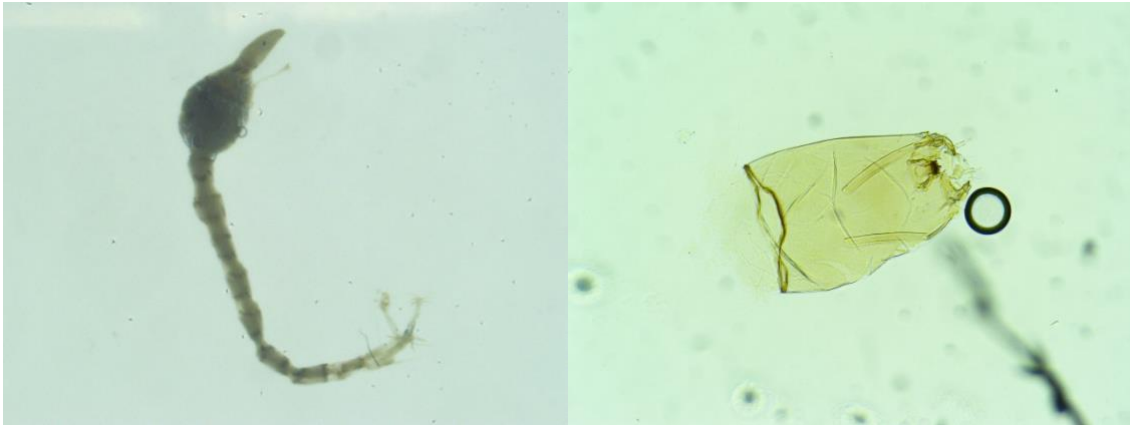
Labrundinia sp1



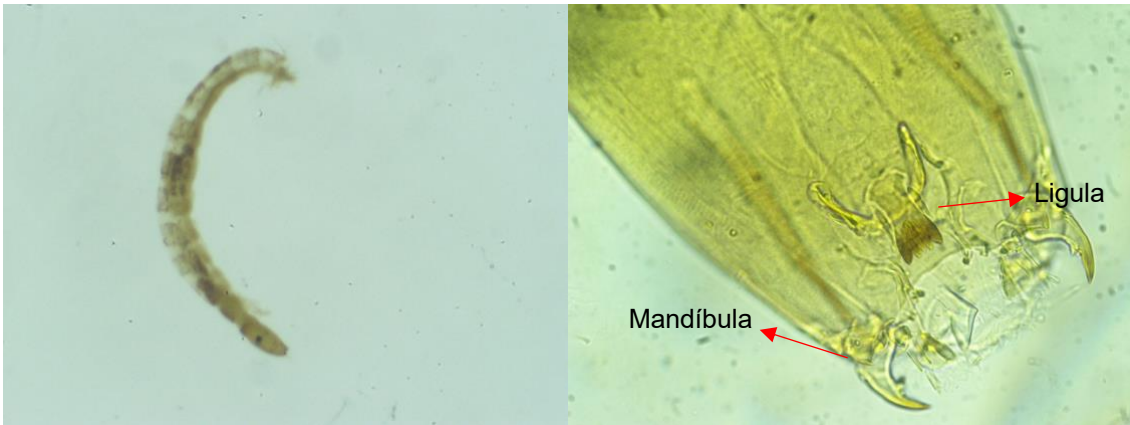
Labrundinia sp2



Labrundinia sp3



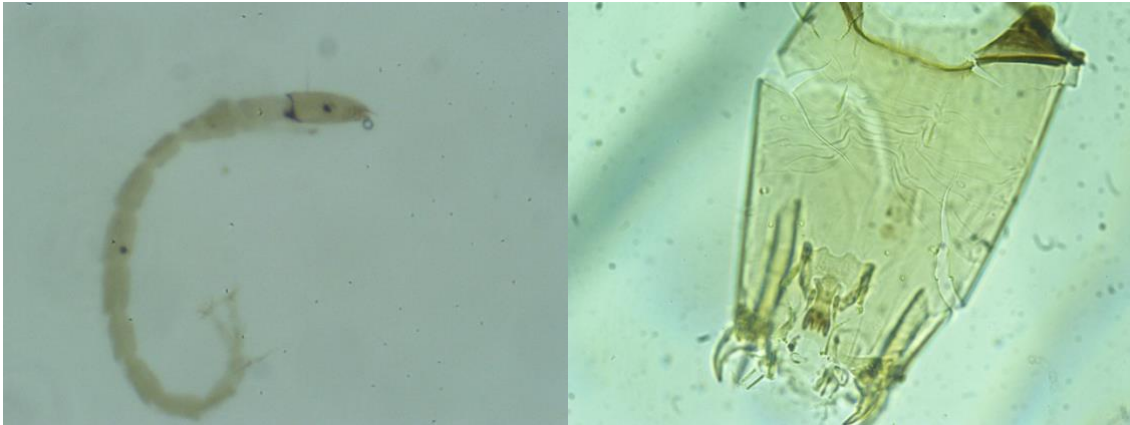
Larsia sp1



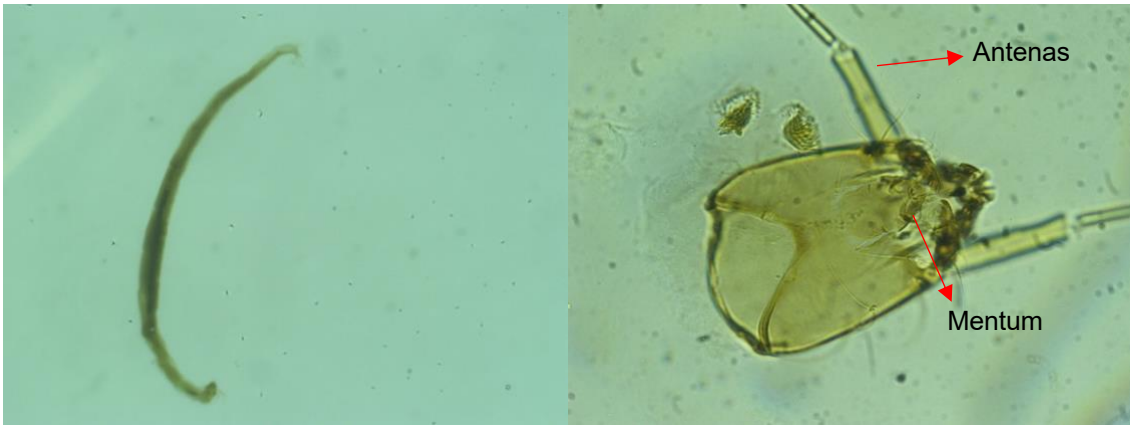
Larsia sp2



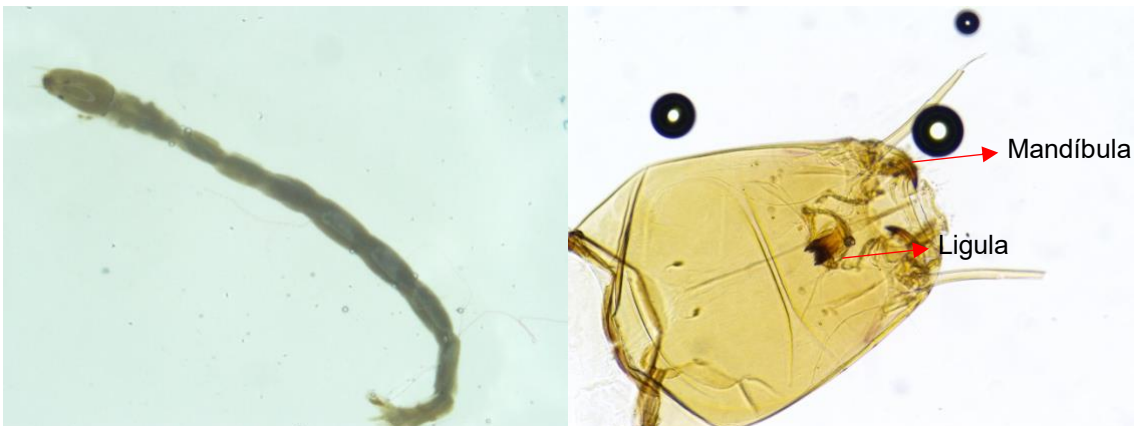
Larsia sp3



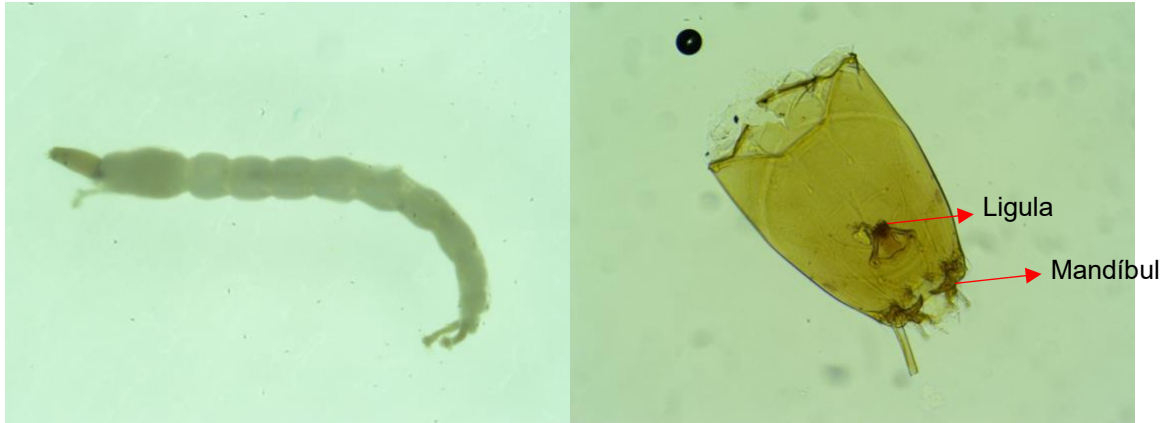
Lopescladius sp1



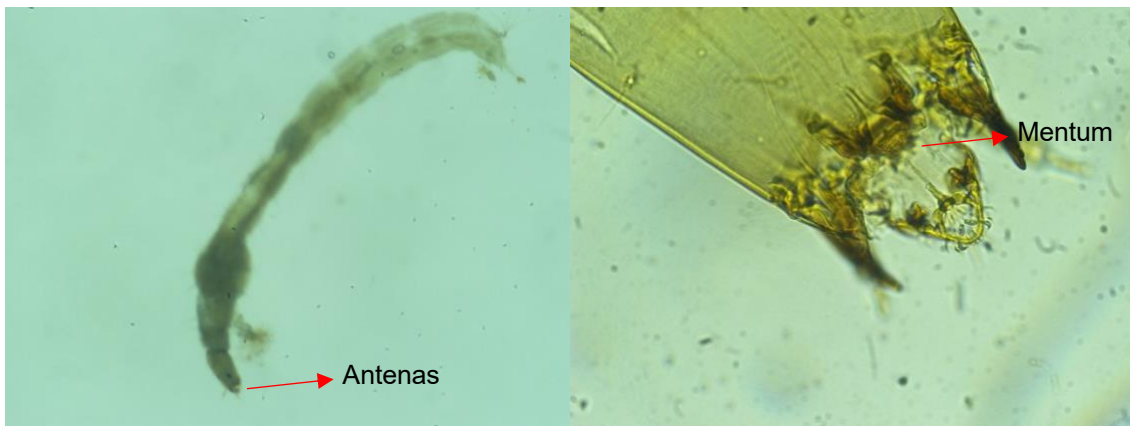
Meropelopia sp1



