

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Uso del orden Odonata como bioindicador para la evaluación
de la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jhosymar Del Aguila Navarro

Asesor:

Ing. José Reategui Vega

Tarapoto, julio de 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo José Reategui Vega, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Uso del orden Odonata como bioindicador para la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo”** del autor Jhosymar Del Aguila Navarro tiene un índice de similitud de 17 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 08 días del mes de julio del año 2024.



José Reategui Vega

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a... 1 5 día(s) del mes de..... mayodel año 20.2.4.... siendo las....1...0.:3.0 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, el (la)

secretario(a) Ing. Seveí Rengifo Arévalo y los demás miembros: Ing. Ericka Nayda Perales Dominguez y el (la) asesor(a) ... I n g . José Reategui Vega

.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:..... **Uso del orden Odonata como bioindicador para la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo”**

..... del(los) bachiller(es): a) Jhosymar Del Aguila Navarro

..... b).....

..... c).....

.....conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Jhosymar Del Aguila Navarro

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	14	C	Con nominación de Acceptable	Bueno

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

(*) **Tabla de Calificación**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	20	A+	Con nominación de Excelente	Excelencia
	19	A		
	18	A-	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente
	17	B+		
	16	B	Con nominación de Bueno	Muy Bueno
	15	B-		
	14	C	Con nominación de Aceptable	Bueno
DESAPROBADO	Menos de 14	D	Con nominación de Deficiente	Insuficiente

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Peruana Unión – UPeU y a cada uno de los profesionales que contribuyeron en mi formación a lo largo de 5 años.

Al Ing. José Reátegui Vega, asesor de la presente tesis, por su apoyo en el proyecto y al Blgo. Henry Jave Concepción, por su apoyo en la ejecución, contribución científica y culminación.

A mis padres, Ofelia Navarro y Jorge Del Aguila, por su apoyo incondicional en mi vida y a mi hija, Emilia Valentina, por ser mi mayor motivación e inspiración, para ser mejor cada día.

A todas las instituciones y personas que colaboraron y contribuyeron en la ejecución de la presente tesis.

ÍNDICE

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS	2
ACTA DE SUSTENTACIÓN	3
AGRADECIMIENTO	4
Resumen.....	6
Abstrac	6
Introducción	7
Material y métodos.....	8
Lugar de ejecución.....	8
Metodología.....	8
Análisis de datos	11
Resultados y discusión	11
Resultados	11
Discusión	16
Conclusiones	19
Referencias bibliográficas	20
Anexos.....	23

USO DEL ORDEN ODONATA COMO BIOINDICADOR PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA SHILCAYO

Jhosymar DEL AGUILA NAVARRO¹ (0009-0007-0992-9704), José REATEGUI VEGA² (0000-0002-5817-1377), Henry Giovani JAVE CONCEPCIÓN³ (0000-0003-3344-150X).

¹ Universidad Peruana Unión – UPeU. Jr. Los Mártires 218. Tarapoto, Perú.
Correo electrónico: jhosi.delaguila@gmail.com

² Instituto Nacional de innovación Agraria – INIA. Ctra. Marginal Sur Fernando Belaunde Terry Km. 13.5 Juan Guerra, Perú. Correo electrónico: amisel1@gmail.com

³ Corporación GRONPERU S.A.C. Jr. Jorge Chávez 910. Tarapoto, Perú.
Correo electrónico: henryjavec@gmail.com

Resumen

El propósito de la investigación fue evaluar el orden Odonata como bioindicador de la calidad de agua en la microcuenca Shilcayo. Para lo cual, se identificaron tres zonas y 17 estaciones de monitoreo: Alta:E1-E6, media:E7-E11 y baja:E12-E17; donde se realizó el muestreo de agua para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y el muestreo para la identificación y recuento de los especímenes; encontrándose un total de 336 especímenes, 36 Anisópteras y 300 Zygópteras; donde los Zygópteras representan el 89% de la abundancia relativa y los Anisópteras el 11%; el estadístico arroja que $T = 0,00$ la cual se encuentra en zona de aceptación de la hipótesis nula, aceptamos con un 95% de confianza que, el porcentaje promedio de observaciones del orden Odonata son iguales; los parámetros fisicoquímicos se contrastaron con los ECAs, donde el pH: supera 6.5-8.5 en la E15:8.61, turbiedad: ≥ 5 UNT en las zona media y baja; el OD es $<$ al valor normado (≥ 4 mg/L) en la zona baja; la CE es < 1500 μ s/Cm en las tres zonas y la temperatura aumenta a medida que desciende el agua (22.52-26.50 °C). Concluyendo que los Anisópteras y Zygópteras del orden Odonata no son bioindicadores confiables para determinar la calidad de agua por pH; caso contrario serían bioindicadores para parámetros como turbiedad, OD, CE y temperatura por existir correlaciones significativas entre estas variables.

Palabras clave: Calidad de agua; odonata, anisópteras, zygópteras, fisicoquímico.

USE OF THE ORDER ODONATA AS A BIOINDICATOR FOR THE EVALUATION OF WATER QUALITY IN THE SHILCAYO MICROBASIN

Abstrac

The purpose of the research was to evaluate the order Odonata as a bioindicator of water quality in the Shilcayo microbasin. For this, three zones and 17 monitoring stations were identified: High:E1-E6, medium:E7-E11 and low:E12-E17; where water sampling was carried out for the evaluation of physicochemical parameters and sampling for the identification and counting of specimens; finding a total of 336 specimens, 36 Anisoptera and 300 Zygoptera; where Zygoptera represent 89% of the relative abundance and Anisoptera 11%; The statistic shows that $T = 0.00$ which is in the zone of acceptance of the null hypothesis, we

accept with 95% confidence that the average percentage of observations of the order Odonata are equal; The physicochemical parameters were contrasted with the RCTs, where the pH: exceeds 6.5-8.5 in E15:8.61, turbidity: ≥ 5 NTU in the middle and lower zone; the DO is $<$ the normed value (≥ 4 mg/L) in the low zone; The EC is < 1500 $\mu\text{s}/\text{Cm}$ in the three zones and the temperature increases as the water descends (22.52-26.50 °C). Concluding that Anisoptera and Zygopteras of the order Odonata are not reliable bioindicators to determine water quality by pH; Otherwise, they would be bioindicators for parameters such as turbidity, DO, EC and temperature since there are significant correlations between these variables. Keywords: Water quality; odonata, anisoptera, zygoptera, physicochemical.

Introducción

El agua es un recurso indispensable para la sobrevivencia, donde los cuerpos que lo constituyen se encuentran conectados entre sí y se renuevan día a día mediante el ciclo hidrológico, sin embargo, no es imperecedero. Su calidad es importante, debido a que en el global no es aprovechable; la "calidad de agua" es relativo y se determina analizando sus características físicas, químicas, biológica e hidrologías. La contaminación representa preocupación y amenaza su calidad y la vida de quienes lo aprovechan, considerando que, el flujo o volumen es vital para sostener los ecosistemas (Bogardi et al., 2020).

