



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN PRINCIPALES ZONAS DE CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA DE PUNO – LAGO TITICACA

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. FRIDIAN JOSÉ PONCE HERRERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

A mi papá Rogelio Ponce, por sus consejos a mi persona, por siempre estar conmigo en las malas y buenas, por la paciencia que me tuvo desde pequeño y todo lo que hizo para que sea la persona que soy hoy en día, todo es gracias a él por su apoyo constante y todas las dificultades que pasamos ambos.



AGRADECIMIENTOS

Agradecer principalmente Al IMARPE, por aceptarme como tesista, ya que sin su apoyo este proyecto no se habría podido llevar a cabo.

Agradezco a mi padre quien me ha motivado desde pequeño a estudiar y soy la persona que soy hoy en día por él, quien me ayudo a formarme desde pequeño con valores.

A mi familia por brindarme apoyo motivacional durante mi estadía en la Universidad Nacional del Altiplano.

A mi Universidad Nacional del Altiplano, quien me formo un profesional de valores durante mi permanencia con prestigio que representa mi casa de estudios.

A mis compañeros de promoción quienes me apoyaron durante mi carrera, quienes estuvieron conmigo hasta culminar la carrera.

A mis docentes de la Universidad Nacional del Altiplano en especial a la mención en Ecología, quienes imparten conocimiento para formar profesionales respetables que apoyen a nuestra sociedad en nuestra rama, docentes que me apoyaron día a día en mi formación académica.

A mi asesora de la tesis Dra. Martha Aparicio Saavedra, por compartir sus conocimientos y enseñanzas conmigo, quien tuvo mucha paciencia conmigo tanto como docente y asesora.

A Cesar Gamarra Peralta, Coordinador del Laboratorio Continental de Puno IMARPE, por el apoyo para poder realizar mi proyecto de investigación.

A la gran persona quien fue el pilar principal para realizar esta investigación, mi asesora externa miembro del IMARPE, Carmen Villanueva Quispe por sus enseñanzas y paciencia durante toda mi estadía como tesista.

A mi gran amigo Carlos Achahuanco Mamani, quien estuvo siempre apoyándome en mi etapa universitaria, amigo a ti quien te debo tanto, no tengo palabras para agradecerte todo tu apoyo incondicional, te adelantaste y haces falta.

Para concluir mis sinceros agradecimientos quienes estuvieron de manera directa o indirecta en mi proyecto, agradecerles a quienes apoyaron que este proyecto culmine satisfactoriamente.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 13

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 15

2.2. MARCO TEÓRICO. 20

2.2.1. CONTAMINACION 20

2.2.2. CONTAMINACION DEL AGUA 20

2.2.3. EUTROFIZACION..... 20

2.2.4. MACROINVERTEBRADOS. 21

2.2.5. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS..... 29

2.2.6. LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO

INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA. 29



2.2.7. LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS MACROINVERTEBRADOS.	30
2.2.8. PARAMETROS FISICOQUIMICO DE LA CALIDAD DEL AGUA.	30

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	32
3.2. TIPO DE ESTUDIO.	34
3.2.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	34
3.2.1.1. CÁLCULO DE POBLACIÓN ACTUAL.	34
3.2.1.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	34
3.3. METODOLOGÍA	35
3.3.1 FRECUENCIA DE LA EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LA BAHÍA PUNO	35
3.3.2. EQUIPOS Y MATERIALES.....	36
3.4. VARIABLES ANALIZADAS.....	38
3.4.1. APLICACIÓN DE PRUEBAS BIOESTADÍSTICAS.	39

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LA BAHÍA PUNO.	41
4.1.1. ANÁLISIS DE DIVERSIDAD SHANNON, SIMPSON Y EQUIDAD.	41
4.1.2. MES DE FEBRERO.	44
4.1.3. MES DE ABRIL.....	46
4.1.4. MES DE JUNIO.	48
4.1.5. MES DE AGOSTO.	50



4.1.6. MES DE OCTUBRE.....	52
4.2. RELACIÓN DE LA TEMPERATURA, PH, OXÍGENO DISUELTO Y CONDUCTIVIDAD EN LA BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DE LA BAHÍA DE PUNO.	54
4.2.1. TEMPERATURA.	54
4.2.2. OXÍGENO DISUELTO.....	56
4.2.3. pH.	59
4.2.4. CONDUCTIVIDAD.....	61
4.3. CORRELACIÓN DE LA DIVERSIDAD.....	63
V. CONCLUSIONES.....	72
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. REFERENCIAS.....	74
ANEXOS.....	82

ÁREA: Ciencias Biomédicas

LÍNEA: Calidad Ambiental

FECHA DE SUSTENTACION: 21 de junio del 2019



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hyalella sp.....	24
Figura 2. Littoridina sp.	25
Figura 3. Taphius montanus.....	26
Figura 4. Sphaerium forbesi.....	28
Figura 5. Helobdella sp.....	28
Figura 6. Estaciones de evaluación en la Bahía de Puno – Lago Titicaca.....	32
Figura 7. Distribución de macroinvertebrados bentónicos durante el mes de febrero. ..	44
Figura 8. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de abril.....	46
Figura 9. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de junio.	48
Figura 10. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de agosto.....	50
Figura 11. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de octubre	52
Figura 12. Temperatura de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.....	55
Figura 13. Oxígeno Disuelto de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.....	57
Figura 14. pH de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.	60
Figura 15. Conductividad de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.	62
Figura 16. Preparación de los materiales para la identificación de las muestras recolectadas.	82
Figura 17. Preparación de las muestras para separar los macroinvertebrados.....	82
Figura 18. Búsqueda de las especies para su identificación.	84
Figura 19. Observación de las especies para su identificación.....	84
Figura 20. Muestras de las especies para su identificación.	85
Figura 21. Contabilización de las especies para su identificación.....	85



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de muestreo de la Bahía de Puno – Lago Titicaca.....	33
Tabla 2. Registro de macroinvertebrados.	41
Tabla 3. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos.....	43
Tabla 4. Valores de diversidad, dominancia y equidad del mes de febrero.	45
Tabla 5. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de abril.....	47
Tabla 6. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de junio.....	49
Tabla 7. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de agosto.....	51
Tabla 8. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de octubre.....	53
Tabla 9. Coeficiente de correlación para riqueza de macroinvertebrados.....	64
Tabla 10. Valores del coeficiente de correlación para densidad de macroinvertebrados.....	67
Tabla 11. Valores del coeficiente de correlación para las especies.....	69
Tabla 12. Ficha de laboratorio para registro especies y número de individuos.....	83
Tabla 13. Guía de (Gamboa et al., 2008).....	86
Tabla 14. Guía de (Gamboa et al., 2008).....	87



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

BIC	:	Buque de Investigación Científica.
E	:	Estación.
IMARPE	:	Instituto del Mar del Perú.
Km ²	:	kilómetro cuadrado.
km ³	:	kilometro cúbico.
Log ₁₀	:	Logaritmo decimal.
m	:	Metro.
mg/L	:	Miligramo por litro.
MINAM	:	Ministerio Nacional del Ambiente – Perú
msnm	:	Metros sobre el nivel del mar.
NH ₃	:	Amoníaco.
NH ₄ ⁺	:	Amonio.
NO ₃ ⁻	:	Nitrato.
pH	:	potencial de hidrogeno.
<i>sp</i>	:	Especie.
S	:	Sur.
W	:	Oeste.
μ	:	Micra.
μS/cm	:	Micro siemens por centímetro.
°C	:	Grado centígrado.
° ' ''	:	Grado, minuto y segundo.



RESUMEN

Los macroinvertebrados bentónicos y su presencia refleja las condiciones del ambiente donde viven (físicas, químicas y bióticas) y el nivel de deterioro ambiental ocasionadas por las actividades humanas. La Bahía de Puno, presenta puntos críticos de contaminación por vertimientos de aguas residuales y residuos sólidos urbanos, que hacen que la calidad ambiental se deteriore. Por lo que se evaluó la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en principales zonas de contaminación de la Bahía Puno – Lago Titicaca, en 11 estaciones durante en los meses de febrero, abril, junio, agosto y octubre del 2016. Las muestras fueron recolectadas a bordo del Buque de Investigación Científica IMARPE, con una draga de tipo Vam Veen, y se identificó los organismos a nivel de género y especie. Registrándose 22 especies en total; la temperatura más alta se registró en febrero con 18.6 °C y la menor en junio con 10.1 °C. y un promedio de 14.1 °C, para el oxígeno disuelto con el más alto registró en agosto con 15.31 mg/L y la menor en octubre con 1.25 mg/L, con un promedio de 6.9 mg/L, el pH más alto se registró en octubre con 10.17 y la menor en abril con 7.76 y con un promedio de 8.9, la conductividad más alta se registró en octubre con 1899 uSm/cm y la menor en agosto con 648 uSm/cm y con un promedio de 1543.1 uSm/cm; la comunidad de macroinvertebrados, tuvo una variada composición en los meses de evaluación, que pueden ser base para nuevos estudios de la región, la temperatura fue cambiando, con respecto al cambio de estación a partir del mes de agosto; Los valores de oxígeno disuelto reafirma los anteriores estudios que están directamente influenciados por la presencia de materia orgánica; los altos valores de pH, nos indican la alcalinidad del agua y la conductividad sin registros anteriores de estudios.

Palabras Clave: Análisis fisicoquímicos, diversidad, Macroinvertebrados bentónicos.



ABSTRACT

The macroinvertebrates and their presence in the environmental conditions where they live (physical, chemical, and biotic) and the level of environmental damage caused by human activities. The Bay of Puno presents a simple vision of the times of sewage and urban waste, which cause deterioration of environmental quality. The diversity of benthic macroinvertebrates in the urban areas of the bay of Puno - Lake Titicaca, evaluated in 11 stations during the months of February, April, June, August, and October 2016. The samples were collected on board the Scientific Research Vessel IMARPE, with a Vam Veen-type Dredger, and a genus and species level are identified. Record of 22 species in total; The highest temperature is recorded in February with 18.6 ° C and the lowest in June with 10.1 ° C and an average of 14.1 ° C, for dissolved oxygen with the highest in August with 15.31 mg / L and the lowest in October with 1.25 mg / L, with an average of 6.9 mg / L, the highest pH was in October with 10.17 and the lowest in April with 7.76 and with an average of 8.9, the highest conductivity is in October with 1899 uSm / cm and the lowest in August with 648 uSm / cm and with an average of 1543.1 uSm / cm; The macroinvertebrate community had a varied composition in the months of evaluation, which may be the basis for new studies of the region, the temperature was changing, with respect to the change of season since August; The oxygen values have not confirmed previous studies that are directly influenced by the presence of organic matter; High pH values indicate water alkalinity and conductivity without prior study records.

Key Words: Physicochemical analysis, diversity, benthic Macroinvertebrates



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Roque et al., (2009) señalan que el Titicaca es el lago más navegable del mundo y una de las maravillas naturales del Perú, se ubica por encima de los 3820 msnm y es una fuente muy importante de agua una fuente de recursos y recursos hidrobiológicos. para la población, que habita las áreas circadianas, por otra parte Norcothe (1991) menciona que la contaminación en la bahía interior del lago Titicaca se debe al origen de la población demográfica, como se destaca en los días de mercado y festividades religiosas de la ciudad de Puno, también Roque et al., (2009) menciona que la bahía interior de Puno recibe la mayor parte de estos desechos y ha mostrado signos de contaminación en los últimos años, solo comentando que “el lago Titicaca está contaminado con aguas negras, sequía, desesperación orgánica, detergentes, petróleo y minerales arrojan los laboratorios, concentraciones de plantas concentradoras, minerales, etc., que lamentablemente están haciendo reducir la presencia de peces, aves y todo rastro de vida animal o vegetal” (Mamani, 2010).

La contaminación en la Bahía del Lago Titicaca es un problema que se ha presentado a lo largo de los años desde las décadas de 1960 y 1980 con el crecimiento poblacional de la ciudad de Puno y los pueblos aledaños al Lago Titicaca, aumentando la contaminación e incluso aumentando la contaminación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que tiene como función básica de reducir la contaminación de las aguas residuales antes de que sean vertidas al agua receptora, para que no tenga impacto en el medio ambiente y cambie el estado normal de la naturaleza, a estos sistemas no se les ha



dado ninguna importancia en relación al crecimiento poblacional, los problemas de contaminación del Titicaca están aumentando, esto genera futuras investigaciones.

La fauna representativa del lago Titicaca está influenciada por la contaminación de diversos factores, uno de los cuales se debe a los cambios provocados por las actividades humanas en los ecosistemas fluviales, algunas especies animales son consideradas bioindicadores de la calidad ambiental y ocupan un hábitat con determinadas condiciones ambientales, uno de ellos son los macroinvertebrados bentónicos grupo de indicadores de la calidad del agua, igual que otros bioindicadores reaccionan a los cambios ambientales y por tanto estos organismos se han vuelto cada vez más importantes, también participan en la recirculación de nutrientes y la descomposición de sustancias orgánicas.