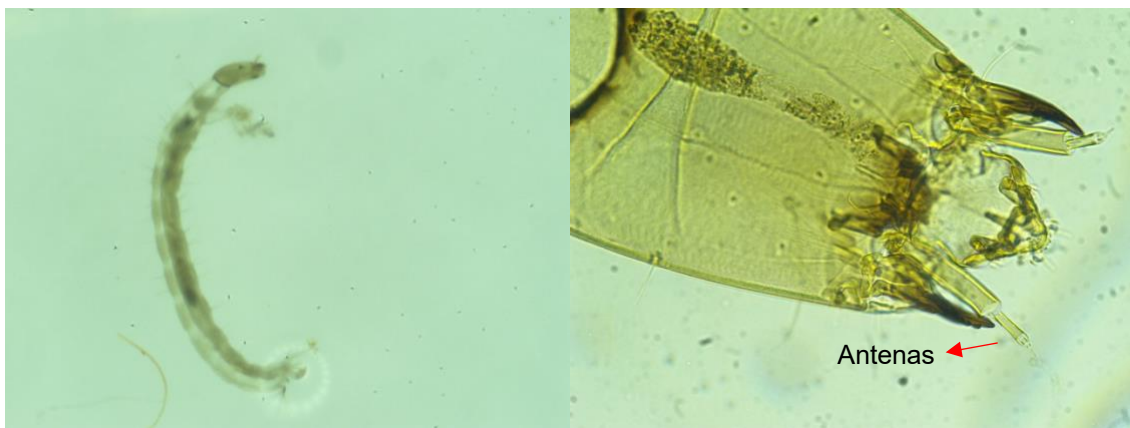
Monopelopia sp1



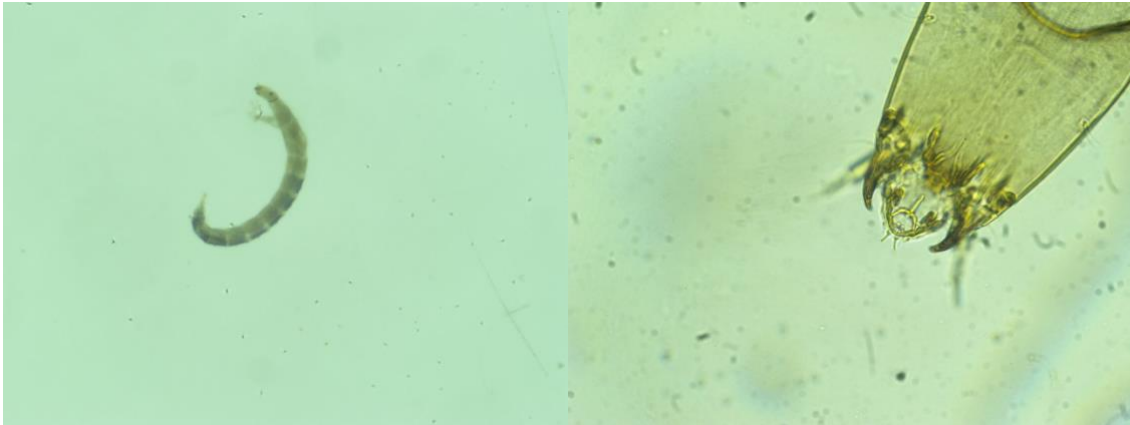
Onconeura sp1



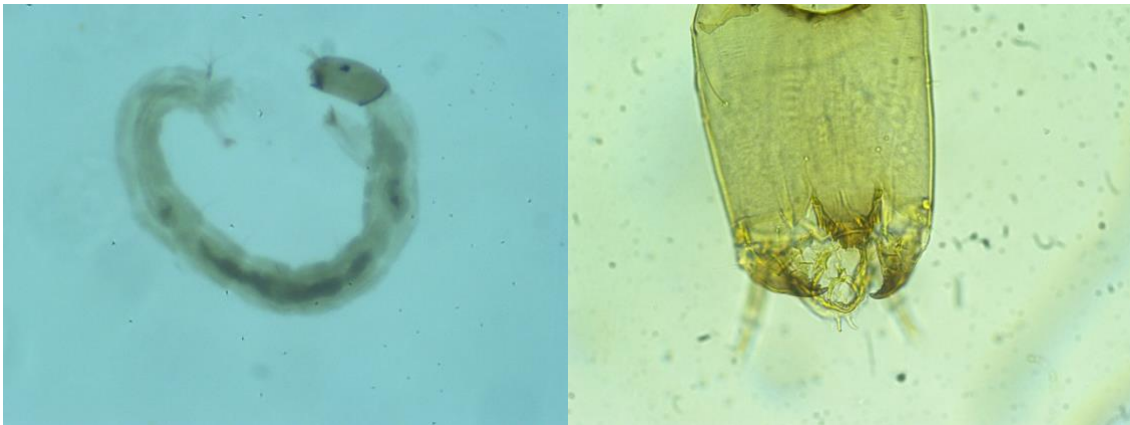
Onconeura sp2



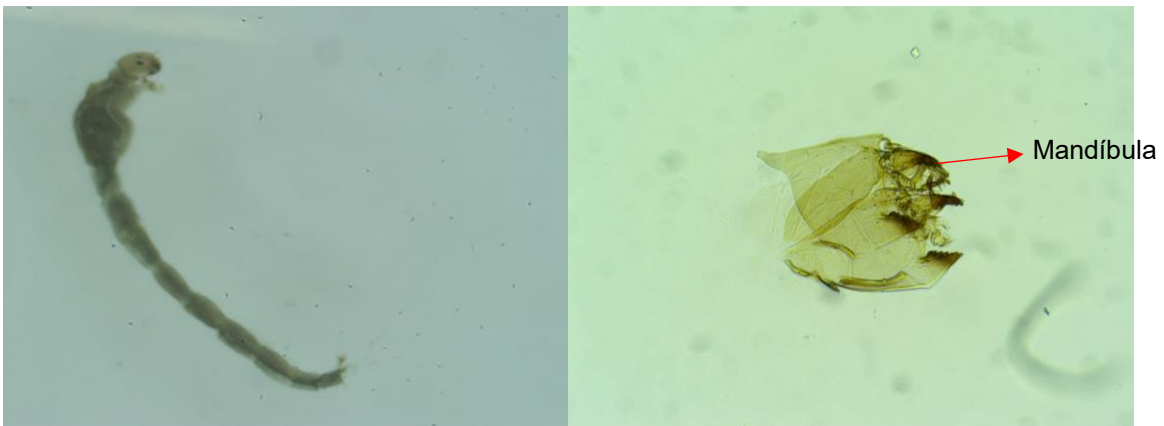
Onconeura sp3



Orthocladus sp1



-*Orthocladus* sp2-



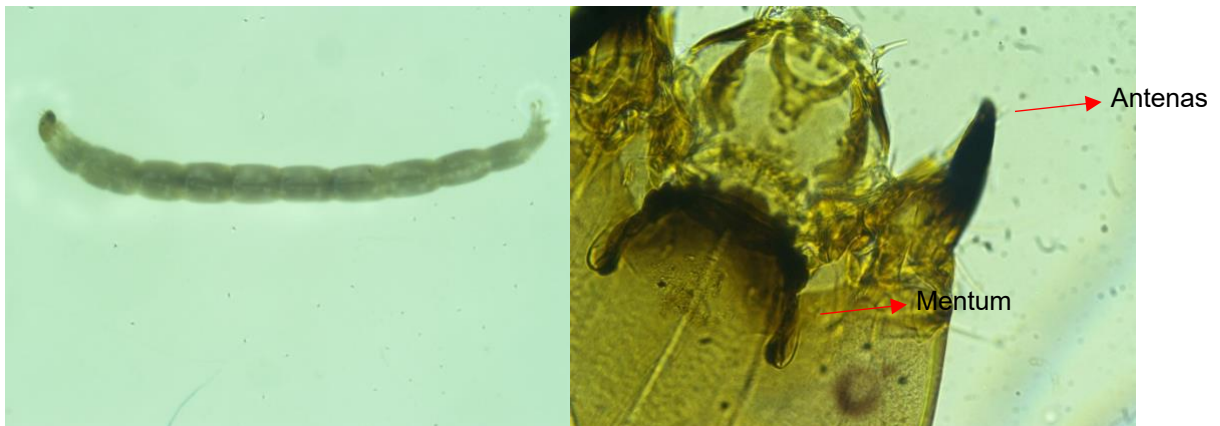
Paramerina sp1



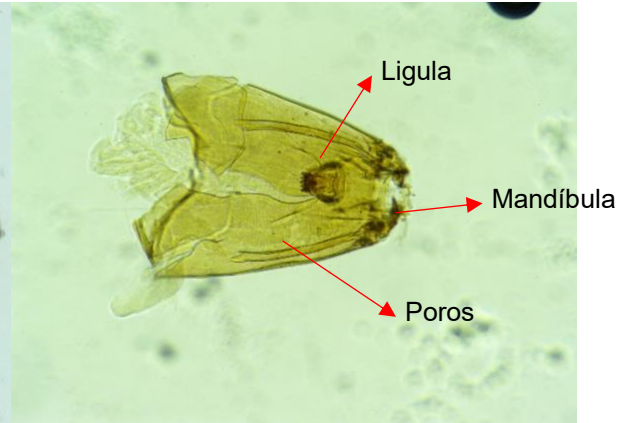
Paramerina sp2



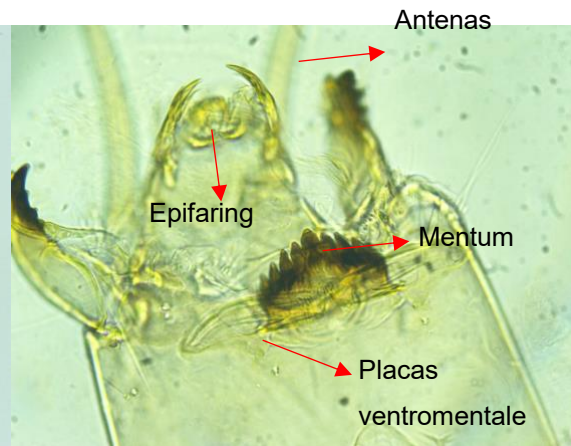
Parametriocnemus sp1