Los cuerpos de agua, considerando su dinámica en relación a la geología, geomorfología del terreno y longitud de recorrido se clasifican en: sistemas hidrográficos (> 300.000 ha), cuencas (60.000 - 300.000 ha), subcuencas (10.000 - 60.000 ha) y microcuenca (< 10.000 ha) (Rubio et al., 2021). La Microcuenca Shilcayo, es una de las cuencas que nace y recorre el Área de Conservación Cordillera Escalera, donde el agua es aprovechada por la población de Tarapoto y diversas especies de animales y plantas; lastimosamente el inexistente manejo de aguas residuales, residuos sólidos y diversas actividades vienen afectando su calidad (EMAPA SAN MARTÍN S.A., 2019).

Como se mencionó anteriormente, la calidad del agua puede analizarse o determinar de diferentes maneras, la forma más tradicional se caracteriza realizando muestreos y determinando diversos parámetros, entre ellos se consideran los parámetros biológicos. El biomonitoreo se refiere al uso de ciertos organismos, especies o comunidades empleados como herramientas para una evaluación considerando bacterias, algas, macroinvertebrados, insectos, entre otros organismos (Parmar et al., 2016).

Los bioindicadores manifestarían mejor las respuestas de los medios acuáticos, lo cual constituyen variedad y riqueza de ciertas especies, o la ausencia de estas, debido a su poca tolerancia ante la contaminación o cambios que puedan afectar a su hábitad, ya sean positivos o negativos. Uno de los bioindicadores, de los que aún no se han realizado muchas investigaciones, pero que son muy importantes e interesantes, son las Odonatas; un orden de insectos, constituido por los caballitos del diablo y las libélulas, quienes son sensibles a la contaminación de agua dulce donde habitan (Gómez-Tolosa et al., 2021).

A la actualidad, una gran cantidad de investigaciones mencionan consideran a diversas familias del orden Odonata como un bioindicador clave de la calidad de agua; así, por ejemplo, un estudio realizado en la India (MARCADORES DE SALUD); describe a las Odonatas como un grupo especial, útil para la estimación de un hábitat, grupos relativamente simples de poder estudiar y utilizar como herramientas para monitorear la calidad de los hábitats acuáticos (Painkra et al., 2016).

Asimismo, en Brasil un estudio realizado en diversos arroyos del municipio de Paragominas, noreste del estado de Pará afirma que los Odonatas constituyen una herramienta de especial interés para evaluar la perturbación los ecosistemas acuáticos, pero que se tiene que considerar otros factores, como la estación del año, clima, historial hídrico e incluso considerar ciertos parámetros fisicoquímicos indicadores a fin de poder llegar a conclusiones fidedignas de la calidad del cuerpo del agua de interés (Miguel et al., 2017).

En Perú se realizaron diversas investigaciones en distintas regiones de la costa, sierra y selva, en las cuales se trata a diversos macroinvertebrados que en alguna etapa de su ciclo biológico lo desarrollan en el agua, entre ellos los Odonatas cumplirían con los requisitos básicos indispensables para ser considerados como organismos de interés, por su estrecha relación con la calidad de los cuerpos de agua dulce, la cual está sujeta a cambios de los parámetros fisicoquímicos y biológicos (Arana Maestre et al., 2021).

En la región San Martín, también, se llevaron diversos estudios a nivel de pregrado y posgrado donde se determinó la calidad del agua de diversas quebradas, ríos, cuencas, microcuencas y otros cuerpos de agua considerando la diversidad y densidad poblacional de diversas familias de macroinvertebrados, incluidos los del orden Odonata. Cabe resaltar que en muchos casos consideran relevantes estudios adicionales, a fin de determinar la relación existente entre ciertos parámetros fisicoquímicos y la calidad del agua en un determinado punto y tiempo respectivo (Pezo & Quinteros, 2018).

El aprovechamiento adecuado de los macroinvertebrados acuáticos como los organismos del orden Odonata, permitirían determinar la calidad del agua de la microcuenca Shilcayo; lo cual se convertiría en una alternativa viable y eficiente de interés ambiental para otros estudios relacionados. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el uso del orden Odonata como bioindicador para la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo.

Material y métodos

Lugar de ejecución

La fuente de agua (Microcuenca del Shilcayo) se ubica en el distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín, el cual se encuentra ubicado a una latitud 06°29'46" S y a longitud 76°21'47" O a una altura de 350 m.s.n.m. Los límites geográficos del distrito son: por el norte con el distrito de Caynarachi, por el sur con los distritos de Juan Guerra y Shapaja, por el este con los distritos de Chazuta y Barranquita y por el oeste con el distrito de Tarapoto. El clima que predomina es un clima templado típico de la selva tropical, cálida, húmeda, sub-tropical, primaveral y benigno durante todo el año, la temperatura oscila entre los 18 °C y 32 °C, con un promedio anual de 27 °C, las precipitaciones anuales están alrededor de 1600 mm; se identifican dos estaciones, una seca, generalmente de mayo a octubre, y una lluviosa de diciembre a abril; el viento está alrededor de los 55 km/h.

Metodología

Selección de las zonas y estaciones de muestreo: Se seleccionaron tres zonas y diecisiete estaciones de muestreo a lo largo del río, de zonas limnéticas (aguas abiertas), tal y como se muestran en el Figura 1 y Tabla 1.

