Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Biológicas
Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

Diversidad y grupos funcionales de alimentación de la familia Chironomidae (Diptera) asociados a formaciones vegetales en humedales costeros de San José (Lambayeque) y Pisco (Ica), Perú

TESIS

Para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en Zoología

AUTOR

Jhoany Vanessa MALLQUI FLORES

ASESOR

Mg. Jorge Luis PERALTA ARGOMEDA

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mallqui, J. (2026). *Diversidad y grupos funcionales de alimentación de la familia Chironomidae (Diptera) asociados a formaciones vegetales en humedales costeros de San José (Lambayeque) y Pisco (Ica), Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jhoany Vanessa Mallqui Flores
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72284531
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2683-1359
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Luis Peralta Argomeda
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44384768
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9416-8194
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jerry Omar Arana Maestre
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	42541058
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Angélico Fortunato Asenjo Flores
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40442543
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Oswaldo Benjamin Cornejo Gonzalez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06156889
Datos de investigación	

Línea de investigación	A.1.1.1. Biodiversidad y Ecología de Ecosistemas Acuáticos
Grupo de investigación	Biodiversidad y Ecología de Ambientes Acuáticos Continentales - BIOAQUA
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Proyectos de Investigación con Financiamiento para Grupos de Investigación. PCONFIGI B20100071 (Responsable: Dr. Jorge Luis Peralta Argomeda) y PCONFIGI B21100601 (Responsable: Mg. Víctor Hernán Aramayo Navarro).
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Laboratorio de Ecología de Invertebrados Acuáticos Continentales, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Calle: Av. Germán Amézaga 375, Ciudad Universitaria. Latitud: -12.059750 Longitud: -77.081900
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2026
URL de disciplinas OCDE	**https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.1**

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGA CON MENCIÓN EN ZOOLOGÍA (MODALIDAD: SUSTENTACIÓN PRESENCIAL DE TESIS)

Siendo las 10:03 horas del 10 de junio de 2026, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas y en presencia del Jurado formado por los profesores que suscriben, se inició la sesión para optar al **Título Profesional de Bióloga con mención en Zoología** de **JHOANY VANESSA MALLQUI FLORES.**

Luego de dar lectura y conformidad al expediente **N.º UNMSM-20250049568**, la titulando expuso su tesis: **DIVERSIDAD Y GRUPOS FUNCIONALES DE ALIMENTACIÓN DE LA FAMILIA CHIRONOMIDAE (DIPTERA) ASOCIADOS A FORMACIONES VEGETALES EN HUMEDALES COSTEROS DE SAN JOSÉ (LAMBAYEQUE) Y PISCO (ICA), PERÚ**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota 18, calificativo: Aprobado con mención honrosa

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el **Título Profesional de Bióloga con mención en Zoología** a **JHOANY VANESSA MALLQUI FLORES** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 11:10 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 10 de junio de 2026.

Mg. JERRY OMAR ARANA MAESTRE
(PRESIDENTE)

Mg. JORGE LUIS PERALTA ARGOMEDA
(ASESOR)

Dr. ANGELICO FORTUNATO ASENJO FLORES
(MIEMBRO)

Blgo. OSWALDO BENJAMIN CORNEJO GONZALES
(MIEMBRO)

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, JORGE LUIS PERALTA ARGOMEDA en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N° 000006-2026-EPCB-FCB/UNMSM de la tesis, cuyo título es, **"DIVERSIDAD Y GRUPOS FUNCIONALES DE ALIMENTACIÓN DE LA FAMILIA CHIRONOMIDAE (DIPTERA) ASOCIADOS A FORMACIONES VEGETALES EN HUMEDALES COSTEROS DE SAN JOSÉ (LAMBAYEQUE) Y PISCO (ICA), PERÚ"**, presentado por el (la) bachiller **JHOANY VANESSA MALLQUI FLORES**, para optar el título profesional de Bióloga con mención en **ZOOLOGÍA**.

CERTIFICO, que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 11% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Bióloga con mención en ZOOLOGÍA.

Lima, 17 de abril del 2026

UNMSM
Firmado digitalmente por PERALTA ARGOMEDA Jorge Luis FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.04.2026 12:00:06 -05:00

Firma del Asesor: _____

Nombres y Apellidos del asesor: JORGE LUIS PERALTA ARGOMEDA

DNI: 44384768

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

A quien a veces siente que no es capaz de alcanzar

ciertos objetivos: recuerda que no todos avanzamos

al mismo ritmo. Cada persona tiene su

propio camino y tiempo.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me acompañaron y alentaron con buenas vibras durante este tiempo de investigación y dedicación.

A mi asesor, el Mg. Jorge Luis Peralta Argomeda, por su constante orientación, su paciencia para explicarme cada paso del proceso y por su apoyo tanto académico como personal. Sin su guía y respaldo, este trabajo no habría sido posible. Gracias por su confianza.

A la Dra. Ana Huamantinco Araujo, por brindarme la oportunidad de integrarme al Laboratorio de Invertebrados Acuáticos en los primeros años de la universidad. Agradezco profundamente sus buenos deseos y el impulso que me dio al inicio de este camino.

A mi amigo Rodolfo, por su apoyo incondicional. Gracias por estar presente en lo personal, emocional y académico. Tu compañía ha sido fundamental. Espero seguir contando contigo en los años venideros.

A los colaboradores que contribuyeron en el desarrollo de este trabajo: Andrea Tipiani, Jimena Huamán, Fernando Rojas y Carolina Dipas. Les agradezco sinceramente el tiempo y la disposición brindados.

A mi familia, por ser siempre mi sostén. A mi madre, Sonia Flores, por su amor incondicional y constante apoyo. A mi padre, Javier Mallqui, por sus buenos deseos. A mi hermana Mayra, a quien admiro profundamente por su fortaleza; y a mi cuñado Manuel, a quien deseo lo mejor y me alegra que forme parte de la familia. A mis sobrinos, Daniela y Fabio, les deseo que crezcan siendo personas nobles y fieles a sus sueños, más allá de lo académico. Gracias a mi familia, los Flores y los Mallqui, por su cariño y acompañamiento.

A mi pareja, Franceliz, por su amor, paciencia y apoyo constante. Gracias por acompañarme en este proceso y darme fuerza en los momentos de mayor dificultad.

La presente tesis fue financiada por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, RR N° 01686-R-20 con código de proyecto B20100071, RR N°005753–2021–R/UNMSM con código de proyecto B21100601 y RR N° 006081-2023-R/UNMSM con código de proyecto B23100531.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 1

2. MARCO TEÓRICO 3

2.1. Humedales costeros del Perú 3

2.2. Microhábitats de los humedales costeros 4

2.3. Los quironómidos 5

2.4. Grupos funcionales de alimentación 7

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN 8

3.1. Hipótesis de estudio (Ho): 8

3.2. Hipótesis alternativa (Ha): 8

4. FORMULACIÓN DE OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS 8

4.1. Objetivo general 8

4.2. Objetivos específicos 9

5. MATERIALES Y MÉTODOS 9

5.1. Área de estudio 9

5.2. Diseño de estudio 11

5.3. Descripción del sitio de estudio 12

5.4. Descripción de los microhábitats 13

5.5. Caracterización del agua 15

5.6. Colecta de Quironómidos 15

5.7. Tratamiento del material biológico en laboratorio 15

5.8. Montaje en lámina 16

5.9. Material Biológico (Población y muestra) 17

5.10. Grupos funcionales de alimentación 17

5.11. Análisis de datos 18

6. RESULTADOS 21

6.1. Caracterización ambiental 21

6.2. Caracterización fisicoquímica del agua 22

6.3. Identificación taxonómica 23

6.4. Composición de la comunidad de quironómidos 24

6.5. Estructura comunitaria 37

6.6. Análisis multivariado 40

6.7. Relación entre los factores abióticos y bióticos 42

6.8. Grupos funcionales de alimentación 43

7. DISCUSIÓN 45

8. Conclusiones 57

9. RECOMENDACIONES 59

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

11. ANEXOS 76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo en el humedal de San José (Lambayeque, Perú) y el humedal de Pisco (Ica, Perú). 12

Tabla 2. Parámetros Físicos. 22

Tabla 3. Parámetros Fisicoquímicos. 23

Tabla 4. Parámetros Orgánicos 23

Tabla 5. Lista taxonómica de los géneros y especies identificados en este trabajo.... 24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología general de las larvas de Chironomidae (Diptera). 7

Figura 2. Ubicación geográfica de las 3 estaciones de muestreo dentro del humedal San José, Lambayeque, Perú. 10

Figura 3. Ubicación geográfica de las 3 estaciones de muestreo dentro del humedal de Pisco, Ica, Perú 11

Figura 4. Vista panorámica del Humedal de San José, Lambayeque. 13

Figura 5. Vista panorámica del Humedal de Pisco, Ica. 13

Figura 6. *Typha domingensis* “Totora” 14

Figura 7. *Schoenoplectus americanus* “Junco” 14

Figura 8. *Distichlis spicat*a “Grama” 14

Figura 9. *Chironomus* sp 25

Figura 10. *Goeldichironomus holoprasinus* 26

Figura 11. *Goeldichironomus* sp 27

Figura 12. *Dicrotendipes* sp 1. 28

Figura 13. *Dicrotendipes* sp. 2. 29

Figura 14. *Larsia* sp.. 30

Figura 15. *Tanypus* sp.. 31

Figura 16. Abundancia total de quironómidos en el humedal de San José (Lambayeque) y el humedal de Pisco (Ica) (noviembre, 2021). 32

Figura 17. Distribución de los quironómidos en las macrófitas asociadas 33

Figura 18. Riqueza de quironómidos en el humedal de San José (Lambayeque). 33

Figura 19. Abundancia de quironómidos del humedal de San José (Lambayeque). .. 34

Figura 20. Abundancia de quironómidos por microhábitat del humedal de San José (Lambayeque). 35

Figura 21. Riqueza de quironómidos en el humedal de Pisco (Ica). 35

Figura 22. Abundancia de quironómidos del humedal de Ica (Pisco). 36

Figura 23. Abundancia de quironómidos por microhábitat del humedal de Ica (Pisco). 37

Figura 24. Índice de Diversidad de Shannon– Wiener (H´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de San José (Perú, 2021). 38

Figura 25. Índice de Diversidad de Shannon– Wiener (H´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de Pisco (Perú, 2021). 38

Figura 26. Índice de Equidad de Pielou (J´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de San José (Perú, 2021). 39

Figura 27. Índice de Equidad de Pielou (J´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de Pisco (Perú, 2021). 39

Figura 28. Disimilitud de Bray Curtis de los quironómidos comparando los microhábitats de los humedales de Pisco y San José. 41

Figura 29. Método no Paramétrico de Escalamiento Multidimensional (nMDS) por microhábitats (totora, grama y junco) en los humedales de San José y el humedal de Pisco. 42

Figura 30. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de los humedales de San José y Pisco con seis morfoespecies y una especie de quironómidos, y nueve factores ambientales (parámetros físicos, fisicoquímicos y orgánicos).. 43

Figura 31. Grupos funcionales de alimentación (GFA) de los quironómidos en los humedales costeros de San José y Pisco. 44

Figura 32. Grupos funcionales de alimentación (GFA) de quironómidos por microhábitat en los humedales costeros de San José. 45

Figura 33. Grupos funcionales de alimentación (GFA) de quironómidos por microhábitat en los humedales costeros de Pisco 45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Abundancia total de quironómidos recolectados en ambos humedales costeros estudiados. 76

Anexo 2. Composición (abundancia y riqueza específica) de quironómidos encontrados en los diferentes microhábitats (Totora, Grama y Junco) en el humedal San José (Lambayeque). 76

Anexo 3. Composición (abundancia y riqueza específica) de quironómidos encontrados en los diferentes microhábitats (Totora, Grama y Junco) en el humedal de Pisco (Ica). 77

Anexo 4. Índices de diversidad univariados de quironómidos por microhábitat del humedal de San José (Lambayeque). Riqueza de especies (S). Abundancia (N). Índice de Margalef (d). Índice de Equidad de Pielou (J'). Índice de Diversidad de Shannon–Wiener (H'). 77

Anexo 5. Índices de diversidad univariados de quironómidos por microhábitat del humedal de Pisco (Ica). Riqueza de especies (S). Abundancia (N). Índice de Margalef (d). Índice de Equidad de Pielou (J'). Índice de Diversidad de Shannon–Wiener (H'). 78

Anexo 6. Análisis SIMPER. Disimilitud de los quironómidos por humedal de San José (Lambayeque) y el humedal de Pisco (Ica) 78

Anexo 8. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de los humedales de San José y Pisco de quironómidos con nueve factores ambientales (parámetros físicos, fisicoquímicos y orgánicos). 80

Anexo 9. Categorías y descripción de los GFA de los quironómidos evaluados en los humedales costeros de San José y Pisco según Cummins (2018)..... 81

Anexo 10. Grupos funcionales de alimentación de los quironómidos evaluados en los humedales costeros de San José y Pisco según Cummins (2018)..... 82

RESUMEN

Los humedales costeros del Perú son ecosistemas de gran importancia ecológica, que influyen sobre las comunidades vegetales y animales y cumplen múltiples funciones ambientales, siendo además ambientes donde los macroinvertebrados bentónicos, en particular los quironómidos (Diptera: Chironomidae), son ampliamente utilizados como indicadores biológicos. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la diversidad y los grupos funcionales de alimentación (GFA) de los quironómidos asociados a formaciones vegetales en humedales costeros de la zona norte (San José, Lambayeque) y la zona sur (Pisco, Ica) del litoral peruano. Se registraron variables ambientales, incluyendo parámetros fisicoquímicos, físicos y orgánicos del agua, y se aplicaron análisis de similitud (ANOSIM, Jaccard y Bray–Curtis), índices de estructura comunitaria (Shannon y Pielou) y un análisis de ordenación (nMDS) para evaluar la composición y distribución de los quironómidos. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($\alpha = 0.1$) entre los microhábitats y entre los humedales evaluados, asociadas a la interacción entre la vegetación y las condiciones ambientales locales. En cuanto a los GFA, se observó el predominio de los colectores–recolectores (subfamilia Chironominae) sobre los depredadores (subfamilia Tanypodinae) en todas las macrófitas, con excepción del junco en el humedal de San José. En este último, las características del agua difirieron respecto a los demás microhábitats, generando condiciones menos favorables para la presencia de quironómidos; no obstante, se registraron tres individuos del GFA colector–recolector (Chironomus sp.), lo que evidencia su alta tolerancia ambiental. Se concluye que los GFA de los quironómidos se mantuvieron constantes entre microhábitats, predominando los colectores–recolectores, aunque su abundancia y distribución estuvieron moduladas por las condiciones fisicoquímicas del agua, lo que resalta la utilidad del enfoque funcional para comprender la estructura y dinámica de estas comunidades en humedales costeros del Perú.

Palabras clave: quironómidos, humedales costeros, macrófitas acuáticas, grupos funcionales de alimentación, macroinvertebrados bentónicos.

ABSTRACT

Coastal wetlands of Peru are ecosystems of high ecological importance, influencing plant and animal communities and fulfilling multiple environmental functions. They also represent environments where benthic macroinvertebrates, particularly chironomids (Diptera: Chironomidae), are widely used as biological indicators. In this context, the present study aimed to characterize the diversity and functional feeding groups (FFGs) of chironomids associated with vegetation formations in coastal wetlands of the northern zone (San José, Lambayeque) and the southern zone (Pisco, Ica) of the Peruvian coast. Environmental variables were recorded, including physicochemical, physical, and organic water parameters, and similarity analyses (ANOSIM, Jaccard, and Bray–Curtis), community structure indices (Shannon and Pielou), and an ordination analysis (nMDS) were applied to evaluate the composition and distribution of chironomids. The results showed significant differences ($\alpha = 0.1$) among microhabitats and between wetlands, associated with the interaction between vegetation and local environmental conditions. Regarding FFGs, collector–gatherers (subfamily Chironominae) predominated over predators (subfamily Tanypodinae) in all macrophytes, except for bulrush in the San José wetland. In this site, water characteristics differed from those of the other microhabitats, generating less favorable conditions for chironomid presence; however, three individuals of the collector–gatherer FFG (Chironomus sp.) were recorded, evidencing their high environmental tolerance. It is concluded that chironomid FFGs remained constant among microhabitats, with a predominance of collector–gatherers, although their abundance and distribution were modulated by the physicochemical conditions of the water, highlighting the usefulness of the functional approach to understand the structure and dynamics of these communities in Peruvian coastal wetlands.

Keywords: chironomids, coastal wetlands, aquatic macrophytes, functional feeding groups, benthic macroinvertebrates.

1. INTRODUCCIÓN

Los humedales costeros del Perú se ubican en la región árida–semiárida del Pacífico sudamericano (García *et al.*, s.f.). Cada uno presenta características particulares determinadas por su origen —relacionado con cambios geomorfológicos e hidrológicos y el tipo de suelo—, por factores fisicoquímicos como la salinidad, la temperatura, el pH o el potencial redox, y por la presencia de biota adaptada a dichas condiciones (Camaño, 2012; Cerna–Arrue & Aponte, 2024).

Estos ecosistemas están compuestos principalmente por cuerpos de agua cuya importancia radica en la influencia que ejercen sobre las comunidades vegetales y animales presentes (Abarca, 2001). Además, destacan por ser reservorios de agua dulce, representando entre el 5 y 8 % de la superficie terrestre (Shabani *et al.*, 2019) y almacenando aproximadamente el 40 % del carbono generado a nivel mundial, una proporción incluso mayor que la de la Amazonía (Flores Castro, 2015). Asimismo, cumplen múltiples funciones ecológicas, entre ellas la depuración del agua y la regulación del clima (Batzer & Sharitz, 2014).

No obstante, la presión antrópica ha ocasionado su reducción y fragmentación (Young, 1998; Aponte y Ramírez, 2014; Iturraspe *et al.*, 2021), principalmente debido a la contaminación por aguas residuales (Cusiche Pérez & Miranda Zambrano, 2019; Meoño *et al.*, 2015), vertimientos industriales (Fernández, 2007), actividad ganadera (Valencia *et al.*, 2005) y uso inadecuado del suelo para la agricultura (Urbina *et al.*, 2022; Zavaleta *et al.*, 2021).

De acuerdo con Rivera (2021) y Chen *et al.* (2020), el interés científico en los humedales costeros ha incrementado en los últimos años debido a la valoración de sus recursos, servicios ecosistémicos (Zamora Aranda, 2019) y su relevancia en la conservación ambiental a nivel global. Inicialmente, los estudios se enfocaron en la integridad del agua, analizando sus propiedades fisicoquímicas para determinar el impacto de las

presiones antrópicas (Zavaleta *et al.*, 2021). Posteriormente, las investigaciones se dirigieron hacia la relación entre la integridad ecológica de estos ecosistemas y la fauna y flora adaptada a ellos, demostrando además la efectividad del uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad del agua en los humedales costeros del Perú (Peralta–Argomeda y Huamantinco–Araujo, 2014).

Esta comunidad es ecológicamente relevante, ya que participa activamente en el ciclo de nutrientes y en el flujo de energía, sirviendo de alimento para otros invertebrados, peces y aves (Merritt *et al.*, 2008). Asimismo, mantiene una estrecha asociación con la flora de estos ambientes (Bocanegra–Chung *et al.*, 2011), encontrándose ambas comunidades fuertemente influenciadas por las variaciones de los factores abióticos del entorno (Gallardo *et al.*, 2017).

Dentro de los macroinvertebrados bentónicos, los quironómidos destacan por su rol como consumidores primarios en las cadenas tróficas acuáticas (Armitage, 1995). Son organismos ampliamente distribuidos y frecuentemente los más abundantes en ecosistemas de agua dulce. Bajo condiciones extremas, como bajos niveles de oxígeno disuelto, pueden ser los únicos insectos presentes en los sedimentos bentónicos. Además, diversas especies muestran adaptaciones que les permiten tolerar variaciones extremas de temperatura, pH, salinidad, profundidad, velocidad de corriente y productividad (Armitage, 1995).

La riqueza y abundancia de los quironómidos dependen en gran medida de los recursos alimenticios disponibles en el ambiente. En este contexto, el enfoque de grupos funcionales de alimentación (GFA) resulta particularmente útil, ya que clasifica a las especies según las funciones que desempeñan en el ecosistema, permitiendo comprender mejor las interacciones entre la biota y el medio ambiente (Córdova–Tapia y Zambrano, 2015). Estudios como el de Tomanova *et al.* (2006) demostraron que los taxones examinados pueden ocupar más de un nivel trófico, lo que evidencia cierta

flexibilidad alimentaria que reduce la superposición de nichos y la competencia intra e interespecífica.

El análisis funcional de los quironómidos permite, por tanto, cuantificar los efectos del impacto ambiental sobre estas comunidades (Tomanova *et al.*, 2006) y orientar estrategias de conservación y restauración mediante metodologías complementarias (Guareschi *et al.*, 2017; Schmera *et al.*, 2017). En este marco, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar la diversidad y grupos funcionales de alimentación de los quironómidos asociados a formaciones vegetales en los humedales costeros de la zona norte (Lambayeque) y la zona sur (Pisco) del litoral peruano. Esta información permitirá resaltar la importancia de este enfoque para comprender la dinámica de las comunidades de quironómidos y predecir sus relaciones ecológicas dentro de estos ecosistemas (Vannote *et al.*, 1980).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Humedales costeros del Perú

Los ecosistemas acuáticos están presentes en todo el mundo, desde la tundra hasta el trópico (Abarca, 2001). Entre ellos, se encuentran los humedales, cuyo principal factor determinante es el agua, la cual regula las condiciones del medio, así como la vida vegetal y animal asociada (Abarca, 2001). La fauna adaptada a estos ambientes participa en diferentes niveles de las redes tróficas, desde los productores y microorganismos (Fajardo Vidal, 2018) hasta los consumidores terciarios. Todos estos componentes y sus interacciones garantizan la sostenibilidad y el funcionamiento de estos ecosistemas (Riofrío *et al.*, 2003).

Durante décadas, la sociedad consideró a los humedales como lugares sin valor económico para el desarrollo humano (ACOREMA, 2003). Sin embargo, en la actualidad se reconoce su importancia ecológica. A nivel global, Latinoamérica lidera la pérdida de

humedales, representando el 59% de la desaparición mundial entre 1970 y 2015 (Darrah *et al.*, 2019). Esta pérdida ocurre a pesar del papel que cumplen como filtros biológicos, capaces de eliminar nutrientes y sedimentos del agua proveniente de los alrededores (Hunter *et al*., 2018).