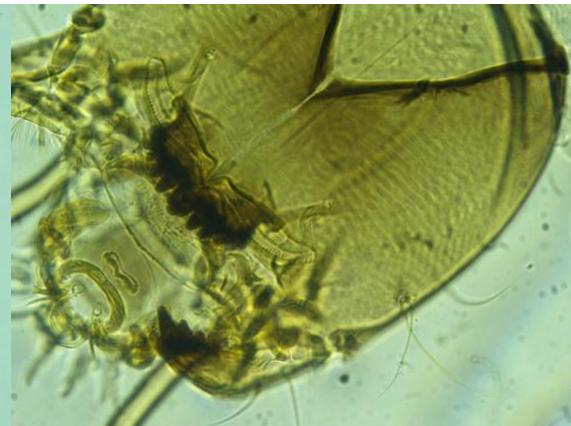
Parapentaneura sp1



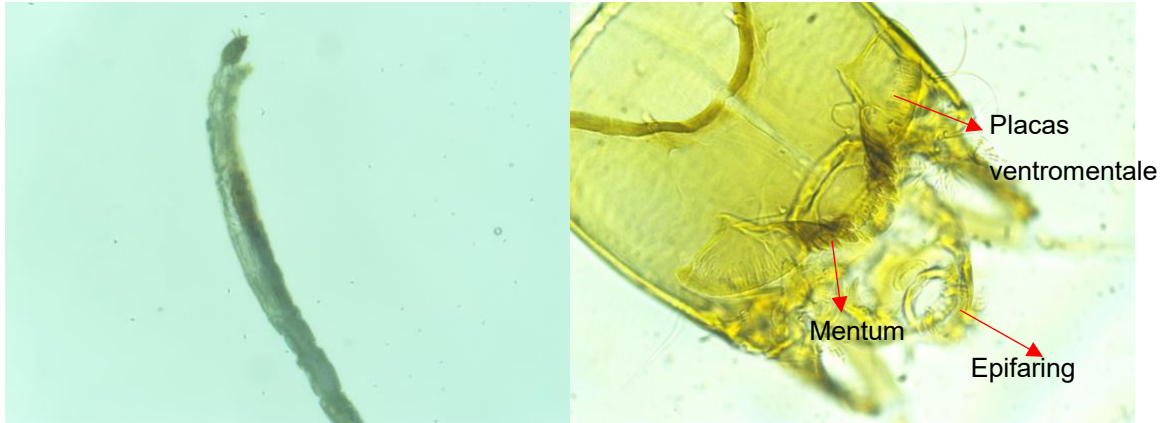
Paratanytarsus sp1



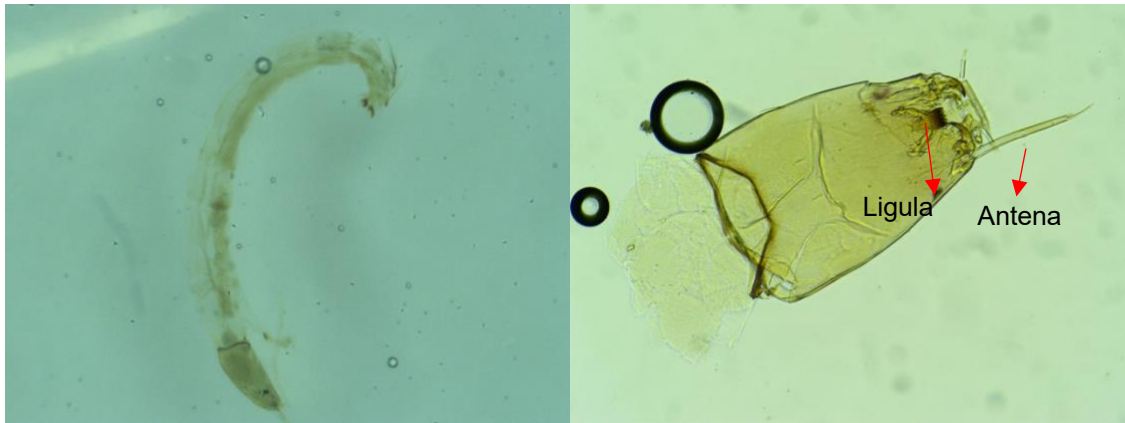
Paratanytarsus sp2



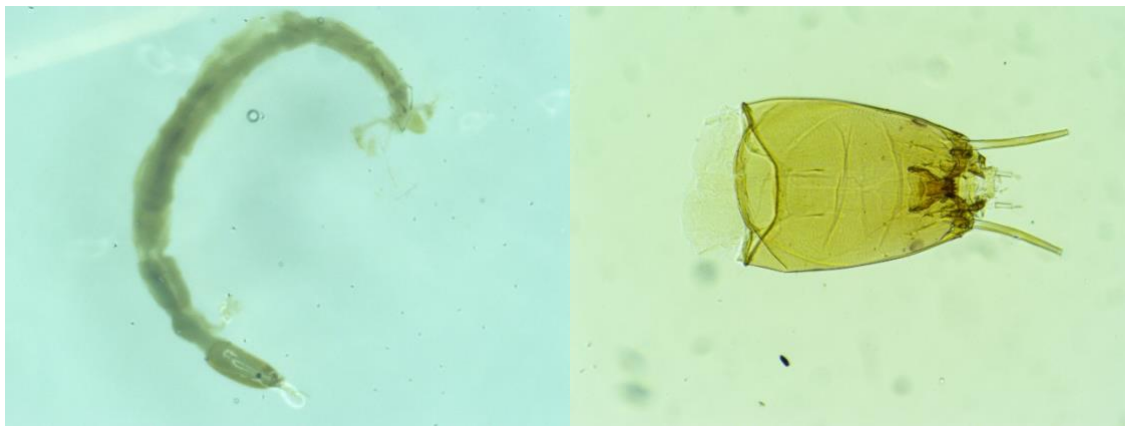
Paratendipes nudisquama



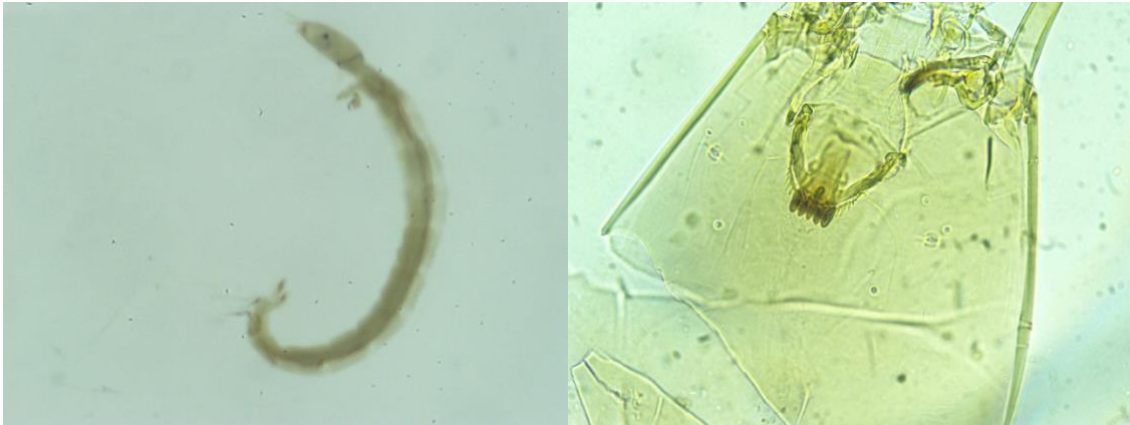
Pentaneura inconspicua



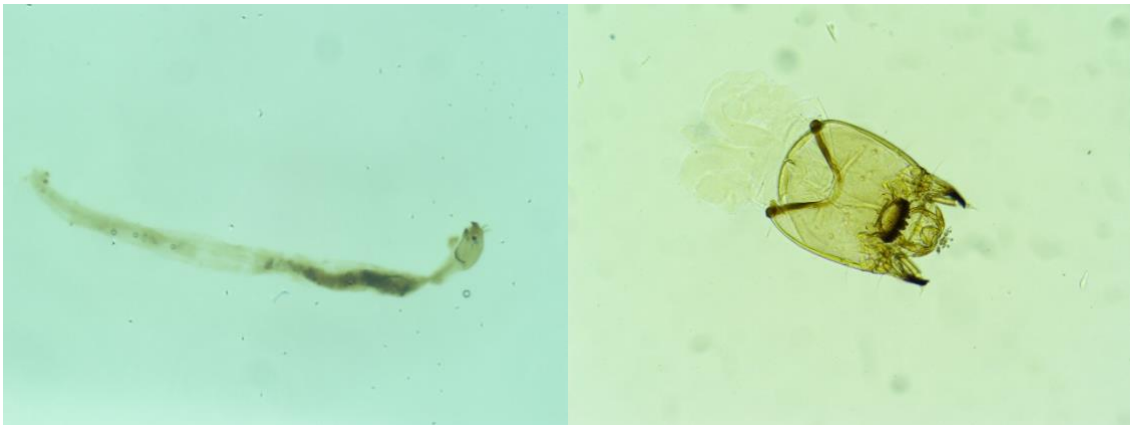
Pentaneura sp1



Pentaneura sp2



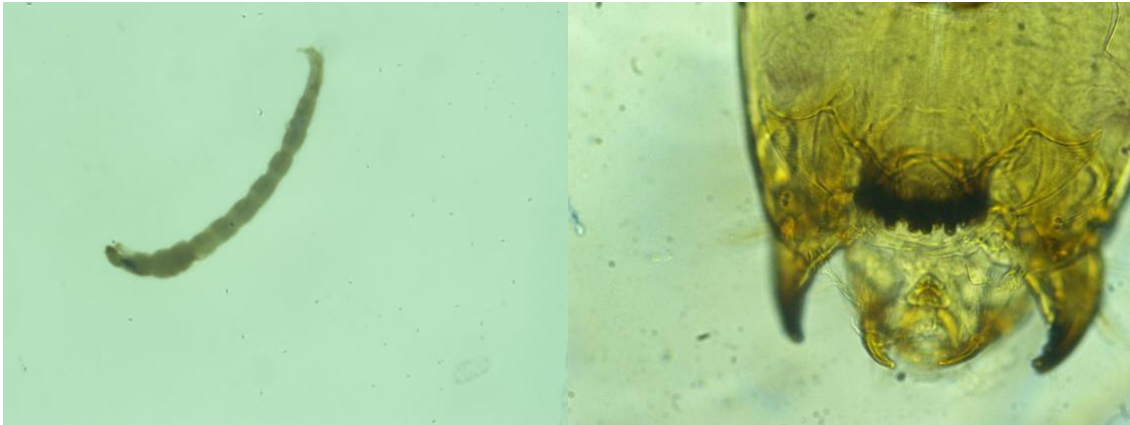