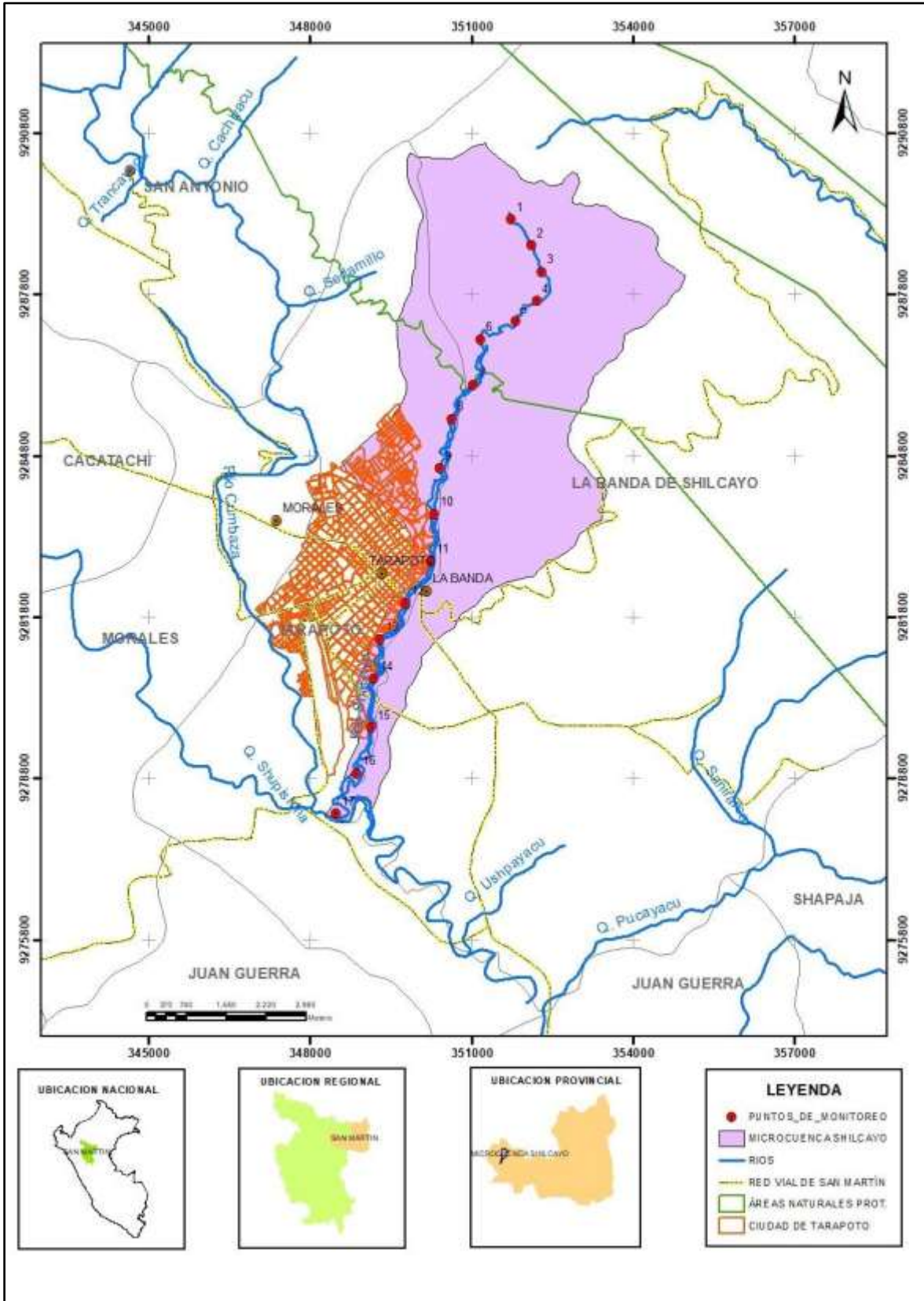


Figura 1
Ubicación de las zonas y estaciones de monitoreo – Microcuenca del Shilcayo.

Tabla 1*Ubicación de las zonas y estaciones de monitoreo – Microcuenca del Shilcayo.*

Estación de monitoreo	Zona	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)
		Este	Sur	
1	Alta	351749	9289190	1002
2		352122	9288712	908
3		352316	9288221	809
4		352234	9287675	630
5		351836	9287299	586
6		351183	9286965	520
7	Media	351051	9286114	460
8		350640	9285482	409
9		350423	9284568	375
10		350320	9283715	350
11		350259	9282838	319
12	Baja	349787	9282060	298
13		349301	9281396	281
14		349201	9280658	265
15		349145	9279752	284
16		348883	9278899	239
17		348500	9278147	232

Muestreo de Odonatas

El procedimiento para el muestreo, recolección y evaluación se basó en lo descrito por (Sripanya et al., 2023), (Vourka et al., 2023) y (Samanez et al., 2014).

Procedimiento de recogida y conservación de muestra

La recogida de los especímenes se realizó considerando los criterios propuestos por el Departamento de Gestión Ambiental de Indiana - EEUU (IDEM, 2023); las estaciones de muestreo se ubicaron en tramos rectos, donde el agua presentó un flujo laminar de baja velocidad y sin ondulaciones pronunciadas, con una profundidad promedio de hasta 50 cm. Las muestras fueron colectadas empleando una red Surber de 250 μ m de tamaño de poro, se ascendió a partir de la E17 en la parte más baja de la microcuenca para llegar posteriormente a la E1 en la parte más alta; se cubrió toda la sección sagital del cauce y abarcando los hábitats elegidos: Superficie de rocas, detritos vegetales, macrófitos sumergidos, arena y otros sedimentos finos (Ilham et al., 2022). Las muestras se conservaron en recipientes herméticos, conteniendo una mezcla de alcohol al 70% y 20 gotas de glicerina como lo recomienda la División de Gestión de Cuencas - Departamento de Conservación Ambiental de la Agencia de Recursos Naturales de Vermont (Vermont Agency of Natural Resources, 2022), se etiquetaron señalando la zona, estación de monitoreo, fecha y hora del muestreo.

Identificación de macroinvertebrados

Se realizó en el laboratorio de Biotecnología del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ubicado a la altura del Km 14 de la Carretera Fernando Belaunde Terry – distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín a una latitud 06°36'15" S, longitud 76°25'15" O y a una altitud de 330 m.s.n.m. Donde se realizó la identificación y recuento de los especímenes de cada uno de los recipientes; el nivel de identificación

taxonómica es a nivel de familias, para lo cual se empleó una lupa y un estereoscopio binocular de 4,5X, a fin de observar con mayor exactitud la morfología y los criterios considerados por Tampo et al., (2021) y Hettige et al., (2023); así como la guía propuesta por González et al., (2019).

Sistema de evaluación

La evaluación de la calidad del agua en las estaciones de monitoreo, se realizó mediante la determinación de la abundancia de los odonatas por familia y análisis estadístico para determinar el grado de relación con las variables (parámetros fisicoquímicos indicadores) (Devore, 2018).

El muestreo y el transporte del agua para el análisis de los parámetros fisicoquímicos se realizó de acuerdo con PHA, AWWA & WEF (Baird et al., 2017). Dichas muestras se colectaron en vaso de precipitación y fueron analizados in situ empleando un multiparamétrico de la marca HANNA modelo HI9829.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados empleando una hoja de cálculo, donde se determinó la abundancia relativa, posteriormente se realizó la comparación del porcentaje promedio de observaciones por estación de monitoreo para lo cual se realizó una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales (Melo et al., 2020); Considerando el valor estadístico T se determinará si este se encuentra en la zona de aceptación o rechazo de la hipótesis nula, así mismo aceptaremos o rechazaremos según el porcentaje de confianza que el porcentaje promedio de observaciones por estación de monitoreo del orden Odonata si son iguales o diferentes. La prueba de correlación de variables se realizó mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics V 27 (Zhang et al., 2018).