Con el tiempo, los estudios comenzaron a centrarse en la funcionalidad ecológica de los humedales, evaluando la calidad del agua a partir de sus propiedades fisicoquímicas y de la presencia de microorganismos. Los primeros trabajos sobre macroinvertebrados en el Neotrópico se enfocaron principalmente en la taxonomía, biodiversidad y distribución. Existen numerosos estudios que usan la presencia o ausencia de macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua (Peralta–Argomeda y Huamantinco–Araujo, 2014). En contraste, son pocos los que analizan las interrelaciones con variables bióticas, como las macrófitas, la dieta o los mecanismos de alimentación de estos organismos (Luiza *et al.*, 2017).

2.2. Microhábitats de los humedales costeros

El ambiente físico es un factor fundamental en los humedales, ya que el sustrato y la dinámica del agua influyen en la disponibilidad de recursos y en la estructura de las comunidades (Motta–Díaz y Vimos–Lojano, 2020). Lujan *et al*. (2013) señalan que la materia orgánica, según sus características, también tiene gran relevancia en la composición de estos ensambles, especialmente en los sistemas lóticos andinos.

Las macrófitas acuáticas son especialmente importantes, pues constituyen un hábitat particular para los insectos acuáticos y modelan la estructura comunitaria dentro del ecosistema (Habib, 2015; Gallardo *et al.*, 2017; Murillo, 2017). Townsend y Hildrew (1994) destacan que el hábitat influye directamente en las variaciones de los rasgos característicos de las especies, resultado de la interacción entre la heterogeneidad

temporal (frecuencia de cambios) y la heterogeneidad espacial (condiciones fisicoquímicas del entorno).

2.3. Los quironómidos

En los ecosistemas de agua dulce, los quironómidos son la familia de invertebrados bentónicos más abundante (Epler, 2001). Presentan una distribución cosmopolita y pueden adaptarse a una amplia gama de condiciones altitudinales (Acosta, 2009). Algunos géneros destacan por su alta tolerancia a la contaminación. Estos organismos habitan en los sedimentos del fondo, asociados a macrófitas o en sus proximidades. Su importancia radica también en su papel dentro de la cadena alimentaria, actuando como consumidores primarios que transfieren energía entre productores y consumidores secundarios (Armitage, 1995). Además, este autor sugiere que la producción de esta comunidad podría aprovecharse como alimento para otros organismos.

Los quironómidos presentan un ciclo de vida holometábolo, con cuatro fases bien definidas: huevo, larva, pupa y adulto. El desarrollo inicia en el agua, donde las hembras depositan los huevos, los cuales eclosionan y dan origen a la fase larvaria, compuesta por cuatro estadios. Durante estos estadios, las larvas alcanzan longitudes de 2 a 30 mm (**Fig. 1**), siendo el cuarto estadio larvario el más adecuado para su identificación taxonómica, debido a su mayor desarrollo morfológico (Epler, 2001; Paggi, 2009; Hamada, 2014). Luego, las larvas se transforman en pupas, fase en la que ocurre la metamorfosis hacia el estado adulto. Los adultos son alados y tienen una vida breve, dedicada principalmente a la dispersión y reproducción.

En el Neotrópico se conocen 109 géneros de quironómidos, ocupando el tercer lugar en diversidad, después del Neártico (202 géneros) y el Paleártico (187 géneros). En cuanto a las especies descritas, se registran aproximadamente 3 700, lo que representa solo el 30% de la fauna estimada a nivel mundial (Ashe *et al.*, 1987). Estos organismos se alimentan principalmente de materia orgánica particulada fina (MOPF) en ambientes

lóticos (Tomanova *et al.*, 2006), aunque son flexibles en sus hábitos alimenticios, lo que les permite sobrevivir bajo diferentes condiciones ambientales y de disponibilidad de recursos (Poma y Araujo, 2022).

Subfamilia Chironominae.

Las larvas de esta subfamilia presentan dos manchas oculares dispuestas una sobre otra (Spies, 1996), generalmente bien separadas. Son alargadas, de color blanquecino, verdoso o rojizo, y suelen tener dos pares de túbulos ventrolaterales; algunos géneros presentan túbulos laterales o ventrolaterales adicionales (Epler, 2001) (**Fig. 9, 10, 11,12 y 13).** En cuanto a su alimentación, algunos taxones son herbívoros, mientras que otros actúan como depredadores.

Subfamilia Tanypodinae.

Las larvas se caracterizan por tener una antena retráctil dentro de la cabeza. El cuerpo presenta un color característico, con los segmentos abdominales y torácicos más claros, y la cabeza generalmente amarilla o parda (Epler, 2001). Poseen una única mancha ocular (**Fig. 14 y 15**). Son de vida libre y predominantemente carnívoros, aunque pueden adaptarse a condiciones variables y alimentarse como detritívoros o fitófagos.

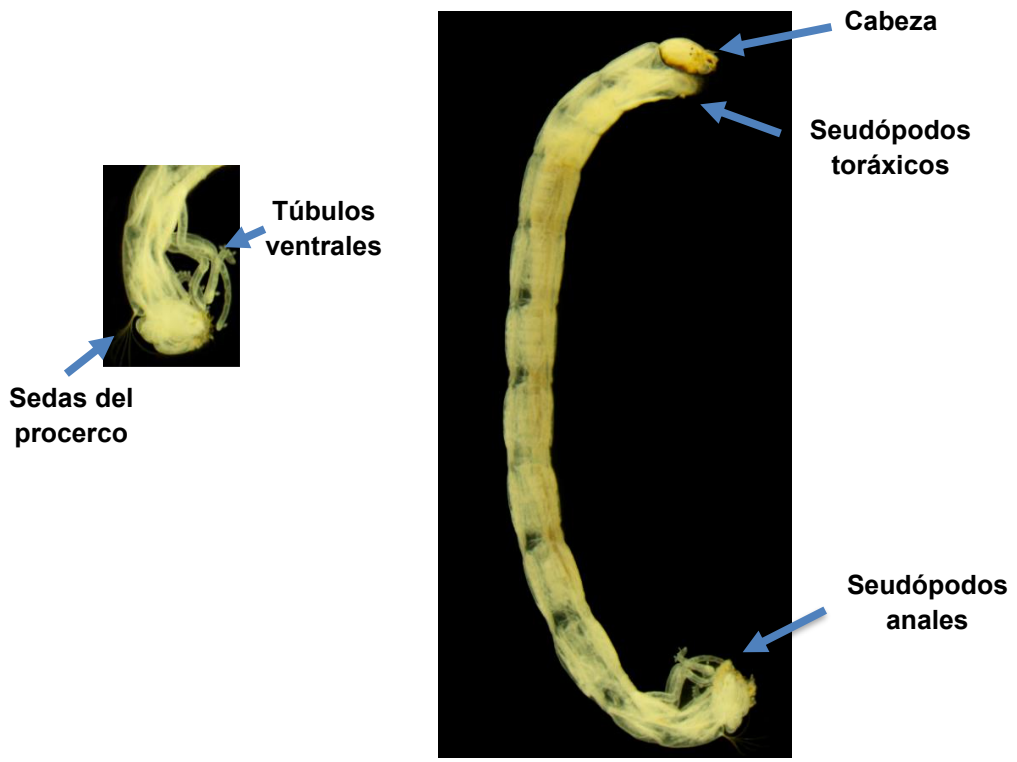

Figura 1. *Morfología general de las larvas de Chironomidae (Diptera).*

2.4. Grupos funcionales de alimentación

Los grupos funcionales de alimentación (GFA) se definieron según la clasificación propuesta por Merritt *et al.* (1996, 2008), basada en características morfológicas y comportamentales de las larvas, relacionadas con la adquisición del alimento. En términos simples, un grupo funcional representa un conjunto de organismos que comparten un rasgo ecológico común asociado a su desempeño alimenticio.

Algunos estudios complementan esta clasificación mediante el análisis del contenido intestinal, lo que permite integrar ambos enfoques y obtener conclusiones más completas. Por ejemplo, Tomanova (2006) determinó que la mayoría de los macroinvertebrados se alimentaban de detritos debido a la abundancia de este recurso, lo que evidencia su flexibilidad trófica y capacidad de adaptación frente a cambios en el ambiente.

El estudio de los quironómidos desde un enfoque de diversidad funcional permite comprender mejor la relación entre el funcionamiento del ecosistema y el rol ecológico que desempeñan estos organismos (Petchey y Gaston, 2006).

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis de estudio (Ho):

No existen diferencias significativas en la diversidad funcional de los quironómidos asociados a las macrófitas en los humedales costeros San José (Lambayeque) y de Pisco (Ica).

3.2. Hipótesis alternativa (Ha):

Existen diferencias significativas en la diversidad funcional de los quironómidos asociados a las macrófitas en los humedales costeros San José (Lambayeque) y de Pisco (Ica).

4. FORMULACIÓN DE OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

4.1. Objetivo general

Analizar la diversidad y los grupos funcionales de alimentación de la familia Chironomidae (Diptera) asociados a formaciones vegetales en humedales costeros de San José (Lambayeque) y Pisco (Ica), Perú.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar las variables ambientales de los humedales de San José y Pisco.
- Identificar los géneros de Chironomidae asociados a las formaciones vegetales en ambos humedales.
- Analizar la diversidad y abundancia de Chironomidae entre humedales y macrófitas.
- Determinar la relación entre los géneros de Chironomidae y los parámetros ambientales del agua.
- Asignar los grupos funcionales de alimentación a los géneros identificados y comparar su predominancia entre humedales y macrófitas.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El humedal de San José se encuentra en el departamento de Lambayeque, al norte de Lima (a 1 338,86 km de distancia) y al noroeste del Aeropuerto Internacional de Chiclayo, en el distrito de San José, a 31 km. Se ubica entre las coordenadas 06°45'22.8" S y 79°58'06.2" W, con una extensión aproximada de 65,4 ha, una longitud de 2,02 km y un ancho promedio de 2,35 km (**Fig. 2**) (Google Earth).

El humedal de Pisco se localiza en el departamento de Ica, al sur de Lima (a 201,5 km) y al norte de la Plaza de Armas de Pisco, a 2,19 km, dentro del distrito del mismo nombre. Se ubica entre las coordenadas 13°42’30’’ S y 76°13’10’’ W, con una extensión aproximada de 89,5 ha, una longitud de 4,35 km y un ancho promedio de 0,46 km (**Fig. 3**) (Google Earth).

Clima

El humedal de San José presenta una altitud promedio de 102,3 m s. n. m. y un rango de temperatura que varía entre 27,4 °C y 34,1 °C. Los meses más cálidos son febrero y marzo, mientras que las temperaturas más bajas se registran en julio y agosto. Las precipitaciones oscilan entre 0,3 y 24,4 mm, siendo agosto el mes más seco y marzo el más lluvioso (Castro *et al.*, 2022).

El humedal de Pisco se encuentra a 419 m s. n. m., con temperaturas que varían entre 12,8 °C y 27,4 °C. El mes más cálido es febrero, y el más frío, agosto. Las precipitaciones alcanzan un máximo de 3 mm en febrero y un mínimo de 0 mm en octubre (Castro *et al.*, 2022).



***Figura 2**. Ubicación geográfica de las 3 estaciones de muestreo dentro del humedal San José, Lambayeque, Perú (Fuente: Google Earth).*

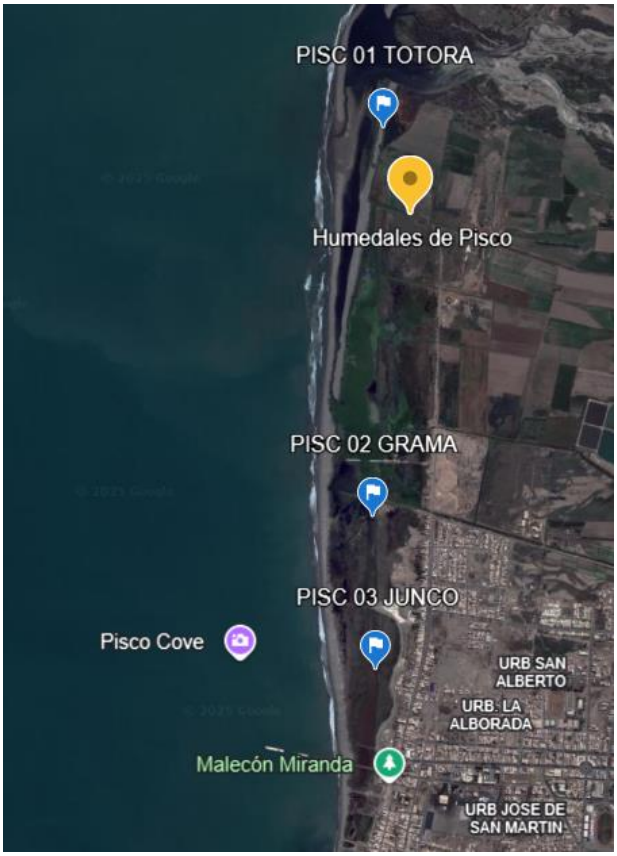

***Figura 3**. Ubicación geográfica de las 3 estaciones de muestreo dentro del humedal de Pisco, Ica, Perú (Fuente: Google Earth).*

5.2. Diseño de estudio

El trabajo de campo se realizó entre noviembre y diciembre del 2021. En el humedal San José se seleccionaron 3 especies de macrófitas permanentes, consideradas como los microhábitats: SANJ–1 (*Typha domingensis*), SANJ–2 (*Schoenoplectus americanus*) y SANJ–3 (*Distichlis spicata*) (**Figuras 6, 7** y **8**, respectivamente). En el humedal de Pisco se seleccionaron 3 microhábitats: PISC–1 (*Typha domingensis*), PISC–2 (*Distichlis spicata*) y PISC–3 (*Schoenoplectus americanus*). Las zonas fueron georreferenciadas según el sistema de coordenadas sexagesimal (Datum WGS 84) (**Tabla 1**).

Una vez delimitados los microhábitats, se registraron los parámetros físicos, fisicoquímicos y orgánicos (capítulo 5.5. Caracterización del agua). Por último, la colecta de quironómidos se centró exclusivamente en la fase larvaria, especialmente en los individuos del cuarto estadio, por ser los más representativos de la comunidad (capítulo 5.6. Colecta de Quironómidos).

Tabla 1. Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo en el humedal de San José (Lambayeque, Perú) y el humedal de Pisco (Ica, Perú).

Humedal	Estación	Microhábitat	Área de muestreo m2 (por 3 réplicas)	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
Humedal San José	SANJ–1	Totora	0.45	06°45'16.4" S	79°58'01.2" W
	SANJ–2	Junco	0.45	06°45'28.0" S	79°57'54.6" W
	SANJ–3	Grama	0.45	06°45'22.8" S	79°58'06.2" W
Humedal de Pisco	PISC–1	Totora	0.45	13°40'54.2" S	76°13'07.3" W
	PISC–2	Grama	0.45	13°41'55.2" S	76°13'08.8" W
	PISC–3	Junco	0.45	13°42'18.7" S	76°13'08.8" W

5.3. Descripción del sitio de estudio

Los humedales costeros de Lambayeque y de Ica se encuentran en distintas ecorregiones de la costa peruana, según la clasificación propuesta por Britto (2017). Lambayeque forma parte del Desierto Cálido Tropical (DCT), ubicado al norte del río Chicama que se extiende desde el nivel del mar hasta aproximadamente 500–700 m s. n. m. Por su parte, Ica pertenece al Desierto Semicálido Tropical (DST), distribuido en el valle de Pisco, desde el nivel del mar hasta cerca de 1.000 m s. n. m.

Ambos humedales presentan presiones antrópicas significativas, dado que son utilizados como depósito de desmontes y residuos sólidos, además de servir como áreas de pastoreo para ganado vacuno y caprino. Estas actividades generan degradación del hábitat y contaminación del entorno (**Figuras 4 y 5**, respectivamente).



Figura 4*. Vista panorámica del Humedal de San José, Lambayeque.*



Figura 5. *Vista panorámica del Humedal de Pisco, Ica.*

5.4. Descripción de los microhábitats

La identificación de las macrófitas se realizó utilizando la guía elaborada por Áreas Costeras y Recursos Marinos (ACOREMA) y Fundación AVINA (2004), así como las referencias de ACOREMA (2003) y León *et al.* (1995), relacionadas con plantas acuáticas e insectos registrados en Pisco. Esta guía permitió confirmar la identificación de las especies de macrófitas evaluadas en el presente estudio: *Typha domingensis*, *Schoenoplectus americanus* y *Distichlis spicata* (Britto, 2017; Tello y Castillo, 2010) (**Figuras 6, 7** y **8**, respectivamente).

Los hábitats asociados a estas macrófitas fueron considerados como unidades de análisis para la interpretación de la composición y estructura comunitaria. Asimismo, se emplearon como referencia para relacionar los patrones comunitarios de los quironómidos.



***Figura 6**. Typha domingensis "Totora"*



***Figura 7.** Schoenoplectus americanus "Junco"*



***Figura 8.** Distichlis spicata "Grama"*

5.5. Caracterización del agua

En cada estación de muestreo se registraron previamente los parámetros orgánicos utilizando un kit SERA® para la detección de amonio y fósforo. Para los parámetros físicos, la turbidez se midió con un turbidímetro nefelométrico (NTU) y la profundidad con una vara graduada (cm).

Asimismo, se registraron parámetros fisicoquímicos del agua: el pH se midió con un potenciómetro/termómetro (modelo ATC), el oxígeno disuelto con un oxímetro portátil (modelo DO6), la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos fueron registrados con un conductímetro portátil modelo EC–1385, expresada en mS/cm y ppm respectivamente.

5.6. Colecta de Quironómidos

La colecta de los organismos se realizó en las tres macrófitas evaluadas en cada humedal, utilizando una red tipo “D” con abertura de malla de 500 µm. Para cada zona se efectuaron tres réplicas, arrastrando la red 0,5 m por réplica. En el caso de *Typha domingensis* y *Schoenoplectus americanus*, el arrastre incluyó golpeteos sobre la macrófita para desprender los organismos.

En todas las zonas se generó una corriente dirigida hacia la boca de la red, favoreciendo la concentración de los organismos, siguiendo la metodología descrita por Merritt *et al.* (2008).

El material colectado fue almacenado en frascos plásticos de 1,5 L y fijado en alcohol al 96%, asegurando su correcta rotulación y traslado al laboratorio.

5.7. Tratamiento del material biológico en laboratorio

En el Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM, las muestras fueron lavadas utilizando un tamiz de 500 µm con el fin de eliminar arena, arcilla y detrito fino. Posteriormente, los quironómidos fueron separados

e identificados hasta nivel de género. La separación se realizó empleando un microscopio estereoscópico Leica EZ4 con aumento de 40X, mientras que la identificación a nivel de género se llevó a cabo con un microscopio compuesto Olympus CX43. Para la confirmación taxonómica, se elaboraron tres preparados microscópicos permanentes por taxón. El material biológico fue conservado en tubos de vidrio con alcohol al 96%, debidamente rotulados.

Las referencias taxonómicas utilizadas para la identificación fueron: Domínguez y Fernández (2009), Hamada et al. (2018), Prat i Fornells y Rieradevall i Sant (2014) y Epler (2001).

5.8. Montaje en lámina

La técnica de montaje en láminas permanentes para la observación de piezas bucales y otras estructuras morfológicas de larvas de Chironomidae es ampliamente utilizada en estudios taxonómicos. Epler (2001) describe detalladamente este procedimiento como parte fundamental para la identificación a nivel de género. Del mismo modo, Wiederholm (1983) y Epler *et al.* (2013) desarrollaron claves basadas en la observación de estructuras montadas. En Sudamérica, Paggi (2009) aplicó esta técnica para la identificación de géneros de Chironomidae en diversos cuerpos de agua en Argentina.

Las larvas fueron tratadas con hidróxido de potasio (KOH) al 10% en tubos de ensayo de vidrio colocados en baño María. El tiempo de exposición varió según el organismo: para *Dicrotendipes* sp. 2 fueron 30 segundos debido a su menor tamaño corporal; para *Dicrotendipes* sp. 1 fueron 4 minutos; mientras que para el resto de los organismos el tratamiento osciló entre 6 y 14 minutos. El KOH permitió degradar tejidos blandos y aclarar el exoesqueleto, facilitando la observación de estructuras externas relevantes para la identificación taxonómica.

Una vez completado el aclarado, las larvas fueron colocadas en agua destilada para detener la acción del hidróxido. Finalmente, los organismos fueron montados en láminas

portaobjetos utilizando la resina sintética DMHF (dimetilhidantoína formaldehído). El material preparado fue depositado en el Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

5.9. Material Biológico (Población y muestra)

La población estuvo conformada por las larvas de quironómidos (**Fig. 1**) que habitan en los humedales de San José (Lambayeque) y de Pisco (Ica). La muestra correspondió a las larvas asociadas a las macrófitas Typha domingensis, Schoenoplectus americanus y Distichlis spicata, colectadas mediante una red tipo D–net.

El estudio consideró la riqueza y abundancia de las larvas de quironómidos, las cuales fueron identificadas hasta el nivel de género para permitir una adecuada clasificación en grupos funcionales de alimentación. Esta clasificación se basó en literatura especializada del Neotrópico, con un enfoque morfo–conductual y en estudios de dieta.

5.10. Grupos funcionales de alimentación

Los grupos funcionales de alimentación se refieren a los mecanismos mediante los cuales los organismos adquieren su alimento, los cuales están determinados tanto por la morfología de sus piezas bucales como por las estrategias empleadas para obtener el recurso. Para su determinación se consideraron estudios enfocados en la morfología bucal (Wichard *et al.,* 2002; Merritt y Cummins, 1996) y trabajos que integran información sobre dieta y mecanismos de alimentación (Tomanova *et al*., 2006; Galizzi *et al*., 2012).

La clasificación de los quironómidos en grupos funcionales se realizó a partir de la asignación de las morfoespecies según la información disponible en la literatura especializada (Caleño *et al.,* 2018; Da Silva *et al*., 2008; Galizzi *et al*., 2012; Tomanova *et al*., 2006). De este modo, se tomaron en cuenta antecedentes que relacionan la dieta y el mecanismo alimentario descritos para cada grupo.

En la comunidad de quironómidos se reconocieron los siguientes grupos funcionales: colectores–recolectores, colectores–filtradores, raspadores y depredadores (Merritt y Cummins, 1996; Tomanova *et al*., 2006).

- Los colectores–recolectores consumen partículas orgánicas finas depositadas en el sustrato.
- Los colectores–filtradores capturan partículas en suspensión en la columna de agua.
- Los raspadores se alimentan de algas y material orgánico adherido a superficies.
- Los depredadores consumen otros invertebrados.

Esta clasificación permitió posteriormente analizar la diversidad funcional de los quironómidos en los humedales evaluados.

5.11. Análisis de datos

5.11.1. Composición de quironómidos

Se presentaron las abundancias de los géneros de quironómidos por macrófitas y por grupos funcionales de alimentación para cada humedal.