La aparición de macroinvertebrados bentónicos refleja además las condiciones del entorno en el que viven, así como las condiciones físicas, químicas y bióticas, estos organismos han demostrado ser buenos indicadores de la calidad del medio acuático, ya que responden a diversas perturbaciones y son sensibles a la contaminación orgánica, también se han detectado antecedentes y varios procesos de deterioro ambiental hacia la bahía de Puno del Lago Titicaca, por ello que se da el papel fundamental que desempeñan los macroinvertebrados bentónicos en los sistemas acuícolas, razón por la cual se plantearon los siguientes objetivos de la investigación:

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en principales zonas de contaminación de la Bahía de Puno – Lago Titicaca.



1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos de la Bahía Puno.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad) de las zonas de muestreo.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Gamboa et al., (2008) sugieren que investigaciones recientes sugieren la necesidad de un enfoque multifactorial que permita incorporar reacciones químicas, bioquímicas, biológicas y etológicas al bio monitoreo para detectar perturbaciones o impactos ambientales en sistemas acuáticos utilizando macroinvertebrados bentónicos confiables. para determinar el bio monitoreo de los ecosistemas de agua dulce, que son bioindicadores potenciales en los lagos según Muñoz (2001), por otra parte el aumento de dichos estudios puede crear mejores recursos para la eliminación de aguas residuales y el monitoreo ambiental a fin de crear índices de contaminación y perspectivas de remediación de ríos, así como nuevas leyes y ordenanzas para la protección de ecosistemas de agua dulce según Gamboa et al., (2008), la inclusión de macroinvertebrados de agua dulce en el monitoreo ambiental de dicho ecosistema ha experimentado un auge a nivel mundial en los últimos años, por lo que ha ido creciendo en el últimas décadas el interés por conocer el estado de las masas de agua y su desarrollo en el tiempo para encontrar estándares de evaluación de la "calidad del agua" que permitan cumplir con los requisitos para el uso del recurso según Hahn-Vonhessberg et al., (2009.). Por tanto, estos bioindicadores representan una medida alternativa para la salud ambiental (Gamboa et al., 2008).

Hahn-Vonhessberg et al., (2009) se cuantificaron los grupos de macroinvertebrados presentes en el licor mixto y su relación con la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales El Retiro en el departamento de Antioquia, por otra parte según García (1999), la distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se investigó la calidad del agua, el desarrollo de estas



actividades no ecológicamente sensibles conduce a la liberación de cantidades excesivas de contaminantes orgánicos, provocando procesos que reducen progresivamente la capacidad de los ecosistemas acuáticos para disponer de estos desechos (Villanueva et al. 2016).

Muñoz (2001) evaluó la biodiversidad de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de cinco lagos de la VIII Región de Chile (Chica y Grande de San Pedro, Lleu-Lleu, Quiñenco y Lanalhue) y discutió su asociación a diferentes niveles de trofia. Se registro un total de 44 especies de morfo, la mayoría de las cuales corresponden a larvas de insecta, entre las que se encuentran Annelida, Mollusca, Crustacea y Platyhelminthes. El número de especies de morfo fue similar al de otros lagos sudamericanos con climas templados, por otra parte, Walteros y Paiba (2010) registraron 44 familias en 14 órdenes de macroinvertebrados acuáticos, el 86% de las cuales pertenecen a la clase de insecta. Los órdenes más comunes fueron Diptera y Trichoptera, las familias Leptoceridae, Elmidae y Simuliidae se reportaron en todas las estaciones, mientras que Gyrinidae, Gerridae, Mesovellidae, Dolichopodidae, Ephydriidae, Muscidae, Culicidae, Tabanidae y Libellulidae solo en un punto de muestreo, en el trabajo realizado por González et al. (2012) registraron 12443 macroinvertebrados, distribuidos en 17 órdenes, 62 familias y 156 géneros. En Bach Romerales también recogió 8.992 individuos, 13 órdenes, 45 familias y 112 géneros, en la quebrada Olivares un total de 3451 individuos, 12 órdenes, 52 familias y 112 géneros. El orden Coleoptera y Diptera tiene la mayoría de los géneros seguidos de Trichoptera y Ephemeroptera.

Por otro lado, Hahn-Vonhessberg et al. (2009) registraron 11800 macroinvertebrados pertenecientes a 22 órdenes y 55 familias en 8 muestras aleatorias. La familia más común fue Chironomidae con 3806 individuos, seguida de Thiaridae con 3150 individuos, Palaemonidae con 793 individuos, Hydrobiidae con 531 individuos,



Hydropsychidae con 383 individuos, Physidae con 249 individuos, Planariidae con 281 individuos con 48 familias restantes¹ entre 1 y 150 individuos, Muñoz (2001) menciona que cualitativamente los taxones característicos difieren según el nivel trófico de los lagos y el hábitat al que pertenecen. Tras analizar la abundancia relativa de los principales grupos encontrados en cada lago, se encuentra una clara relación entre el nivel de trofia y la presencia de insectos, teniendo en cuenta Platemintas, Annelida, Mollusca y Crustacea, por otro lado Hahn-Vonhessberg et al., (2009), reflejan diversos cambios en el ecosistema, además ofrecen una serie de ventajas que tienen que ver con la precisión y la toma de decisiones de cuáles son los contaminantes, los métodos biológicos fisicoquímicos se complementan en la evaluación. sobre la calidad de aguas.

Por otro lado, Alvarado (2012) realizó una evaluación preliminar de la riqueza y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos recolectadas en dos capas (orilla y 1 metro de profundidad) de la Laguna de Quistococha (Loreto, Perú). La orilla tiene la mayor riqueza “11 especies” y la mayor abundancia “109 individuos” de macroinvertebrados bentónicos en comparación con 1 m de profundidad, donde solo se registraron 5 especies y 51 individuos. Para todas las áreas de recolección, la especie *Chironomus* sp fue más común tanto en la orilla “79 individuos” como a una profundidad de 1 m “43 individuos”, la diversidad de especies de los macroinvertebrados del río Cunas - Junín - Perú, el orden Diptera mostraron que en la época seca y la época lluviosa tienen la mayor abundancia de individuos (71,8 y 74,3%, respectivamente), seguidos por el orden Ephemeroptera. Las especies del orden Coleóptera alcanzaron su mayor abundancia en la época seca, seguidas por las del orden Trichoptera en la época de lluvias. Hemíptera fue el orden con menor frecuencia de la clase insecta, en ambos tiempos de muestreo "0.2% en aguas bajas y 0.04% en lluvias" según Villanueva et al., (2016) y por otra parte en el lago Titicaca está uniformemente constituida por la asociación. Las



variaciones irregulares de la población están más estrechamente relacionadas con variaciones físicas menores en el medio ambiente que con procesos biológicos como la competencia interespecífica o la depredación (Dejoux et al., 1991).

Villanueva et al., (2016), realizaron la valoración de las presiones antropogénicas sobre el medio acuático y la biodiversidad de macroinvertebrados del río Cunas – Junín - Perú, respecto al pH del agua de 7,17 en el sector San Blas, en época de lluvia a 7,97 en el sector La Perla, en época de estiaje, Los valores de oxígeno disuelto obtenidos en dos de los tres sectores de muestreo reflejan los niveles relativamente buenos de oxígeno; La temperatura del agua en los tres sectores de muestreo refleja básicamente una temperatura uniforme, Rivera et al., (2013) en su investigación señalan que los parámetros estadísticos descriptivos de las variables físicas y químicas, las temperaturas del aire y del agua registraron fluctuaciones similares, la conductividad y el porcentaje de saturación de oxígeno se relacionan positivamente y éstas a su vez, con las familias de la clase dos en el sexto muestreo realizado, para el séptimo muestreo, las familias de la clase dos están relacionadas con el pH y para la clase uno con la conductividad, las familias de la clase uno están presentes a mayores temperaturas y menores valores de conductividad (Hahn-Vonhessberg et al., 2009).

Gamboa & Arrivillaga (2008) mencionan que los grupos de fauna son considerados bioindicadores de la calidad ambiental, los macroinvertebrados bentónicos son los mejores indicadores de la calidad del agua, ya que estos organismos se han vuelto cada vez más importantes en el análisis de la calidad del agua según Hahn-Vonhessberg, Toro, Grajales-Quintero, Duque-Quintero y Serna-Urbe, (2009), pero también están involucrados en la recirculación de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica, Ramírez & López (2013) menciona que los macroinvertebrados bentónicos y su mera presencia reflejan el las predominantes condiciones reflejadas en el medio en el que viven,



tales como condiciones físicas, químicas y bióticas, además de las diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales según González, et al., (2012), a su vez son utilizados como testigos biológicos ya que reflejan las condiciones y cambios ecológicos que se producen en el sistema según Arango et al., (2008), como los cambios causados por la actividad humana en los ecosistemas fluviales, estos organismos son sensibles a la contaminación orgánica y la degradación del hábitat. (González et al., 2012).

Mamani (2010) Los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales no se han incrementado en la misma proporción que el crecimiento de la población, como se desprende de una de las primeras investigaciones que da a conocer los problemas de contaminación del Titicaca, en su estudio en la Bahía Interior de Puno revela que las disminuciones en el contenido de oxígeno disuelto se debe como primer factor a la altura lo que hace que generalmente las disminuciones en el contenido de oxígeno desde la superficie hasta cerca del fondo en las aguas de la bahía interior de Puno son pequeñas y están relacionadas con la temperatura por ejemplo a 10 y 20 °C los niveles de oxígeno disuelto en aguas saturadas del lago son de solo 7.3 y 5.8 mg/L respectivamente; a su vez realizo muestreos a mediados de abril de 1983 eligiendo dos estaciones de la bahía Interior la primera en la superficie y la segunda cercana al fondo, en ambas estaciones el resultado presento que el pH era constante con valores superiores a 8.0 y en algunas ocasiones hasta 8.75. Los altos valores de pH en la bahía interior de Puno pueden ser el resultado de la elevada actividad fotosintética (Norcothe, 1991).

Según Cabezas (2008), menciona que los macroinvertebrados identificados en el río Coata del distrito de Juliaca, estuvieron constituidos por 31 familias donde 69% corresponde a la clase Insecta con individuos en estadios inmaduros, el 15% está representado por Hirudineos, Turbelarios mientras que el 6% corresponde a Crustácea, Mamani (2013) en su evaluación en el río Ilave ,específicamente en la desembocadura



del canal municipal identifico un total de 11 familias donde Chironomidae represento el 82.22%, también Salamanca (2013) evaluó la comunidad bentónica en la bahía interior de Puno donde se concentró la mayor cantidad de residuos orgánicos registrando 6 familias entre ellas: Chironomidae, Tubificidae, Hyalellydae, Hirudinae, Planorbidae y Ostracoda.

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. CONTAMINACION

Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas o biológicas en un ambiente o entorno. Afectan o pueden afectar la vida de los organismos y en especial la humana (Ricklefs, 2001).

2.2.2. CONTAMINACION DEL AGUA

Es el resultado de la incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, desechos industriales, agrícolas, animales, aguas residuales u otras especies. Estos materiales degradan la calidad del agua y la hacen inutilizable para los usos requeridos (Roldan et., al 1981).

2.2.3. EUTROFIZACION

La eutrofización es un estado de tensión que acelera los ciclos que determinan una desviación paralela en las relaciones entre pares de componentes relacionados y, por otro lado, evacuan parte del nitrógeno y oxígeno a la atmósfera y con el carbono orgánico con el fosforo hacia el sedimento. Gracias a la acción de diversos mecanismos reguladores, el ecosistema se desvía menos de lo esperado de su situación inicial (Margalef, 1997).

Por otro lado, la eutrofización ocurre cuando las tasas de entrada de fósforo y nitrógeno, así como de otros nutrientes con menor demanda son relativamente altas y por lo tanto aumentando las actividades cíclicas están en la regeneración de nutrientes inorgánicos y orgánicos (Wetzel, 1981).

2.2.4. MACROINVERTEBRADOS.

Organismos que se encuentran invariablemente en un ecosistema de características definidas, algunas veces su población es porcentualmente superior o ligeramente superior al resto de los organismos con los que comparte un hábitat, pueden ser observados a simple vista ya que alcanzan un tamaño igual o mayor a 1mm (Roldan et al., 1999).

A continuación, se detalla la ubicación taxonómica y fotografías de las especies que sirvieron como guía para identificar (Dejoux, 1991).

A) *Hyaella* sp. Anfípodo muy representativo del lago Titicaca una de las especies de zooplancton representativo de aguas continentales, que tienen una amplia distribución (Faxon, 1876).

Reino	:	Animalia
Filo	:	Arthropoda
Sub filo	:	Crustáceos
Clase	:	Malacostraca
Orden	:	Amphipoda
Familia	:	Hyaellidae
Género	:	<i>Hyaella</i>

a) *Hyaella longipes*: Tiene 11 espinas dispuestas a lo largo de la línea dorsal del cuerpo. El primer segmento torácico lleva dos espinas, una es pequeña, situada delante del segmento y la segunda, apenas más larga, está situada atrás. Todas las otras espinas salen detrás de los segmentos y son cada vez más largas, de adelante hacia atrás, hasta la novena. Los ojos son protuberantes. El telson es entero. El



flagelo del primer par de antenas tiene 13 segmentos, el del segundo posee 14 segmentos. El sexto y séptimo par de patas son más largas (Faxon, 1876).