El proceso estadístico inferencial, fue realizado a partir de los datos registrados y su posterior sistematización al proceso experimental, donde se analizará el grado de relación entre las variables de investigación. Este proceso recalca los momentos y distribuye la información de manera ordenada (Melo, López, & Melo, 2020). La relación entre la abundancia de odonatas según familias y la calidad de agua por parámetros fisicoquímicos también fue determinada por interpretación con los valores normados según los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs).

Resultados y discusión

Resultados

Los individuos del orden Odonata presentes en el agua de la microcuenca Shilcayo, se clasificaron según los subórdenes Anisoptera y Zygoptera (Tabla 2).

Tabla 2
Abundancia de Odonata presentes en la microcuenca Shilcayo.

Zona	Estación de monitoreo	Odonata		Odonata (%)	
		Anisopteras	Zygoptera	Anisopteras	Zygoptera
Alta	E1	10	55	28%	18%
	E2	8	43	22%	14%
	E3	6	39	17%	13%
	E4	4	36	11%	12%
	E5	2	49	6%	16%

	E6	1	12	3%	4%
	E7	2	11	6%	4%
Media	E8	1	11	3%	4%
	E9	2	10	6%	3%
	E10	0	8	0%	3%
	E11	0	7	0%	2%
	E12	0	6	0%	2%
Baja	E13	0	5	0%	2%
	E14	0	2	0%	1%
	E15	0	3	0%	1%
	E16	0	2	0%	1%
	E17	0	1	0%	0%
Abundancia absoluta		36	300	100%	100%
Abundancia relativa (%)		11%	89%		

Fuente: Datos propios de la investigación, 2024.

Interpretación

En la tabla 2, se observa el número de los subórdenes del orden Odonata presentes en la microcuenca Shilcayo, correspondiendo un total de 336 en 17 estaciones de monitoreo, siendo específicamente 36 las que pertenecen al suborden Anisopteras y 300 al suborden Zygoptera. Además, la abundancia relativa total de Anisopteras y Zygoptera fue del 11% y 89% respectivamente, destacando la dominancia de Zygoptera en toda la microcuenca.

Al realizar los porcentajes del número de los subórdenes del orden Odonata presentes en la microcuenca Shilcayo se determinó similitudes según zonas de estudio. Ambos subórdenes del orden Odonata presentes en la microcuenca Shilcayo tienen porcentaje elevado en la Zona Alta y con menor presencia en la zona Media (E7-E11) y la zona baja (E12-E17). En contraste, indica una diferencia significativa en la composición del orden Odonata entre las diferentes zonas altitudinales de la microcuenca Shilcayo.

Asimismo, respecto a la comparación del porcentaje promedio de observaciones por estación de monitoreo del orden Odonata en la en la microcuenca Shilcayo, se efectuó una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales (Tabla 3).

Tabla 3

Promedio de Odonatas por estación de monitoreo en la microcuenca Shilcayo.

	<i>Anisopteras</i>	<i>Zygoptera</i>
Media	5.88%	5.88%
Varianza	0.0074	0.0038
Observaciones	17	17
Varianza agrupada	0.0056	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	32	
Estadístico t	0.00	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04	

Fuente: Datos propios de la investigación.

Nota: Ho: El porcentaje promedio de observaciones por estación de monitoreo del orden Odonata en la en la microcuenca Shilcayo son iguales.

H1: El porcentaje promedio de observaciones por estación de monitoreo del orden Odonata en la en la microcuenca Shilcayo son diferentes.

Interpretación

Los resultados de la Tabla 3, obtenidos mediante la Prueba t para dos muestras asumiendo varianzas iguales, permiten comparar el porcentaje promedio de observaciones de los subórdenes Anisopteras y Zygoptera en las estaciones de monitoreo de la microcuenca Shilcayo. La media de Anisopteras y Zygoptera es del 5.88% para ambas, indicando que, en promedio, contribuyen de manera similar en cada estación. La varianza agrupada, calculada en 0.0056, indica una consistencia en la dispersión de los datos. El estadístico t de 0.00, al compararse con el valor crítico de t de 2.04 para dos colas, indica que la diferencia hipotética de las medias (0%) no es estadísticamente significativa. En consecuencia, no se encuentra evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa en los porcentajes promedio de observaciones de Anisopteras y Zygoptera en las estaciones de monitoreo de la microcuenca Shilcayo.

Como el estadístico T = 0,00 se encuentra en la zona de aceptación de la hipótesis nula, aceptamos con un 95% de confianza que: El porcentaje promedio de observaciones por estación de monitoreo del orden Odonata en la en la microcuenca Shilcayo son iguales.

Por su parte, la determinación de la calidad del agua de la microcuenca Shilcayo mediante parámetros fisicoquímicos se realizó en base a los valores encontrados del potencial de Hidrógeno (pH), turbiedad, oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica y temperatura (Tabla 4 y 5).

Tabla 4

La calidad del agua de la microcuenca Shilcayo mediante parámetros fisicoquímicos.

Estación de monitoreo – ECAs	Zona	Parámetros Fisicoquímicos				
		pH (Unidades de pH)	Turbiedad (UNT)	O. disuelto (mg/L)	C. eléctrica (µs/Cm)	Temp. (°C)
ECA		6,5 – 8,5	5	≥ 4	1 500	Δ 3 - (25.53%)
E1	Alta	8.11	0.8	6.89	50	22.52
E2		8.15	0.9	6.75	52	23.41
E3		8.18	1	6.74	61	23.85
E4		8.21	1.5	6.68	79	24.67
E5		8.21	1.8	6.69	95	24.85
E6		8.1	2	6.58	100	25.11
E7	Media	8.12	5	5.21	105	25.82
E8		8.14	6	4.54	106	26.21
E9		8.13	11	4.09	111	26.28
E10		8.15	18	3.41	119	26.31
E11		8.18	22	3.38	122	26.33
E12	Baja	8.2	25	3.11	125	26.35

E13		8.22	28	2.21	128	26.41
E14		8.21	31	2.04	136	26.48
E15		8.61	71	1.24	325	26.50
E16		8.41	68	1.26	310	26.49
E17		8.31	60	1.35	295	26.47
N° Parámetros que no cumplen	5 (100%)	1	1	1	0	0
N° Datos que no cumplen los ECAs	43 (50.6%)	1	16	8	17	1
N° Total de estaciones de monitoreo	85 (100%)	17	17	17	17	17

Fuente: Datos propios de la investigación.

Nota: Los ECAs - Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Interpretación

En la tabla 4, referente a la calidad del agua de la microcuenca Shilcayo mediante parámetros fisicoquímicos proporciona una visión detallada de la situación ambiental en diferentes estaciones y zonas de monitoreo.