5.11.1.1. Géneros identificados y sus hábitats asociados

Se reconocieron distintos géneros asociados a diferentes macrófitas. La documentación fotográfica de los ejemplares permitió corroborar las características morfológicas diagnósticas de cada género (**Figuras 9–15**).

La relación entre los géneros identificados y los microhábitats donde fueron encontrados se presenta en la **Figura 17**. Esta información es relevante porque la presencia de determinados géneros suele estar vinculada a condiciones específicas del sustrato y del cuerpo de agua, aportando indicadores sobre la heterogeneidad ambiental del ecosistema evaluado.

5.11.2. Riqueza específica y abundancia de géneros por estaciones de muestreo (macrófita) y por humedales

Para determinar si existen diferencias entre las macrófitas y los humedales se utilizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal–Wallis. Tanto en la riqueza específica como en la abundancia, se consideraron las tres réplicas tomadas en cada estación de muestreo. Para realizar este análisis se utilizó el SPSS 18 (PASW Statistics).

5.11.3. Estructura Comunitaria

Se analizó la estructura comunitaria de los quironómidos a través del índice de diversidad de Shannon–Wiener (H´) y el índice de equidad de Pielou (J´), considerando las 3 réplicas tomadas en cada estación de muestreo. Se aplicó la prueba de Kruskall–Wallis, para “K” muestras independientes, para determinar si existen diferencias significativas ($p<0.05$) entre las estaciones de muestreo (macrófitas). Para realizar estos análisis se utilizó el software estadístico Primer 6. Versión 6.1.6.

5.11.3.1. Índice de Margalef (d)

Se determinó la riqueza específica a nivel de géneros, tanto como número total de géneros registrados como mediante el índice de Margalef (1968). Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis ($p < 0.05$) para evaluar diferencias significativas en la riqueza entre estaciones de muestreo (macrófitas) y entre humedales. Se utilizó la fórmula:

$$d = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

donde S = número de especies y N = número total de individuos.

5.11.3.2. Índice de diversidad de Shannon–Wiener (H´) y el índice de equidad de Pielou (J´)

Se calcularon el índice de diversidad de Shannon–Wiener (H´) y el índice de equidad de Pielou (J´), considerando las tres réplicas tomadas en cada estación de muestreo. Ambos índices se aplicaron también por grupos funcionales de alimentación. Para la comparación entre estaciones de muestreo y entre humedales se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis ($p < 0.05$).

El índice de diversidad de Shannon– Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Se determinó según la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (pi)(Log_2 pi)$$

Donde: H´: Índice de diversidad de Shannon–Wiener

S: Número de especies.

pi: Abundancia proporcional de la especie “i” (ni/N)

El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor está comprendido entre 0 y 1.0 (Moreno, 2001). Se determinó según la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{máx}}$$

Donde: J´: Índice de equidad de Pielou

H´: Diversidad de Shannon– Wiener observada

H´máx.: Máxima diversidad de Shannon– Wiener esperada

Para realizar este análisis se utilizó el software estadístico Primer 6. Versión 6.1.6.

5.11.4. Análisis multivariado

Se aplicaron los siguientes análisis multivariados: Análisis de Similitud (ANOSIM), Escalamiento Multidimensional No Paramétrico (nMDS) y Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER), este último permitió identificar los taxones con mayor influencia en los patrones comunitarios observados (Correa *et al*., 2010). Asimismo, se empleó el índice de Bray–Curtis para comparar la similitud entre los humedales y sus microhábitats (macrófitas), basándose en la abundancia de especies. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico PRIMER 6, versión 6.1.6.

5.11.5. Relación entre variables abióticas y bióticas.

Se efectuó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) para evaluar la relación entre las variables bióticas (abundancia de géneros de quironómidos) y las variables abióticas (parámetros fisicoquímicos del agua) en cada humedal (De Souza Reátegui & Aguilar Silvano, 2022). Además, se compararon los patrones obtenidos entre ambos humedales. El cálculo se realizó empleando el software estadístico PAST 5.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización ambiental

Durante el estudio se registraron los parámetros físicos de cada estación de muestreo con el fin de describir las condiciones ambientales. Se observó que el microhábitat de junco del humedal de San José presentó la mayor turbidez (548 NTU), superando ampliamente los valores registrados en los demás microhábitats y siendo aproximadamente cuatro veces mayor que la estación con mayor turbidez del humedal de Pisco (127,9 NTU). La menor turbidez se registró en los microhábitats de grama (5,7 NTU) y junco (20,6 NTU) del humedal de Pisco. En cuanto a la profundidad, los valores fueron similares entre ambos humedales (**Tabla 2**).

Tabla 2. Parámetros Físicos.

Humedal	Estación	Microhábitat	PARÁMETRO FÍSICOS	
			Turbidez (NTU)	Profundidad del punto de muestreo (cm)
Humedal San José	SANJ–1	Totora	152.7	40–50
	SANJ–2	Junco	548	30–40
	SANJ–3	Grama	165.1	40–50
Humedal de Pisco	PISC–1	Totora	127.9	20–30
	PISC–2	Grama	5.7	40
	PISC–3	Junco	20.6	30–40

6.2. Caracterización fisicoquímica del agua

El pH no varió notablemente entre macrófitas, ni entre los humedales; sus valores fueron de 7.55 (PISC–2) hasta alcalinos 9.00 (SANJ–3). La conductividad eléctrica tuvo los valores más bajos en el junco con 2.18 mS/cm (SANJ–2) y la grama con 4.68 mS/cm (PISC–2) y los más altos en la grama con 14.60 mS/cm (SANJ–3) y la totora con 14.19 mS/cm (SANJ–1). Los sólidos totales disueltos tuvieron los valores más bajos en el junco con 1.46 ppm (SANJ–2) y la grama con 3.14 ppm (PISC–2) y los más altos en junco con 10.2 ppm (PISC–3) y la grama con 10.08 ppm (SANJ–3). La salinidad tuvo los valores más bajos en el junco con 1.10 ppm (SANJ–2) y la grama 2.34 ppm (PISC–2) y los más altos en el junco con 7.72 ppm (PISC–3) y la grama con 7.58 ppm (SANJ–3). Finalmente, la concentración de oxígeno disuelto tuvo el valor más bajo en la grama del humedal de Pisco con 5.65 mg/L (PISC–2) y el valor más alto en el humedal de San José en la totora con 28.57 mg/L (SANJ–1). Los datos se resumen en la **Tabla 3.**

Tabla 3. Parámetros Fisicoquímicos.

Humedal	Estación	Microhábitat	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS				
			pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)	TDS (ppm)	Salinidad (ppm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Humedal San José	SANJ–1	Totora	8.98	14.19	9.48	7.11	28.57
	SANJ–2	Junco	7.58	2.18	1.46	1.10	27.6*
	SANJ–3	Grama	9.00	14.60	10.08	7.58	26.70
Humedal de Pisco	PISC–1	Totora	8.75	7.12	4.77	3.58	15.10
	PISC–2	Grama	7.55	4.68	3.14	2.34	5.65
	PISC–3	Junco	8.58	15.9	10.2	7.72	16.81

En los parámetros orgánicos, la concentración de amoniaco varió desde 0.53 en el junco (PISC–3) hasta 2.25 en la totora (PISC–1). Asimismo, el microhábitat junco presenta bajas concentraciones de amoniaco en ambos humedales. En cuanto a la concentración de fosfato el valor más bajo fue de 0.51 en el junco (PISC–3) y el resto de las estaciones tuvieron un valor de 1.23 en ambos humedales **(Tabla 4)**.

Tabla 4. Parámetros Orgánicos

Humedal	Estación	Microhábitat	PARÁMETROS ÓRGANICOS	
			Concentración de Amoniaco (mg/L)	Concentración de Fosfato (mg/L)
Humedal San José	SANJ–1	Totora	1.75	1.23
	SANJ–2	Junco	0.64	1.23
	SANJ–3	Grama	2.15	1.23
Humedal de Pisco	PISC–1	Totora	2.25	1.23
	PISC–2	Grama	1.3	1.23
	PISC–3	Junco	0.53	0.51

6.3. Identificación taxonómica

Se analizaron un total de 18 muestras, en las cuales se encontraron 4987 larvas de Chironomidae. Se identificaron 6 morfoespecies y 1 especie, pertenecientes a dos subfamilias: Chironominae y Tanypodinae, como se describe a continuación en la **Tabla 5.**

Tabla 5. Lista taxonómica de los géneros y especies identificados en este trabajo.

Subfamilia	Género	Morfotipo
Chironominae	*Chironomus*	*Chironomus* sp.
Chironominae	*Goeldichironomus*	*Goeldichironomus holoprasinus*
Chironominae	*Goeldichironomus*	*Goeldichironomus* sp.
Chironominae	*Dicrotendipes*	*Dicrotendipes* sp1
Chironominae	*Dicrotendipes*	*Dicrotendipes* sp2
Tanypodinae	*Larsia*	*Larsia* sp.
Tanypodinae	*Tanypus*	*Tanypus* sp.

6.4. Composición de la comunidad de quironómidos

Se identificaron 6 morfoespecies y una especie de quironómidos en 2 subfamilias. La subfamilia Chironominae presentó 4 morfoespecies y una especie. La subfamilia Tanypodinae presentó 2 morfoespecies (**Anexo 1**). En el caso del humedal de San José, presentaron todos los taxones anteriormente mencionados, aunque *Chironomus* sp. presentó la menor cantidad con solo tres individuos (**Anexo 2**). Por otro lado, en el humedal de Pisco, no se presentó *Tanypus* sp. (**Anexo 3**).

La abundancia total de quironómidos fue de 4987 individuos en ambos humedales. La especie *Dicrotendipes* sp 1 presentó la mayor abundancia con 1945 individuos. En segundo lugar, la especie *Chironomus* sp. presentó 1145 individuos. La especie *Goeldichironomus holoprasinus* presentó 651 individuos ocupando el tercer lugar. Y, por último, *Dicrotendipes* sp 2 presentó 75 individuos en total, siendo el de menor abundancia (**Fig. 16** y **Anexo 1**).

6.4.1. Géneros identificados y hábitats asociados

***Chironomus* sp.**

Se caracteriza por la presencia de 2 túbulos ventrales largos (Epler, 2001) (**Fig. 9**). Sobre la preferencia de macrófitas de este morfotipo se encontró que para el humedal de San José está únicamente en la totora con 3 organismos. Por el contrario, en Pisco predomina en la totora con una mayor abundancia.

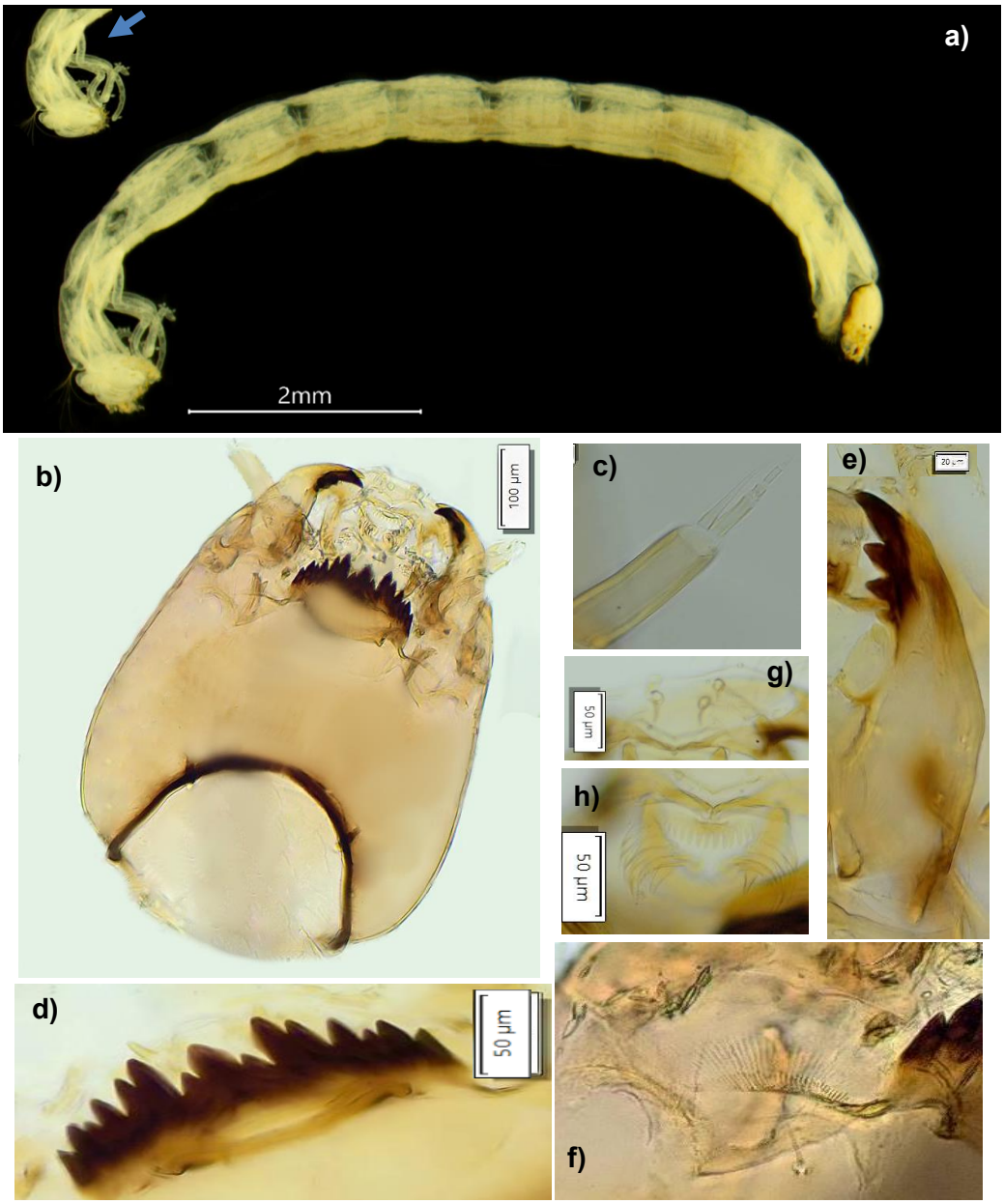

***Figura 9**. Chironomus sp.: a) larva, b) cápsula cefálica, c) antena, d) mentón, e) mandíbula, f) placas ventromentales, g) sedas SI h) peine de la epifaringe.*

Goeldichironomus holoprasinus

Se caracteriza por la presencia de 2 túbulos ventrales, del cual el primer túbulo está bifurcado y el segundo es simple, situados en el segmento VIII (Epler, 2001) (**Fig. 10**). Con respecto a la preferencia de macrófitas de esta especie se encontró que para el humedal de San José predomina en el junco. Sin embargo, en el humedal de Pisco predomina en la grama.

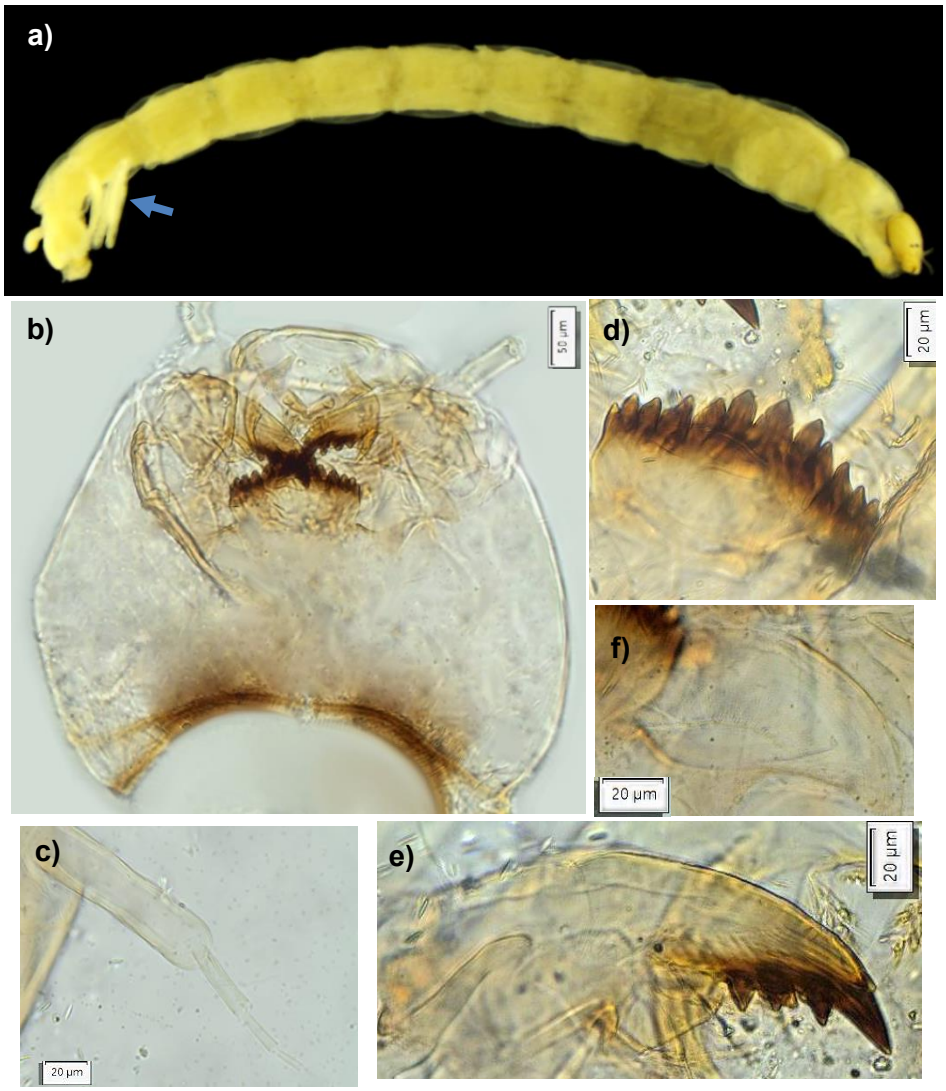

Figura 10. *Goeldichironomus holoprasinus: a) larva, b) cápsula cefálica, c) antena, d) mentón, e) mandíbula, f) placas ventromentales.*

***Goeldichironomus* sp.**

Se caracteriza por la presencia de 2 túbulos ventrales simple y corto, situado en el segmento VIII (Epler, 2001) (**Fig. 11**). En relación con la preferencia de macrófitas de este morfotipo se encontró que para el humedal de San José predomina en el junco. Aunque en el humedal de Pisco predomina la grama.

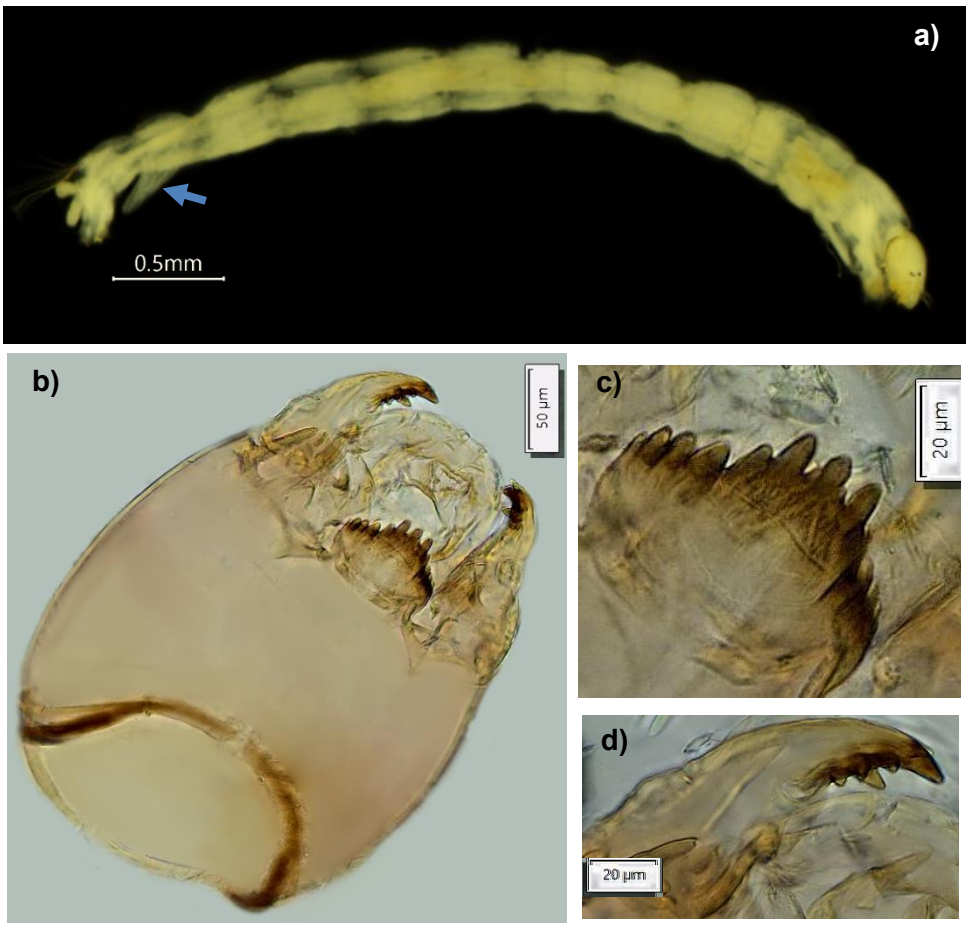

Figura 11. *Goeldichironomus sp.: a) larva, b) cápsula cefálica, c) mentón, d) mandíbula.*

***Dicrotendipes* sp1**

Se caracterizan por no presentar túbulos ventrales en el segmento VIII (Epler, 2001) (**Fig. 12**). En cuanto a la preferencia de macrófitas de este morfotipo se encontró que para el humedal de San José predomina en la grama. En cambio, en el humedal de Pisco predomina en el junco.



***Figura 12**. Dicrotendipes sp 1: a) larva, b) cápsula cefálica, c) antena, d) mentón, e) mandíbula, f) peine de la epifaringe.*

***Dicrotendipes* sp2**

Generalmente de color blanquecino. Se caracteriza por tener un par de túbulos ventrales en el segmento VIII (Epler, 2001) (**Fig. 13**). Por otra parte, en la preferencia de macrófitas de este morfotipo se encontró que para el humedal de San José predomina únicamente en el junco. Al contrario, en el humedal de Pisco predomina en la grama.