- b) *Hyalella lucifugax*: También es una especie fácil de identificar gracias a una línea de 11 espinas que se desarrollan a lo largo de la línea dorsal, a partir de la región posterior de los segmentos, excepto la primera que se origina en la parte anterior del primer segmento. Las primeras 6 ó 7 espinas son encorvadas hacia adelante y las siguientes son perpendiculares al eje del cuerpo. Las antenas tienen una longitud casi similar y las patas abdominales son muy largas. El cuerpo mide aproximadamente 11 mm (Faxon, 1876).
- c) *Hyalella latimana*: Esta especie de cuerpo grueso, de 12 a 13 mm de longitud, es una forma mucho menos característica que las anteriores, aunque todavía se distinguen 4 ó 5 espinas dorsales más o menos aplanadas. En realidad, se trata más bien de excrecencias de la parte superior de los segmentos que de verdaderas espinas, como en las especies descritas anteriormente. El primer par de antenas es mucho más corto que el segundo y, extendidas, su pedúnculo llega apenas al centro del pedúnculo del segundo par. Cada uno de los flagelos de los dos pares de antenas poseen 11 segmentos. La base del carpopodito del segundo par de patas del macho es muy angulosa (Faxon, 1876).
- d) *Hyalella longipalma*: Esta especie, también muy grande (10 a 13 mm), sólo posee 3 espinas dorsales situadas a la altura del quinto segmento torácico y de los 2 primeros segmentos abdominales. Estas espinas pueden estar erguidas, o ligeramente encorvadas hacia adelante, según los individuos. La parte ínfero-posterior de los 3 primeros segmentos abdominales es puntiaguda hacia atrás; el



telsón es entero. El flagelo del primer par de antenas presenta 15 segmentos, así como el segundo par que es más largo. El carpopodito del segundo par de patas del macho es ovalado, sin punta basal como en la especie anterior. El tegumento del caparazón está cubierto de pequeños pelos dispersos y presenta en algunos lugares figuras en forma de cruz (Faxon, 1876).

- e) *Hyalella cuprea*: No posee ninguna formación espinosa o dentellada y la parte ínfero-posterior de los 3 primeros segmentos abdominales es ligeramente puntiaguda. El flagelo del primer par de antenas posee cerca de 10 segmentos, el segundo par siendo mucho más largo que el primero y mide 1/3 de la longitud total del cuerpo. Los 5°, 6° y 7° pares de patas torácicas son cortos, pero poseen bas9poditos grandes; el So par es más corto que los otros. La longitud total del cuerpo mide 9 a 11 mm y el tegumento presenta reflejos cobrizos sobre todo el cuerpo (Faxon, 1876).
- f) *Hyalelladentata* var. *Inermis*: Los especímenes examinados por FAXON (1876), e identificados con este nombre, sólo se diferencian de la especie descrita inicialmente en los Estados Unidos por Smith (1874), por los tegumentos de apariencia más compacta y menos transparentes. Tienen una forma pequeña sin espinas, de 5 mm de longitud; su morfología es bastante banal. Relativamente parecida a la especie anterior, es difícil distinguirla cuando se trata de especímenes de pequeño tamaño (Smith, 1874).
- g) *Hyalella knickerbrockeri*: Esta especie pertenece a la serie de taxones con espinas dorsales. Sin embargo, estas excrescencias dorso-posteriores de los segmentos no

sobresalen mucho y conciernen mayormente a los dos primeros segmentos abdominales. El último segmento torácico puede eventualmente presentar una excrecencia más o menos aplanada; su número total varía entonces de 2 a 3 según los individuos. Además, los bordes latero-inferiores de los segmentos abdominales son levemente alargados y forman un ángulo inferior a 90° . Las antenas son cortas, el flagelo del primer par lleva 7 a 9 segmentos y el del segundo par, de longitud variable, puede llevar de 8 a 15 segmentos. Esta pequeña especie mide de 7 a 8 mm (Bate, 1862).



Figura 1. *Hyalella sp.*

B) *Littoridina sp.*: Macroinvertebrado bentónico, especie de gasterópodo de la familia Hydrobiidae que vive entre 0.5 a 14.3 m, Son pequeños caracoles de agua dulce con una branquia y un opérculo, tiene una amplia distribución batimétrica (Hass, 1955; Orbigny, 1835).

Reino	:	Animalia
Filo	:	Mollusca
Clase	:	Gastropoda
Super Orden	:	Caenogastropoda
Orden	:	Sorbeoconcha

Suborden	:	Hypsogastropoda
Infra Orden	:	Littorinimorpha
Superfamilia	:	Rissooidea
Familia	:	Hydrobiidae
Género	:	<i>Littoridina</i>



Figura 2. *Littoridina* sp.

- a) *Littoridina berryi*: Aunque señalada como la forma más frecuente del lago Titicaca, y también la más grande según Hass (1955), esta especie presenta tantas variaciones de dimensión que nunca nos ha parecido muy evidente distinguirla de *Littoridina andecola culminea* según Pilsbry (1924), en su descripción de la especie señala una altura de concha variando entre 7,5 y 8 mm para individuos adultos, con un ancho comprendido entre 3,2 y 4,1 mm. según Haas (1955), señala en cambio individuos pudiendo presentar una altura sobrepasando 12 mm y un ancho de 5,1 mm para 9 vueltas y media. Cuando se sabe que *L. andecola culminea* puede presentar también 9 vueltas y media (Pilsbry, 1924).

C) *Taphius montanus* (sinonimia *Biomphalaria montanus*): Este Planorbidae es endémico en la cuenca del Lago Titicaca, Su tamaño es importante ya que puede llegar a medir 22 mm de diámetro para una altura de 10 mm Distribución en el interior del lago “10 a 82 m” (Orbigny, 1835).

Clase	:	Gastropoda
Subclase	:	Heterobranchia
Infra Clase	:	Pulmonata
Orden	:	Hygrophila
Súper Familia	:	Planorboidea
Familia	:	Planorbidae
Subfamilia	:	Planorbinae
Género	:	<i>Taphius</i>



Figura 3. *Taphius montanus*.

D) *Sphaerium forbesi*: Distribuido entre 3 200 y 4 700 m.s.n.m. esta especie puebla frecuentemente la zona norte de los Lagos del altiplano y es muy común en el Lago Titicaca. La forma de la concha es característica y presenta un perfil muy redondeado al nivel de los bordes, en los ejemplares jóvenes. En el adulto, que puede sobrepasar un centímetro de longitud y de forma general globulosa, la



primera fase de crecimiento de la concha se individualiza netamente en la base de cada valva, enlazándose por un anillo más o menos marcado, pudiendo presentar en ciertos casos el aspecto de un casco a cada lado de la charnela. Esta forma extrema es llamada excesiva. El color general de *S. forbesi* es pardo amarillo, la base de la concha siendo a veces gris azulada según Philippi (1889) citado por (Dejoux, 1991).

- a) *Sphaerium lauricochae*: No señalan esta especie en el lago Titicaca, sino en sus alrededores poco alejados. Sin embargo, damos aquí una diagnosis corta ya que pensamos haberla hallado en el lago mismo. Encontrada cerca de la desembocadura del río Suches, es no obstante posible que los individuos muestreados hayan sido transportados al estado larval desde el río (donde esta especie es señalada) y hayan continuado su desarrollo en esta parte del Lago Mayor según Philippi (1869) y (Kuiper y Hinz) citado por (Dejoux 1991). El material colectado por Philippi (1869) habiendo sido probablemente perdido, una nueva descripción de un neotipo es dada por (Kuiper y Hinz), de la cual seleccionan los principales caracteres:

- concha delgada, subtransparente y relativamente plana,
- periostracum grisáceo, sin estrías de crecimiento visibles,

Reino : Animalia
Filo : Mollusca
Clase : Bivalvia
Orden : Veneroida

Familia : Sphaeriidae

Género : *Sphaerium*



Figura 4. *Sphaerium forbesi*.

E) *Helobdella* sp.: Conocida en Puno y en Pomata, esta especie no es endémica del Lago Titicaca, sino de lagos y ríos de altura del Perú (Ringuelet, 1960).

Reino : Animalia

Filo : Annelida

Clase : Clitellata

Subclase : Hirudinea

Orden : Rhynchobdellida

Familia : Glossiphoniidae

Género : *Helobdella*



Figura 5. *Helobdella* sp.



2.2.5. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.

Los macroinvertebrados bentónicos son aquellos organismos invertebrados que se desarrollan en el medio acuático en una determinada etapa de su ciclo de vida. Abarca insectos moluscos, crustáceos, turbelarios y anélidos principalmente según Alba y Sánchez (1988), pueden definirse como aquellos organismos visibles a simple vista y que habitan en el fondo de los ambientes acuáticos (Lopreto, 1995).

2.2.6. LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA.

En las últimas décadas, los sistemas fluviales han estado expuestos a fuertes presiones de uso y cambios de uso del suelo, que afectan la calidad del agua a través de las principales actividades que se desarrollan en relación con las cuencas hidrográficas es lo que menciona, Branco (1984), así mismo, las poblaciones de macroinvertebrados que se encuentran en las aguas de un ecosistema fluvial determinado desarrollan gran parte de su vida allí y se asocian con propiedades típicas del agua, lo que las convierte en indicadores potenciales de la calidad del agua (Jara, 2002).

Villanueva et al., (2016) Los cambios en estas condiciones se reflejarán en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados ya que responden más rápidamente a los cambios ambientales que otros bioindicadores; que pueden mostrar reacciones obvias cuando es demasiado tarde para la gestión de cuencas hidrográficas. Por otra parte, consideran a los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, seguidos de las algas, protozoos, bacterias y, en menor medida, peces, macrófitas, hongos y virus estos organismos son algo similares al resto de organismos con los que comparte hábitat (Pérez, 2008).



2.2.7. LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS MACROINVERTEBRADOS.

Hahn-Vonhessberg et al., (2009) señalan que los efectos de la contaminación sobre los organismos bentónicos en los ecosistemas acuáticos de Europa y Estados Unidos han sido ampliamente estudiados, según Pavé y Marchese (2005), los macroinvertebrados se han utilizado recientemente en estudios de impacto urbano, Pavé y Marchese (2005), señalan que los estudios de comunidades de macrobentos son útiles en el análisis del ecosistema para desarrollar planes de manejo, ya que estas comunidades y su productividad están influenciadas por diversos factores del entorno físico, Hurtado et al. , (2005), así como la temperatura del agua, la velocidad de la corriente, la naturaleza del subsuelo y flujo. Este último juega un papel dominante, ya que se relacionan con otros factores físicoquímicos como el oxígeno, el pH y la turbidez, Margalef (1983) en García (1999), La bioindicación con macroinvertebrados acuáticos en Colombia se remonta a la década de 1970 cuando realizaron un relevamiento del río Medellín, donde observaron cambios en la estructura de las comunidades y diferencias en el número y tipo de taxones en una sección no perturbada de descargas industriales y domésticas encontradas en el río Anorí, Machado y Roldán (1981), menciona que estudiaron las propiedades físicoquímicas y biológicas de sus principales afluentes y observaron cómo estos muestran pequeñas fluctuaciones físicoquímicas a lo largo del tiempo.

2.2.8. PARAMETROS FISICOQUIMICO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

En el grupo de los parámetros físicoquímicos de calidad del agua se consideró, la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto son los más importantes y representativos que permiten caracterizar a un medio acuático. La temperatura afecta física, química y biológicamente los procesos en los cuerpos de agua y, por consiguiente,



la concentración de muchas variables; mientras que el oxígeno disuelto es esencial para todas las formas de vida acuática, incluyendo aquellos organismos responsables de los procesos de purificación en las aguas naturales (IMARPE. 2011).

Temperatura: Wetzel (2002), menciona que es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos y afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. Sin embargo, estas fechas pueden variar según el proceso utilizado o el plan de muestreo (Beltran, 2011).

pH: (Wetzel, 2002) Es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno, que sirve para la constatación de hidrogeniones en disoluciones acuosas. Y es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El valor del pH varía mucho con la hora del día y la profundidad del agua, ya que el valor del pH está estrechamente relacionado con la concentración de dióxido de carbono. El agua con alta conductividad es un factor limitante osmótico para la mayoría de las especies, con la excepción de la eurihalina, que puede soportar amplios rangos de variación (Roldán, 1992).

Oxígeno disuelto: (Wetzel, 2002) El oxígeno disuelto es un indicador acerca del estado trófico general de las zonas de estudio. Existiendo tasas diferentes de oxígeno en el hipolimnion, nos indica que el lago muestra un estado de eutrofización que conlleva al estado de improductividad. La cantidad de oxígeno que puede contener el agua disminuye al aumentar la solución, lo que, por supuesto, es una desventaja, ya que al aumentar la temperatura la demanda de oxígeno aumenta (Bronmark & Hanson 2005) citado por (Beltran, 2011).

La conductividad: es una medida de la capacidad del agua de conducir una corriente eléctrica. Es un parámetro sensible a las variaciones de sólidos disueltos, mayormente sales minerales. Típicamente, las aguas cristalinas tienen una conductividad menor a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y las aguas carbonatadas entre 200 a 1'000 de $\mu\text{S}/\text{cm}$ (IMARPE. 2011).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO.