Polypedilum aviceps



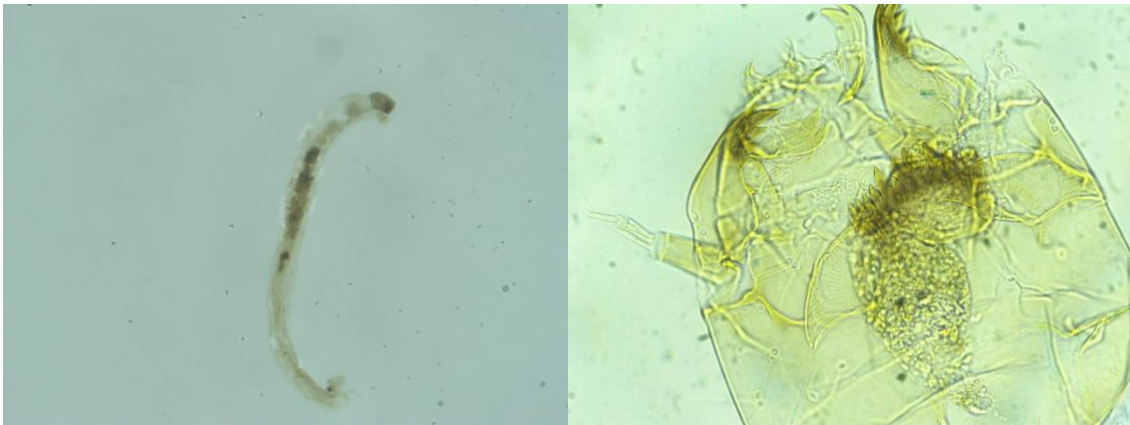
Polypedilum sp1



Polypedilum sp2



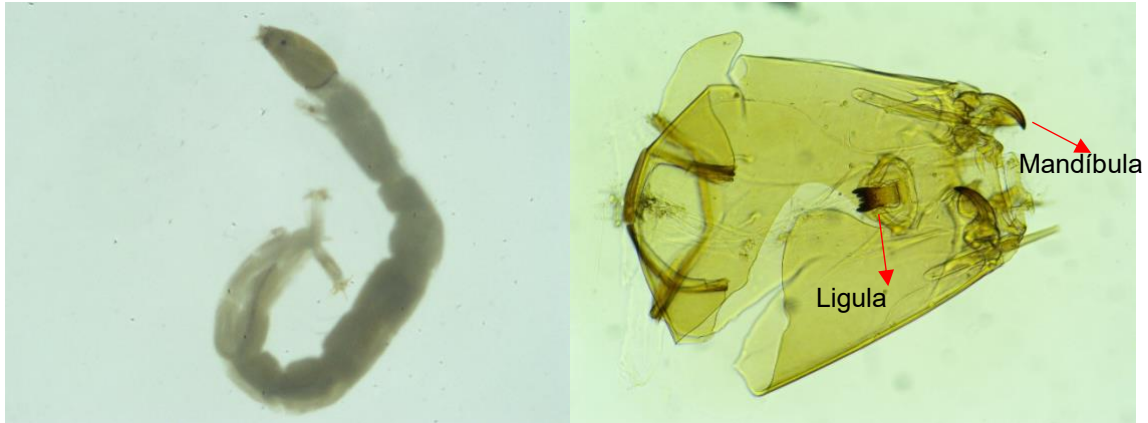
Polypedilum sp3



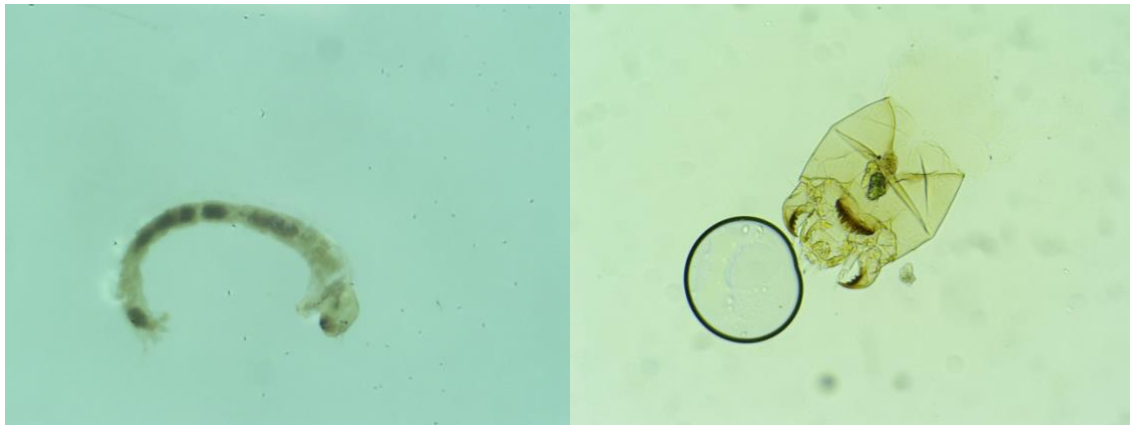
Pseudochironomus sp1



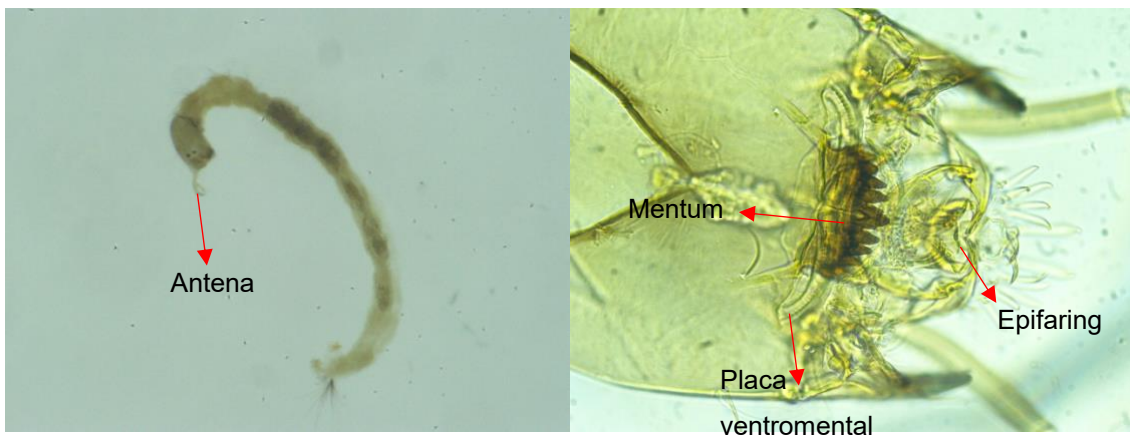
Rheopelopia sp1



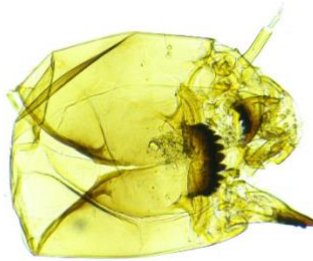
Rheotanytarsus sp1



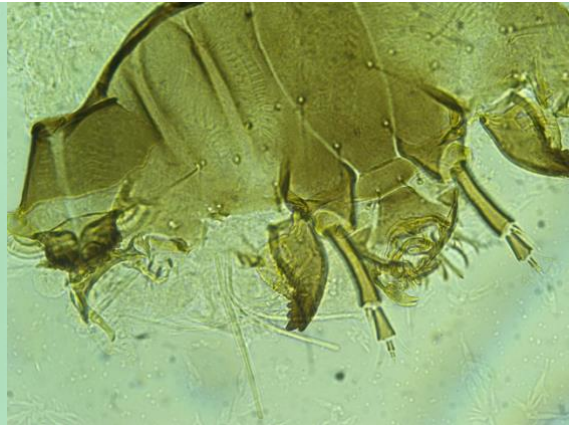
Rheotanytarsus sp2



Rheotanytarsus sp3