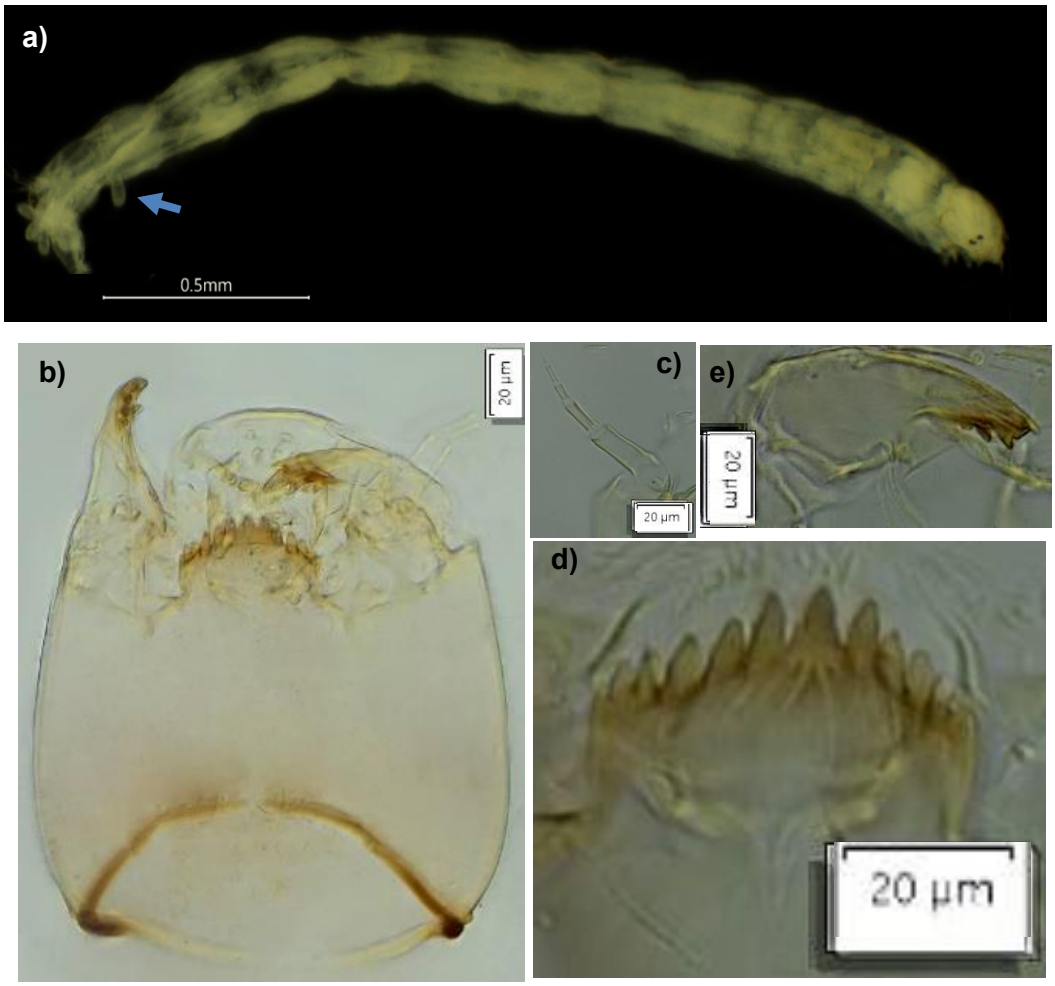

***Figura 13**. Dicrotendipes sp. 2: a) larva, b) cápsula cefálica, c) antena, d) mentón, e) mandíbula.*

***Larsia* sp.**

La seta supranal y los túbulos anales a los sumos tan largos como los seudópodos posteriores (Epler, 2001) (**Fig. 14**). Todas las uñas de los seudópodos posteriores son del mismo color. Acerca de la preferencia de macrófitas de este morfotipo se encontró que para el humedal de San José predomina en el junco. No obstante, en el humedal de Pisco predomina en la grama.

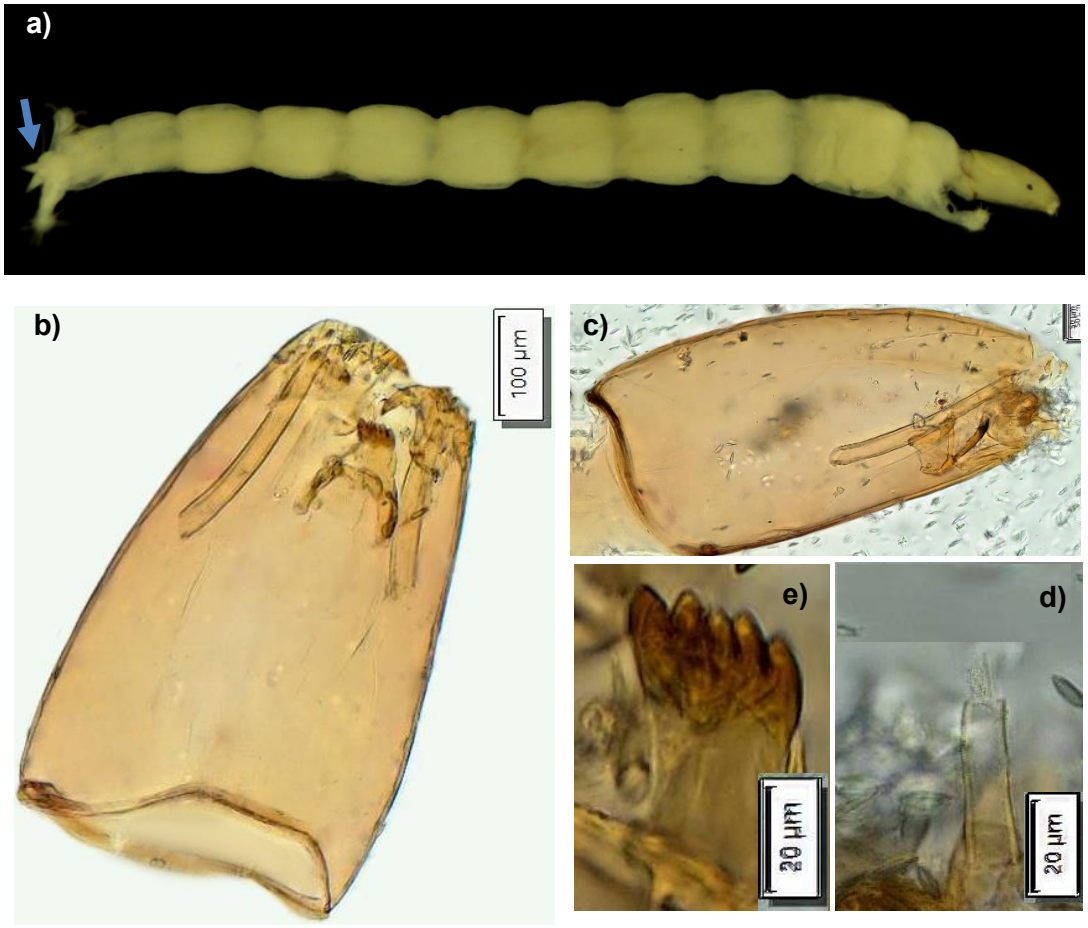

Figura 14. *Larsia sp.: a) larva, b) cápsula cefálica, c) vista lateral de la capsula cefálica d) antena, e) lígula.*

***Tanypus* sp.**

Cabeza más bien redondeada, los segmentos abdominales pueden poseer filas de sedas laterales, los túbulos anales son como mucho dos veces más largos que anchos (Epler, 2001) (**Fig. 15**). Por lo que se refiere a la preferencia de macrófitas de este morfotipo se encontró que para el humedal de San José predomina en la grama. En contraste en el humedal de Pisco se encuentra ausente.

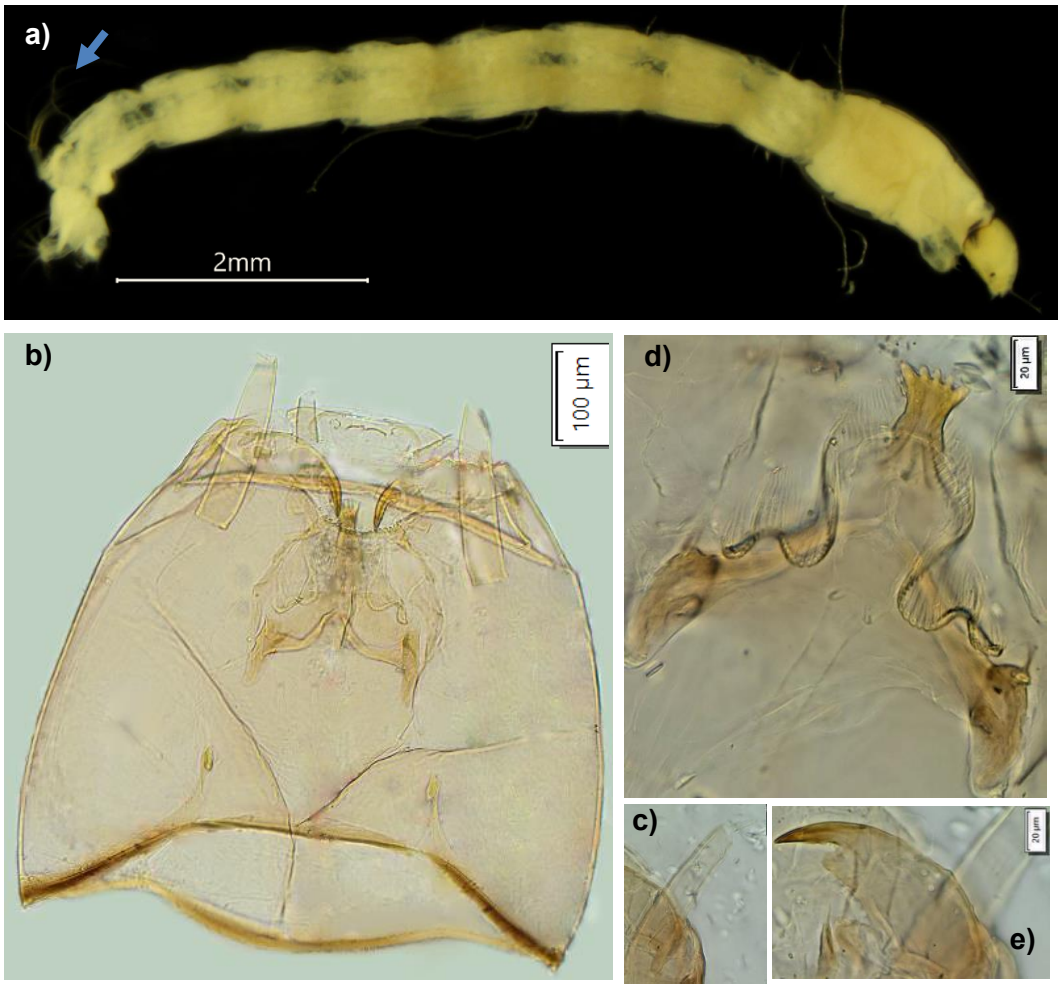

Figura 15. *Tanypus sp.: a) larva, b) cápsula cefálica, c) antena, d) mentón y lígula, e) mandíbula.*

Se registran por primera vez para el humedal de San José (Lambayeque), los quironómidos: *Chironomus* sp., *Goeldichironomus* sp., *Goeldichironomus holoprasinus*, *Dicrotendipes* sp1, *Dicrotendipes* sp2 de la subfamilia Chironomidae. Además, se registran *Larsia* sp. y *Tanypus* sp. de la subfamilia Tanypodinae (**Anexo 2**).

Se presentan por primera vez para el humedal de Pisco (Ica), los quironómidos: *Chironomus* sp., *Goeldichironomus* sp., *Goeldichironomus holoprasinus*, *Dicrotendipes* sp 1, *Dicrotendipes* sp2 de la subfamilia Chironomidae. Además, se registra *Larsia* sp. de la subfamilia Tanypodinae. *Tanypus* sp. se encuentra ausente (**Anexo 3**).

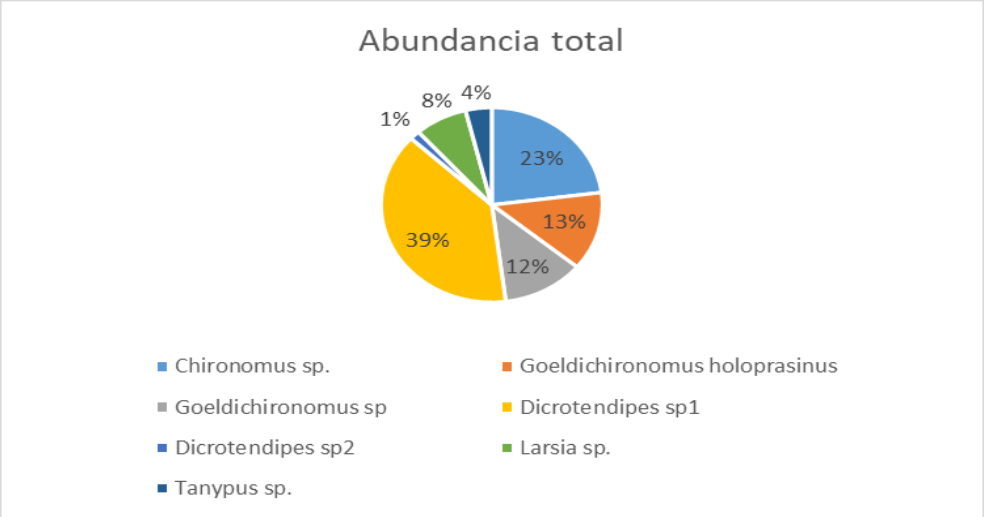

Figura 16. *Abundancia total de quironómidos en el humedal de San José (Lambayeque) y el humedal de Pisco (Ica) (noviembre, 2021).*

La **Figura 17** muestra la distribución de los géneros de quironómidos asociados a cada microhábitat (totora, grama y junco) en los humedales de San José y Pisco. En el humedal de San José, los géneros *Goeldichironomus holoprasinus*, *Dicrotendipes* sp1, *Larsia* sp. y *Tanypus* sp. se encontraron principalmente en grama, mientras que Dicrotendipes sp2 se registró en totora. El género *Goeldichironomus* sp. estuvo presente tanto en totora como en junco, y *Chironomus* sp. se registró únicamente en junco.

En el humedal de Pisco, la composición fue más compartida entre microhábitats: *Goeldichironomus holoprasinus*, *Goeldichironomus* sp. y *Dicrotendipes* sp1 se ubicaron en la zona de solapamiento entre totora y grama, mientras que Chironomus sp. se registró exclusivamente en totora. Los géneros *Dicrotendipes* sp2 y *Larsia* sp. se asociaron con grama y junco, mostrando un mayor traslape entre ambos microhábitats en este humedal.

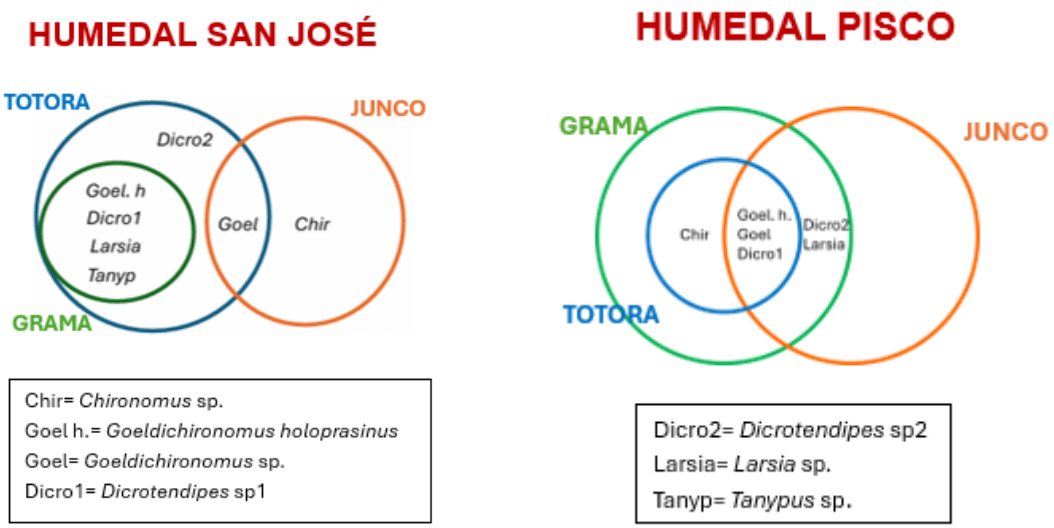

Figura 17. *Distribución de los quironómidos en las macrófitas asociadas*

6.4.2. Composición de quironómidos en el Humedal de San José

6.4.2.1. Riqueza de quironómidos

Se identificaron 6 morfoespecies y una especie de quironómidos en 2 subfamilias. En cuanto la riqueza por microhábitat, la mayor fue en la totora y la de menor fue en junco (**Fig. 18**).

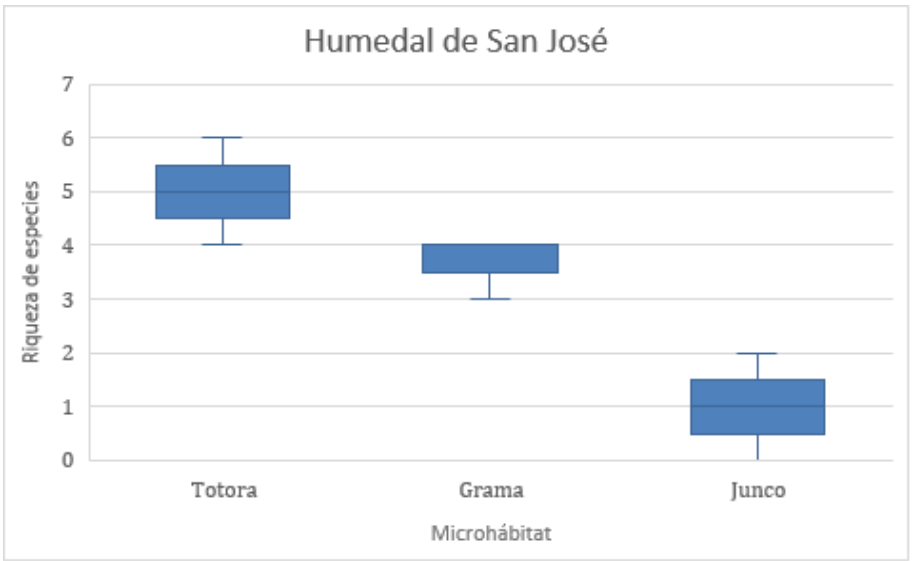

Figura 18*. Riqueza de quironómidos en el humedal de San José (Lambayeque).*

6.4.2.2. Abundancia de quironómidos

La abundancia total de quironómidos en el humedal de San José fue de 2436 individuos. *Dicrotendipes* sp1 presentó la mayor abundancia con 1864 individuos. En segundo lugar, *Tanypus* sp. presentó 190 individuos. En tercer lugar, *Larsia* sp. presentó 154 individuos; y, por último, con una menor abundancia fue *Chironomus* sp. que presentó 3 individuos (**Figura 19** y **Anexo 2**).

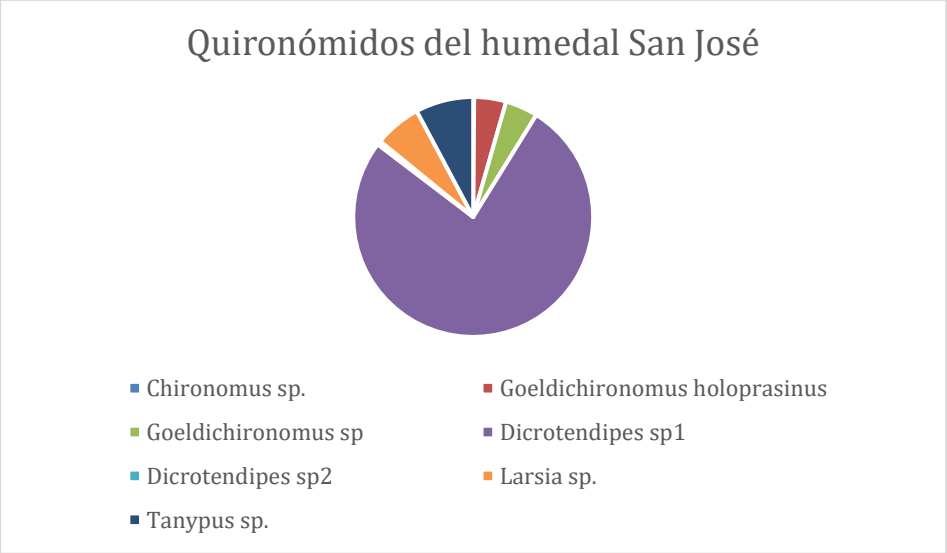

***Figura 19**. Abundancia de quironómidos del humedal de San José (Lambayeque).*

En la abundancia de quironómidos por microhábitat: En junco presentó 4 individuos y las morfoespecies presentes fueron *Chironomus* sp. y *Goeldichironomus* sp. En la grama presentó 1842 individuos, del cual *Dicrotendipes* sp1 obtuvo una mayor abundancia representando el 66% de toda la población de dicho humedal. Mientras que *Chironomus* sp., *Goeldichironomus* sp. y *Dicrotendipes* sp2 estuvieron ausentes. En la totora presentó 590 individuos, de las cuales *Dicrotendipes* sp1, *Goeldichironomus* sp. y *Larsia* sp. fueron las de mayor abundancia son. En cambio, la morfoespecie *Chironomus* sp. estuvo ausente (**Figura 20** y **Anexo 2**).

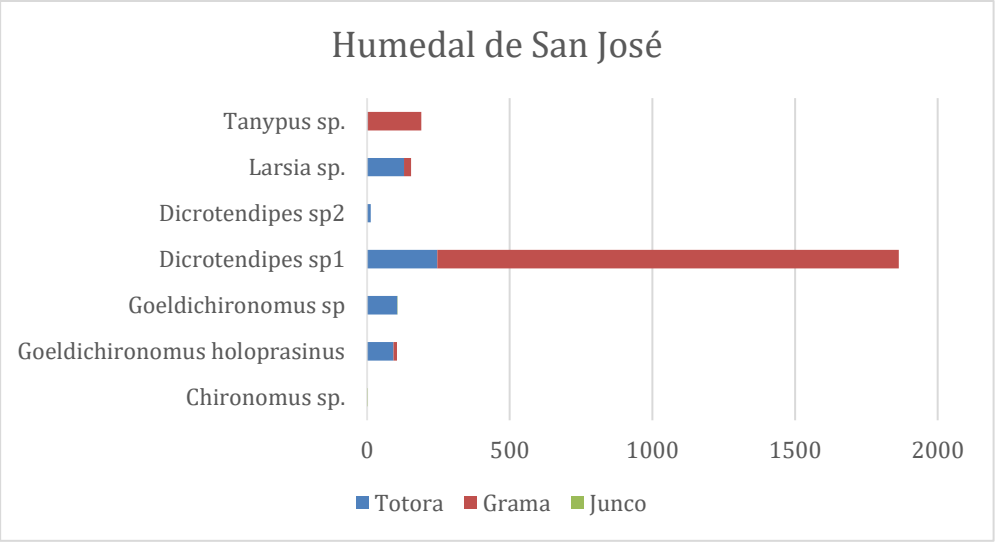

Figura 20. *Abundancia de quironómidos por microhábitat del humedal de San José (Lambayeque).*

6.4.3. Composición de quironómidos en el Humedal de Pisco

6.4.3.1. Riqueza de quironómidos

Se identificaron 5 morfoespecies y una especie de quironómidos en 2 subfamilias. La especie *Tanypus* sp. estuvo ausente en los microhábitats muestreados para este humedal (**Fig. 21**).