El lago Titicaca es el lago navegable más grande de América del Sur ($15^{\circ}13'16''36$ 'S, $68^{\circ}34'-70^{\circ}02'$ W) con un área de aproximadamente 8400 km² y un volumen de 930 km³ y se encuentra a una altitud de 3810 m sobre el nivel del mar, según Hahmenberger (2003). También incluye tres cuencas, una primera como el lago mayor (6.500 km²) donde se encuentra la profundidad máxima (284 m); y el segundo, el lago pequeño (1.400 km²), que cubre el 16% de la superficie total, con una profundidad promedio entre 20 y 30 m y está conectado al lago mayor por el estrecho de Tiquina. Una tercera región es la Bahía de Puno, a 500 km (Chura et al., 2013).

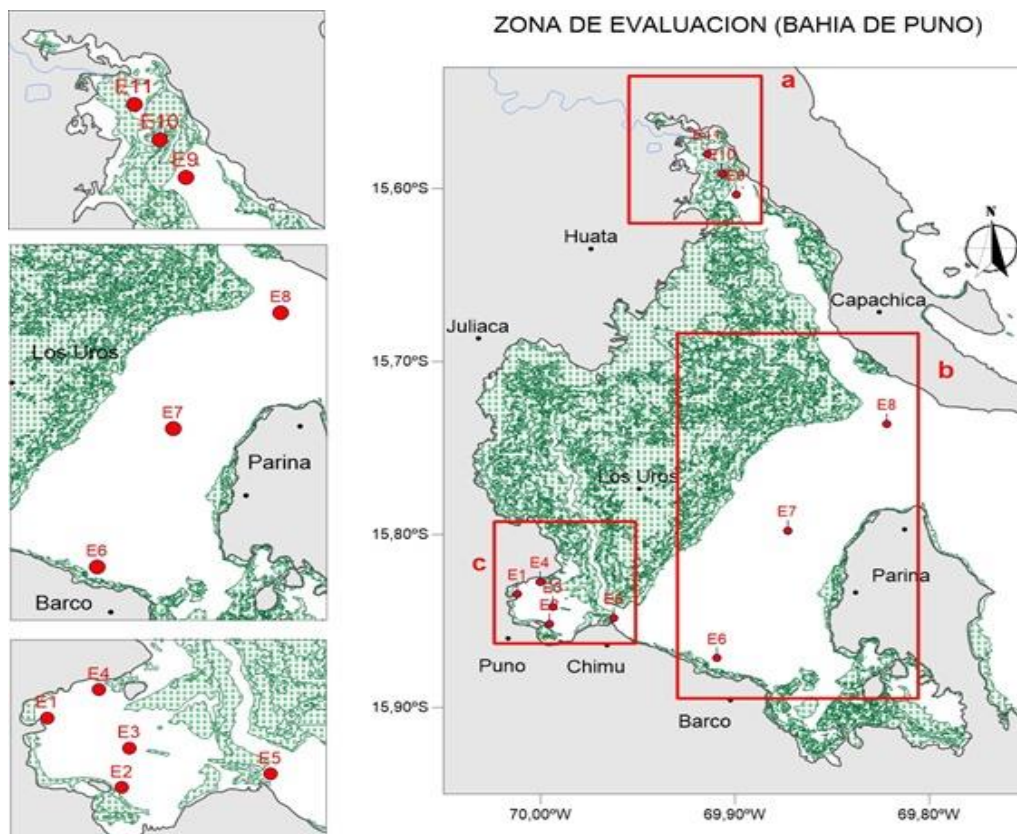


Figura 6. Estaciones de evaluación en la Bahía de Puno – Lago Titicaca

Fuente: (IMARPE, 2016)

En la zona de estudio se establecieron 11 estaciones de muestreo, como se muestra en la (Tabla 1) especificando la ubicación de cada zona.

Tabla 1. Estaciones de muestreo de la Bahía de Puno – Lago Titicaca.

ESTACION	ZONA MUESTREO	PROFUNDIDAD D (m)	COORDENADAS	
			LONGITUD (°)(')	LATITUD (°)(')
E-1	FRENTE A LA UNA	3.0	70 07.205	15 49.7762
E-2	ESPINAR	2.8	69 59.8393	15 51.0263
E-3	RIO WILLY	20.3	69 58.1878	15 49.2203
E-4	FARO VIEJO	5.0	69 59.7568	15 50.4052
E-5	SALIDA CANAL CHIMU	8.0	69 57.6648	15 51.0085
E-6	CHUCUITO BARCO (costado jaulas UNA)	12.7	69 53.5902	15 52.4597
E-7	FRENTE TAQUILE (punto blanco)	69.4	69 45.1931	15 46.5315
E-8	FRENTE LLACHON	45.9	69 47.8708	15 43.6605
E-9	COATA INICIAL (FRENTE CAPANO)	33.0	69 51.3323	15 40.6706
E-10	COATA MEDIO	12.5	69 53.3956	15 37.0205
E-11	COATA FINAL	5.8	69 54.4286	15 36.2497

Fuente: (IMARPE, 2016)

La Bahía-Puno es el dominio de estudio, está conformada por la Bahía Interior y por la Bahía Mayor unida a través de un Canal de navegación. Este ecosistema acuático presenta alto grado de vulnerabilidad, a diario, todas las aguas servidas de la Ciudad de Puno son descargadas en la Bahía Interior, sin ningún tratamiento previo. Otro motivo de preocupación, en el entorno de la Bahía Mayor existen instalaciones de cultivo de trucha, con alta probabilidad que flujos contaminantes desde la Bahía Interior.

El muestreo se realizó principalmente en las zonas donde están instaladas las jaulas para truchicultura y se tomó una muestra testigo en las proximidades de las áreas seleccionadas, El Lago Titicaca muestra un ecosistema heterogéneo, con zonas acuáticas de mayor productividad; que presenta características ambientales focalizadas que



condicionan la distribución de los recursos pesqueros. La contaminación en el lago Titicaca y su cuenca, no está considerada aún como un problema grave, salvo áreas puntuales como la Bahía Interior de Puno; por donde la descarga de aguas residuales de la población ha venido incrementado el proceso de eutrofización. Asimismo, los desagües que aporta la provincia de Juliaca a través de la desembocadura Coata vierten sus desechos a la bahía de Puno; lo cual podría relacionarse con una paulatina desaparición de la diversidad de flora y fauna en la bahía Puno. Aunque en la actualidad no es un problema recurrente; el cultivo truchicola aporta en el incremento de nutrientes en la bahía de Puno del lago Titicaca. Frente a Taquile considerada como zona limpia, donde no existe intervención antropogénica, servirá para comparar zonas contaminadas y no contaminadas con el fin medir el impacto generados por los mismos.

3.2. TIPO DE ESTUDIO.

Estudio de investigación de tipo descriptivo con variables cuantitativas, por el mismo hecho de describir la diversidad de macroinvertebrados en la Bahía de Puno.

3.2.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1.1. CÁLCULO DE POBLACIÓN ACTUAL.

La población fueron los macroinvertebrados existentes en la bahía de Puno del Lago Titicaca.

3.2.1.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

No sé, tenía un cálculo porque era una población finita para la cual la muestra consistió en macroinvertebrados bentónicos del área de estudio de la Bahía de Puno, distribuidos en las 11 estaciones entre las bahías interna y externa y Capachica, con 5 muestreos y se toman muestras durante todo el año, en los meses de febrero, abril, junio,



agosto y octubre "propuesto por IMARPE", un total de 55 muestras tomadas durante el estudio "dos días en campo para recolección de datos y muestra" y luego la evaluación en el laboratorio para identificar la especie.

3.3. METODOLOGÍA.

3.3.1 FRECUENCIA DE LA EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LA BAHÍA PUNO

- En campo.

El muestreo, se realizó durante los meses de febrero, abril, junio, agosto y octubre, en 11 estaciones distribuidas en la Bahía de Puno, frecuencia y zonas de evaluación fue propuesta por el IMARPE (Tabla 1).

A bordo del Buque de Investigación Científica (BIC) IMARPE III; se lanzó una draga de tipo Vam Veen de 0,05 m² de área cobertura, de estas se tomó dos réplicas; el contenido extraído se tamizó con una red de 500μ de abertura de malla, todas las muestras fueron fijadas con formalina al 10% y rotuladas (coordenadas, tipos de muestra, estación y número de réplica) (Figura 18). Dicho muestreo fue al azar dentro de las estaciones georreferenciadas, es por eso por lo que los individuos son la respuesta a este tipo de muestreo y todos son representados por los individuos de la comunidad (Canales, 2009).

- En laboratorio.

En el laboratorio los macroinvertebrados bentónicos fueron identificados utilizando un estereoscopio de marca MEIJI EMZ-8TR, a nivel de género y algunas hasta nivel de especie utilizando trabajos y guías taxonómicas de Dejoux (1991), también Domínguez y Fernández (2009), Pennak (1991) y Needham (1982) y el anexo E y F tablas



que están presentes en Gamboa et al., (2008), las muestras fueron evaluadas una por una luego de la recolección en campo, con apoyo de los miembros del IMARPE que apoyaron de igual manera en la identificación de las especies y algunas guías que fueron de apoyo.

3.3.2. EQUIPOS Y MATERIALES.

EQUIPOS Y MATERIALES DE CAMPO

- Cámara digital fotográfica
- BIC IMARPE III
- Draga
- GPS
- Bandejas de plástico
- Mandil
- Guantes de látex, Caja x 50 unidades
- Botas tobilleras
- Frascos de plástico transparente, tapa rocas B/A 300 ml
- Alcohol al 96%
- Formaldehido
- Cinta masking tape 2"
- Cinta de embalaje 2 1/2"
- Cajas de tecnopor pequeñas
- Balde de plástico de 5 L
- Paños seca todo
- Frasco lavador
- Cucharón de plástico
- Tablero de plástico



- medidor multiparámetro Hanna Instruments IP67.
- Conductímetro
- Lápices
- Marcadores indelebles pinta fina
- Libreta de campo tapa dura
- Mochila de campo

EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

- Estereoscopio
- Mandil
- Guantes de látex, Caja x 50 unidades
- Paños seca todo
- Bandejas de plástico
- Frasco lavador
- Lápices
- Placas Petri
- Cuaderno de 100 hojas A4
- Coladores
- Lapiceros

EQUIPOS Y MATERIALES DE ESCRITORIO

- Computadora de escritorio
- Impresora a tinta
- Papel bond A4 80 gr



- Para evaluar los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad) de las zonas de muestreo.

Mediante el esquema de muestreo sistemático se evaluó un total de 11 estaciones de muestreo. Dependiendo de la profundidad de la zona se tomó muestras de agua a una (fondo) de profundidad y a nivel de fondo empleando una botella Niskin de 05 litros. Se han adoptado los siguientes parámetros:

- **La Temperatura:** Las mediciones de temperatura superficial del lago se realizaron mediante el uso de un termómetro de mercurio protegido, de rango de -8 a 32°C y 0,1°C de precisión. Las mediciones en cada estación fija se ejecutaron a las 08:00 horas a diferente altura, según el punto de monitoreo (IMARPE, 2011).
- **La concentración de oxígeno disuelto:** Se realizaron mediante el uso de un balde plástico para la obtención de la muestra, colectándose un volumen de 100 ml en botellas de vidrio color ámbar con tapa esmerilada. Los análisis se desarrollaron de acuerdo con la metodología de Winkler modificada por Carrit y Carpenter, (1966). Los valores obtenidos fueron expresados en mg/l. El horario de toma de muestra fue a las 08:00 horas.
- **El pH:** Las mediciones de pH se realiza in situ usando un medidor multiparámetro Hanna Instruments IP67, usando la metodología de (IMARPE, 2011).
- **La conductividad:** la medición fue con un conductímetro; basado en la metodología de (IMARPE, 2011).

3.4. VARIABLES ANALIZADAS.

Para la diversidad el estudio es tipo descriptivo con variables cuantitativas, por el mismo hecho de describir la diversidad de macroinvertebrados en la Bahía de Puno.



Para los parámetros fisicoquímicos, se analizarán los parámetros estadísticos descriptivos de las variables físicas y químicas, ya que ellas son usadas para las temperaturas del aire y del agua (Rivera et al., 2013).

3.4.1. APLICACIÓN DE PRUEBAS BIOESTADÍSTICAS.

Los resultados de los individuos obtenidos por la colecta de la draga, individuo x 0,05m² fueron calculados por los índices de diversidad de Shannon-Weaver mediante el software PAST 3.14: basados en las variaciones de la composición específica de las comunidades de organismos y su estructura.

Índice de Shannon –Weaver.

Indica que todos los individuos se seleccionan al azar y que todos están representados por todos los miembros de la comunidad. (Canales ,2009)

Pi=Proporción de individuos de cada especie en la comunidad, esta proporción se estima a partir de n/N , que es la relación entre el número de individuos de la especie i (n_i) y el número total de individuos de todas las especies (N) Esta fórmula se utiliza Log en base 2, pero usualmente se utiliza Log10 o en ln para una mayor facilidad de cálculo, los resultados serán comparables si los datos fueron realizados con la misma base. El índice de Shannon – Wiener describe para comunidades infinitamente grandes que no se pueden examinar en su totalidad, resultados es un valor estimado. (Canales ,2009)

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

H = Índice de Shannon–Weaver

S = Número de especies.

P_i = Proporción de individuos de cada especie en la comunidad.