Rheotanytarsus sp4



Tanytarsus sp1



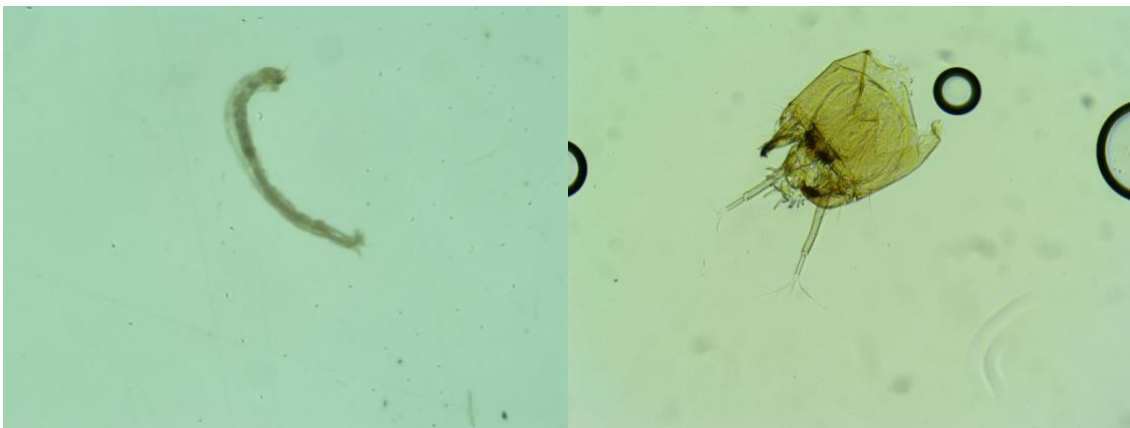
Tanytarsus sp2



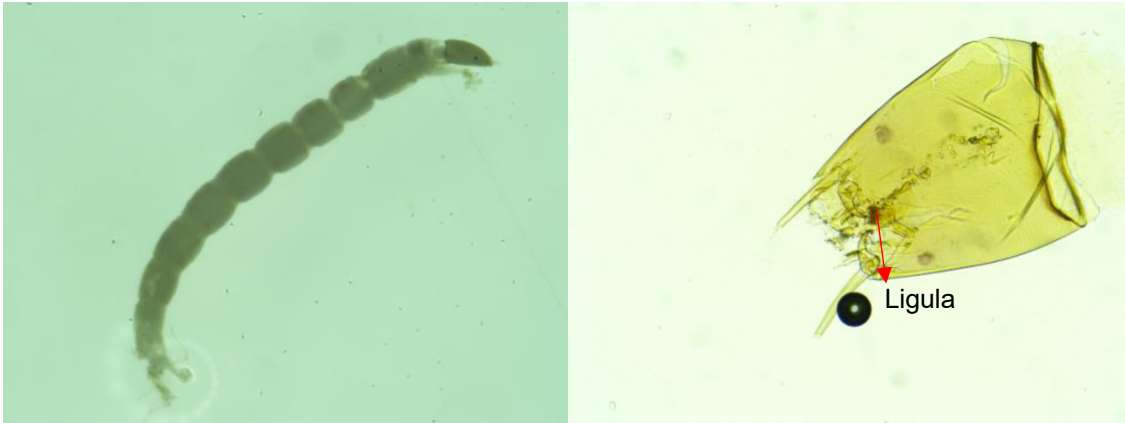
Tanytarsus sp3



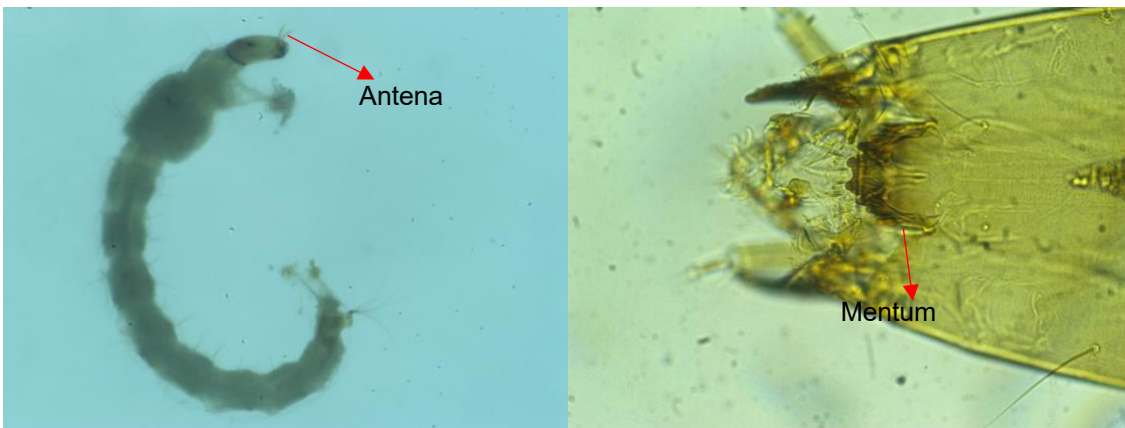
Tanytarsus sp4



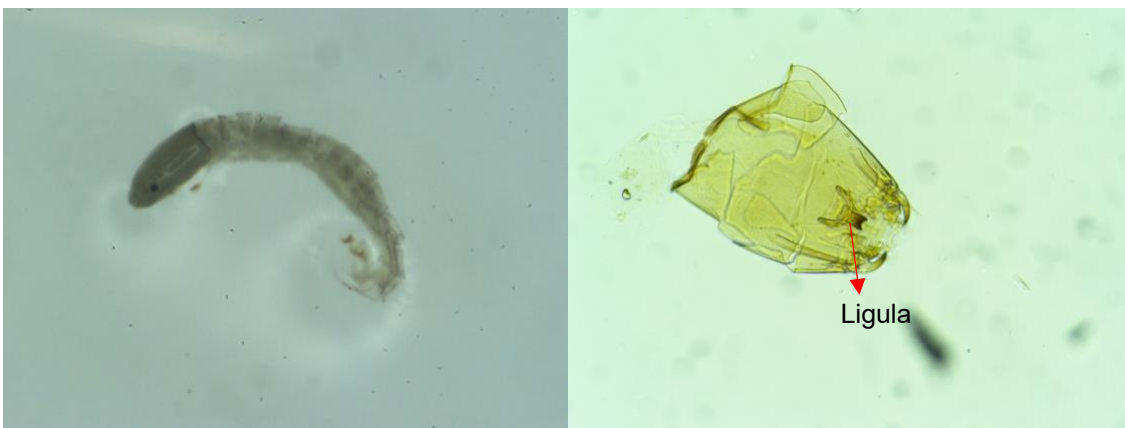
Telopelopia sp1



Thienamanniella sp1

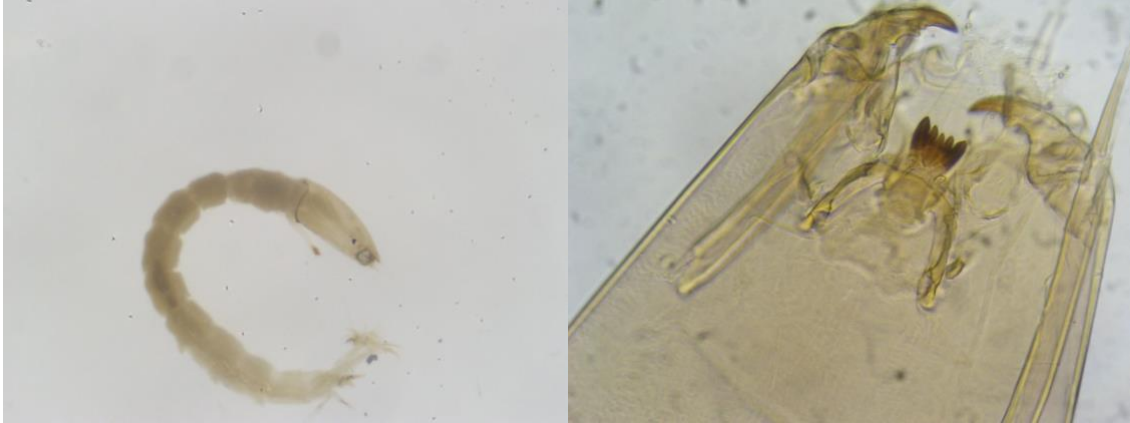


Thienemannimyia sp1

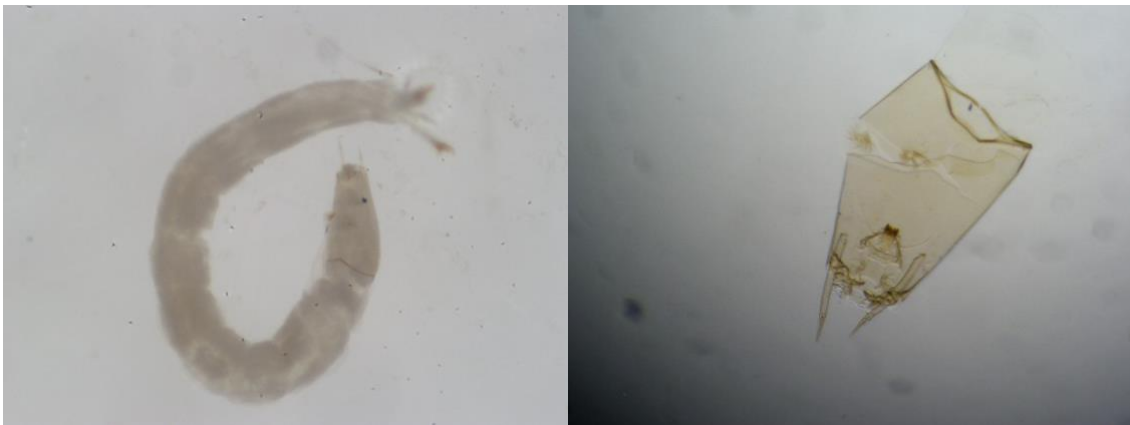


Verano

Ablabesmyia sp9