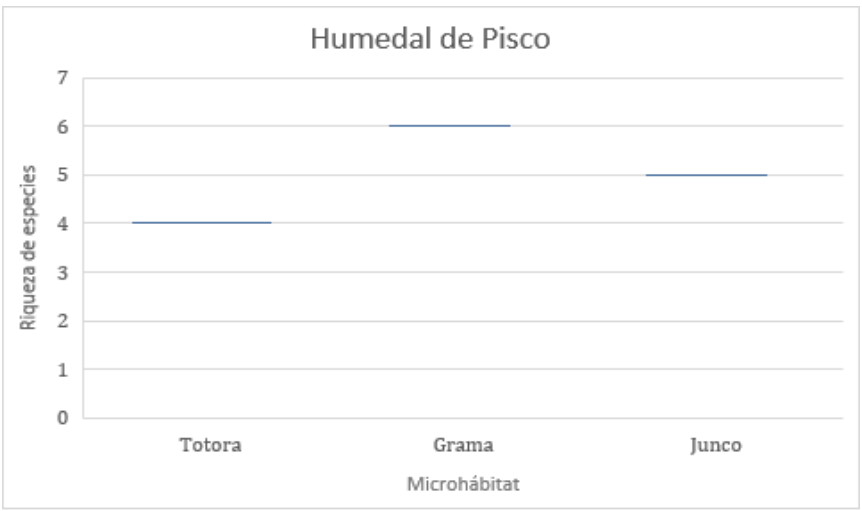

Figura 21. *Riqueza de quironómidos en el humedal de Pisco (Ica).*

6.4.3.2. Abundancia de quironómidos

La abundancia total de quironómidos fue de 2551 individuos. *Chironomus* sp. presentó la mayor abundancia con 1142 individuos. En segundo lugar, *Goeldichironomus holoprasinus* presentó 546 individuos. En tercer lugar, *Goeldichironomus* sp. presentó 490 individuos. En cuanto a la subfamilia Tanypodinae, *Larsia* sp. presentó 230 individuos y *Tanypus* sp. estuvo ausente (**Fig. 22** y **Anexo 3**).

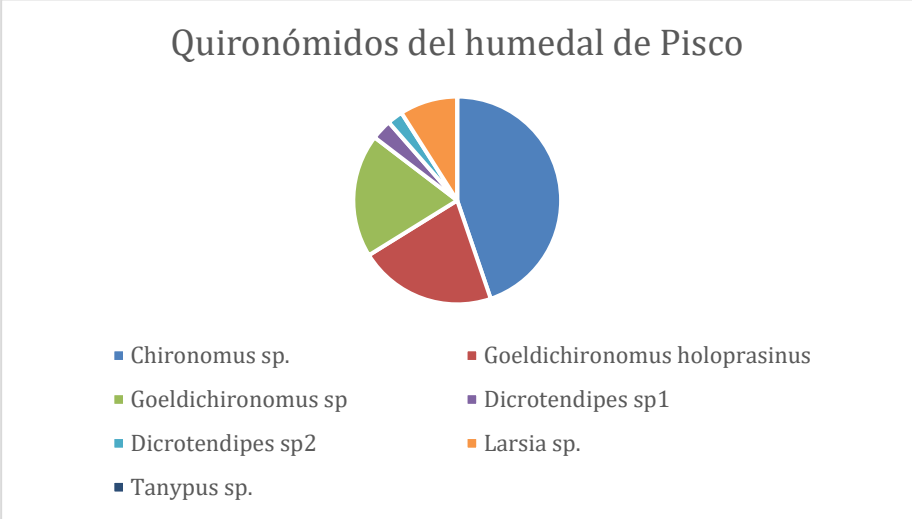

Figura 22. *Abundancia de quironómidos del humedal de Ica (Pisco).*

En la abundancia de quironómidos por microhábitat: En la totora presentó 1314 individuos, las morfoespecies con mayor abundancia son: *Chironomus* sp., *Goeldichironomus holoprasinus* y *Goeldichironomus* sp. Mientras que *Dicrotendipes* sp2, *Larsia* sp. y *Tanypus* sp. estuvieron ausentes. En la grama presentó 938 individuos, siendo *Goeldichironomus holoprasinus*, *Goeldichironomus* sp. y *Larsia* sp. las de mayor abundancia. Mientras que *Tanypus* sp. estuvo ausente. En junco presentó 299 individuos, siendo *Goeldichironomus* sp., *Goeldichironomus holoprasinus*, y *Dicrotendipes* sp1, las de mayor abundancia. Mientras que las especies *Chironomus* sp. y *Tanypus* sp. estuvieron ausentes (**Fig. 23** y **Anexo 3**).

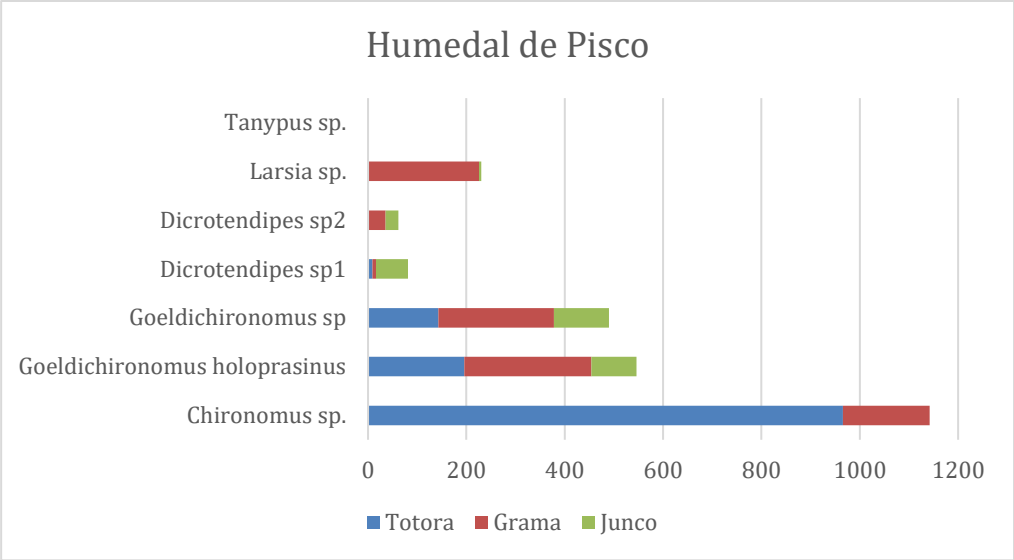

Figura 23. *Abundancia de quironómidos por microhábitat del humedal de Ica (Pisco).*

6.5. Estructura comunitaria

6.5.1. Índice de Diversidad de Shannon– Wiener (H´)

En el humedal de San José, el microhábitat que presentó un mayor promedio del índice de diversidad de Shannon–Wiener (H´) fue la totora con 1.81 bitios/individuo. En contraste, el microhábitat con un menor promedio del índice de diversidad de Shannon–Wiener (H´) fue el junco con 0.31 bitios/individuo (**Fig. 24**).

En el humedal de Pisco, el microhábitat que presentó un mayor promedio del índice de diversidad de Shannon–Wiener (H´) fue la grama con 2.10 bitios/individuo. En contraste, el microhábitat con un menor promedio del índice de diversidad de Shannon–Wiener (H´) fue la totora con 0.99 bitios/individuo (**Fig. 25**).

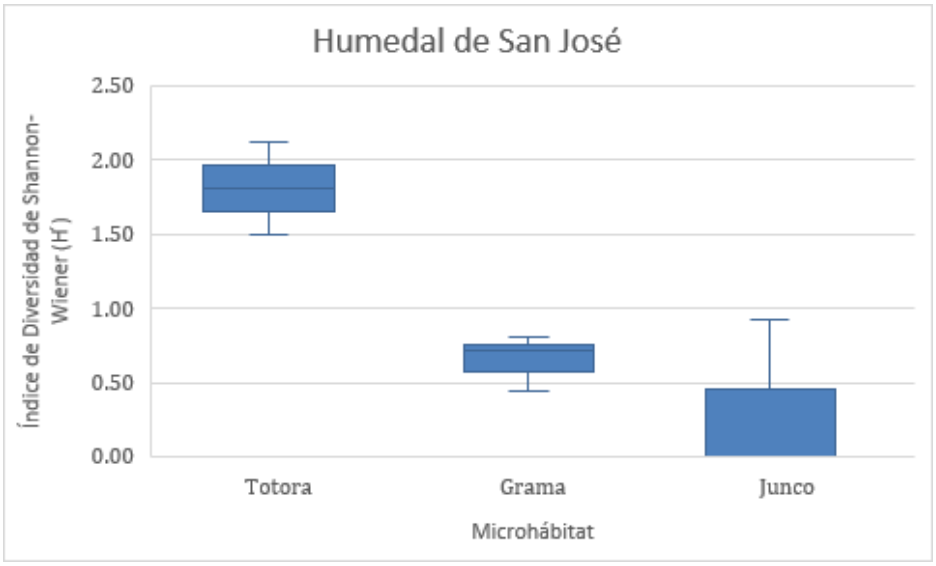

Figura 24. *Índice de Diversidad de Shannon– Wiener (H´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de San José (Perú, 2021).*

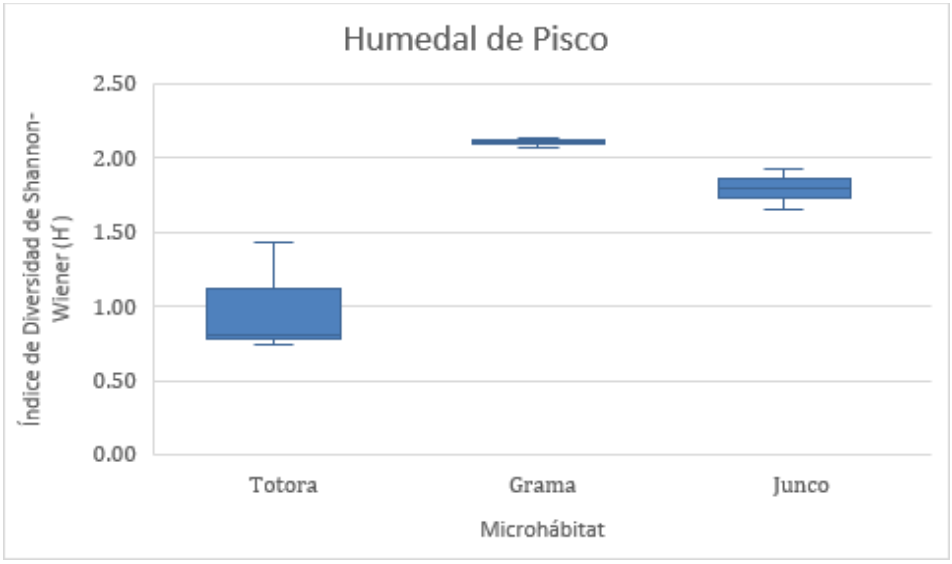

Figura 25. *Índice de Diversidad de Shannon– Wiener (H´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de Pisco (Perú, 2021).*

6.5.2. Índice de Equidad de Pielou (J´)

En el humedal de San José, el microhábitat que presentó un mayor promedio del índice de equidad de Pielou (J´) fue el junco con 0.92 (solo una de las réplicas presentó organismos, por lo que fue calculado únicamente con esa réplica). En contraste, el microhábitat con un menor promedio del índice de equidad de Pielou (J´) fue la grama

con 0.36 (**Fig. 26**).

En el humedal de Pisco, el microhábitat que presentó un mayor promedio del índice de equidad de Pielou (J´) fue la grama con 0.81. En contraste, el microhábitat con un menor promedio del índice de equidad de Pielou (J´) fue la totora con 0.50 (**Fig. 27**).

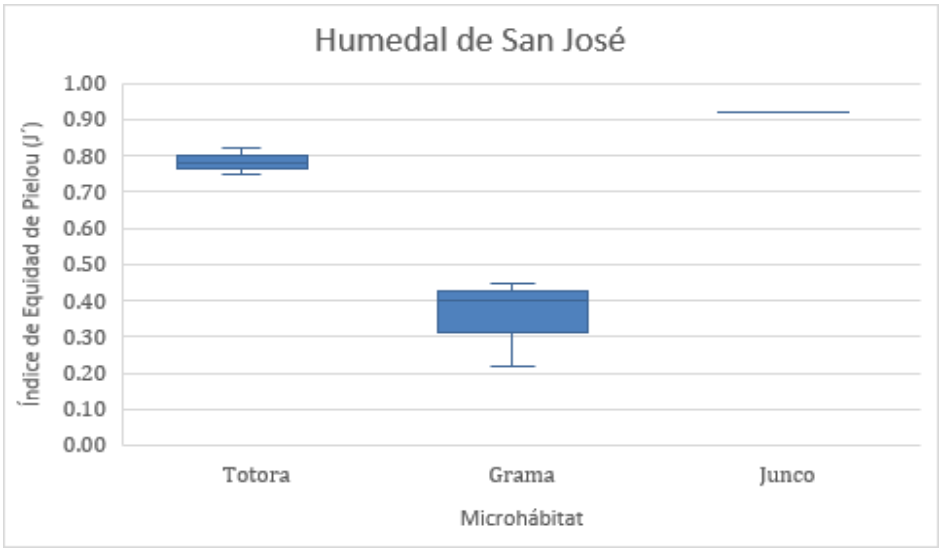

Figura 26. *Índice de Equidad de Pielou (J´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de San José (Perú, 2021).*

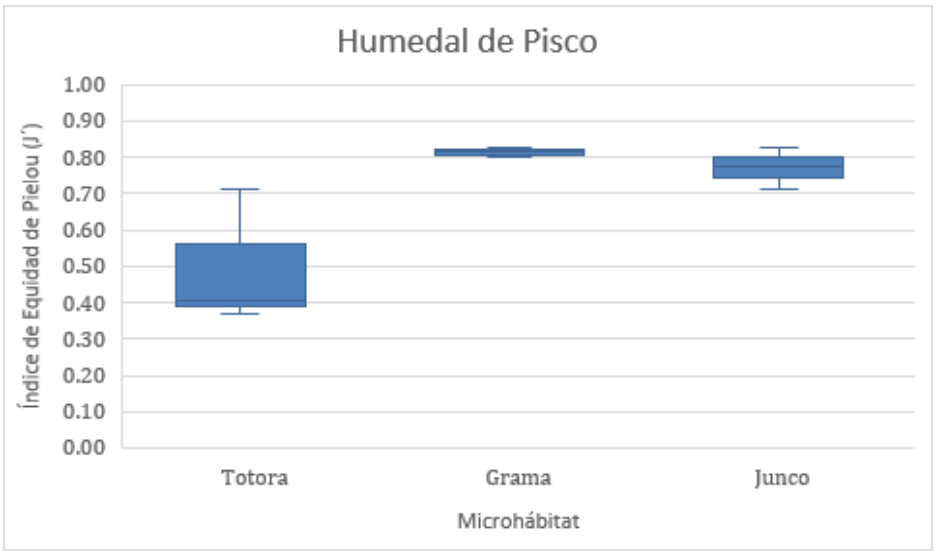

Figura 27. *Índice de Equidad de Pielou (J´) de quironómidos por microhábitat en los humedales de Pisco (Perú, 2021).*

6.6. Análisis multivariado

Según el Análisis de Similitud (ANOSIM) de los quironómidos, sí existen diferencias significativas entre el humedal de Pisco y el humedal de San José (R=0.852 y p=0.001), evidenciando que cada humedal es muy distinto en términos de composición de especies. Estos resultados fueron complementados con el Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER), donde se apreció disimilitudes de hasta 74.43% entre los humedales (**Anexo 6**), del cual el quironómido con mayor contribución a la disimilitud fue *Dicrotendipes* sp1 en un 21.64%.

Según el ANOSIM de los quironómidos, sí existen diferencias significativas de los quironómidos entre los microhábitats (R=0.815 y p=0.001), evidenciando la diferencia en la composición de especies de cada microhábitat y, además, evidencia que el mismo microhábitat en diferente humedal puede ser afectado por los diferentes factores ambientales y con ello resultar una composición distinta. Estos resultados fueron complementados con el Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER), donde se apreció disimilitud de hasta 71.25% entre la macrófita totora y junco del cual el quironómido con mayor contribución fue *Dicrotendipes* sp1 en un 24.16% (**Anexo 7**).

La disimilitud del índice de Bray Curtis entre los humedales costeros nos evidenció el 40%, lo que indica que hubo diferencia de abundancias de quironómidos entre los ecosistemas. Por otro lado, se aprecia que el microhábitat totora del humedal de San José presenta similitud de hasta un poco menos del 80% con el microhábitat grama del humedal de Pisco (**Fig. 28**).

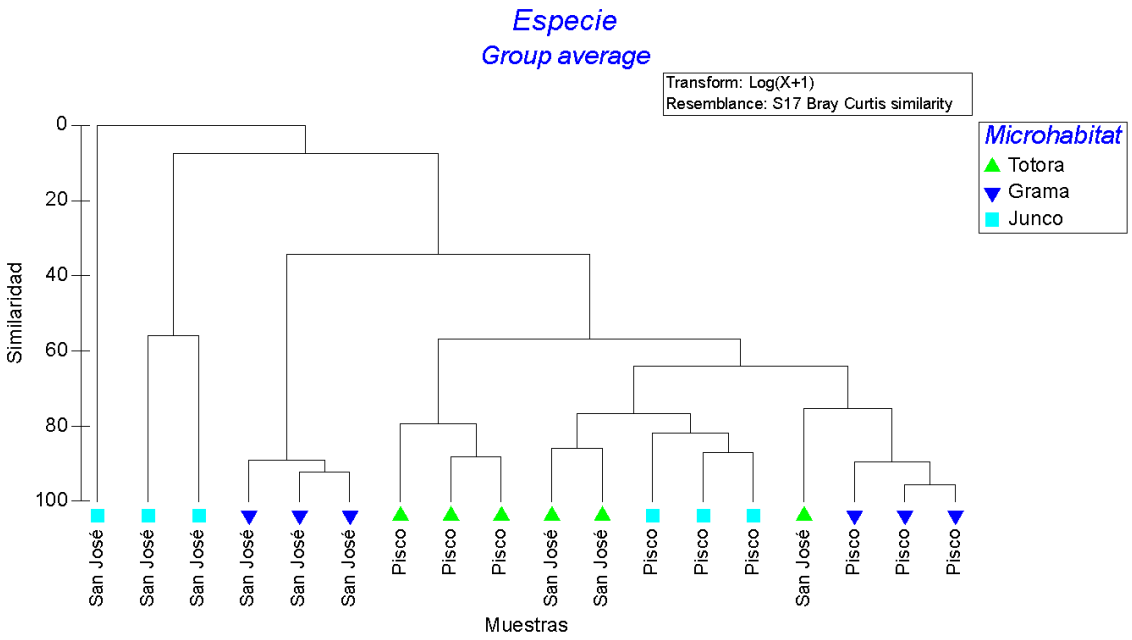

Figura 28. *Disimilitud de Bray Curtis de los quironómidos comparando los microhábitats de los humedales de Pisco y San José.*

La mayor similitud entre los microhábitats del humedal Pisco fue del 60% entre los tres microhábitats. En comparación con la mayor similitud de los microhábitats del humedal de San José fue un poco menos del 20%, lo que evidenciaría que los microhábitats del humedal de San José presentan mayor diferencia basándonos en abundancia de especies (**Figura 28**).

El análisis de agrupamiento de los quironómidos utilizando el método no Paramétrico de Escalamiento Multidimensional (nMDS), mostró la formación de tres grupos con un nivel de similitud del 70% con un valor de stress significativo (0.05). El gráfico evidencia que el microhábitat Totora de San José se agrupa con los microhábitats Junco y Grama de Pisco. Asimismo, dentro del humedal de San José se observa la consolidación de un subgrupo conformado por Grama y Junco, el cual se encuentra separado de Totora. En contraste, los microhábitats de Pisco no presentan esta misma diferenciación interna. Esto indicaría que la similitud entre microhábitats no responde necesariamente al humedal al que pertenecen, sino a las características particulares de cada tipo de

microhábitat (**Fig. 29**).

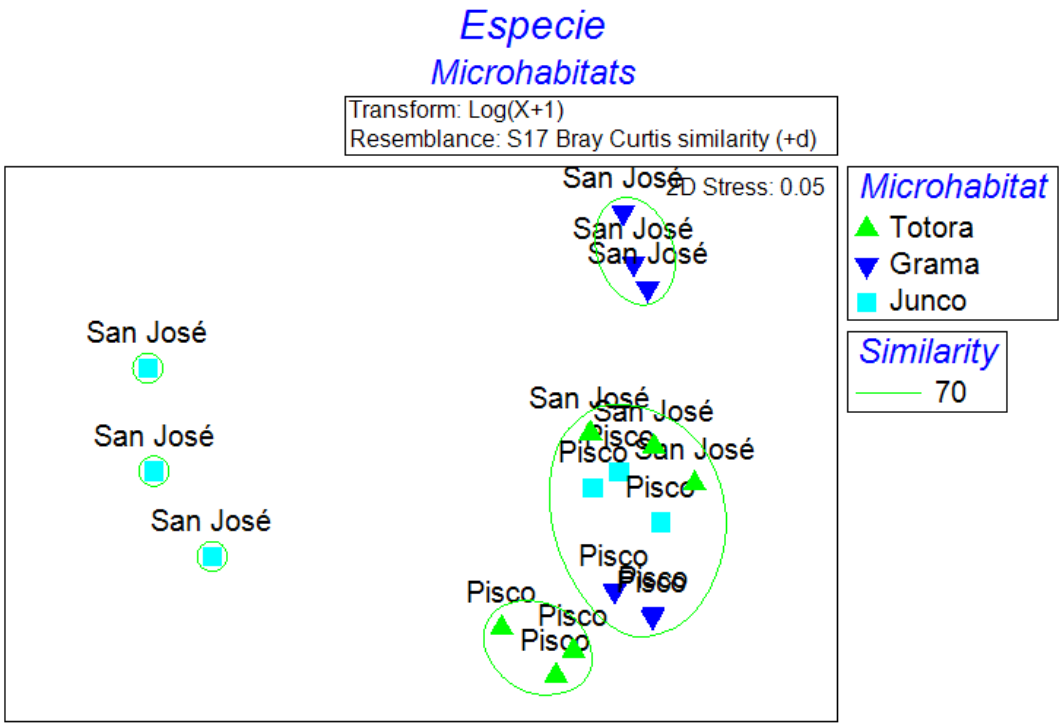

Figura 29. *Método no Paramétrico de Escalamiento Multidimensional (nMDS) por microhábitats (totora, grama y junco) en los humedales de San José y el humedal de Pisco.*

6.7. Relación entre los factores abióticos y bióticos

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) mostró que los dos primeros ejes explican el 93.76% de la variación total en la composición de quironómidos, lo que indica una fuerte relación entre los factores ambientales evaluados y la estructura de la comunidad. El eje 1 (66.05%) representa el principal gradiente ambiental que explica la distribución de las especies, mientras que el eje 2 (29.12%) aporta una variación complementaria (**Anexo 1**). Se observaron correlaciones positivas entre: i) El oxígeno disuelto (OD), el amoniaco (NH_3), pH, Salinidad (Sal), Solidos disueltos totales (TDS), Conductividad eléctrica (CE) y profundidad (Prof) con *Dicrotendipes* sp1 y *Tanypus* sp (presentes en la grama del humedal San José). ii) El fósforo (PO_3) y la turbidez (Tur) con *Chironomus* sp. (en el junco del humedal San José y en la totora del humedal de

Pisco). En las correlaciones negativas, se observaron entre: i)) El oxígeno disuelto (OD), el amoniaco (NH_3), pH, Salinidad (Sal), Solidos disueltos totales (TDS), Conductividad eléctrica (CE) y profundidad (Prof) con *Dicrotendipes* sp2, *Larsia* sp., *Goeldichironomus* sp., *Goeldichironomus holoprasinus* y *Chironomus* sp. (presentes en el junco del humedal San José y en las tres macrófitas del humedal de Pisco) (**Fig. 30**).