Los valores obtenidos con este índice se encuentran generalmente entre 1,5 y 3,5 y rara vez superan el 4,5.

Para establecer los resultados en una escala de valores de 0 a 1, se recurre al Índice de Equitatividad.

Cuya fórmula es la siguiente: $E = J = H^1 / H_{MAX}$

$H_{max} = \ln S$ Donde: S es el número de especies

(j: justness = equidad)

Índice de Simpson.

Se le conoce como medida de concentración y se refiere a la probabilidad de extraer dos individuos de la misma especie, también se utiliza como índice de dominancia ya que es altamente dependiente de la especie que es más abundante (Canales, 2009).

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2.$$

Coefficiente de correlación de rangos de Spearman.

Como resultado de la revisión de varios autores, se asume el siguiente concepto:

SPEARMAN (Spearman's Rho). Este coeficiente es una medida de asociación lineal que usa los rangos, ordinales, de cada grupo de sujetos y compara estos rangos. Hay dos métodos para calcular el coeficiente de correlación de rango: uno de Spearman y el otro de Kendall, r de Spearman, también llamado rho de Spearman, es más fácil de calcular que Kendall (Martínez et al., 2009).

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

En donde $d_i = r_{x_i} - r_{y_i}$ es la diferencia entre los rangos de X e Y.

Para los datos de los parámetros fisicoquímicos, se sacó la media de los datos obtenidos de los muestreos en campo y para ella se hizo uso el Excel.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LA BAHÍA PUNO.

4.1.1. ANÁLISIS DE DIVERSIDAD SHANNON, SIMPSON Y EQUIDAD.

La zona de estudio registró una riqueza de 22 especies, agrupadas en 3 filos: Mollusca, Annelida y Artrópoda; estos últimos registraron 13 especies, el mayor número de especie dentro de los filos para esta zona, así también, los moluscos con 7 especies y 2 especies los annelidos (Tabla 2). Estos macroinvertebrados bentónicos se registraron para el río Ilave (Mamani, 2013), río Coata (Cabezas, 2008) ríos que se encuentran dentro de los principales tributarios del lago Titicaca, no obstante, Salamanca (2013) reporto esta comunidad bentónica en la bahía interior de Puno una zona con abundante concentración de residuos orgánicos y dentro de los trabajos más amplios para el lago Titicaca Dejeux, (1991) hace mención a estos grupos, las cuales se desarrollan en gran parte del lago.

Tabla 2. Registro de macroinvertebrados.

FILO	TAXA	FEBRERO (%)	ABRIL (%)	JUNIO (%)	AGOSTO (%)	OCTUBRE (%)
MOLLUSCA	CLASE GASTROPODA					
	Fam. Planorbidae					
	<i>Taphius montanus</i>	-	9,09	-	-	-
	BASOMMATOPHORA					
	<i>Elobia sp.</i>	6,56	-	0,14	-	-
	MESOGASTROPODA					
	<i>Heleobia berryi</i>	-	25,00	-	-	-
	<i>Heleobia forbesi</i>	-	-	0,14	-	-
	CLASE BIVALVIA					
	VENEROIDA					
<i>Sphaerium forbesi</i>	13,11	2,27	13,83	13,06	2,46	
<i>Sphaerium lauricochae</i>	-	-	0,14	-	-	



	<i>Sphaerium sp</i>	-	-	-	-	13,11
ANNELIDA	CLASE OLIGOCHAETA					
	<i>Oligochaeta ind.</i>	-	-	69,97	26,80	4,10
	CLASE HIRUDINEA					
	<i>Hellobdella sp.</i>	34,43	9,09	10,47	12,03	1,64
ARTHROPODA	CLASE ARACHNIDA					
	<i>Limnesia sp</i>	-	-	1,82	-	-
	SUB FILO CRUSTACEA					
	CLASE OSTRACODA					
	<i>Limnocythere sp.</i>	-	27,27	-	0,69	-
	O. AMPHIPODA					
	O. MALACOSTRACA					
	Fam. Hyalellidae					
	<i>Hyalella cuprea</i>	-	-	-	5,84	10,66
	<i>Hyalella dentata</i>	9,84	-	-	-	-
	<i>Hyalella latimana</i>	14,75	2,27	2,51	2,06	48,36
	<i>Hyalella longipalma</i>	-	2,27	0,14	30,93	5,74
	<i>Hyalella longipes</i>	-	-	-	0,34	4,10
	<i>Hyalella lucifugax</i>	-	-	-	-	2,46
	<i>Hyalella knickerbrockeri</i>	1,64	-	-	4,81	-
<i>Hyalella sp.</i>	-	2,27	0,14	0,69	6,56	
CLASE HEXÁPODA						
O. Diptera						
Fam. Chironomidae						
<i>Chironomus sp.</i>	19,67	20,45	0,70	2,75	0,82	
Total	100	100	100	100	100	
Total, de especies	7	9	11	11	11	

Se registró para la zona y las mismas que estuvo distribuida en 11 estaciones de muestreo ubicadas a lo largo de la zona de estudio (E-1 hasta E-11), la mayoría de las muestras colectadas en el hidro sistema Titicaca muestran, a primera vista, una cantidad y diversidad específicas notables, que se puede comparar con las de otros vastos sistemas lacustres antiguos describe Dejoux (1991), las cuales se describen en la tabla 03, Northcote (1991) señala, que en los meses de marzo a junio, alcanzan sus máximos niveles, con densidades elevadas; particularmente en junio, en mi estudio se pudo comprobar que en los meses de Junio a Octubre la presencia de *Heleobia*, *Thaphius*, *Hyalella*, *Sphaerium*, *Helobdella* y *Oligochaeta ind.*, estuvo presente en densidades elevadas:

Tabla 3. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
SHANON Y W. H'(log2)	1.33	0.6931	0	0.9557	1.352	1.061	1.386	1.311	1.011	1.321	1.035
SIMPSON 1-Lambda'	0.7222	0.5	0	0.5714	0.7337	0.642	0.75	0.716	0.6111	0.7188	0.6259
EQUIDAD J'	0.9591	1	0	0.8699	0.975	0.9656	1	0.9455	0.9206	0.9528	0.9424

Se puede apreciar que, entre el Espinar hasta el Faro Viejo, los valores de diversidad de macroinvertebrados disminuyen constantemente hasta el punto de ausencia, lo que indica un aumento de la contaminación de Faro Viejo al Espinar y al Rio Willy. De acuerdo con la tabla 03, la mayor diversidad se registró en la Salida Canal Chimú con un valor de 1.352, concordante con la dominancia que obtuvo un valor de 0.7337 y la equidad de 0.975 a excepción en el Rio Willy que no presenta diversidad alguna. Los puntos de muestreo están dentro del rango 0 – 1.5 interpretado como “poco diverso”, (Mamani ,2013), ya que, valores de 0 – 1.5 son típicamente interpretados como “poco diverso”, de 1.6 – 3 se tipifica como “mediana diversidad” y valores de 3.1 – 5 expresado como “alta diversidad” según Salamanca (2013). Con esta interpretación se puede definir que el resultado fue similar para todas las estaciones de muestreo, definiéndola como “poco diverso”. Northcote (1991) indica que los principales taxones bentónicos, muestran marcadas diferenciadas en la abundancia relativa, dependiendo de la época y profundidad, a nivel mundial los quironomidos son una familia comúnmente usada para determinar la toxicidad en sedimentos y bioacumulación de los contaminantes asociados a estos, su presencia también es muy importante ya que mediante su presencia se determina la calidad del agua, Salamanca (2013), menciona que estos resultados es un claro reflejo de lo que está sucediendo con los macroinvertebrados en la actualidad, Northcote (1991),

menciona que el incremento de la población de humanos altera la calidad de agua y se vio en la necesidad de estudiar y resolver el problema de la contaminación puntualizada.

4.1.2. MES DE FEBRERO.

Durante este mes se registraron macroinvertebrados Frente a la Una, en la Salida Canal Chimu, Chucuito Barco y Frente Llachon, dentro de estas se remarca la Salida Canal Chimu por registrar 7 géneros, también se puede observar una densidad elevada Frente a Llachon; sin embargo, en las demás estaciones no se registraron individuos de macroinvertebrados (Figura 7).

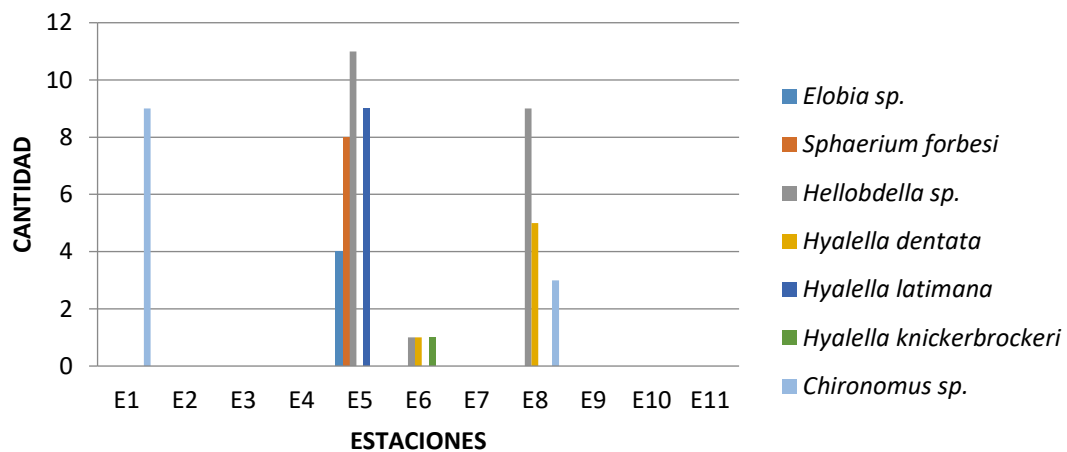


Figura 7. Distribución de macroinvertebrados bentónicos durante el mes de febrero.

Lo que podría demostrar que la contaminación tiende a afectar a la diversidad de macroinvertebrados, aunque la causa podría estar en diferentes problemas ambientales que ocurren en el lago Titicaca, como la contaminación y otros problemas ambientales, pero aun así los macroinvertebrados bentónicos se encuentran en todo tipo de ambiente acuático de agua dulce según Gamboa et al., (2008), en otros casos los macroinvertebrados se encuentran favorecidos por la contaminación y la elevada disponibilidad de detritus que hacen parte de su dieta, no hay diferencias marcadas en la composición química del agua según Dejoux (1991), por otra parte, los Hirudíneos tienen

una distribución mucho más extensa y que quizás otras especies se encuentran en el Titicaca (Ringuelet, 1960).

Los valores de dominancia de Simpson fueron altos por encontrarse cercanos a uno. Por otro lado, los valores de Equidad en las estaciones donde se registró especies revelaron que la distribución de los individuos entre las especies fue moderadamente homogénea (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de diversidad, dominancia y equidad del mes de febrero.

ESTACIONES	SHANON Y W. $H'(\log_2)$	SIMPSON $1-\lambda'$	EQUIDAD J'
E-01	0	0	0
E-02	0	0	0
E-03	0	0	0
E-04	0	0	0
E-05	1.92	0.75	0.96
E-06	1.58	1	1
E-07	0	0	0
E-08	1.45	0.64	0.91
E-09	0	0	0
E-10	0	0	0
E-11	0	0	0

El índice de diversidad para este mes nos muestra que el valor más alto de diversidad de Shannon se obtuvo en la Salida Canal Chimú con 1.92 bits.ind⁻¹, el menor valor se obtuvo Frente Llachón, con 1.45 bits.ind⁻¹ estos valores indican que la diversidad fue baja durante este mes, por otro lado, en las demás estaciones, no se registró ninguna especie hecho que ocasionó que no se obtuvieran valores. Gamboa et al. (2008) las variaciones estacionales pueden interferir en la interpretación o comparación de resultados. Vincent et al. (1986) citado por Dejoux (1991) indica que estos estudios compararon los tipos de variaciones en el Titicaca con los de otros lagos.

4.1.3. MES DE ABRIL.

Se aprecia que en el Rio Willy, Faro Viejo y Chucuito Barco no registraron especies de macroinvertebrados, a lo contrario en Coata Final se registró tres especies en el mes. Y en general para el mes se tuvo un registro de nueve géneros (Figura 8), también se puede observar un considerable número de individuos “12” en la estación Coata Final y Coata Inicial con 13 individuos.

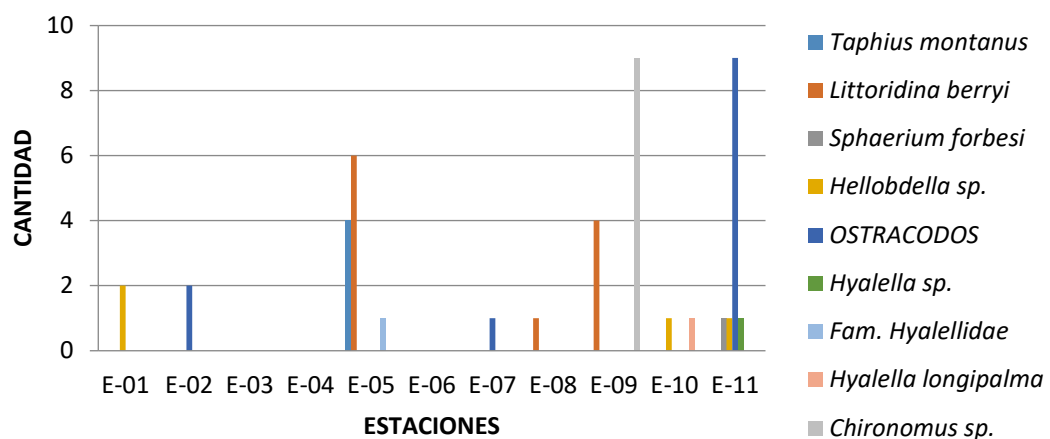


Figura 8. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de abril.