Se observa que las estaciones E1-E5, ubicadas en la zona alta, muestran niveles de turbidez y conductividad que exceden los límites establecidos por los ECA, registrando 6 muestras que no cumplen para ambos parámetros fisicoquímicos. Por otro lado, en las estaciones E6-E11, correspondientes a la zona media, tenemos en Turbiedad (4 muestras) y el oxígeno disuelto (2 muestras), indicando posibles desafíos relacionados con la turbidez y la disponibilidad de oxígeno para la vida acuática. En la zona baja (E12-E17), se observan diferencias significativas en múltiples parámetros, incluyendo el potencial de hidrógeno (1 muestra), turbidez (6 muestras), oxígeno disuelto (6 muestras), y conductividad (7 muestras), todas por encima de los límites establecidos por los ECAs; por tu parte el parámetro conductividad eléctrica cumple con la normativa nacional vigente y es aplicable en todas las estaciones de muestreo.

Tabla 5

Calidad del agua según los parámetros de cumplimiento.

Parámetros Fisicoquímicos	Zona alta E1-E6		Zona media E7-E11		Zona baja E12-E517		Muestras que cumplen	
	N°	%	N°	%	N°	%	Total	%
pH	6	20%	5	20%	5	17%	16	19%
Turbiedad	0	0%	1	4%	0	0%	1	1%
Oxígeno Disuelto	6	20%	3	12%	0	0%	9	11%
Conductividad Eléctrica	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Temperatura	5	17%	5	20%	6	20%	16	19%
N° Muestras por zona	30	100%	25	100%	30	100%	85	100%
Total	17	57%	14	56%	11	37%	42	49.4%

Fuente: Datos propios de la investigación.

Nota: Los ECAs - Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Interpretación

En la tabla 5, referente a la calidad del agua, según los parámetros de cumplimiento, se observa en la zona alta, que un 20% de las muestras cumplen con el pH requerido,

ninguna muestra presenta turbiedad, el 20% cumple con el oxígeno disuelto, no se detecta conductividad eléctrica y la temperatura el 17% cumple. En la zona media, el 20% cumple con el pH, el 4% con la turbiedad, el 12% con el oxígeno disuelto, ninguna muestra, conductividad eléctrica y en cuanto a la temperatura, el 20% cumple. En la zona baja, el 17% cumple con el pH, ninguna muestra presenta turbiedad, ninguna muestra cumple con el oxígeno disuelto, no se detecta conductividad eléctrica y respecto a la temperatura, el 20% cumple.

En general, se observa que el cumplimiento de los estándares varía entre las zonas, siendo la zona baja la que muestra los porcentajes más bajos de cumplimiento en la mayoría de los parámetros analizados y por el otro lado, la zona alta donde se encuentra un 57% de cumplimiento según los parámetros de cumplimiento evidenciando que la mejor calidad de agua según los parámetros de cumplimiento se encuentra en la zona alta. Los resultados se basan en un total de 85 muestras, con 42 muestras equivalente al 49.4% del total que cumplen con los estándares establecidos.

La evaluación del uso del orden Odonata como bioindicador de la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo.

Tabla 6

El uso del orden Odonata como bioindicador para la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo.

Parámetros Físicoquímicos (Y)	Estadísticos de correlación y pronóstico	Odonata	
		Anisopteras (X)	Zygopteras (X)
Potencial de Hidrógeno (Unidades de pH)	Coeficiente r	-0.368	-0.354
	Coeficiente r ² (%)	14%	13%
	Sig. (bilateral)	0.146	0.163
	Bioindicador	No significativo	No significativo
Turbiedad (UNT)	Coeficiente r	-,566*	-,652**
	Coeficiente r ² (%)	32%	42%
	Sig. (bilateral)	0.018	0.005
	Bioindicador	Y = 30,085 +(-4,401*X)	Y = 35,755 +(-0,849*X)
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coeficiente r	,743**	,847**
	Coeficiente r ² (%)	55%	72%
	Sig. (bilateral)	0.001	0.000
	Bioindicador	Y = 3,139 +(0,522*X)	Y = 2,485 +(0,100*X)
Conductividad (µs/Cm)	Coeficiente r	-,577*	-,625**
	Coeficiente r ² (%)	33%	39%
	Sig. (bilateral)	0.015	0.007
	Bioindicador	Y = 170,633 +(-16,160*X)	Y = 188,202 +(-2,935*X)
Temperatura (°c)	Coeficiente r	-,959**	-,930**
	Coeficiente r ² (%)	92%	86%
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000
	Bioindicador	Y = 26,355 +(-0,388*X)	Y = 26,646 +(-0,063*X)

Fuente: Datos propios de la investigación.

Nota: ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación

Para evaluar el uso del orden Odonata como bioindicador para la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo se aplicó los estadísticos de correlación a las variables del estudio: Anisopteras (X), Zygoptera (X) y los parámetros fisicoquímicos (Y).

Sobre el parámetro fisicoquímico potencial de Hidrógeno (Unidades de pH), se observa que los coeficientes de correlación para Anisopteras y Zygoptera son -0.368 y -0.354 respectivamente, lo que indica una correlación negativa moderada pero no significativa entre la presencia de Odonata como bioindicador para la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo en el parámetro fisicoquímico potencial de Hidrógeno. Por lo tanto, el potencial de hidrógeno no es un indicador como bioindicador para la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo.

Sobre la Turbiedad (UNT), se observa una correlación negativa significativa entre la presencia de Odonata y la turbiedad, con coeficientes r de -0.566 para Anisopteras y -0.652 para Zygoptera, y valores r^2 que indican que el 32% y el 42% de la variabilidad en la presencia de Odonata se explica por la turbiedad respectivamente. Los modelos de pronóstico muestran una disminución en la presencia de Odonata a medida que aumenta la turbiedad, lo que indica que las especies podrían ser útil en la calidad de agua para el parámetro turbiedad.

Respecto al parámetro fisicoquímico Oxígeno Disuelto (mg/L), se observa una correlación positiva significativa entre la presencia de Odonata y el oxígeno disuelto y, con coeficientes r de 0.743 para Anisopteras y 0.847 para Zygoptera. Los modelos de pronóstico también muestran un aumento en la presencia de Odonata a medida que aumenta el oxígeno disuelto. Estos resultados indican que el oxígeno disuelto podría ser un indicador confiable de la calidad del agua en la microcuenca utilizando Odonata como bioindicadores.

Relativo al parámetro fisicoquímico Conductividad ($\mu\text{s}/\text{Cm}$), se observa una correlación negativa significativa entre la presencia de Odonata y la conductividad, con coeficientes r de -0.577 para Anisopteras y -0.625 para Zygoptera. Los modelos de pronóstico muestran una disminución en la presencia de Odonata a medida que aumenta la conductividad. Por lo tanto, la presencia de Odonata actúa como bioindicador para la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo, específicamente en este parámetro fisicoquímico.