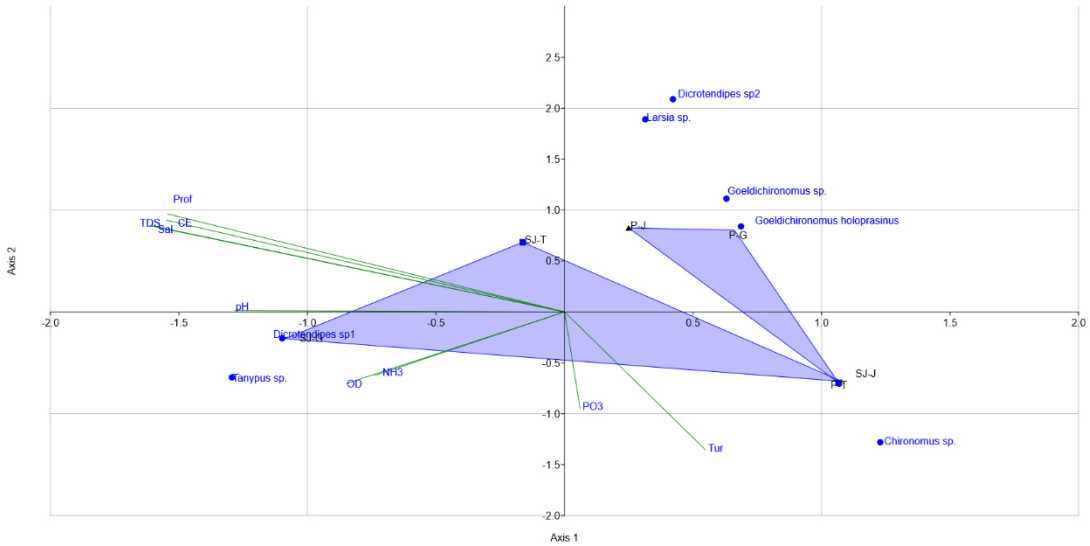

Figura 30. *Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de los humedales de San José y Pisco con seis morfoespecies y una especie de quironómidos, y nueve factores ambientales (parámetros físicos, fisicoquímicos y orgánicos). Los triángulos representan los humedales de San José y de Pisco.*

6.8. Grupos funcionales de alimentación

Se determinó la categoría de GFA de los quironómidos según Merritt *et al.* (2008) y Cummins (2018). A continuación, se observó que la subfamilia Chironominae predominó en ambos humedales costeros con la categoría principal de Colector–recolector. Asimismo, en la **Fig. 31** se observan los porcentajes de los GFA para cada subfamilia y presentan: el 88% Chironominae y 12% Tanypodinae.

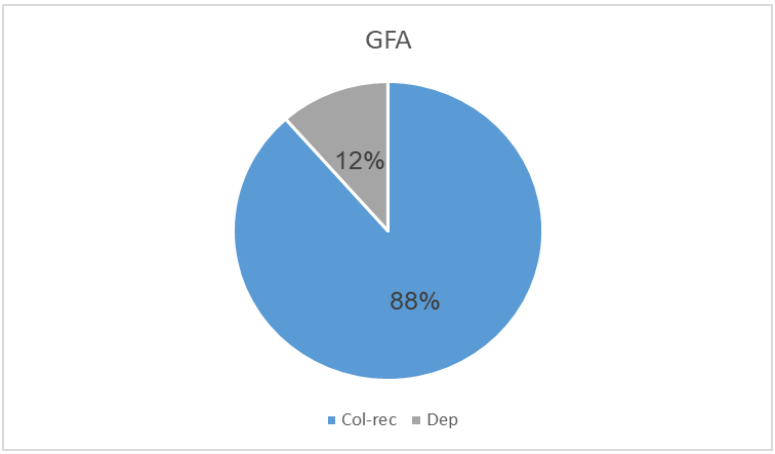

***Figura 31**. Grupos funcionales de alimentación (GFA) de los quironómidos en los humedales costeros de San José y Pisco. Basado según Merritt et al. (2008) y Cummins (2018). Colector–recolector (Col–rec). Depredador (Dep).*

En los microhábitats, el grupo funcional Colector–recolector fue mayor en la grama que en la totora en el humedal de San José (**Fig. 32**), y esa predominancia en la abundancia del GFA se dio de manera inversa en el humedal de Pisco (**Fig. 33**). Asimismo, en la totora del humedal de Pisco solo se presentaron colectores–recolectores (ningún depredador quironómido). En cuanto al microhábitat junco estuvieron presentes solo en el humedal de Pisco. Por otro lado, notamos que en el caso del grupo funcional depredador se presentaron en el microhábitat grama de ambos humedales. A comparación en la totora solo se presentaron en el humedal de San José. En el caso de junco, solo existen 4 depredadores en el humedal de Pisco (**Fig. 33**).

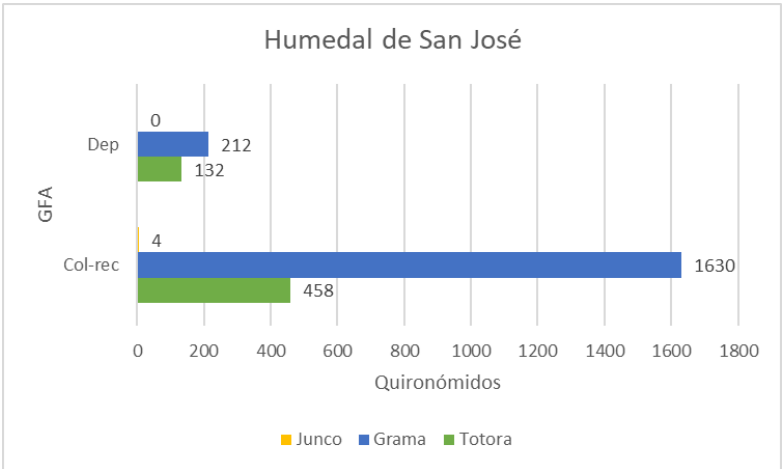

Figura 32. *Grupos funcionales de alimentación (GFA) de quironómidos por microhábitat en los humedales costeros de San José. Depredador (Dep). Colector–recolector (Col–rec).*

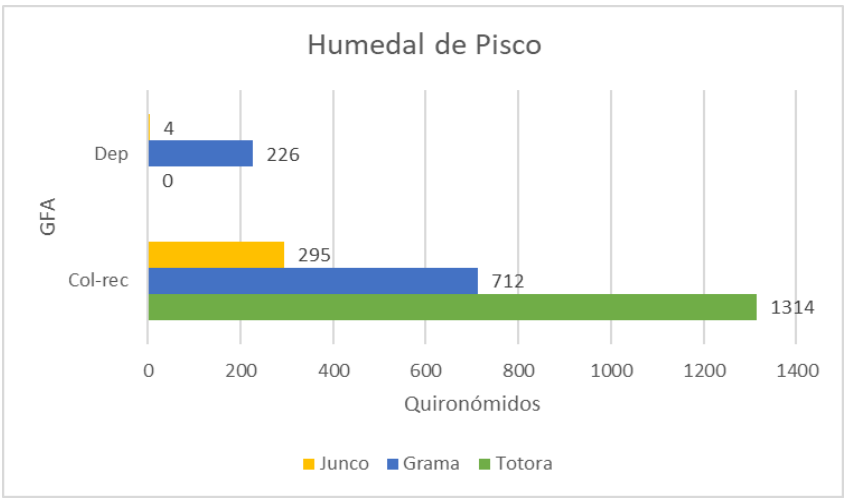

Figura 33. *Grupos funcionales de alimentación (GFA) de quironómidos por microhábitat en los humedales costeros de Pisco. Depredador (Dep). Colector–recolector (Col–rec).*

7. DISCUSIÓN

Características físicas y fisicoquímicas del agua

El análisis de las características físicas y fisicoquímicas del agua se realizó durante los meses de noviembre y diciembre de 2021 en dos humedales costeros del Perú: Pisco (Ica) y San José (Lambayeque). Estos ecosistemas, como otros humedales costeros del país, se encuentran frecuentemente afectados por descargas orgánicas (Young, 1998; Fajardo Vidal, 2018) y por presiones antropogénicas relacionadas con el uso del territorio (Peralta–Argomeda y Huamantinco–Araujo, 2014; Castillo–Velásquez y Huamantinco–Araujo, 2020). Además, ambos reciben aportes de ríos cuyas cuencas también presentan niveles diversos de alteración (Acosta *et al*., 2009), lo que influye directamente en la calidad del agua.

En los parámetros físicos, el microhábitat de junco del humedal de San José registró la turbidez más alta (548 NTU), valor que indica una calidad de agua reducida debido a la elevada cantidad de partículas en suspensión (Rice *et al*., 2012). Este nivel excepcionalmente alto sugiere una fuerte influencia de sedimentos, materia orgánica o microalgas, posiblemente asociadas a procesos de escorrentía o a disturbios locales. Asimismo, podría explicar la baja riqueza observada en este microhábitat, donde solo se registraron cuatro organismos pertenecientes a Chironomus sp. y Goeldichironomus sp. En contraste, los microhábitats del humedal de Pisco presentaron turbidez baja (5,7 NTU) y moderada (20,6 NTU), valores que se encuentran dentro de los rangos esperados para cuerpos de agua claros o ligeramente perturbados. Este contraste evidencia condiciones ambientales notablemente distintas entre ambos humedales, con San José presentando un nivel de turbidez inusualmente elevado.

En los parámetros fisicoquímicos, los valores de pH oscilaron entre 7.55 y 9, dentro del rango permitido por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 4 (DS 004–2017–MINAM). Estos valores coinciden con los reportados previamente para otros humedales costeros (Castillo–Velásquez y Huamantinco–Araujo, 2020), y reflejan condiciones propias de humedales sometidos a variabilidad natural y antropogénica.

La conductividad eléctrica varió entre 2.18 y 15.9 mS/cm, equivalentes a 2180–15 900 µS/cm, valores que superan el límite máximo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para agua (DS N.º 004–2017–MINAM; 1000 µS/cm, categoría 4). Esto evidencia aguas con elevada concentración iónica, lo que sugiere una importante influencia de aportes externos, posiblemente asociados a actividades antrópicas y/o procesos de concentración de sales en el entorno de los humedales. Estos valores concuerdan con estudios previos donde la conductividad superó los límites establecidos

y fue asociada a presiones antrópicas (Fajardo Vidal, 2018; Peralta–Argomeda y Huamantinco–Araujo, 2014). Asimismo, la presencia de *Chironomus* sp. en ambos humedales resulta consistente con lo reportado por Villamarín *et al*. (2021), quienes asociaron este género a ambientes con conductividad elevada, lo que refuerza su tolerancia a condiciones de alta carga iónica y posibles procesos de alteración ambiental.

Los sólidos totales disueltos oscilaron entre 1.46 y 10.08 ppm. Este parámetro se considera de manera referencial y complementaria a la conductividad eléctrica, dado que fue obtenido mediante estimación instrumental. En conjunto, ambos parámetros indican la presencia de una fracción iónica en el sistema, por lo que los TDS no fueron interpretados como un indicador independiente de la calidad del agua. Estudios en humedales costeros han señalado una estrecha relación entre conductividad y sólidos disueltos en sistemas con distinta influencia ambiental (Fajardo Vidal, 2018; Balmaceda–Lozada, 2019).

En relación con la salinidad, y siguiendo la clasificación de Cowardin *et al*. (1979), se registraron aguas salobres mesosalinas (5–18 ppt) en la totora y grama de San José, así como en el junco de Pisco; mientras que los demás microhábitats correspondieron a aguas salobres oligosalinas (0.5–5 ppt). Estos rangos coinciden parcialmente con lo observado por Castillo–Velásquez y Huamantinco–Araujo (2022) en las salinas de Chilca, donde se reportaron géneros como *Goeldichironomus* sp., *Larsia* sp. y *Tanypus* sp. En este estudio, tales géneros se registraron en condiciones oligosalinas, lo que sugiere que la salinidad no es el único factor determinante en su distribución.

El oxígeno disuelto presentó marcadas diferencias entre humedales. San José registró valores excepcionalmente altos (promedio: 27.62 mg/L), posiblemente asociados a una mayor producción fotosintética de macrófitas, a la oxigenación por acción del viento o a

una menor descomposición de materia orgánica, procesos que influyen de manera importante en la dinámica del oxígeno disuelto en sistemas con vegetación acuática. En Pisco, los valores fueron menores (promedio: 12.52 mg/L), pero dentro de niveles adecuados para organismos acuáticos (>5 mg/L). Estas variaciones podrían influir en la composición de quironómidos, ya que, si bien son considerados tolerantes, los factores fisicoquímicos, particularmente el oxígeno disuelto, se reconocen como determinantes en la estructura y diversidad de las comunidades bentónicas (Hernández y Calero, 2025; Desmet *et al*., 2011).

En cuanto a los parámetros orgánicos, las concentraciones de amoniaco fueron bajas únicamente en los microhábitats de junco de ambos humedales (<1 mg/L), mientras que en el resto superaron el estándar y oscilaron entre 1.3 y 2.25 mg/L. Los fosfatos también superaron el límite permitido (0.035 mg/L), alcanzando valores entre 0.51 y 1.23 mg/L. Estas concentraciones elevadas sugieren aportes significativos derivados de la descomposición de materia orgánica. Altos niveles de amoniaco y fosfatos pueden favorecer procesos de eutrofización (Mitsch y Gosselink, 2015), afectando la calidad del agua y las condiciones ecológicas de los microhábitats evaluados.

Composición y estructura de quironómidos asociados a microhábitat

Se registraron seis morfotipos y una especie de la familia Chironomidae. Para el humedal de San José, este estudio constituye el primer registro a nivel de familia y género (**Anexo 2**), mientras que para el humedal de Pisco representa el primer registro a nivel de género (**Anexo 3**). La abundancia total fue de 4987 individuos en ambos humedales (**Anexo 1**).

Dicrotendipes sp1 fue el taxón dominante, con 1945 individuos (39%), la mayoría procedentes del humedal de San José (**Anexo 2**). Oviedo–Machado y Reinoso–Flórez (2018) reportan una correlación entre el porcentaje de macrófitas y este género; en

nuestro estudio se observa que los puntos asociados a macrófitas presentan presencias y ausencias de este morfotipo. El segundo taxón más abundante fue *Chironomus* sp., con 1145 individuos (23%), casi en su totalidad provenientes del humedal de Pisco. Según Rodríguez–Soto *et al*. (2024), este género es característico de ambientes con baja calidad de agua por su elevada tolerancia a la contaminación. De forma concordante, Rojas-Céspedes *et al.* (2023) lo registran en condiciones de contaminación media de acuerdo con índices de calidad de agua, y también lo asocian a zonas con procesos de mineralización. Los quironómidos menos abundantes fueron *Tanypus* sp. (3.8%) y *Dicrotendipes* sp2 (75 individuos; 1.5%) (**Figura 16**).

Las formaciones vegetales evaluadas fueron *Typha domingensis*, *Schoenoplectus americanus* y *Distichlis spicata*, las cuales presentan hábito herbáceo y procedencia nativa (Aponte y Cano, 2013). Diversos autores (Nuñez y Fragoso–Castilla, 2019; Collier *et al*., 1998; Trivinho–Strixino y Strixino, 1993) destacan que las macrófitas actúan como microhábitats clave para larvas de macroinvertebrados, ya que incrementan la disponibilidad de sustratos y recursos alimenticios. En el Neotrópico, estudios recientes evalúan cómo estas formaciones vegetales influyen en la composición y estructura de macroinvertebrados en humedales y ríos (Quijano Tristancho, 2009; Mosquera, 2017; Gallardo *et al*., 2017). De manera similar, trabajos en São Paulo demostraron que Chironomidae fue la familia dominante —aproximadamente 90% de los organismos registrados en macrófitas— (Trivinho–Strixino y Strixino, 1993; Peiró y Alves, 2006). Trivinho–Strixino (2023) añade que las particularidades morfológicas de las larvas reflejan adaptaciones a condiciones ambientales específicas, lo que permite relacionar ciertos grupos ecológicos con factores ambientales particulares.

En los humedales evaluados, la distribución por macrófitas mostró patrones definidos. En San José, *Distichlis spicata* albergó el 75.6% de los quironómidos, dominado por

Dicrotendipes sp1. En Pisco, *Typha domingensis* concentró el 51.5% de los organismos, con *Chironomus* sp. como taxón dominante (**Anexo 3**). La menor abundancia correspondió a *Schoenoplectus americanus* en San José, con apenas cuatro individuos (0.2%). Este resultado sugiere posibles particularidades de esta comunidad vegetal frente a perturbaciones en ecosistemas acuáticos. En contraste, Bocanegra–Chung *et al.* (2011), en una laguna de Iquitos, registraron macroinvertebrados asociados a macrófitas en todas las estaciones, lo que indica que la presencia de estos organismos no depende exclusivamente de las macrófitas. Según Covich *et al.* (1999) y Domínguez y Fernández, la estructura y distribución de los macroinvertebrados en microhábitats está fuertemente influenciada por factores físicos y parámetros fisicoquímicos, los cuales pueden tener mayor peso que la propia vegetación.

Ecología de los quironómidos por microhábitat

La estructura comunitaria evaluada mediante el índice de diversidad de Shannon–Wiener, el índice de equidad de Pielou, el análisis de similitud (ANOSIM) y el método no paramétrico de escalamiento multidimensional (nMDS) evidenció diferencias significativas tanto entre los humedales de San José y Pisco como entre las macrófitas evaluadas. Estas diferencias estuvieron asociadas a los parámetros físicos, fisicoquímicos y orgánicos del agua, los cuales influyen directamente en la distribución y tolerancia de los quironómidos. A nivel de género se observaron respuestas ecológicas particulares: algunos géneros mostraron tolerancia a condiciones de mayor perturbación ambiental, mientras que otros se vieron favorecidos por la menor competencia cuando los géneros sensibles estuvieron ausentes.

Estos resultados contrastan con lo reportado por Bocanegra–Chung *et al*. (2011) en la laguna de Moronacocha, donde no se detectaron diferencias significativas en Chironomidae a nivel de familia entre macrófitas. En este estudio, las variaciones fueron

marcadas. Por ejemplo, en el humedal de San José, la grama albergó 1842 individuos, mientras que el microhábitat de junco registró únicamente 4 individuos. Además, dentro de una misma macrófita se observaron diferencias notables en la abundancia por género, como en la grama de San José donde *Dicrotendipes* sp1 alcanzó 1618 individuos, mientras que *Chironomus* sp. estuvo ausente. Esto confirma que existen diferencias significativas entre macrófitas a nivel de género dentro de Chironomidae.

Aunque se suele asumir que los humedales costeros presentan condiciones ecológicas similares debido a presiones comunes como contaminación o expansión urbana (Iturraspe *et al*., 2021; Urbina *et al*., 2022), diversos autores señalan que cada humedal mantiene una identidad ecológica particular, influida por su sustrato, hidrología y vegetación. Aponte y Cano (2013) demostraron diferencias florísticas marcadas entre humedales costeros del Perú, lo cual respalda esta idea.

En este estudio, la similitud biológica entre humedales y microhábitats se evaluó mediante el índice de Bray–Curtis, basado en abundancias. La similitud general entre San José y Pisco fue de 40%, indicando composiciones faunísticas distintas. No obstante, el microhábitat de totora en San José mostró una similitud del 100% con los microhábitats del humedal de Pisco, sugiriendo condiciones ambientales similares que estructuran la comunidad. A nivel interno, los humedales presentaron heterogeneidad distinta: Pisco mostró un 60% de similitud entre sus microhábitats, mientras que San José solo alcanzó un 20%. El análisis NMDS reforzó estos patrones al mostrar una separación clara entre humedales y microhábitats.

En conjunto, estos resultados revelan que, pese a las presiones comunes que enfrentan los humedales costeros, cada uno mantiene una estructura biológica particular determinada por factores fisicoquímicos y biológicos, los cuales pueden generar similitudes específicas entre ciertos microhábitats.

Para identificar los taxones responsables de las diferencias detectadas por ANOSIM, se aplicó el análisis SIMPER. En el humedal de San José, *Dicrotendipes* sp1 y *Larsia* sp. explicaron el 53.32% de la disimilitud. En el humedal de Pisco, *Goeldichironomus holoprasinus* y *Goeldichironomus* sp. contribuyeron con el 50.56%. Peralta–Argomeda y Huamantinco–Araujo (2014) destacan que *Goeldichironomus holoprasinus* es una especie cosmopolita y altamente tolerante, lo cual coincide con su contribución en este estudio.

A nivel de microhábitats, los taxones que más influyeron en la disimilitud fueron:

- Totora: *Goeldichironomus holoprasinus* y *Chironomus* sp. (46.14%).
- Grama: *Dicrotendipes* sp. 1, *Larsia* sp. y *Tanypus* sp. (58.87%).
- Junco: *Goeldichironomus holoprasinus* y *Goeldichironomus* sp. (47.97%).