Las fluctuaciones estacionales del nivel de agua del lago son determinadas por el balance entre los aportes y las pérdidas en agua siendo en abril, el máximo nivel anual del lago según Chura et al., (2013). Por otra parte, parece que la fauna del lago Titicaca es endémica a más de 50% a nivel específico según Dejoux (1991). Los macroinvertebrados bentónicos se encuentran en todo tipo de cuerpos de agua dulce (Gamboa et al., 2008). En otros casos los macroinvertebrados se encuentran favorecidos por la contaminación por la elevada disponibilidad de detritus orgánico que hacen parte de su dieta, Dejoux (1991) las excepciones al modelo presentado son numerosas y resultan tanto de las condiciones ambientales locales como de la ecología de estos.

Los valores de dominancia de Simpson fueron altos por encontrarse cercanos a uno. Por otro lado, los valores de Equidad en las estaciones donde se registró especies revelaron que la distribución de los individuos entre las especies fue baja (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de abril.

ESTACIONES	SHANON Y W. $H'(\log_2)$	SIMPSON $1-\Lambda'$	EQUIDAD J'
E-01	0	0	0
E-02	0	0	0
E-03	0	0	0
E-04	0	0	0
E-05	1.32	0.61	0.83
E-06	0	0	0
E-07	0	0	0
E-08	0	0	0
E-09	0.89	0.46	0.89
E-10	1	1	1
E-11	1.2	0.45	0.60

El índice de diversidad para este mes mostró que el valor más alto de diversidad de Shannon se obtuvo en la Salida Canal Chimu con $1.32 \text{ bits.ind}^{-1}$, el menor valor se obtuvo en Coata Inicial con $0.89 \text{ bits.ind}^{-1}$ estos valores indican que la diversidad fue baja durante este mes, por otro lado, en las estaciones E-01, E-02, E-03, E-04 E-06, E-07 y E-08, no se registró ninguna especie hecho que género que no se obtuvieran valores. La densidad de estos microcrustáceos es función de la presencia o ausencia e incluso de la densidad de la población vegetal según Dejoux (1991); Por otro lado, son sensibles a factores disruptivos y, dependiendo de la contaminación, reaccionan a los contaminantes del agua y los sedimentos según Zúñiga et al., (1993) citado por (Gamboa et al., 2008).

4.1.4. MES DE JUNIO.

Se observa que las estaciones la Salida Canal Chimu registró distintas especies y una elevada densidad con 665 individuos durante este mes y en general se registró 12 géneros para el mes de estudio.

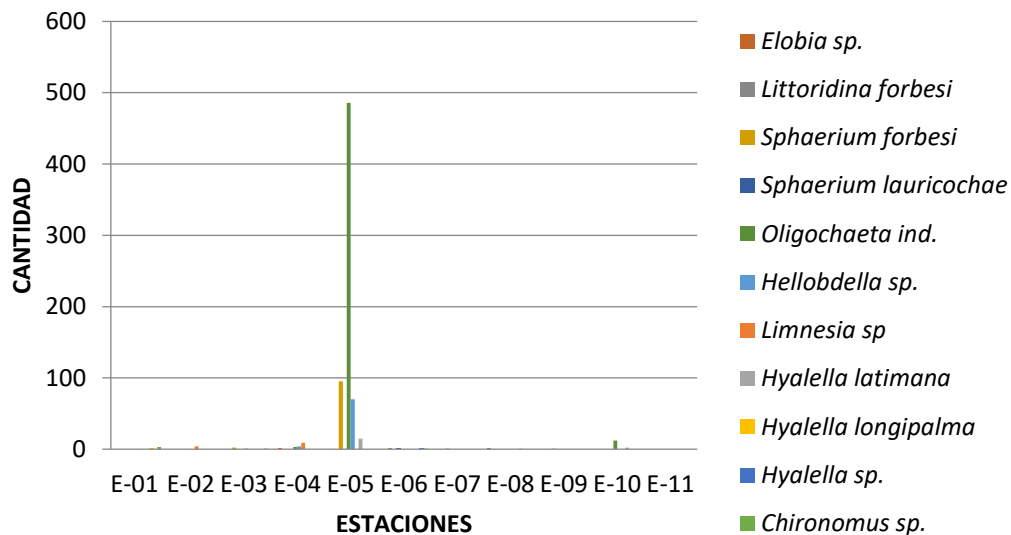


Figura 9. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de junio.

Hahn-Vonhessberg et al., (2009) menciona que estos organismos bentónicos presentan una amplia distribución, de ciclos de vida relativamente largos, de fácil identificación y apreciables a simple vista, lo que hace de ellos el grupo con más amplia aceptación como indicadores de la calidad del agua (esta observación faunística conduce a consideraciones ecológicas interesantes, según Martínez-Ansemil y Giani, (1986); Harman et al., (1988) citado por Dejoux (1991), a fines del último siglo fueron establecidos los primeros inventarios de los oligoquetos acuáticos de América del Sur, los oligoquetos acuáticos del lago Titicaca, Dejoux (1991) también menciona que el muestreo de los bentos, escalonado de profundidad, permite precisar el impacto de algunos factores.

Por otra parte, no se tuvo ingreso a Coata Final por el bajo nivel del lago para recolectar muestras y ello genero no obtener datos.

Los valores de dominancia de Simpson fueron altos por encontrarse cercanos a uno. Además, los valores de equidad en las estaciones donde se registraron especies mostraron que la distribución de individuos entre especies fue baja. (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de junio.

ESTACIONES	SHANON Y W. $H'(\log 2)$	SIMPSON $1-\Lambda'$	EQUIDAD J'
E-01	0.81	0.5	0.81
E-02	0	0	0
E-03	1.5	0.83	0.94
E-04	1.65	0.66	0.82
E-05	1.19	0.43	0.59
E-06	2	1	1
E-07	0	0	0
E-08	1	1	1
E-09	0	0	0
E-10	0.59	0.26	0.59

El índice de diversidad para este mes en las 10 estaciones de muestreo, muestran que el valor más alto de diversidad de Shannon se obtuvo en la estación E-04 con 2 bits.ind⁻¹, el menor valor se obtuvo en la estación E-10, con 0.59 bits.ind⁻¹ estos valores indican que la diversidad es baja durante el mes de junio, por otro lado, en las estaciones E-02, E-07, y E-09, no se registró ninguna especie, hecho que genero no obtener datos.

La integración de aquellos factores naturales susceptibles de ser modificados por la actividad humana y de cuyo estado depende la integridad biótica de los cuerpos de agua menciona, Gamboa et al., (2008), por otra parte, la crecida del nivel de agua del lago genera ampliación de las áreas inundables según, Chura et al., (2013), por otra parte, para detectar perturbaciones o impactos ambientales en sistemas acuáticos, sugiriéndose el uso

de los macroinvertebrados bentónicos confiable para determinar el biomonitoreo de ecosistemas de agua dulce (Gamboa et al., 2008).

4.1.5. MES DE AGOSTO.

Se observa que las estaciones Frente a la UNA, Faro Viejo, Chucuito Barco, Coata Medio y Coata Final donde se registraron macroinvertebrados, destacando la última temporada cuando hubo una alta densidad de 282 individuos en el mes. También se registró 12 géneros en este mes de estudio.

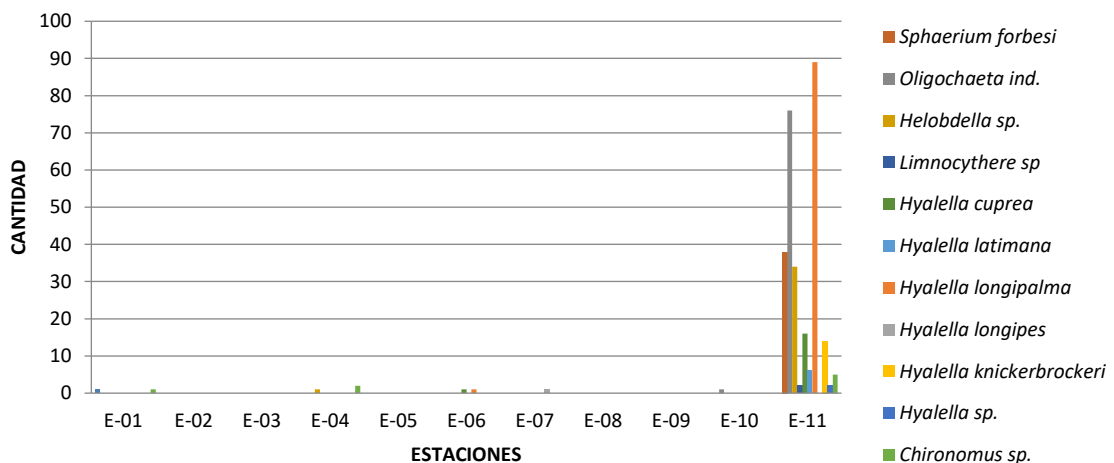


Figura 10. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de agosto.

La contaminación puede llegar a afectar a la diversidad importante de macroinvertebrados, aunque la causa podría estar en diferentes problemas ambientales que ocurren en el lago Titicaca, como la contaminación y otros, los macroinvertebrados bentónicos se encuentran en todo tipo de ambiente acuático de agua dulce describe, Gamboa et al., (2008). En otros casos los macroinvertebrados se encuentran favorecidos por la contaminación por la elevada disponibilidad de detritus orgánico que hacen parte de su dieta, la bahía interior de Puno es una clara evidencia de la severa eutrofización menciona (Beltran et al., 2011).

Los valores de dominancia de Simpson fueron altos por encontrarse cercanos a uno. Por otro lado, los valores de Equidad en las estaciones donde se registró especies revelaron que la distribución de los individuos entre las especies fue baja (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de agosto.

ESTACIONES	SHANON Y W. $H'(\log_2)$	SIMPSON 1-Lambda'	EQUIDAD J'
E-01	1	1	1
E-02	0	0	0
E-03	0	0	0
E-04	0.91	0.66	0.91
E-05	0	0	0
E-06	1	1	1
E-07	0	0	0
E-08	0	0	0
E-09	0	0	0
E-10	0	0	0
E-11	2.56	0.79	0.77

El índice de diversidad para este mes en las 11 estaciones de muestreo, muestran que el valor más alto de diversidad de Shannon se obtuvo en Coata Final con 2.56 bits.ind⁻¹, el menor valor se obtuvo en Faro Viejo, con 0.91 bits.ind⁻¹ estos valores indican que la diversidad fue baja durante el mes de agosto, por otro lado, en las estaciones E 02, E 03, E 05, E 07, E 08, E 09 y E 10, no se registró ninguna especie hecho que ocasiono que no se obtuvieran valores.

Se menciona que la calidad del agua de la bahía interior de Puno viene siendo degradada según Beltran et al., (2011). Por otro lado, la contaminación podría brindar información sobre las perturbaciones que se crean y afectan los ecosistemas acuáticos (Gamboa et al., 2008).

4.1.6. MES DE OCTUBRE.

Se observa que las estaciones Frente a la UNA, Espinar, Rio Willy y Chucuito Barco, no registraron macroinvertebrados y dentro de los que registraron se destaca la estación Coata Final que registró distintas especies en el mes, además se registró 10 géneros en el mes de estudio.

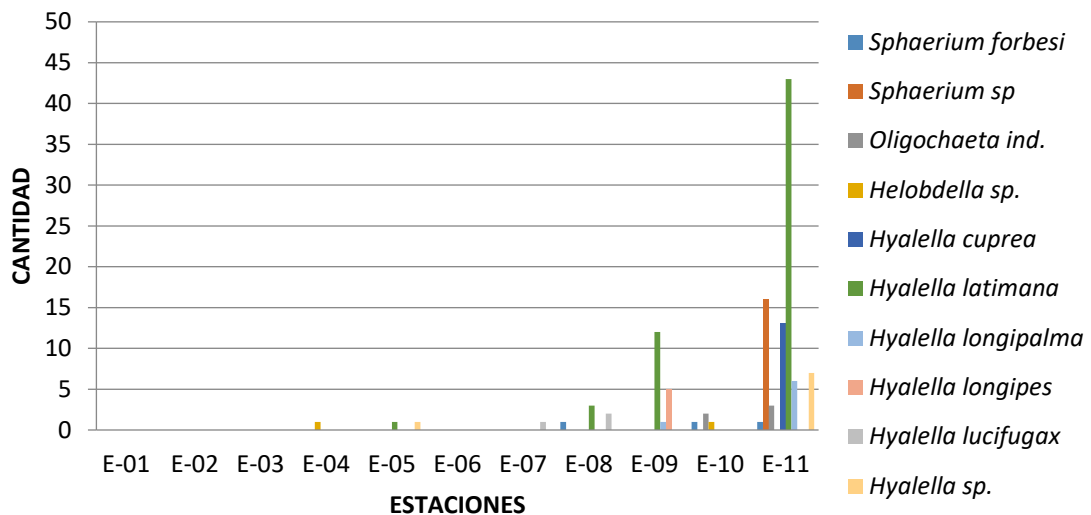


Figura 11. Distribución de macroinvertebrados bentónicos en el mes de octubre

La gestión y administración adecuada de los recursos hídricos obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, siendo necesaria la implementación de métodos rápidos y económicos para el diagnóstico de las características de las fuentes de agua según, Hahn-Vonhessberg et al., (2009). El rol de la precipitación en el Lago Titicaca es fundamental es favorecida por la topografía y las variaciones en la reflectividad de la superficie del lago Dejoux (1991), también menciona que el muestreo de los bentos, escalonado de profundidad, permite precisar el impacto de algunos factores, esta observación faunística conduce a consideraciones ecológicas interesantes según, Martinez-Ansemil y Giani, (1986); Harman et al., (1988) citado por (Dejoux, 1991).