Referente al parámetro fisicoquímico Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), se observa una correlación negativa significativa entre la presencia de Odonata y la temperatura, con coeficientes r de -0.959 para Anisopteras y -0.930 para Zygoptera. Los modelos de pronóstico también muestran una disminución en la presencia de Odonata a medida que aumenta la temperatura. Estos resultados indican que, la presencia de Odonata actúa como bioindicador para la determinar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo, específicamente en el parámetro fisicoquímico de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Discusión

En el estudio realizado por (Miya et al., 2021) en Sishaghat, Nepal, se registraron 629 individuos de 26 especies de Odonata, con una mayor diversidad y abundancia de Anisoptera en comparación con Zygoptera. La familia Libellulidae destacó por su riqueza de especies, con *Neurothemis fulvia* y *Orthetrum pruinosum* como las especies más abundantes. Además, se identificaron 25 especies como de preocupación menor y una

como vulnerable según la UICN, lo que subraya la importancia de conservar los hábitats circundantes a los cuerpos de agua para proteger a los Odonata.

En contraste, en la investigación de la microcuenca Shilcayo, se observa una variación en la diversidad y abundancia de Odonata a lo largo de diferentes estaciones de monitoreo, clasificadas según la altitud en alta, media y baja; registrándose una disminución progresiva en la diversidad y abundancia de Odonata a medida que se descendía en altitud, con las estaciones de alta altitud mostrando una mayor presencia de Anisoptera en comparación con Zygoptera. Sin embargo, en general, los resultados muestran una distribución equitativa entre Anisoptera y Zygoptera en todas las estaciones evaluadas.

Estas diferencias pueden atribuirse a las variaciones ambientales y geográficas entre las dos regiones de estudio. Mientras que Sishaghat, Nepal, puede tener características ambientales y climáticas diferentes que favorecen la diversidad y abundancia de ciertas especies de Odonata, la microcuenca Shilcayo en Perú puede presentar condiciones únicas que influyen en la distribución de estos insectos. Además, las diferencias en los métodos de muestreo y análisis entre los dos estudios también pueden contribuir a las disparidades en los resultados.

En definitiva, el contraste entre el estudio de la microcuenca Shilcayo y el estudio de (Miya et al., 2021). en Sishaghat, Nepal, resalta la importancia de considerar las variaciones regionales en la diversidad y abundancia de Odonata. Estos hallazgos subrayan la necesidad de realizar más estudios para comprender mejor los factores que afectan a las poblaciones de Odonata y para informar medidas de conservación adaptadas a las características específicas de cada región.

Los resultados obtenidos de la Prueba t para dos muestras en relación con el porcentaje promedio de observaciones de los subórdenes Anisopteras y Zygoptera en las estaciones de monitoreo de la microcuenca Shilcayo proporcionan información importante sobre la distribución y la abundancia relativa de estos grupos de Odonata en el área de estudio. La falta de una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje promedio de observaciones entre Anisopteras y Zygoptera indica una distribución equitativa de estos subórdenes en todas las estaciones evaluadas, con ambos contribuyendo de manera similar a la población total de Odonata en la microcuenca. Este resultado respalda la noción de que la microcuenca Shilcayo alberga una diversidad considerable de Odonata, con una presencia balanceada de los dos subórdenes en las diferentes zonas y altitudes estudiadas.

El hecho de que tanto Anisopteras como Zygoptera contribuyan en promedio con un 5.88% en cada estación indica una estabilidad relativa en la composición de la comunidad de Odonata a lo largo de la microcuenca. Esta estabilidad puede reflejar la presencia de hábitats acuáticos adecuados y la disponibilidad de recursos suficientes para sostener poblaciones saludables de ambos subórdenes. Además, el hecho de que el estadístico t haya caído dentro de la zona de aceptación de la hipótesis nula, respaldando la igualdad en los porcentajes promedio de observaciones, proporciona una sólida evidencia estadística de la equitativa distribución de Anisopteras y Zygoptera en la microcuenca Shilcayo.

Estos resultados tienen implicaciones significativas para la gestión y conservación de la biodiversidad en la microcuenca Shilcayo. La equitativa distribución de Anisopteras y Zygoptera indica una relativa estabilidad en el ecosistema acuático, lo que podría ser indicativo de la salud general del hábitat y la calidad del agua en la región. Sin embargo, es importante destacar que la igualdad en los porcentajes promedio de observaciones no necesariamente implica una salud óptima del ecosistema, ya que otros factores como la contaminación, la degradación del hábitat y el cambio climático pueden afectar

negativamente a las poblaciones de Odonata y su diversidad. Por lo tanto, estos resultados proporcionan una base importante para futuras investigaciones y acciones de conservación dirigidas a comprender mejor y proteger la diversidad de Odonata en la microcuenca Shilcayo.

Los resultados obtenidos en mi investigación sobre la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo muestran una situación ambiental heterogénea a lo largo de las diferentes zonas de monitoreo. Esta heterogeneidad se refleja en la variación en el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos, con estaciones en la zona alta presentando incumplimientos principalmente en turbidez y conductividad, indicativos posibles problemas relacionados con la sedimentación y la concentración de sales. En contraste, otras estaciones en la zona media exhiben deficiencias en el potencial de hidrógeno y en el oxígeno disuelto, indicando problemas potenciales de acidez y disponibilidad de oxígeno para la vida acuática. Finalmente, en la zona baja se destacan incumplimientos en varios parámetros, lo que indica una calidad del agua más comprometida en términos de equilibrio químico, claridad y capacidad de soporte de vida acuática.

En contraste con el trabajo realizado por (Pezo & Quinteros, 2018) en la cuenca del río Cumbaza, se evidencia la importancia de evaluar la calidad del agua utilizando diferentes enfoques y criterios. Mientras que mi investigación se centró en el análisis de parámetros fisicoquímicos y su relación con la presencia de Odonata como bioindicadores, (Pezo & Quinteros, 2018) evaluaron la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados. A pesar de las diferencias en los métodos de análisis, ambos estudios proporcionan una comprensión integral de la salud ambiental de las cuencas fluviales.

En particular, los resultados de (Pezo & Quinteros, 2018) revelaron una clasificación del agua en las categorías II y III (medianamente contaminada) utilizando el índice BMWP/col, así como el cumplimiento de ciertos parámetros fisicoquímicos con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (categoría 3) destinada al riego de vegetales. Estos hallazgos son complementarios a los de mi investigación y refuerzan la importancia de abordar los problemas de calidad del agua en diferentes cuencas hidrográficas.

En conjunto, estos resultados subrayan la necesidad de implementar medidas efectivas de monitoreo y gestión ambiental en las cuencas fluviales para garantizar la protección y conservación de los recursos hídricos y ecosistemas acuáticos. La combinación de enfoques multidisciplinarios, como el análisis de parámetros fisicoquímicos y la evaluación de la biodiversidad acuática, es fundamental para una comprensión holística de la calidad del agua y para orientar acciones de conservación y restauración en estas importantes áreas naturales.