Esto evidencia que *Goeldichironomus holoprasinus* y *Goeldichironomus* sp. están consistentemente presentes y aportan más del 40% de la disimilitud en totora y junco, mientras que en grama solo alcanzan el 23%. Pese a ello, están presentes en las tres macrófitas.

Finalmente, la similitud observada entre la totora de San José y los microhábitats de Pisco sugiere que las condiciones ambientales, más que la ubicación geográfica, son determinantes en la composición de quironómidos. Este patrón coincide con lo reportado por Shabani *et al.* (2019), quienes encontraron que los grupos funcionales alimentarios se agrupan en función de las características fisicoquímicas del sustrato, independientemente del sitio de muestreo. Es probable que factores como el contenido de materia orgánica o la estabilidad del sustrato favorezcan la presencia de especies con tolerancias ecológicas similares.

Índices ecológicos

El índice de diversidad de Shannon–Wiener (H') mostró que los microhábitats con mayor diversidad fueron la totora en el humedal de San José y la grama en el humedal de Pisco. Thomaz y Cunha (2010) señalaron que el incremento en la composición de organismos asociados a determinada vegetación está fuertemente influenciado por la complejidad estructural de las plantas a distintas escalas espaciales. Esto ayudaría a explicar por qué el microhábitat junco del humedal de San José presentó el menor valor promedio de diversidad; se caracterizó por una elevada conductividad eléctrica, mayores concentraciones de sólidos totales disueltos y condiciones salobres, junto con una turbidez elevada, factores que en conjunto podrían generar un ambiente más estresante y selectivo, limitando la colonización y el establecimiento de una mayor diversidad de quironómidos. Este patrón difiere de lo observado en el junco del humedal de Pisco, donde las condiciones fisicoquímicas fueron relativamente más favorables.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J'), se evidenciaron variaciones notables entre humedales y macrófitas. En el humedal de San José, la totora presentó una equidad alta (J' ≈ 0.78), lo que sugiere una distribución más uniforme de las abundancias, posiblemente favorecida por la mayor complejidad estructural de esta planta, que ofrece refugios y promueve la oxigenación. En contraste, la grama mostró los valores más bajos (J' = 0.22–0.44), reflejando una fuerte dominancia de pocos taxones tolerantes. El microhábitat junco exhibió el valor más alto (J' = 0.9183), aunque acompañado de baja riqueza y abundancia, lo que indica un ambiente estable, pero con limitada diversidad.
En el humedal de Pisco, los valores de equidad fueron más homogéneos y en general altos, especialmente en grama (J' ≈ 0.81) y junco (J' ≈ 0.77). La totora (J' ≈ 0.50) presentó menor uniformidad, posiblemente debido a la dominancia de especies oportunistas asociadas a una mayor densidad vegetal o retención de sedimentos. En conjunto, estas diferencias sugieren que los microhábitats con mayor complejidad

estructural (Gallardo *et al*., 2017 y Thomaz *et al*., 2008) y condiciones fisicoquímicas más favorables tienden a sostener comunidades bentónicas más diversas y con una estructura más equilibrada (Peiró y Alves, 2006; Trivinho–Strixino *et al*., 1997).

La relación entre los valores de diversidad (H') y equidad (J') refuerza esta interpretación. En el caso del junco, ambos humedales mostraron baja abundancia, pero con comportamientos contrastantes en equidad y diversidad. Por su parte, la grama y la totora presentaron mayor diversidad, aunque con diferencias en la distribución de abundancias entre humedales. Este patrón podría estar influenciado principalmente por la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales, la salinidad y la turbidez, variables que mostraron correlaciones con la diversidad y abundancia de quironómidos. Por lo tanto, las condiciones físicas y fisicoquímicas del agua desempeñan un papel determinante en la estructura de la comunidad en los humedales evaluados (Maestre y Carranza, 2017; Domínguez y Fernández, 2009).

Variables abióticas y quironómidos asociados a formaciones vegetales

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) explicó el 95.17 % de la varianza en los dos primeros ejes, evidenciando relaciones claras entre los géneros de quironómidos y las variables ambientales evaluadas. Se identificaron correlaciones positivas entre: **i)** Oxígeno disuelto (OD), pH y amoníaco (NH_3) con *Dicrotendipes* sp1 y *Tanypus* sp. en la grama del humedal de San José; y, **ii)** Turbidez (Tur) y fósforo (PO_4^{3-}) con *Chironomus* sp. en el junco del humedal de San José y la totora del humedal de Pisco. Este último patrón confirma la tolerancia de *Chironomus* sp. a condiciones de baja calidad de agua.

Las correlaciones negativas se presentaron entre: **i)** OD, pH y NH_3 con *Dicrotendipes* sp2, *Larsia* sp., *Goeldichironomus* sp. y *G. holoprasinus* en la grama del humedal de

Pisco; y, **ii)** TDS, salinidad, conductividad eléctrica (CE) y profundidad con *Chironomus* sp. en el junco del humedal de San José y la totora del humedal de Pisco. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Rodríguez–Soto *et al*. (2024), quienes destacan que los géneros de Chironomidae presentan diferentes rangos de tolerancia a las variables fisicoquímicas. Asimismo, Kranzfelder y Ferrington (2018) recomiendan trabajar a nivel de género en esta familia debido a su heterogeneidad en sensibilidad.

En la **Figura 30** se aprecia que los microhábitats (macrófitas) de ambos humedales se distribuyen en el plano del CCA sin entrecruzarse, sugiriendo respuestas ecológicas contrastantes y correlaciones predominantemente negativas entre ellos.

Grupos funcionales de alimentación

Los grupos funcionales de alimentación (GFA) registrados correspondieron a Colectores–Recolectores y Depredadores, asociados principalmente a las subfamilias Chironominae y Tanypodinae, respectivamente. La identificación a nivel de género permitió evaluar la diversidad funcional de la comunidad y su relación con las macrófitas. El predominio de Colectores–Recolectores concuerda con lo reportado por Trivinho–Strixino y Strixino (1993), quienes señalan que, en ambientes dominados por plantas acuáticas, este grupo suele ser mayoritario debido a la acumulación de material particulado fino y detrito sobre los macrófitos, lo que favorece el establecimiento de cadenas tróficas predominantemente detritívoras. Asimismo, diversos estudios han documentado que las macrófitas acuáticas albergan comunidades abundantes de quironómidos, particularmente recolectores, debido a la disponibilidad de alimento, refugio y sustrato (Bocanegra–Chung *et al*., 2011). Desde un enfoque funcional, el análisis de los GFA permite interpretar con mayor claridad los procesos ecológicos que estructuran las comunidades bentónicas, al reflejar atributos ecológicos y respuestas a

condiciones ambientales, más allá de la sola composición taxonómica (Rabeni *et al*., 1985; Pave y Marchese, 2005).

En el caso de *Chironomus* sp., Henriques–Oliveira *et al*. (2003) lo clasificaron también como triturador y perforador, dado que su contenido intestinal mostró fragmentos de madera, algas y otros materiales, lo que evidencia la plasticidad trófica de este género y respalda su inclusión dentro de grupos funcionales flexibles.

Los Colectores–Recolectores fueron dominantes en abundancia en las macrófitas de grama y totora, mientras que en el junco del humedal de San José estuvieron ausentes y en Pisco registraron abundancias bajas. Esto podría vincularse con las características del agua en cada punto de muestreo. Por ejemplo, en el junco de San José se registraron valores elevados de conductividad eléctrica, concentraciones de NH_3 y alta turbidez, condiciones que en conjunto podrían generar un ambiente químicamente estresante y limitar la presencia de macroinvertebrados. Aun así, se registraron tres individuos de *Chironomus* sp. y uno de *Goeldichironomus* sp., lo que evidencia que este microhábitat, aunque restrictivo, aún puede albergar géneros reconocidos por su tolerancia a condiciones adversas.

Estudios como Poma y Araujo (2022) y Tomanova *et al.* (2006) coinciden en que la dieta de los macroinvertebrados se basa principalmente en materia orgánica particulada fina (MOPF), recurso común en ecosistemas lóticos y lénticos. Además, Dudgeon (2000) destaca la flexibilidad trófica de algunos organismos, lo que puede conducir a categorizaciones funcionales imprecisas cuando existen limitaciones de recursos, competencia, o cambios ambientales que inducen a explotar fuentes alternas de alimento.

En cuanto a Tanypodinae, aunque es reconocida por su rol depredador (Cummins, 2018), se ha reportado una dieta diversa que incluye algas, hongos, polen, fragmentos de madera, partes de otros quironómidos y detritos (Henriques–Oliveira *et al*., 2003). Cummins (1973) señaló que el género *Labrundinia* fue el único sin tejidos animales en su contenido intestinal, atribuyendo este patrón a la disponibilidad de presas, el tamaño corporal y la etapa de desarrollo.

Finalmente, en la totora del humedal de Pisco solo se registraron Colectores–Recolectores, lo que sugiere una simplificación funcional del ensamblaje bentónico en este microhábitat, con posibles implicancias en la estructura trófica y en la eficiencia de transferencia de energía dentro del sistema.

8. **Conclusiones**

El presente estudio evidencia que las diferencias en la diversidad, equidad y composición de los quironómidos entre los humedales de San José y Pisco no dependen únicamente del tipo de macrófita, sino de la interacción entre la vegetación y las condiciones ambientales locales.

Cada macrófita actúa como un modulador del hábitat al proveer estructura, refugio y alimento; sin embargo, su influencia sobre la comunidad bentónica varía según parámetros fisicoquímicos como oxigenación, turbidez, nutrientes y dinámica hídrica. En este sentido, un mismo tipo de planta puede albergar comunidades distintas en humedales diferentes.

En total se registraron 4987 larvas de Chironomidae, agrupadas en siete morfoespecies, reportándose por primera vez la presencia de esta familia en el humedal de San José y los géneros identificados en ambos humedales.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas en la estructura comunitaria entre humedales y microhábitats, resaltando el rol particular de la totora, que presentó patrones similares entre sitios pese a sus contrastes ambientales.

Los análisis ANOSIM, nMDS, SIMPER y CCA permitieron identificar los géneros que más contribuyen a las diferencias observadas y su relación con variables ambientales como oxígeno disuelto, pH, amoníaco, turbidez y conductividad eléctrica, evidenciando que la respuesta ecológica varía entre géneros y no de manera uniforme en toda la familia.

Finalmente, se observó que los grupos funcionales de alimentación se mantuvieron constantes en los microhábitats evaluados, predominando los colectores–recolectores; no obstante, su abundancia y distribución estuvieron moduladas por las condiciones fisicoquímicas del agua.

En conjunto, este estudio evidencia la necesidad de abordar a Chironomidae con un enfoque a nivel de género y rasgos funcionales, para comprender adecuadamente su rol ecológico y su sensibilidad a los cambios ambientales en humedales costeros del Perú.

9. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados alcanzados, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a profundizar el entendimiento ecológico de Chironomidae y mejorar el monitoreo de humedales costeros:

Evaluar el contenido intestinal de los quironómidos para fortalecer la identificación taxonómica a nivel de género y obtener información directa sobre sus hábitos alimentarios, lo cual ampliará la interpretación funcional realizada en este estudio.

Integrar análisis de rasgos funcionales, especialmente aquellos relacionados con modos de alimentación y estrategias adaptativas, a fin de identificar patrones ecológicos más finos que no son detectables únicamente con métricas de diversidad.

Realizar nuevos muestreos en macrófitas emergentes y sumergidas, tanto en épocas húmedas como secas, lo que permitirá comparar la estructura de las comunidades y evaluar la estabilidad temporal de los patrones observados.

Promover estudios específicos sobre la ecología de Chironomidae en humedales costeros peruanos, dado que constituyen una de las familias de macroinvertebrados bentónicos más abundantes y diversas, y presentan un alto potencial como bioindicadores ambientales.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca, F. (2001). Definición e importancia de los humedales. *Revista de Ciencias Ambientales*, *21*(1), 4–8. http://dx.doi.org/10.15359/rca.21-1.1

ACOREMA. (2003). *¡Manos al agua! Separata de Capacitación para el Grupo Humedales de Pisco-Playa (Guía)*. https://www.acorema.org.pe/documentos/Guia_humedales_ACOREMA.pdf

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, *28*(1), 035–64. https://doi.org/10.23818/limn.28.04

Aponte, H., & Cano, A. (2013). Estudio florístico comparativo de seis humedales de la costa de Lima (Perú): actualización y nuevos retos para su conservación. *Revista Latinoamericana de Conservación*, *3*(2), 15–27.

Aponte, H., & Ramírez, W. (2014). Riqueza florística y estado de conservación del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *The Biologist (Lima)*, *12*(2).

Armitage, P. D. (1995). Chironomidae as food. En P. D. Armitage, P. S. Cranston, & L. C. V. Pinder (Eds.), *The Chironomidae* (pp. 423–435). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0715-0_17

Armitage, P. D., Pinder, L. C., & Cranston, P. S. (Eds.). (2012). *The Chironomidae: biology and ecology of non–biting midges*. Springer Science & Business Media.

Ashe, P., Murray, D. A., & Reiss, F. (1987). The zoogeographical distribution of Chironomidae (Insecta: diptera). *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, *23*(1), 27–60. https://doi.org/10.1051/limn/1987002

Balmaceda-Lozada, J. (2019). Calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Huancabamba en el tramo presa El Limón, Lambayeque-Perú: Water quality and diversity of aquatic macroinvertebrates of the Huancabamba river in the “El Limón” dam, Lambayeque-Perú. *Revista Ciencia Norandina*, *2*(1), 14–27. https://doi.org/10.37518/2663-6360x2020v2n1p14

Batzer, D. P., & Sharitz, R. R. (Eds.). (2014). *Ecology of freshwater and estuarine wetlands*. University of California Press. https://doi.org/10.1525/california/9780520247772.003.0001

Britto, B. (2017). Actualización de las ecorregiones terrestres de Perú propuestas en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú. *Gayana Botánica*, *74*(1), 15–29. https://doi.org/10.4067/s0717-66432017005000318

Bocanegra-Chung, I., Perea-Saavedra, Z., & Alvan-Aguilar, M. (2011). Evaluación de comunidades de macroinvertebrados asociados a tres especies de macrófitas acuáticas en la laguna de Moronacocha, Iquitos. *Ciencia Amazónica*, *1*(2), 96–103. https://doi.org/10.22386/ca.v1i2.10

Caleño Ruiz, Y., Rivera-Rondon, C. A., & Ovalle, H. (2018). Feeding habits of chironomids (Diptera: Chironomidae) of paramo lakes, Chingaza, Colombia. *Revista de Biologia Tropical*, *66*(1), 136–148. http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i1.28951

Camaño, A. (2012). *Humedales costeros: Aportes científicos a su gestión sustentable.* Ediciones UC.

Castillo-Velásquez, R. M. & Huamantinco-Araujo, A. A. (2020). Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú. *Revista de Biología Tropical*, *68*(1), 50–68. https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.35233

Castillo-Velásquez, R. M., & Huamantinco-Araujo, A. A. (2022). Variabilidad de la estructura comunitaria de macroinvertebrados acuáticos en las Salinas de Chilca, Lima, Perú. *Acta Biológica Colombiana*, *27*(3), 355–365. https://doi.org/10.15446/abc.v27n3.90324

Castro, A., Correa, K., Olivares, S., Rodríguez, A., Ita, T., Porras, P., & Menis, L. (2022). *Análisis del periodo de lluvias a nivel nacional 2021–2022* (Informe Técnico). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). https://www.gob.pe/institucion/senamhi/informes-publicaciones/3406395-informe-tecnico-de-lluvias-a-nivel-nacional-2021-2022

Cerna-Arrue, A., & Aponte, H. (2024). El origen de los humedales peruanos y su relación con los procesos geológico-ambientales de Sudamérica. *Caldasia, 46*(2), 314–325. https://doi.org/10.15446/caldasia.v46n2.104179

Collier, K. J., Ilcock, R. J., & Meredith, A. S. (1998). Influence of substrate type and physicochemical conditions on macroinvertebrate fauna and biotic indices of some lowland Waikato streams, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research,* *32*(1), 1–19. https://doi.org/10.1080/00288330.1998.9516802

Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science, 199*(4335), 1302–1310. https://doi.org/10.1126/science.199.4335.1302

Córdova-Tapia, F., & Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas*, *24*(3), 78–87. https://doi.org/10.7818/ecos.2015.24-3.10

Correa-Araneda, F., Rivera, R., Urrutia, J., De los Ríos, P., Contreras, A., & Encina-Montoya, F. (2010). Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de

macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile. *Limnetica, 29*(2), 183–194. https://doi.org/10.23818/limn.29.15

Covich, A. P., Palmer, M. A., & Crowl, T. A. (1999). The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, *49*(2), 119–127. https://doi.org/10.2307/1313537

Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F. C., & LaRoe, E. T. (1979). *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States* (FWS/OBS-79/31). U.S. Fish and Wildlife Service. https://pubs.usgs.gov/publication/2000109

Cummins, K. W. (1973). Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology, 18*, 183–206. https://doi.org/10.1146/annurev.en.18.010173.001151

Cummins, K. W., Merritt, R. W., & Andrade, P. C. (2005). The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, *40*(1), 69–89. https://doi.org/10.1080/01650520400025720

Cummins, K. W. (2018). *Functional analysis of stream macroinvertebrates*. En *Limnology: Some new aspects of inland water ecology* (pp. 1–16).

Cusiche Pérez, L. F., & Miranda Zambrano, G. A. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional Lago Junín, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10*(6), 1433–1447. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870

Darrah, S. E., Shennan-Farpón, Y., Loh, J., Davidson, N. C., Finlayson, C. M., Gardner, R. C., & Walpole, M. J. (2019). Improvements to the Wetland Extent Trends (WET) index as a tool for monitoring natural and human–made wetlands. *Ecological Indicators*, *99*, 294–298. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.032

Da Silva, F. L., Moreira, D. C., Bochini, G. L., & Ruiz, S. S. (2008). Hábitos alimentares de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) do córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. *Biotemas*, *21*(2), 155–159. https://doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n2p155

Desmet, N. J. S., Van Belleghem, S., Seuntjens, P., Bouma, T. J., Buis, K., & Meire, P. (2011). Quantifying the impact of macrophytes on oxygen dynamics and nitrogen retention in a vegetated lowland river. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, *36*(12), 479–489. https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.06.002

De Souza Reátegui, N. M., & Aguilar Silvano, E. (2022). *Influencia de factores ambientales en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y grupos funcionales alimenticios en tres sectores de la cuenca del río Chillón (Lima)* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio Institucional UPCH. https://hdl.handle.net/20.500.12866/11661

Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo. 656 pp.

Dudgeon, D. (2000). The ecology of tropical Asian rivers and streams in relation to biodiversity conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *31*(1), 239–263. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.239

Epler, J. H. (2001). *Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of southeastern United States, including Florida*. North Carolina Department of Environment and Natural Resources.

Epler, J. H., Ekrem, T., & Cranston, P. S. (2013). The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic Region-Keys and diagnoses (pp. 387–556). In T. Andersen, P. S. Cranston, & J. H. Epler (Eds.), *Chironomidae of the Holarctic*

Region: Keys and diagnoses. Part 1 - Larvae (Insect Systematics & Evolution, Supplement 66). Scandinavian Entomology.

Fajardo Vidal, N. S. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM. https://hdl.handle.net/20.500.12672/7738

Fernández, W. I. (2007). Estudio de la contaminación por metales pesados en las costas de Tacna, Perú. *Ciencia & Desarrollo*, (11), 113–118. https://doi.org/10.33326/26176033.2007.11.238

Flores Castro, E. (2015). La importancia de los humedales. *La Estrella de Panamá*.

Frainer, A., McKie, B. G., & Malmqvist, B. (2014). When does diversity matter? Species functional diversity and ecosystem functioning across habitats and seasons in a field experiment. *Journal of Animal Ecology*, *83*(2), 460–469. https://doi.org/10.1111/1365-2656.12142

Galizzi, M. C., Zilli, F., & Marchese, M. (2012). Diet and functional feeding groups of Chironomidae (Diptera) in the Middle Paraná River floodplain (Argentina). *Iheringia*. *Série Zoologia*, 102, 117–121. https://doi.org/10.1590/s0073-47212012000200001

Gallardo, L. I., Carnevali, R. P., Porcel, E. A., & Poi, A. S. G. (2017). Does the effect of aquatic plant types on invertebrate assemblages change across seasons in a subtropical wetland? *Limnetica, 36*(1), 87–98. https://doi.org/10.23818/limn.36.07

García, J., Burmeister, J., Angulo, F., Ágreda, A., Aponte, H., Tejeda, I., Montecino, S., Jarpa, C., Chávez, C., Tabilo, E., & Hernández, I. (s. f.). *Atlas de humedales costeros de la costa árida-semiárida del Pacífico sudamericano*. Humedales Costeros. https://humedalescosteros.org/atlas/

Guareschi, S., Velasco, J., Sánchez-Fernández, D., Picazo, F., Carbonell, J. A., Bruno, D., & Millán, A. (2017). Interés de conservación de los humedales Ramsar de España peninsular a través de sus comunidades de coleópteros acuáticos. *Monografías Electrónicas SEA*.

Habib, S., & Yousuf, A. R. (2015). Effect of macrophytes on phytophilous macroinvertebrate community: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *3*(6), 377–384.

Hamada, N., Thorp, J. H., & Rogers, D. C. (Eds.). (2018). *Thorp and Covich's freshwater invertebrates: Volume 3. Keys to Neotropical Hexapoda.* Academic Press.

Henriques-Oliveira, A. L., Nessimian, J. L., & Dorvillé, L. F. M. (2003). Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, *63*, 269–281. https://doi.org/10.1590/s1519-69842003000200012

Hernández, R. D. C., & Calero, J. M. G. (2025). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales de la subcuenca del Río Blanco, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, *6*(14), 56–71. https://doi.org/10.56519/gcyae671

Hunter, R. G., Day, J. W., Lane, R. R., Shaffer, G. P., Day, J. N., Conner, W. H., & Ko, J. Y. (2018). Using natural wetlands for municipal effluent assimilation: A half-century of experience for the Mississippi River Delta and surrounding environs. En *Multifunctional wetlands: Pollution abatement and other ecological services from*

natural and constructed wetlands (pp. 15–81). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67416-2_2

Iturraspe, R. J., Fank, L., Urciuolo, A. B., & Lofiego, R. (2021). Efectos del crecimiento urbano sobre humedales costero-continentales del ambiente semiárido de Tierra del Fuego, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, (75), 139–165. https://doi.org/10.14198/INGEO.17586.

Kranzfelder, P., & Ferrington Jr., L. C. (2018). Diversidad de especies de Chironomidae (Diptera) de estuarios en un gradiente de uso de suelo en la costa Caribe de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, *66*(3), 1118–1135.