Los valores de dominancia de Simpson fueron altos por encontrarse cercanos a uno. Por otro lado, los valores de Equidad en las estaciones donde se registró especies revelaron que la distribución de los individuos entre las especies fue baja (Tabla 8).

Tabla 8. Valores de diversidad, dominancia y equidad de los macroinvertebrados bentónicos en el mes de octubre.

ESTACIONES	SHANON Y W. $H'(\log 2)$	SIMPSON 1-Lambda'	EQUIDAD J'
E-01	0	0	0
E-02	0	0	0
E-03	0	0	0
E-04	0	0	0
E-05	1	1	1
E-06	0	0	0
E-07	0	0	0
E-08	1.45	0.73	0.92
E-09	1.13	0.50	0.71
E-10	1.5	0.83	0.94
E-11	2.14	0.70	0.76

El índice de diversidad para este mes en las 11 estaciones de muestreo, muestran que el valor más alto de diversidad de Shannon se obtuvo en la estación de Coata Final con 2.14 bits.ind⁻¹, el menor valor se obtuvo en la Salida Canal Chimú, con 1 bits.ind⁻¹ estos valores indican que la diversidad fue baja durante el mes de octubre, por otro lado, en las estaciones E-01, E-02, E-03, E-04, E-06, y E-07, no se registró ninguna especie hecho que ocasiono que no se obtuvieran datos.

La especie que tuvo más presencia fue la *Oligochaeta*, en el mes de junio (Figura 9) y se registró de al menos el mismo tipo en el mes de octubre (Figura 11). Al respecto Jara (2002), Señala que los macroinvertebrados encontrados en las aguas de un ecosistema fluvial, desarrolla allí gran parte de su vida y se combina con las propiedades típicas del agua, por lo que se constituyen en potenciales indicadores de calidad de esta;



Perez (2008) considera a los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de calidad de agua, estos organismos se encuentran invariablemente en un ecosistema de características definidas.

4.2. RELACIÓN DE LA TEMPERATURA, PH, OXÍGENO DISUELTO Y CONDUCTIVIDAD EN LA BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DE LA BAHÍA DE PUNO.

Para este objetivo se evaluó las características fisicoquímicas de las estaciones de muestreo y comparadas en los meses de febrero, abril, junio, agosto y octubre, relacionados con la diversidad existente de macroinvertebrados.

Desde la posición de Pavé y Marchese (2005), quienes sostienen que los estudios de las comunidades de macro bentos están influenciados por diversos factores del entorno físico, Hurtado et al. (2005) menciona la temperatura del agua, por ejemplo, ya que otros factores fisicoquímicos como el oxígeno están relacionados con ella; tomando en cuenta que debido a las altas y bajas temperaturas en la región, el nivel del lago en el río Willy disminuye, así como la quema de totorales, lo que afecta adversamente el ingreso del barco; Por otro lado, tampoco hubo ingresos en Coata Media y Coata Final por el bajo nivel del lago, razones que afectaron estos puntos de muestreo en febrero, pero en los otros meses el muestreo se realizó con normalidad. un fuerte ritmo estacional, como dice Dejoux (1991) es clásico para las variables biológicas en los lagos templados. Que se detallan a continuación.

4.2.1. TEMPERATURA.

El comportamiento de la temperatura resulta de la altura sobre el nivel del mar y el momento del muestreo, presentando variación en los meses de muestreo.

Para el mes de febrero presento una mínima temperatura de 15.1°C en la E-08 y una máxima de 18.6°C al Frente a la UNA y un promedio de 17.1°C , este mes se caracteriza por la presencia de lluvias; para el mes de abril presento una mínima temperatura de 14.0°C en la E-09 y una máxima de 16.1°C al Frente a la UNA y el Espinar con un promedio de 15.1°C , en este mes desciende la temperatura y son conocidas como épocas de heladas; en junio presento una mínima temperatura de 10.1°C en Coata Final y una máxima de 12.6°C en la E-07 y un promedio de 11.3°C , este también pertenece a la época donde desciende la temperatura, en agosto presento una mínima temperatura de 11.0°C en Coata Final y máxima en la 13.8°C al Frente a la UNA y un promedio de 12.4°C , este mes pertenece a épocas seca (estiaje) y para el mes de octubre presento una mínima temperatura de 12.0°C en Coata Inicial y una máxima en la 17.4°C al Frente a la UNA y un promedio de 14.4°C , este mes pertenece a lluvias (primavera).

En general, el área mostró un mínimo en junio y un máximo en febrero fue más alto debido al cambio de estaciones. La temperatura más alta se registró en febrero ante la UNA con 18.6°C y la más baja en junio en Coata Final con 10.1°C . (Figura 12) y la temperatura promedio para la Bahía de Puno en este período de evaluación fue de 14.1°C .

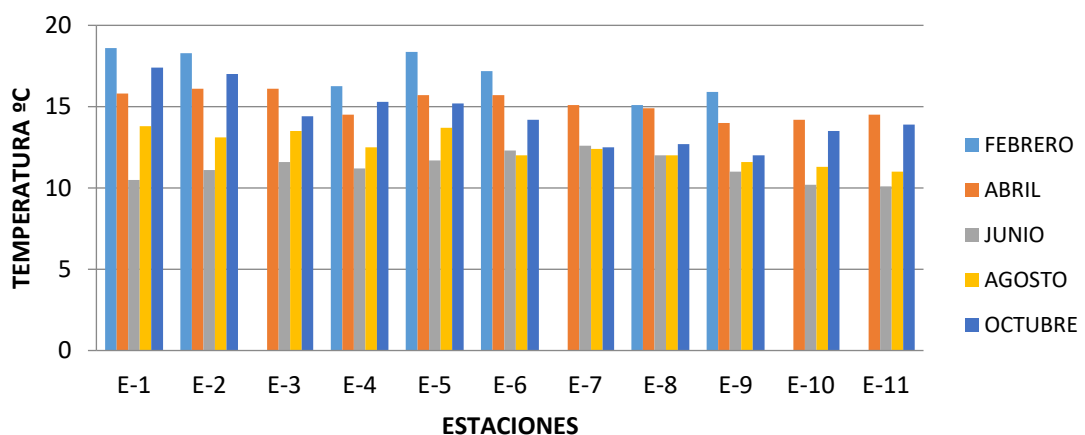


Figura 12. Temperatura de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.



Según Norcothe (1991) la bahía interior de Puno tiene una temperatura que varía entre los 10 y 20 °C., los mismos que los valores registrados para esa zona en el presente estudio. Por otro lado, la temperatura promedio del agua del Titicaca fluctúa entre 11.2° - 14.3°C, la temperatura del lago es prácticamente constante durante todo el año (Dejoux et al., 1991).

En cuanto a la temperatura del agua, se observa un ligero aumento en comparación con la de Hinojosa (1982) y Mollocondo (1985), citado por Beltran et al. (2011). Esto podría conducir a un aumento de las tasas de producción y descomposición en el interior de la Bahía de Puno durante la temporada de lluvias según Northcote et al. (1991). Sin embargo, estos datos pueden variar debido a la metodología utilizada (Beltran et al., 2011).

Se conoce que los valores de la temperatura del agua de diversos ecosistemas acuáticos varían dependiendo de la ubicación según Mayta, (2013), y las temperaturas más bajas se deben a la mayor altura sobre el nivel del mar según Rivas et al, (2005). Además, Custodio & Pantoja (2012), indican que la temperatura es un factor limitante para la mayoría de los organismos acuáticos y es una de las constantes que adquiere gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos en el agua, ya que determina la tendencia o desarrollo de sus propiedades físicas o biológicas.

4.2.2. OXÍGENO DISUELTO.

Para el mes de febrero presento un mínimo de oxígeno disuelto de 1.55mg/L en Coata Inicial y una máxima de 9.02mg/L al Frente a la UNA y un promedio de 6.1mg/L, este mes pertenece a épocas lluviosas; para el mes de abril presento un mínimo de oxígeno disuelto de 3.84mg/L en Coata Final y una máxima de 13.02mg/L en el Espinar y un promedio de 7.2mg/L, este mes pertenece a épocas donde desciende la temperatura

(heladas); en junio presento un mínimo de oxígeno disuelto de 5.64mg/L en el Rio Willy y una máxima de 10.77mg/L en el Espinar y un promedio de 7.7mg/L, este mes pertenece a épocas donde desciende la temperatura (heladas), en agosto presento un mínimo de oxígeno disuelto de 4.15mg/L en el Rio Willy y máxima en la 15.31mg/L al Frente a la UNA y un promedio de 8.4mg/L, este mes pertenece a épocas seca (estiaje) y para el mes de octubre presento un mínimo de oxígeno disuelto de 1.25 g/L al Rio Willy y una máxima en la 9.60mg/L al Frente a la UNA y un promedio de 5.0mg/L, este mes pertenece a lluvias (primavera).

En general, la zona, que tuvo un mínimo en octubre y un máximo en agosto, fue más alta debido al cambio de estaciones. El oxígeno disuelto más alto lo registró frente a la UNA en agosto con 15,31 mg/L y el más bajo en octubre en el río Willy con 1,25 mg / L. (Figura 13) El promedio de oxígeno disuelto para la Bahía de Puno en este período de evaluación promedió 6,9 mg / L.

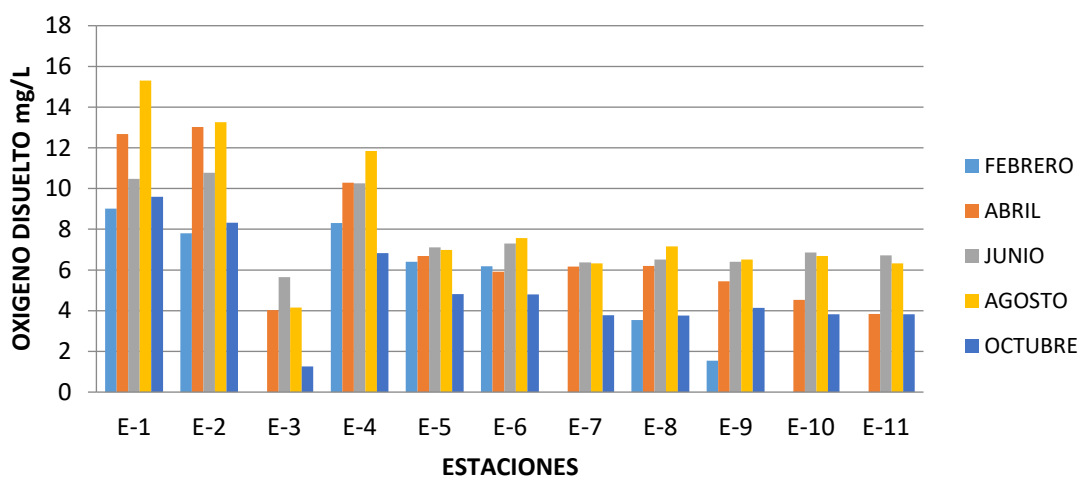


Figura 13. Oxígeno Disuelto de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.

Según Norcothe (1991) en su estudio dentro de la bahía de Puno manifiesta que las disminuciones en el contenido de oxígeno disuelto se deben como primer factor a la



altura lo que hace que generalmente las disminuciones en el contenido de oxígeno desde la superficie hasta cerca del fondo en las aguas de la bahía interior de Puno son pequeñas y están relacionadas con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto en aguas saturadas del lago son de solo 7.3 y 5.8 mg/L respectivamente.

Por otro lado, Constantini (2004) citado por Beltran et al. (2011), registro el mayor valor (9.15 mg/L), mientras que el valor mínimo (4.82 mg/L) fue reportado por Angles (2006) citado por Beltran et al. (2011). Las diferencias pueden deberse al uso de diferentes metodologías y planes de muestreo y la ubicación de las estaciones de muestreo (Beltran et al., 2011).

Por su parte IMARPE (2007) en el estudio realizado en el lago Titicaca presenta que los valores de oxígeno disuelto en el lago varían ligeramente de acuerdo con las zonas es decir los valores más elevados (8.84y 9.18 mg /L) se registraron en la península de Capachica y entre Ilave –Pilcuyo y Pomata- Yunguyo. Se registraron valores entre 6,0 y 9,18 mg / L en el lago mayor. Los valores más bajos fueron registrados en el lago menor entre 4.97 y 5.80 mg / L.