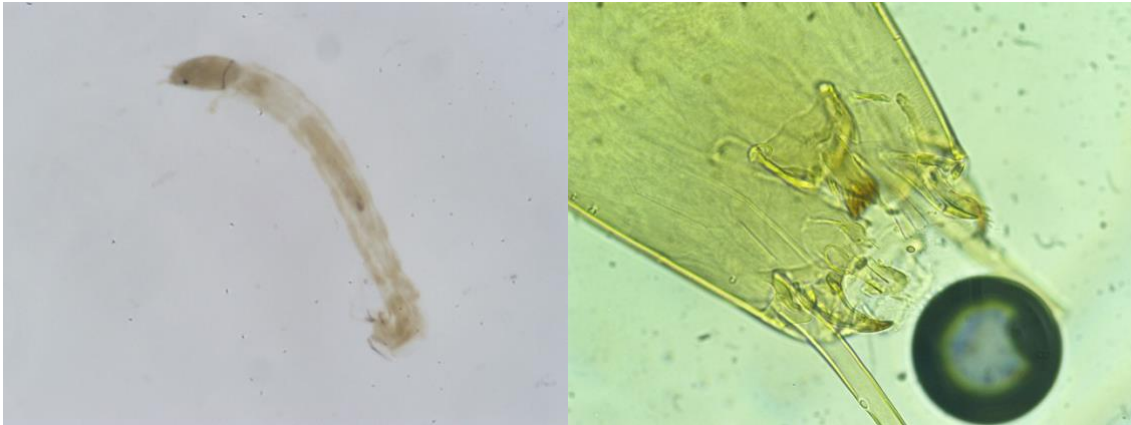
Ablabesmyia sp10



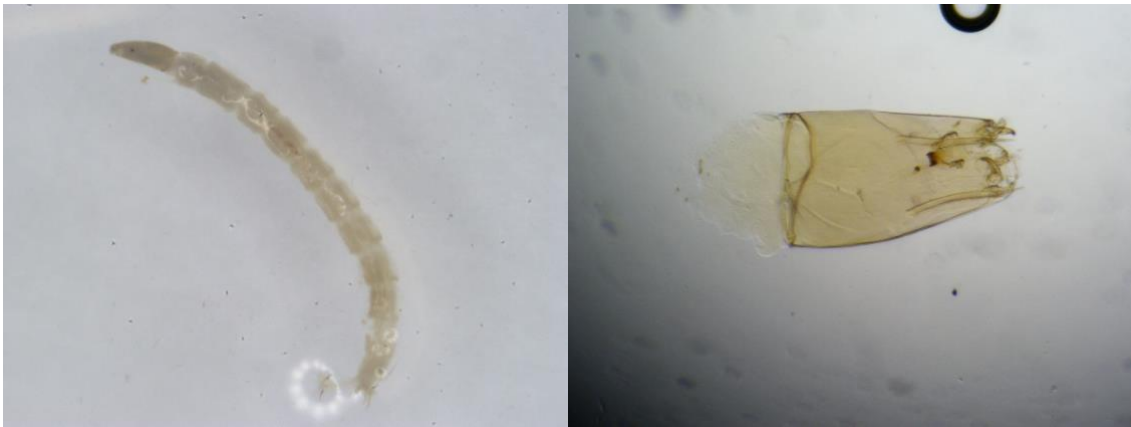
Ablabesmyia sp11



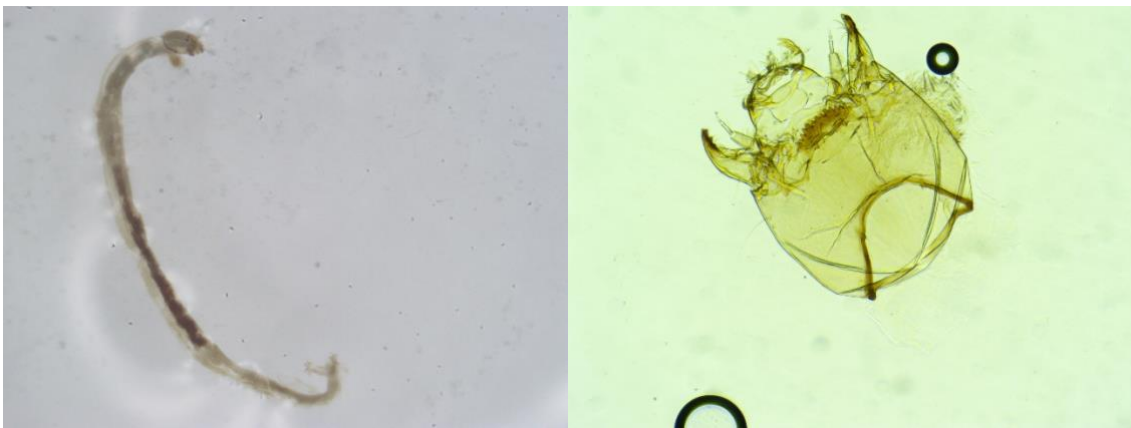
Ablabesmyia sp7



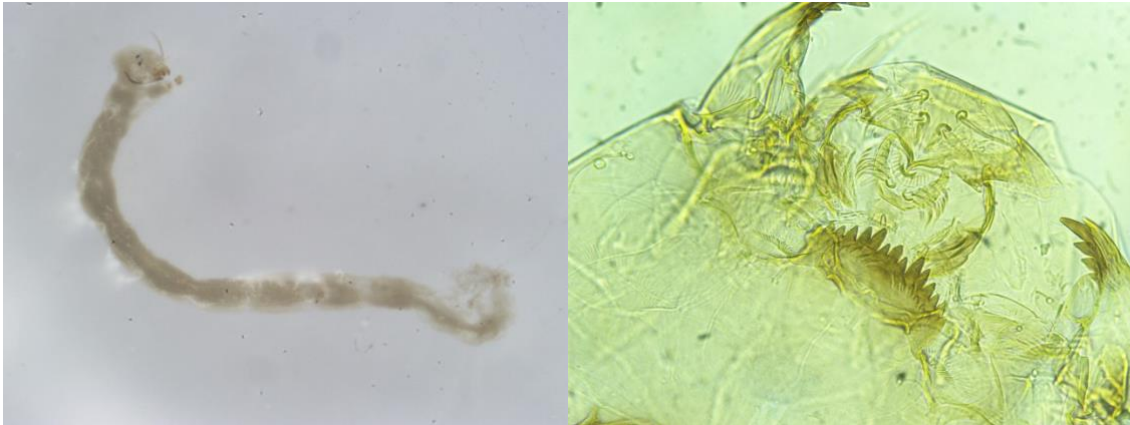
Ablabesmyia sp8



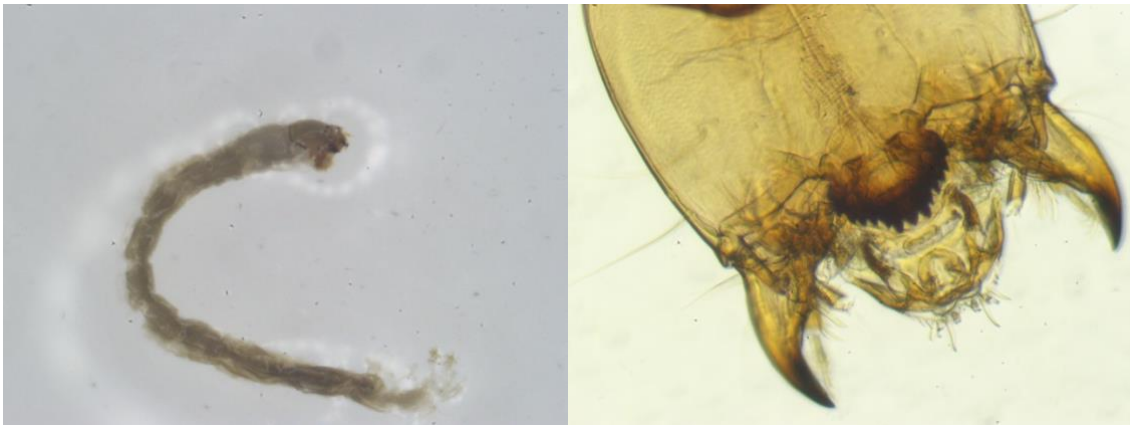
Chironomus sp7



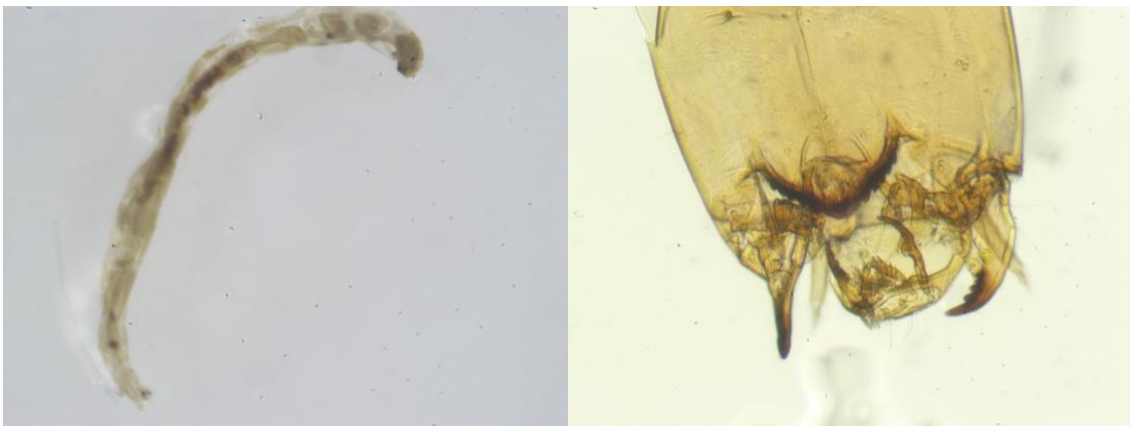
Chironomus sp8



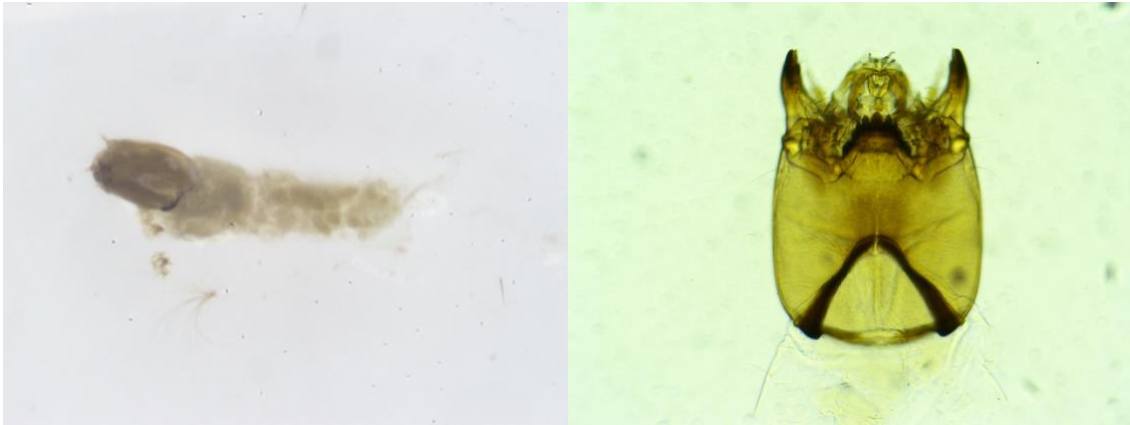
Cricotopus sp3



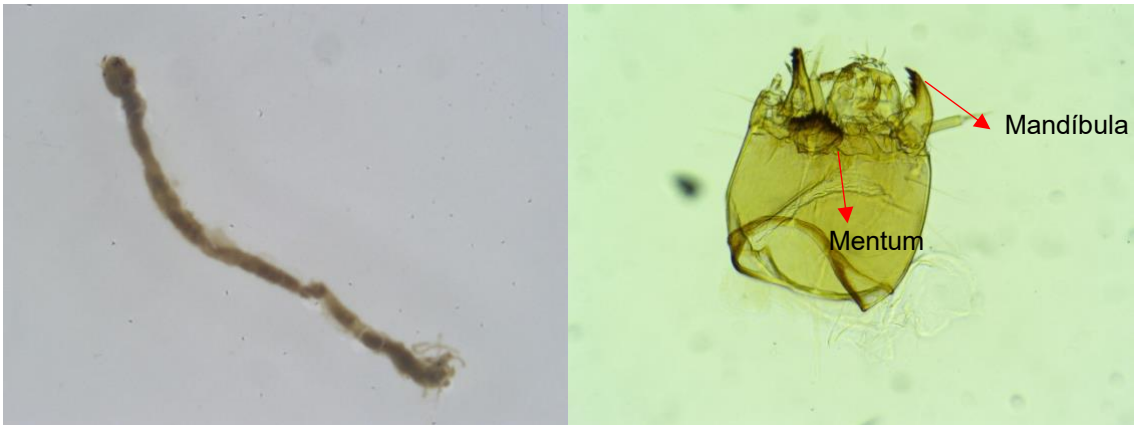