En contraste con los resultados de la microcuenca Shilcayo sobre el uso del orden Odonata como bioindicador y el estudio de (Manu et al., 2023) en humedales al suroeste de Irán destaca similitudes y diferencias en la evaluación de la calidad del agua a través de la presencia de Odonata.

En el estudio de (Manu et al., 2023), se estudió a los Odonata como bioindicador para monitorear la perturbación antropogénica del santuario de humedales Owabi - Ghana. Se determinó una diferencia significativa de la riqueza según la estación (seca - húmeda); la perturbación antropogénica afecta la riqueza, pero no la abundancia, ya que las áreas urbanizadas registraron la mayor abundancia, pero tuvieron una baja riqueza de especies. La cobertura del dosel fue una de las variables más importantes que influyeron en la riqueza y distribución de Odonata, ya que el dosel cerrado en el área forestal registró especies especializadas que eran exclusivas de otras clases.

Pantala flavescens es un indicador de alta perturbación antropogénica ambiental. *Orthetrum abbotti* y *A. vaginale* son indicadores de perturbación antropogénica como resultado de actividades agrícolas (perturbación antropogénica moderada).

En la investigación de la microcuenca Shilcayo, se evaluó el uso del orden Odonata como bioindicador para determinar la calidad del agua en dicha microcuenca utilizando parámetros fisicoquímicos. Aunque no se encontró una correlación significativa entre el potencial de hidrógeno y la presencia de Odonata, la turbiedad, el oxígeno disuelto, la conductividad y la temperatura mostraron correlaciones significativas con la presencia de Anisopteras y Zygoptera. Estos resultados indican que estos parámetros fisicoquímicos podrían ser indicadores confiables de la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo cuando se utilizan Odonata como bioindicadores.

Ambos estudios resaltan la utilidad de los Odonata como indicadores de la salud ambiental, ya sea a través de la bioacumulación de metales o de la correlación con parámetros fisicoquímicos. Sin embargo, las diferencias geográficas, climáticas y metodológicas entre las dos investigaciones subrayan la necesidad de considerar las particularidades de cada región al interpretar los resultados. La conclusión de que el orden Odonata puede ser una herramienta efectiva para evaluar la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo representa un valioso aporte para la gestión ambiental, aunque se reconoce la importancia de investigaciones adicionales para respaldar y consolidar estos hallazgos.

Conclusiones

La presencia de especies Anisopteras y Zygopteras en el orden Odonata no se muestran como bioindicadores confiables para determinar el parámetro fisicoquímico potencial de Hidrógeno en la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo, ya que existe una correlación negativa moderada pero no significativa entre las variables. Asimismo, la presencia de especies Anisopteras y Zygopteras en el orden Odonata son bioindicadores para los parámetros fisicoquímicos turbiedad, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura debido a que existen correlaciones significativas entre estas variables.

Se identificó un total de 336 especímenes distribuidos en 17 estaciones de monitoreo, de los cuales 36 pertenecen a la familia Anisopteras y 300 a la familia Zygoptera. Destaca la marcada dominancia de Zygoptera en toda la microcuenca, representando el 89% de la abundancia relativa total, en comparación con el 11% de Anisopteras. Además, se observaron similitudes en la distribución de estas familias entre las zonas altitudinales, con una mayor presencia en la Zona Alta y una menor en la Zona Media y Baja. Estos hallazgos indican una diferencia significativa en la composición del orden Odonata a lo largo de las diferentes zonas de la microcuenca Shilcayo, lo que resalta la importancia de considerar el contexto altitudinal al evaluar la diversidad biológica en este ecosistema acuático.

Los resultados obtenidos a través de la Prueba t para dos muestras, asumiendo varianzas iguales, revelan que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje promedio de observaciones de los subórdenes Anisopteras y Zygoptera en las estaciones de monitoreo de la microcuenca Shilcayo. Tanto Anisopteras como Zygoptera contribuyen en promedio con un 5.88% en cada estación, lo que evidencia una equitativa distribución de ambos subórdenes en las áreas evaluadas. Además, el estadístico t de 0.00, al caer dentro de la zona de aceptación de la hipótesis nula, respalda esta conclusión con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, se acepta que el porcentaje promedio de observaciones por estación de monitoreo del orden Odonata en la microcuenca Shilcayo es igual para Anisopteras y Zygoptera.

Las estaciones E1-E5, ubicadas en la zona alta, muestran niveles de turbidez y conductividad que exceden los límites establecidos por la ECA, registrando un 7% para ambos parámetros fisicoquímicos. Por otro lado, las estaciones E6-E11, correspondientes a la zona media, presentan índices en la Turbiedad (5%), el oxígeno disuelto (2%) y la Conductividad (6%) fuera de los valores normativos, indicando posibles desafíos relacionados con la turbidez y la disponibilidad de oxígeno para la vida acuática. En la zona baja (E12-E17), se observan diferencias significativas en múltiples parámetros, incluyendo el potencial de hidrógeno (1%), turbidez (7%), oxígeno disuelto (7%), y conductividad (7%), todos por encima de los límites establecidos por la ECA.

Referencias bibliográficas

- Arana Maestre, J., Carrasco Badajoz, C., Coayla Peñaloza, P., Rayme Chalco, C., & Sánchez Peña, M. (2021). Aquatic Macroinvertebrates of Arid and Semi-Arid Ecosystems of Peru. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.658940>
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, Ed.; 23rd ed.).
- Bogardi, J. J., Leentvaar, J., & Sebesvári, Z. (2020). Biología Futura: integrating freshwater ecosystem health in water resources management. In *Biología Futura* (Vol. 71, Issue 4, pp. 337–358). Akademiai Kiado Rt. <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00031-7>
- Devore, J. L. (2018). *Fundamentos de probabilidad y estadística* (1st ed., Vol. 1). CENGAGE. <http://latinoamerica.cengage.com>
- Empresa municipal de agua potable y alcantarillado San Martín – EMAPA SAN MARTÍN S.A. (2019). *Plan maestro optimizado*. https://www.emapasanmartin.com/uploads/documentos/pmo/PMO_SAN_MARTIN_2019_2048.pdf
- Gómez-Tolosa, M., Rivera-Velázquez, G., Rioja-Paradela, T. M., Mendoza-Cuenca, L. F., Tejeda-Cruz, C., & López, S. (2021). The use of Odonata species for environmental assessment: a meta-analysis for the Neotropical region. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 28, Issue 2, pp. 1381–1396). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11137-9>
- González, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2019). *Guía para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca* (Vol. 1). https://biblioteca.cuenca.gob.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=69315
- Hettige, N. D., Hashim, R., Kutty, A. A., & Ashaari, Z. H. (2023). A New Model for Organic Contamination Assessments Using Benthic Macroinvertebrates as Biological Indicators. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(8). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS22423>
- Ilham, S., Amal, A. E., El Mahdi, H., El Hassania, S., Sanae, R., Allal, D., & Mohamed, F. (2022). Aquatics Macroinvertebrate Diversity and Bio-Assessment of the Quality of the Middle Wadi Oum Er-Rbia (Morocco). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(6), 53–60. <https://doi.org/10.12912/27197050/152908>