Leibowitz, S. G. (2003). Isolated wetlands and their functions: An ecological perspective. *Wetlands*, *23*(3), 517–531. https://doi.org/10.1672/0277-5212(2003)023[0517:iwatfa]2.0.co;2

León, B., Cano, A., & Young, K. (1995). *La flora vascular de los Pantanos de Villa, Lima, Perú: Adiciones y guía para las especies comunes*. Publicaciones del Museo de Historia Natural, UNMSM, Serie B, (38), 1–39.

Luiza-Andrade, A., Montag, L. F. D. A., & Juen, L. (2017). Functional diversity in studies of aquatic macroinvertebrates community. *Scientometrics*, *111*, 1643–1656. https://doi.org/10.1007/s11192-017-2315-0

Lujan, N. K., Roach, K. A., Jacobsen, D., Winemiller, K. O., Vargas, V. M., Ching, V. R., & Maestre, J. A. (2013). Aquatic community structure across an Andes-to-Amazon fluvial gradient. *Journal of Biogeography*, *40*(9), 1715–1728. https://doi.org/10.1111/jbi.12131

Oviedo-Machado, N., & Reinoso-Flórez, G. (2018). Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, *44*(1), 101–109. https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546

Maestre, J. A., & Carranza, C. C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERU LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, *20*(40), 86–93.

Meoño, F. L., Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y hacer*, *2*(2), 8–25.

Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (Eds.). (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America* (3rd ed.). Kendall/Hunt Publishing Company.

Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America* (4th ed.). Kendall/Hunt Publishing Company.

Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2017). Trophic relationships of macroinvertebrates. En F. R. Hauer & G. Lamberti (Eds.), *Methods in stream ecology* (Vol. 1, pp. 413–433). Academic Press.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias* [Norma legal]. El Peruano. Gobierno del Perú. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf

Mitsch, W. J., Gosselink, J. G., Zhang, L., & Anderson, C. J. (2009). *Wetland ecosystems*. John Wiley & Sons.

Mosquera Murillo, Z. (2017). Aquatic insects associated with roots of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms in wetlands of Atrato River, Chocó-Colombia. *Revista de Ciencias*, *21*(2), 29–44. https://doi.org/10.25100/rc.v21i2.6697

Motta-Díaz, Á. J., & Vimos-Lojano, D. J. (2020). Influencia de la variación temporal de los parámetros hidráulicos en la estructura y la función de la comunidad de macroinvertebrados en un río andino. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 44*(171), 606–621. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1023

Nuñez, J. C., & Fragoso-Castilla, P. J. (2019). Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación del agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia). *Información Tecnológica, 30*(5), 319–330. https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500319

Padrón Pesantez, C. R. (2019). *Determinación de gremios tróficos de macroinvertebrados en riachuelos del páramo del Macizo del Cajas, Azuay-Ecuador* (Tesis de licenciatura). Universidad del Azuay.

Paggi, A. C. (2009). Diptera: Chironomidae. En E. Domínguez & H. R. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología* (pp. 383–409). Fundación Miguel Lillo.

Pave, P. J., & Marchese, M. (2005). Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). *Ecología austral*, *15*(2), 183–197.

Peiró, D. F., & Alves, R. D. G. (2006). Aquatic insects associated with macrophytes of litoral region of Ribeirão das Anhumas reservoir (Américo Brasiliense, São Paulo State, Brazil). *Biota Neotropica, 6*(2), 1–9. https://doi.org/10.1590/S1676-06032006000200017

Peralta-Argomeda, J., & Huamantinco-Araujo, A. (2014). Diversidad de la entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú. *Revista Peruana de Entomología, 49*(1–2), 109–120.

Pérez, G. R., & Restrepo, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (Vol. 15). Universidad de Antioquia.

Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2006). Functional diversity: Back to basics and looking forward. *Ecology Letters, 9*(6), 741–758. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00955.x

Poma, M. S., & Araujo, A. A. H. (2022). Preferencia de microhábitat y gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos, Ayacucho, Perú. *Limnetica, 41*(1), 1–16. https://doi.org/10.23818/limn.41.01

Prat i Fornells, N., & Rieradevall i Sant, M. (2014). *Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos mediterráneos* (Documento de trabajo). Grup de Recerca Freshwater Ecology and Management (F.E.M.), Universitat de Barcelona. https://hdl.handle.net/2445/60584

Prat, N., Rieradevall, M., Acosta, R., & Villamarín, C. (2011). *Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú*. Grupo de Investigación FEM, Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona.

Quijano Tristancho, J. C. (2009). *Macroinvertebrados asociados a las raíces del mangle rojo (Rhizophora mangle Linnaeus, 1753), en el complejo de ciénagas de la Bahía de Cispatá, Córdoba Caribe colombiano* [Tesis de licenciatura, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. http://hdl.handle.net/20.500.12010/1243

Rabeni, C. F., Davies, S. P., & Gibbs, K. E. (1985). Benthic invertebrate response to pollution abatement: Structural changes and functional implications. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 21*(3), 489–497. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1985.tb00161.x

Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (Eds.). (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (22nd ed.). American Public Health Association.

Riofrío, J., Samanez, I., Carrasco, F., & Clavo, M. (2003). Caracterización limnológica de la laguna de Cashibococha (Ucayali-Perú) durante el año 2001. *Revista Peruana de Biología, 10*(2), 183–194. https://doi.org/10.15381/rpb.v10i2.2501

Rivera Llerena, G. O. (2021). *Evaluación bibliométrica de los estudios sobre los humedales marino-costeros del Pacífico Sudamericano (2000–2019)* [Tesis de licenciatura, Universidad Científica del Sur]. https://doi.org/10.21142/tb.2021.1780

Rodríguez, M. P., Principe, R. E., Márquez, J. A., & Raffaini, G. B. (2017). Diversidad de macroinvertebrados fitófilos en arroyos de cabecera en pastizales de altura en Córdoba, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 88*(4), 853–859. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.024

Rodríguez-Soto, W. A., González-Trujillo, M. M., Longo, M., & Ospina-Torres, R. (2024). Valores primarios de bioindicación para exuvias pupales de Chironomidae habitando en quebradas urbanas altoandinas tropicales en Bogotá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana, 29*(3), 82–95. https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.104072

Rojas-Céspedes, M. G., Guevara, G., & Reinoso-Flórez, G. (2023). Chironomidae y su relación con variables fisicoquímicas en tres quebradas del río Combeima (Tolima,

Colombia). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 35*(1), 32–45. https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i35.283

Sancho, V., & Lacomba, I. (2010). *Conservación y restauración de puntos de agua para la biodiversidad* (Colección Manuales Técnicos de Biodiversidad, No. 2). Generalitat Valenciana, Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge.

Shabani, I. E., Liu, M. H., Yu, H. X., Muhigwa, J. B., & Geng, F. F. (2019). Benthic macroinvertebrate diversity and functional feeding groups in relation to physicochemical factors in Sanjiang Plain wetlands, northeast China. *Applied Ecology and Environmental Research, 17*(2), 3387–3402. https://doi.org/10.15666/aeer/1702_33873402

Schmera, D., Heino, J., Podani, J., Erős, T., & Dolédec, S. (2017). Functional diversity: A review of methodology and current knowledge in freshwater macroinvertebrate research. *Hydrobiologia, 787*, 27–44. https://doi.org/10.1007/s10750-016-2974-5

Spies, M. (1996). Catalog and bibliography of Neotropical and Mexican Chironomidae. *Spixiana Supplement, 22*, 61–119.

Tabilo, E. (2001). Capacitación en conservación y manejo de humedales en el neotrópico. *Revista de Ciencias Ambientales, 21*(1), 30–35. https://doi.org/10.15359/rca.21-1.5

Tello, A., & Castillo, L. (2010). *Humedales de la Región Lima: Guía de su flora y fauna silvestre*. Gobierno Regional de Lima.

Thomaz, S. M., & Cunha, E. R. D. (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: Methods of measurement, causes and consequences on

animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia, 22*, 218–236. https://doi.org/10.4322/actalb.02202011

Thomaz, S. M., Dibble, E. D., Evangelista, L. R., Higuti, J., & Bini, L. M. (2008). Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology, 53*(2), 358–367. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01898.x

Tomanova, S., Goitia, E., & Helešic, J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia, 556*(1), 251–264. https://doi.org/10.1007/s10750-005-1255-5

Townsend, C. R., & Hildrew, A. G. (1994). Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology, 31*(3), 265–275. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01740.x

Trivinho-Strixino, S., Gessner, F. A., & Correia, L. (1997). Macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas das lagoas marginais da Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP). *Anais do Seminário Regional de Ecologia, 8*, 1189–1198.

Trivinho-Strixino, S., & Strixino, G. (1993). Estructura de la comunidad de insectos acuáticos asociados con *Pontederia lanceolata* Nuttall. *Revista Brasileira de Biologia, 53*, 103–111.

Trivinho-Strixino, S. (2023). *Guia de identificação: Larvas de Chironomidae*. Editora Cubo. https://doi.org/10.4322/978-65-00-62449-6

Valencia, N., Pariona, A., Huamán, M., Miranda, F., Quintanilla, S., & Gonzáles, A. (2005). Seroprevalencia de fasciolosis en escolares y en ganado vacuno en la provincia de Huancavelica, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 22*(2), 96–102.

Urbina, D., Rivera-Cáceda, F., & Aponte, H. (2022). ¿Se están reduciendo los humedales de la costa del Pacífico suramericano? El caso de los humedales de Lima. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *46*(181), 985–998.

Vannote, R. L., & Sweeney, B. W. (1980). Geographic analysis of thermal equilibria: A conceptual model for evaluating the effect of natural and modified thermal regimes on aquatic insect communities. *The American Naturalist*, *115*(5), 667–695.

Villagrán-Mella, R., Aguayo, M., Parra, L. E., & González, A. (2006). Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural, 79*(2), 195–211. https://doi.org/10.4067/S0716-078X2006000200006

Villamarín, C., Villamarín-Cortez, S., Salcido, D. M., Herrera-Madrid, M., & Ríos-Touma, B. (2021). Controladores de diversidad y distribución altitudinal de quironómidos (Diptera: Chironomidae) en los Andes ecuatorianos. *Revista de Biología Tropical, 69*(1), 113–127.

Wichard, W., Arens, W., & Eisenbeis, G. (2002). *Biological atlas of aquatic insects*. Apollo Books.

Wiederholm, T. (Ed.). (1983). *Chironomidae of the Holarctic region: Keys and diagnoses. Part 1: Larvae*. *Entomologica Scandinavica Supplement, 19*, 1–457.

Young, K. R. (1998). El ecosistema. En A. Cano & K. R. Young (Eds.), *Los Pantanos de Villa: Biología y conservación* (pp. 3–20). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Zamora Aranda, A. B. (2019). *Servicios ecosistémicos en los humedales costeros del Perú* [Trabajo de investigación, Universidad Científica del Sur]. https://doi.org/10.21142/tb.2020.1374

Zavaleta De la Cruz, L., Ñique Alvarez, M., & Lévano Crisóstomo, J. (2021). Physicochemical characterization of the sediments of the Laguna Bella wetland in the jungle of Huánuco, Peru. *Ecología Aplicada, 20*(2), 161–167. https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1806

11. ANEXOS

Anexo 1. Abundancia total de quironómidos recolectados en ambos humedales costeros estudiados.

Especie	Abundancia total
Chironomus sp.	1145
Goeldichironomus holoprasinus	651
Goeldichironomus sp.	597
Dicrotendipes sp1	1945
Dicrotendipes sp2	75
Larsia sp.	384
Tanypus sp.	190

Anexo 2. Composición (abundancia y riqueza específica) de quironómidos encontrados en los diferentes microhábitats (Totora, Grama y Junco) en el humedal San José (Lambayeque).

Humedal	Especie	Totora	Grama	Junco	TOTAL
SAN JOSÉ	*Chironomus* sp.	0	0	3	3
	Goeldichironomus holoprasinus	93	12	0	105
	Goeldichironomus sp	106	0	1	107
	Dicrotendipes sp1	246	1618	0	1864
	Dicrotendipes sp2	13	0	0	13
	Larsia sp.	130	24	0	154
	Tanypus sp.	2	188	0	190
RIQUEZA		6	4	2	7
ABUNDANCIA		590	1842	4	2436

Anexo 3. Composición (abundancia y riqueza específica) de quironómidos encontrados en los diferentes microhábitats (Totora, Grama y Junco) en el humedal de Pisco (Ica).

Humedal	Especie	Totora	Grama	Junco	TOTAL
PISCO	*Chironomus* sp.	966	176	0	1142
	Goeldichironomus holoprasinus	196	258	92	546
	Goeldichironomus sp	143	235	112	490
	Dicrotendipes sp1	9	7	65	81
	Dicrotendipes sp2	0	36	26	62
	Larsia sp.	0	226	4	230
	Tanypus sp.	0	0	0	0
RIQUEZA		4	6	5	6
ABUNDANCIA		1314	938	299	2551

Anexo 4. Índices de diversidad univariados de quironómidos por microhábitat del humedal de San José (Lambayeque). Riqueza de especies (S). Abundancia (N). Índice de Margalef (d). Índice de Equidad de Pielou (J'). Índice de Diversidad de Shannon–Wiener (H').

Humedal	Microhábitat	S	N	d	J'	H'(log2)
San José	Totora	6	375	0.84	0.82	2.12
San José	Totora	5	134	0.82	0.78	1.81
San José	Totora	4	81	0.68	0.75	1.50
San José	Grama	3	552	0.32	0.45	0.71
San José	Grama	4	426	0.50	0.40	0.80
San José	Grama	4	864	0.44	0.22	0.44
San José	Junco	2	3	0.91	0.92	0.92
San José	Junco	0	0	–	–	0.00
San José	Junco	1	1	–	–	0.00

Anexo 5. Índices de diversidad univariados de quironómidos por microhábitat del humedal de Pisco (Ica). Riqueza de especies (S). Abundancia (N). Índice de Margalef (d). Índice de Equidad de Pielou (J'). Índice de Diversidad de Shannon–Wiener (H').

Humedal	Microhábitat	S	N	d	J'	H'(log2)
Pisco	Totora	4	554	0.47	0.37	0.74
Pisco	Totora	4	146	0.60	0.41	0.81
Pisco	Totora	4	614	0.47	0.71	1.43
Pisco	Grama	6	215	0.93	0.80	2.07
Pisco	Grama	6	332	0.86	0.82	2.13
Pisco	Grama	6	391	0.84	0.82	2.11
Pisco	Junco	5	97	0.87	0.71	1.65
Pisco	Junco	5	54	1.00	0.83	1.92
Pisco	Junco	5	148	0.80	0.77	1.80

Anexo 6. Análisis SIMPER. Disimilitud de los quironómidos por humedal de San José (Lambayeque) y el humedal de Pisco (Ica)

Grupo Pisco: Promedio similitud: 85.78

Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Goeldichironomus holoprasinus	3.86	22.1	7.84	25.76	25.76
Goeldichironomus sp.	3.76	21.27	6.54	24.79	50.56
Chironomus sp.	3.22	18.41	1.15	21.47	72.02
Dicrotendipes sp1	1.8	10.75	1.38	12.53	84.56
Larsia sp.	1.57	6.79	0.96	7.92	92.48

Grupo San José: Promedio similitud: 62.10

Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Dicrotendipes sp1	3.52	23.17	1.22	37.31	37.31
Larsia sp.	1.83	9.94	1.26	16.01	53.32
Tanypus sp.	1.5	9.64	0.66	15.53	68.85
Goeldichironomus holoprasinus	1.43	6.38	0.81	10.27	79.12
Chironomus sp.	0.2	6.2	0.33	9.98	89.1
Goeldichironomus sp.	1.19	6.09	0.66	9.8	98.9

Groups Pisco y San José: Promedio disimilitud = 74.43

	Group Pisco	Group San José				
Especies	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Dicrotendipes sp1	1.8	3.52	16.11	2.53	21.64	21.64
Goeldichironomus sp.	3.76	1.19	13.59	1.49	18.26	39.9
Goeldichironomus holoprasinus	3.86	1.43	13.02	1.33	17.49	57.39
Chironomus sp.	3.22	0.2	11.87	1.74	15.94	73.33
Dicrotendipes sp2	1.44	0.4	8.05	1.45	10.82	84.15
Larsia sp.	1.57	1.83	7.41	2.04	9.96	94.11

Anexo 7. Análisis SIMPER. Disimilitud de los quironómidos por microhábitat del del humedal de San José (Lambayeque) y el humedal de Pisco (Ica)

Grupo Totora: Promedio similitud: 80.00

Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Goeldichironomus holoprasinus	3.42	18.49	4.71	23.12	23.12
Chironomus sp.	2.82	18.42	0.91	23.02	46.14
Goeldichironomus sp.	3.39	18.33	6.89	22.91	69.05
Dicrotendipes sp1	2.79	16.07	1.4	20.09	89.14
Larsia sp.	1.66	7.67	0.85	9.59	98.72

Grupo Grama: Promedio similitud: 90.75

Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Dicrotendipes sp1	3.71	24.33	1.17	26.81	26.81
Larsia sp.	3.03	14.63	4	16.12	42.93
Tanypus sp.	2.07	14.46	0.91	15.94	58.87
Goeldichironomus holoprasinus	2.83	11.97	1.17	13.19	72.06
Goeldichironomus sp.	2.18	10.47	0.91	11.54	83.59
Chironomus sp.	2.01	9.21	0.9	10.14	93.74

Grupo Junco: Promedio similitud: 51.06

Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Goeldichironomus holoprasinus	1.69	12.26	0.91	24.01	24.01
Goeldichironomus sp.	1.85	12.23	0.91	23.95	47.97
Dicrotendipes sp1	1.49	10.48	0.91	20.52	68.48
Chironomus sp.	0.3	9.3	0.41	18.21	86.69
Dicrotendipes sp2	0.9	4	0.79	7.82	94.51

Grupos Totora y Grama: Promedio disimilitud = 38.25

	Grupo Totora	Grupo Grama				
Especies	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Larsia sp.	1.66	3.03	7.87	1.77	20.58	20.58
Goeldichironomus sp.	3.39	2.18	7.36	1.64	19.24	39.82
Tanypus sp.	0.18	2.07	6.69	0.91	17.48	57.3
Dicrotendipes sp2	0.6	1.27	5.52	1.88	14.43	71.73
Goeldichironomus holoprasinus	3.42	2.83	4.51	1.22	11.79	83.53
Dicrotendipes sp1	2.79	3.71	4.02	1.17	10.52	94.04

Grupos Totora y Junco: Promedio disimilitud = 71.25

	Grupo Totora	Grupo Junco				
Especies	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Dicrotendipes sp1	2.79	1.49	17.22	1.49	24.16	24.16
Chironomus sp.	2.82	0.3	12.56	1.33	17.63	41.79
Goeldichironomus sp.	3.39	1.85	11.57	1.36	16.23	58.02
Larsia sp.	1.66	0.41	11.53	1.26	16.19	74.21
Goeldichironomus holoprasinus	3.42	1.69	11.15	1.36	15.65	89.86
Dicrotendipes sp2	0.6	0.9	6.41	1.53	8.99	98.85

Grupos Grama y Junco: Promedio disimilitud = 68.29

	Grupo Grama	Grupo Junco				
Especies	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Dicrotendipes sp1	3.71	1.49	24.14	1.25	35.35	35.35
Tanypus sp.	2.07	0	14.27	0.96	20.9	56.25
Larsia sp.	3.03	0.41	12.14	2.87	17.77	74.02
Chironomus sp.	2.01	0.3	8.14	1.65	11.92	85.94
Goeldichironomus holoprasinus	2.83	1.69	5.7	1.08	8.35	94.29

Anexo 8. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de los humedales de San José y Pisco de quironómidos con nueve factores ambientales (parámetros físicos, fisicoquímicos y orgánicos).

Eje	**Valor propio**	**% of constr. in.**	**% of total inertia**
1	0.81978	66.05	65.07
2	0.36144	29.12	28.69
3	0.055368	4.461	4.395
4	0.0043288	0.3488	0.3436
5	0.00019462	0.01568	0.01545

	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5
Chironomus sp	1.22844	–1.28066	0.286281	–0.0767877	–0.133291
Goeldichironomus holoprasinus	0.686536	0.840026	–0.602448	0.801779	1.92832
Goeldichironomus sp	0.630021	1.11237	–1.15612	–0.682665	–1.73501
Dicrotendipes sp 1	–1.09826	–0.25982	–0.0304393	–0.49646	0.202433
Dicrotendipes sp 2	0.421861	2.08907	–3.38649	0.876531	0.15203
Larsia sp.	0.314281	1.89143	2.79362	0.0779893	–0.331798
Tanypus sp.	–1.29377	–0.643285	–0.0260669	4.43917	–1.81389
SJ–T	–0.162355	0.684535	0.225474	–0.151719	0.000738422
SJ–J	1.07883	–0.682403	–0.0743206	–0.228257	–0.533721
SJ–G	–1.08819	–0.263763	0.00307618	0.0232271	0.000924546
P–T	1.06654	–0.696913	–0.00542787	–0.0145491	0.00221175
P–G	0.660888	0.8034	0.141255	0.0838204	–0.00189509
P–J	0.249371	0.825623	–0.882153	–0.0396755	–0.00378743
Tur	0.274351	–0.677533	0.195286	–0.799789	–0.936421
Prof	–0.772098	0.481473	0.299182	0.0222885	0.160351
pH	–0.640442	0.00631716	–0.0622531	0.0822275	0.608336
CE	–0.774042	0.450654	–0.388458	0.161321	0.634634
TDS	–0.806621	0.422982	–0.343348	0.172793	0.638784
Sal	–0.803243	0.423376	–0.352148	0.17171	0.636451
OD	–0.424269	–0.351778	0.123291	–0.733172	–0.40037
NH3	–0.36812	–0.311797	0.614444	0.382509	0.535087
PO3	0.0302818	–0.472285	0.961888	–0.0630194	–0.192283

Anexo 9. Categorías y descripción de los GFA de los quironómidos evaluados en los humedales costeros de San José y Pisco según Cummins (2018)

	Categoría	**Abreviatura**	**Descripción del criterio**
Grupo Funcional Alimenticio	Colector recolector	Col–rec	Consume materia orgánica particulada fina depositado en los fondos
	Raspador	Rasp	Consume perifiton
	Depredador	Dep	Consume tejido animal vivo

Anexo 10. Grupos funcionales de alimentación de los quironómidos evaluados en los humedales costeros de San José y Pisco según Cummins (2018)

Subfamilia	**Taxón**	**Grupo Funcional Alimenticio**		
		Col–rec	Rasp	Dep
Chironominae	*Chironomus* sp.	x	x	
	Goeldichironomus sp.	x	x	
	Dicrotendipes sp.	x	x	
Tanypodinae	*Larsia* sp.			x
	Tanypus sp.	x	x	x