Cricotopus sp4



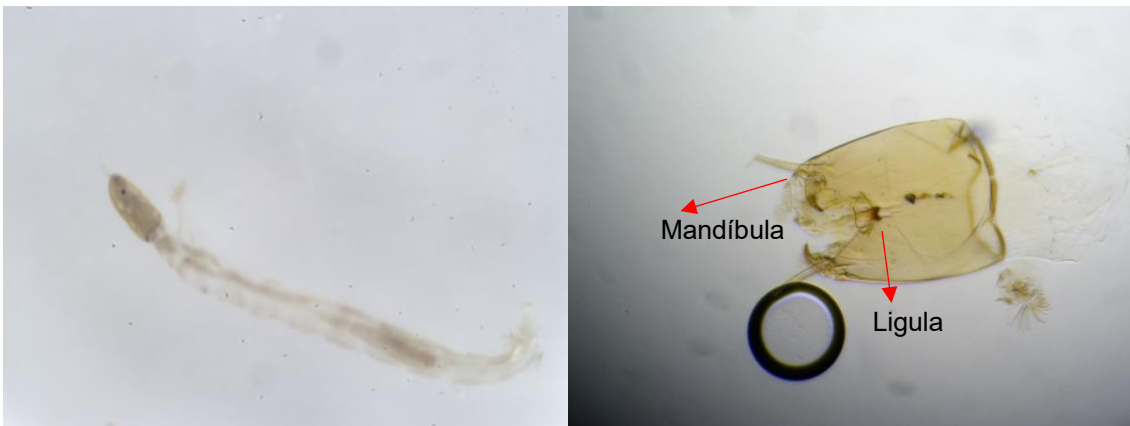
Dicrotendipes sp5



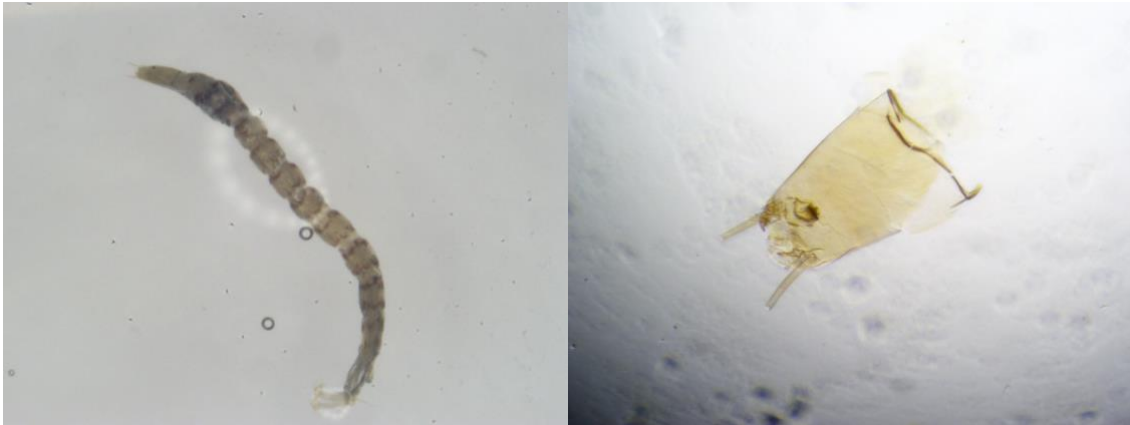
Goeldichironomus holoprasinus



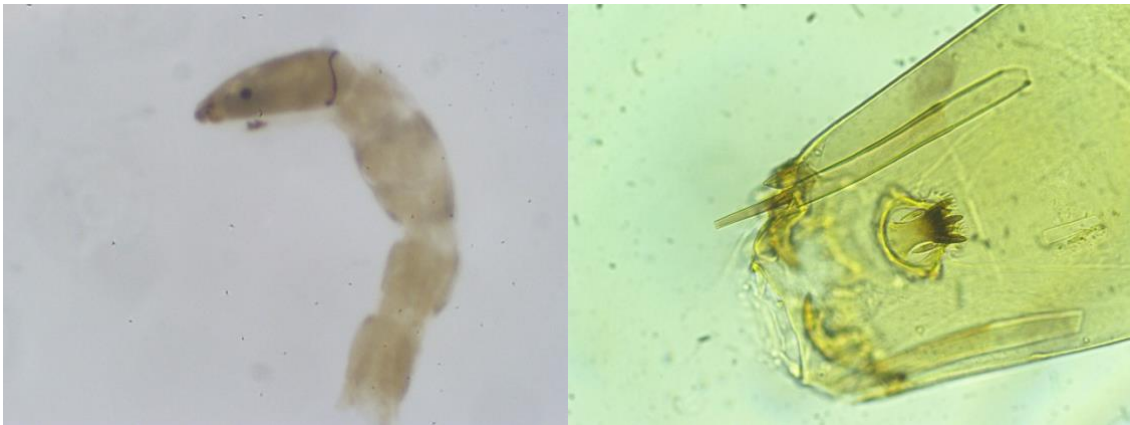
Hudsonimyia sp1



Labrundinia sp4



Labrundinia sp4



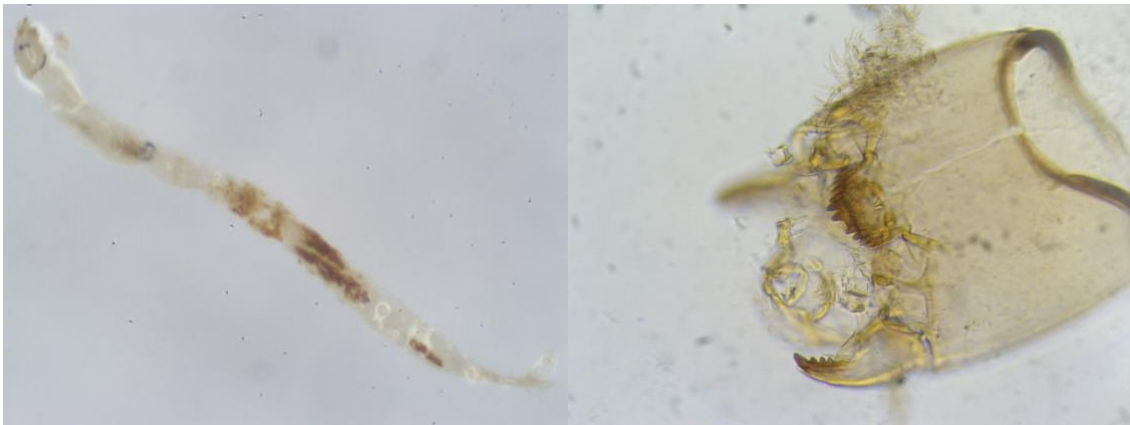
Microtendipes sp1



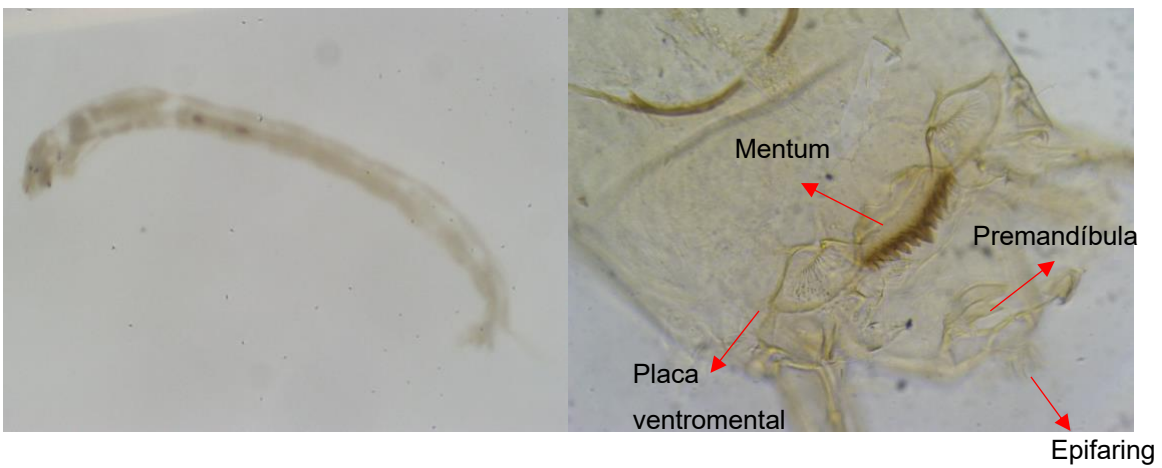
Orthocladius sp3



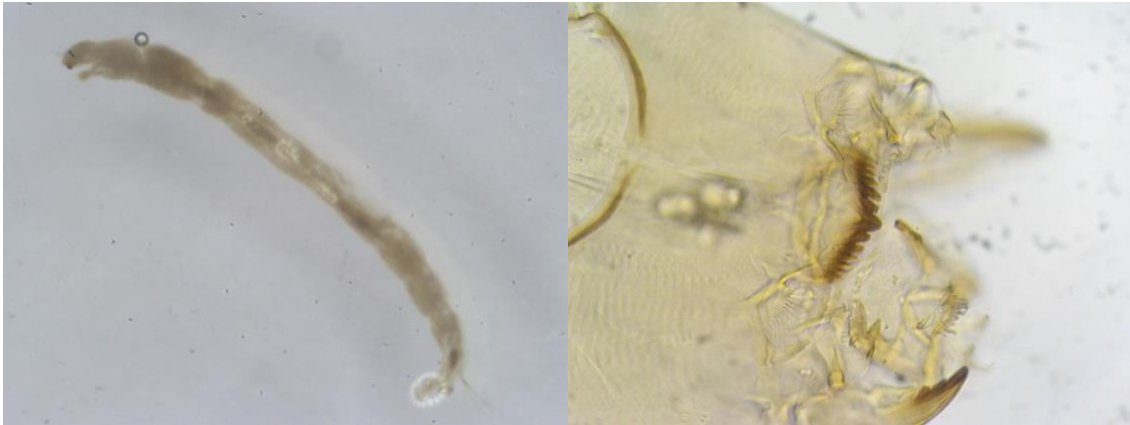