- Indiana Department of Environmental Management. (2023). *Multi-habitat (MHAB) Macroinvertebrate Collection Procedure*.
https://www.in.gov/idem/cleanwater/files/swm_sop_mhab_macro_collection.pdf
- Manu, M. K., Ashiagbor, G., Seidu, I., Groen, T., Gyimah, T., & Toxopeus, B. (2023). Odonata as bioindicator for monitoring anthropogenic disturbance of Owabi wetland sanctuary, Ghana. *Aquatic Insects*, *44*(2), 151–169.
<https://doi.org/10.1080/01650424.2022.2108844>
- Melo, O. O., López, L. A., & Melo, S. E. (2020). *Diseño de experimentos - Métodos y aplicaciones* (Maqueta Latex, Ed.; 2nd ed.). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. <https://doi.org/10.36385/FCBOG-4-0>
- Miguel, T. B., Oliveira-Junior, J. M. B., Ligeiro, R., & Juen, L. (2017). Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality. *Ecological Indicators*, *81*, 555–566.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.010>
- Miya, M., Gautam, D., Neupane, B., & Chhetri, A. (2021). Species diversity and abundance of Odonata in Sishaghat of Tanahun district, Nepal. *Journal of Animal Diversity*, *3*(3), 45–55. <https://doi.org/10.52547/JAD.2021.3.3.4>
- Painkra, N., Shukla, A., & Rai, S. (2016). Diversity of Environmental Health Markers Odonata and Lepidoptera in Gwarighat region of river Narmada, Jabalpur (M.P.) India. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, *4*(4), 124–136.
<https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v4.i4.2016.2765>
- Parmar, T. K., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. (2016). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, *9*(2), 110–118.
<https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>
- Pezo, M., & Quinteros, A. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua para regadío del río Cumbaza*. <http://hdl.handle.net/11458/2820>
- Rubio, R., Jerves, R., & Mora, D. (2021). Analysis of the behavior of abstractions in two urban micro-basins of the city of cuenca (Ecuador), through an aggregate model. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(6). <https://doi.org/10.3390/su13063209>
- Samanez, I., Rimaraching, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., & Hidalgo, M. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas* (Vol. 1).
https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/MtdoscolectaidentificacinyanlisisdecomunidadeshidrobiolgicasMUSM-MINAMdic2014.pdf
- Sripanya, J., Vongsombath, C., Vannachak, V., Rattanachan, K., Hanjavanit, C., Mahakham, W., & Sangpradub, N. (2023). Benthic Macroinvertebrate Communities in Wadeable Rivers and Streams of Lao PDR as a Useful Tool for Biomonitoring Water Quality: A Multimetric Index Approach. *Water*, *15*(4), 625.
<https://doi.org/10.3390/w15040625>
- Tampo, L., Kaboré, I., Alhassan, E. H., Ouéda, A., Bawa, L. M., & Djaneye-Boundjou, G. (2021). Benthic Macroinvertebrates as Ecological Indicators: Their Sensitivity to the Water Quality and Human Disturbances in a Tropical River. *Frontiers in Water*, *3*.
<https://doi.org/10.3389/frwa.2021.662765>

Vermont Agency of Natural Resources. (2022). *Watershed Management Division Field Methods Manual*. <https://dec.vermont.gov/watershed>

Vourka, A., Karaouzas, I., & Parmakelis, A. (2023). River benthic macroinvertebrates and environmental DNA metabarcoding: a scoping review of eDNA sampling, extraction, amplification and sequencing methods. *Biodiversity and Conservation*, 32(13), 4221–4238. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02710-y>

Zhang, J., Wang, Y., Zhao, Y., & Cai, X. (2018). Applications of inferential statistical methods in library and information science. *Data and Information Management*, 2(2), 103–120. <https://doi.org/10.2478/dim-2018-0007>

Anexos

Anexo 1. Formato de registro de parámetros fisicoquímicos.

Formato de registro de parámetros fisicoquímicos										
"Uso del orden Odonata como bioindicador para la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo"										
(Primera Edición)										
Estación de monitoreo	Zona	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)	Descripción	Parámetros				
		Este	Norte			Potencial de Hidrógeno (Unidades de pH)	Turbiedad (UNT)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°c)
E1	Alta	351749	9289190	1002		8.11	0.80	6.89	50.00	22.52
E2		352122	9288712	908		8.15	0.90	6.75	52.00	23.41
E3		352316	9288221	809		8.18	1.00	6.74	61.00	23.85
E4		352234	9287675	630		8.21	1.50	6.68	79.00	24.67
E5		351836	9287299	586		8.21	1.80	6.69	95.00	24.85
E6		351183	9286965	520		8.10	2.00	6.58	100.00	25.11
E7	Media	351051	9286114	460		8.12	5.00	5.21	105.00	25.82

Formato de registro de parámetros fisicoquímicos

"Uso del orden Odonata como bioindicador para la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo"

(Primera Edición)

E8		350640	9285482	409		8.14	6.00	4.54	106.00	26.21
E9		350423	9284568	375		8.13	11.00	4.09	111.00	26.28
E10		350320	9283715	350		8.15	18.00	3.41	119.00	26.31
E11		350259	9282838	319		8.18	22.00	3.38	122.00	26.33
E12		349787	9282060	298		8.20	25.00	3.11	125.00	26.35
E13		349301	9281396	281		8.22	28.00	2.21	128.00	26.41
E14		349201	9280658	265		8.21	31.00	2.04	136.00	26.48
E15	Baja	349145	9279752	284		8.61	71.00	1.24	325.00	26.50
E16		348883	9278899	239		8.41	68.00	1.26	310.00	26.49
E17		348500	9278147	232		8.31	60.00	1.35	295.00	26.47

Anexo 2. Formato de registro de parámetros fisicoquímicos.

Formato de registro de parámetros fisicoquímicos																						
"Uso del orden Odonata como bioindicador para la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca Shilcayo"																						
(Primera Edición)																						
Clase	Orden	Sub-orden	Estaciones de monitoreo																	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17			
Insecta	Odonata	Anisopteras	10	8	6	4	2	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	11
		Zygoptera	55	43	39	36	49	12	11	11	10	8	7	6	5	2	3	2	1	300	89	
Total			65	51	45	40	51	13	13	12	12	8	7	6	5	2	3	2	1	336	100	