Orthocladius sp4



Parachironomus sp1



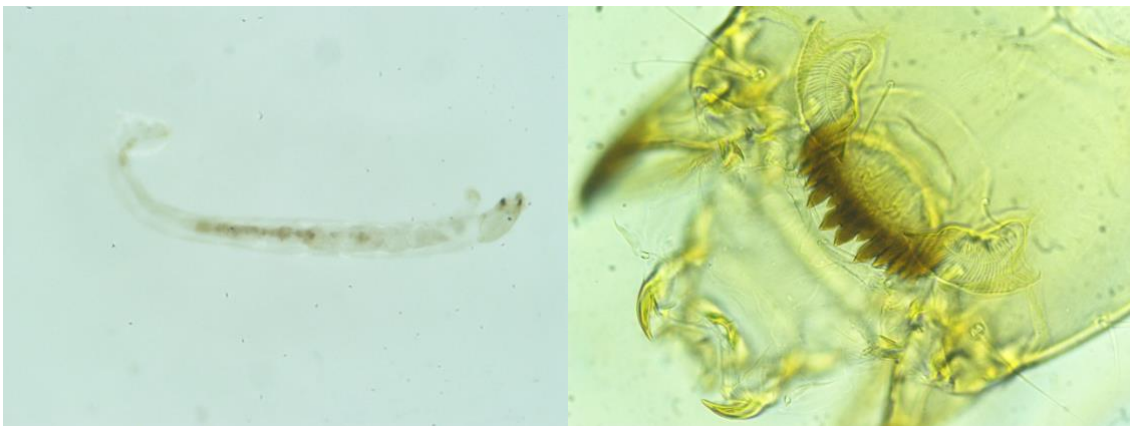
Parachironomus sp2



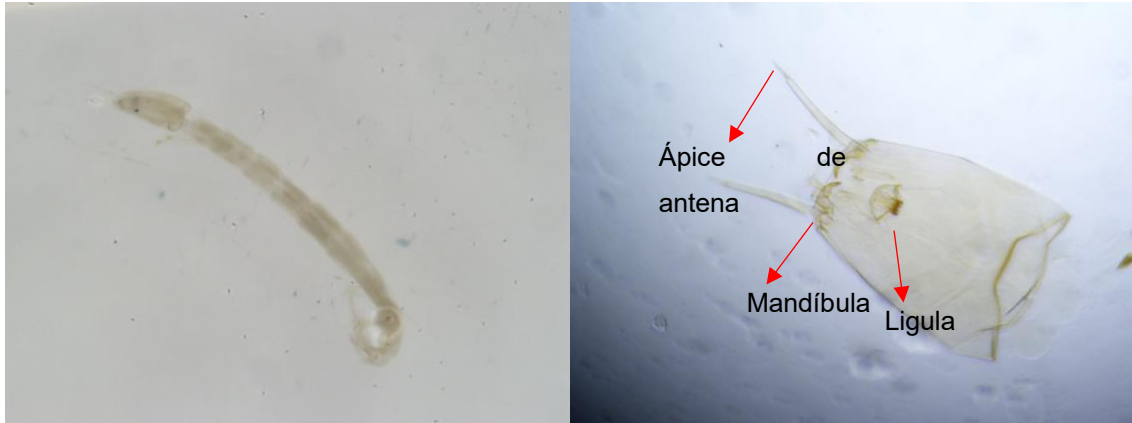
Paramerina sp3



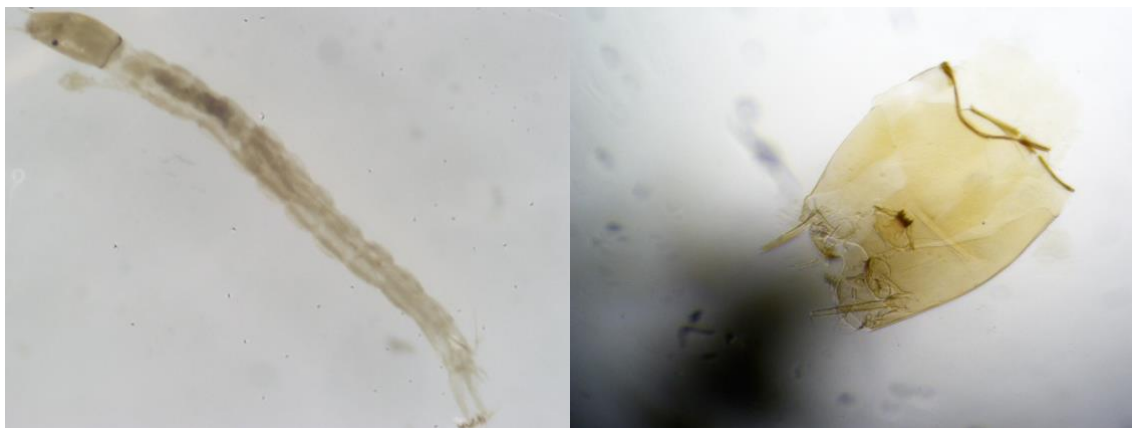
Polypedilum sp4



Procladius sp1



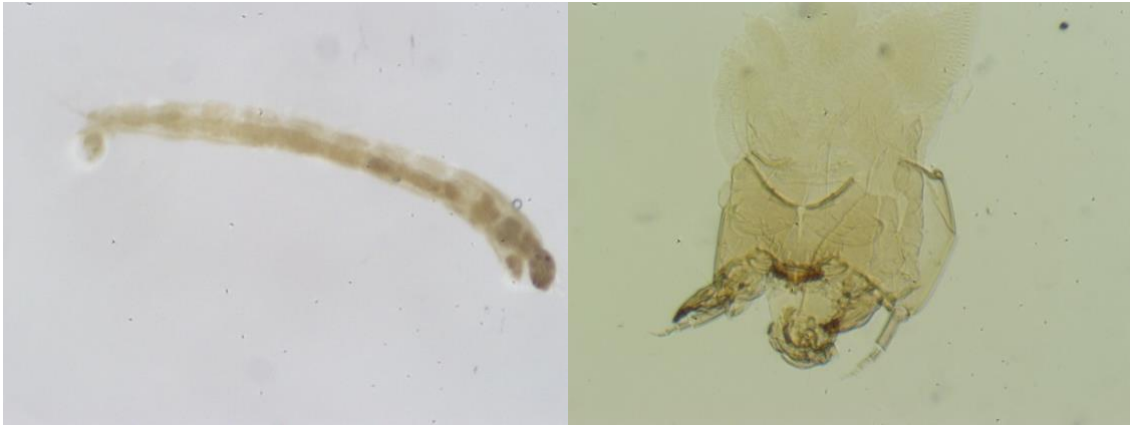
Procladius sp2



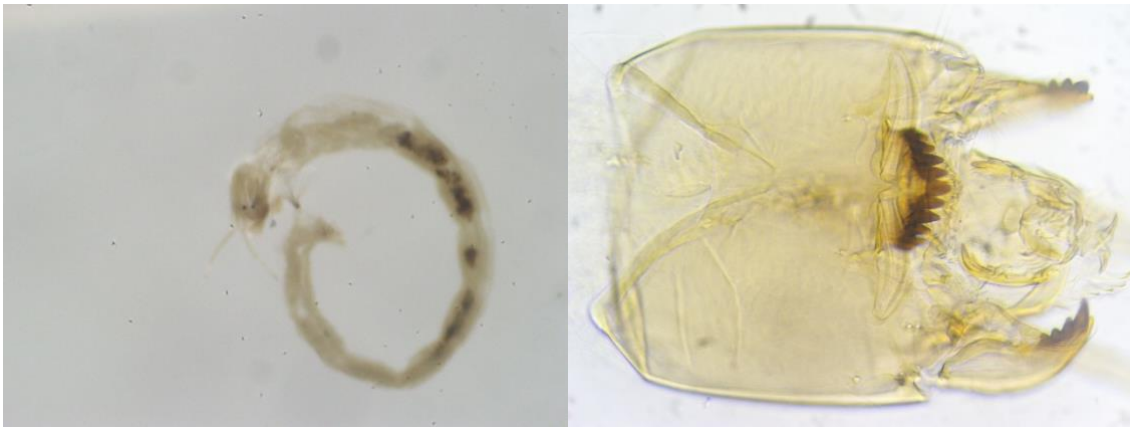
Psectrotanypus sp1



Pseudochironomus sp2



Tanytarsus sp5



Tanytarsus sp6



Thienemannimyia sp2