Según Díaz & Sotomayor, (2013), las concentraciones altas de nutrientes pueden cambiar en gran medida el oxígeno disuelto durante el día debido a la actividad fotosintética de algas y plantas acuáticas, además el agua puede sobresaturarse con oxígeno debido a que la misma sufre movimientos rápidos, que generalmente dura poco tiempo y puede ser dañino para los peces y otros organismos acuáticos (Argueta, 2011).



El PELT (2014), menciona que generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad, si los niveles de oxígeno disuelto son demasiados bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir, existen factores que afectan la concentración de oxígeno disuelto en el lago, como la temperatura, el flujo de la corriente de agua, la presión del aire, las plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividades humanas, los torrentes naturales para los procesos de purificación requieren unos adecuados niveles de oxígeno para proveer para las formas de vida aeróbicas, como los niveles de oxígeno disuelto en el agua bajen de 5.0 mg/l, la vida acuática es puesta bajo presión.

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua, lo que en general refleja la salud de los sistemas acuáticos, como señalan Calvo & Mora (2007), se podrían atribuir los bajos niveles de oxígeno disuelto en el mes de mayo en el río Coata. Ante el cese de las lluvias que provoca una disminución del caudal, y la materia orgánica transportada por el remolque permanece más tiempo en un lugar, se consumen grandes cantidades de oxígeno por la descomposición de la materia orgánica, ya sea por oxidación natural o por bacterias.

4.2.3. pH.

En el mes de febrero se presentó un mínimo de pH de 8.20 en Coata Inicial y una máxima de 9.15 en Faro Viejo y un rango de 8.7, este mes pertenece a épocas lluviosas; para el mes de abril presento un mínimo de pH de 7.76 en Rio Willy y una máxima de 9.2 al Frente a la UNA y un rango de 8.5, este mes pertenece a épocas donde desciende la temperatura (heladas); en junio presento un mínimo de pH de 8.47 en el Rio Willy y una máxima de 9.41 al Frente a la UNA y un rango de 8.8, este mes pertenece a épocas donde desciende la temperatura (heladas), en agosto presento un mínimo de pH de 8.66 en la E-07 y máxima en la 9.97 al Frente a la UNA y un rango de 9.1, este mes pertenece

a épocas seca (estiaje) y para el mes de octubre presento un mínimo de pH de 8.55 en la E-07 y una máxima en la 10.17 al Frente a la UNA y un rango de 9.1, este mes pertenece a lluvias (primavera).

En general la zona que presento una mínima en el mes de abril y una máxima en mes de octubre fue la más elevada por el cambio de estación. El pH más alto se registró en octubre al Frente a la UNA con 10.17 y la menor en abril en el Rio Willy con 7.76. (Figura 14) y el pH promedio para la Bahía de Puno en este periodo de evaluación cuenta con un promedio de 8.9.

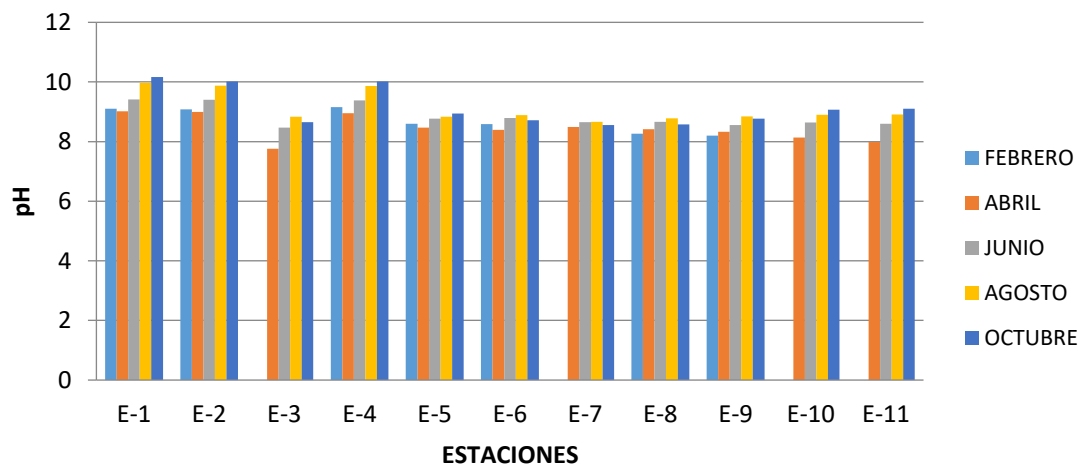


Figura 14. pH de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.

Con respecto a los valores de pH el IMARPE (2007), en el lago Titicaca están relacionados a la actividad biológica. El pH varía de acuerdo a la temperatura y el oxígeno disuelto. Los rangos que se presentan están en el lago Mayor entre 8.5 y 8.8., en el lago menor entre 8.20 y 8.85 los valores obtenidos con la investigación se encuentran dentro de los límites normales, altos valores de pH en la Bahía Interior pueden ser el resultado de la elevada actividad fotosintética en la zona (Beltran et al., 2011). Los valores de pH en el Perú según los estándares de Calidad Ambiental para agua (DS. 004-2017 MINAM),



el rango óptimo de pH para la conservación del ambiente acuático en ríos, lagos y lagunas es de 6.5 a 9.0.

Por otra parte, Norcothe (1991), en el muestreo que realizó a mediados de abril de 1983 eligió dos estaciones de la bahía Interior la primera en la superficie y la segunda cercana al fondo, en ambas estaciones el resultado presentó que el pH era constante con valores superiores a 8.0 y en algunas ocasiones hasta 8.75. Al respecto Glynn & Heinke (1999) indican que la causa de un pH elevado puede ser la presencia de algas, las cuales al extraer CO₂ del agua por fotosíntesis aumentan el pH.

Además, Amado et al. (2006), menciona que el pH del agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. La secuencia de equilibrios de disolución de CO₂ en el agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier cuerpo de agua.

4.2.4. CONDUCTIVIDAD.

el mes de febrero presentó una mínima conductividad de 1428 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Coata Inicial y una máxima de 1672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el Espinar y un promedio de 1546.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este mes pertenece a épocas lluviosas; para el mes de abril presentó una mínima conductividad de 1168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Coata Final y una máxima de 1712 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el Espinar y un promedio de 1475.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este mes pertenece a épocas donde desciende la temperatura (heladas); en junio presentó una mínima conductividad de 1299 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Coata Final y una máxima de 1842 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el Espinar y un promedio de 1584.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este mes pertenece a épocas donde desciende la temperatura (heladas), en agosto presentó una mínima conductividad de 648 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Coata Medio y Coata Final y máxima en la 1873 $\mu\text{S}/\text{cm}$ al Frente a la UNA y un promedio de 1473.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

este mes pertenece a épocas seca (estiaje) y para el mes de octubre presento una mínima conductividad de 1436uSm/cm en Coata Medio y una máxima en la 1899uSm/cm al Frente a la UNA y un promedio de 1636.3uSm/cm, este mes pertenece a lluvias (primavera).

En general la zona que presento una mínima en el mes de agosto y una máxima en mes de octubre fue la más elevada por el cambio de estación. La conductividad más alta se registró en octubre al Frente a la UNA con 1899uSm/cm y la menor en agosto al río Coata medio y Coata Final con 648uSm/cm (Figura 15) y la conductividad promedio para la Bahía de Puno en este periodo de evaluación cuenta con un promedio de 1543.1uSm/cm.

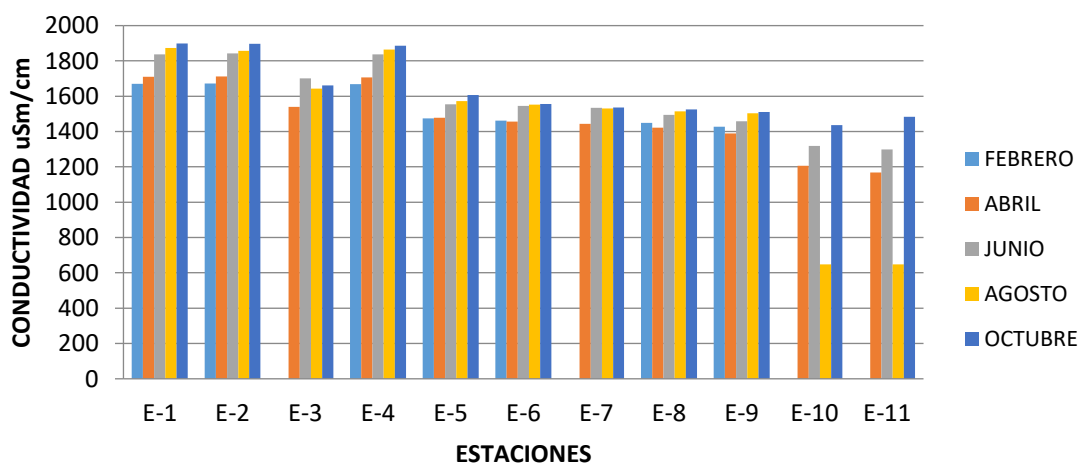


Figura 15. Conductividad de las 11 estaciones de muestreo en los cinco meses.

Fue medido por intermedio de la conductividad eléctrica a 25°C. En el Lago Menor, el promedio de 16 medidas efectuadas en abril de 1985 se eleva a 1.343uS.cm-1. Series de 28 medidas indican luego los siguientes valores: 1.521 en diciembre de 1985, 1.368 en abril de 1986, 1.490 en octubre de 1986 y 1.366 en febrero de 1987. En la parte boliviana del Lago Mayor, el promedio de 19 medidas es de 1.501uS en diciembre de



1985, 1.448 en abril de 1986, 1.490 en octubre de 1986 y 1.409 en febrero de 1987 (Dejoux *et al.*, 1991).

4.3. CORRELACIÓN DE LA DIVERSIDAD.

Se observó que los factores fisicoquímicos que estuvieron asociados con la riqueza registrada en dichas estaciones fueron: la temperatura en las estaciones Frente a la UNA, Rio Willy, Faro Viejo Y Coata Final, el pH en Coata Final, el oxígeno disuelto en las estaciones Chucuito Barco, Coata Medio, Coata Final y Frente Llachon, la conductividad en las estaciones de Coata Medio, Coata Final de muestreo a excepción de la E-7 que solo se tuvo registro de 1 especie, lo que indicaría que durante las estaciones mencionadas, estos parámetros se comportaron como limitantes sobre la comunidad de macroinvertebrados.

En general, la temperatura, pH y oxígeno disuelto, estuvo asociado al registro del valor más alto de la riqueza que se presentó en Coata Final, donde se encontró las especies de; *Sphaerium*, *Oligochaeta*, *Hyaella*, *Helobdella*, *ostrácodos* y *quironomidos*,

La mayor riqueza asociada con la temperatura fue en la estación de Coata Final con un (87%), la riqueza asociada con el pH con un (60%) fue en Coata Final, la riqueza asociada con el oxígeno fue en la misma estación con un (75%) y la riqueza asociada con la conductividad en Coata medio con un (85%).

Al respecto el lago Titicaca recibe altos niveles de radiación solar y Las aguas someras de la bahía interior de Puno, alcanzan temperaturas cercanas a los 20° C y esencialmente cuando los valores de pH aumentan entre 8,4 y 8,7 el contenido de oxígeno disuelto en aguas saturadas del lago es de solo 7,3 y 5,8 mg/l; relacionado con la

temperatura, además el reciclaje de los nutrientes de los sedimentos debido a la estratificación periódica puede impedir la recuperación del lago (Northcote, et al., 1991).

Tabla 9. Coeficiente de correlación para riqueza de macroinvertebrados

Meses	VARIABLES		(r)	(R)
	X	Y		
E1	Temperatura (°C)	Riqueza	-0,78	61
	pH	Riqueza	-0,19	4
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,55	30
	conductividad	Riqueza	0,04	0
E2	Temperatura (°C)	Riqueza	-0,47	22
	pH	Riqueza	-0,55	30
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,45	20
	conductividad	Riqueza	-0,18	3
E3	Temperatura (°C)	Riqueza	-0,82	67
	pH	Riqueza	0,06	0
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,68	47
	conductividad	Riqueza	0,63	39
E4	Temperatura (°C)	Riqueza	-0,91	82
	pH	Riqueza	0,31	10
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,38	15
	conductividad	Riqueza	0,63	40
E5	Temperatura (°C)	Riqueza	0,22	5
	pH	Riqueza	-0,49	24
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,08	1
	conductividad	Riqueza	-0,56	32
E6	Temperatura (°C)	Riqueza	-0,24	6
	pH	Riqueza	0,45	21
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,71	51
	conductividad	Riqueza	0,11	1
E8	Temperatura (°C)	Riqueza	0,28	8
	pH	Riqueza	-0,56	32
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	-0,89	80
	conductividad	Riqueza	0,02	0
E9	Temperatura (°C)	Riqueza	-0,23	5
	pH	Riqueza	0,19	4
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,08	1
	conductividad	Riqueza	0,08	1
E10	Temperatura (°C)	Riqueza	0,48	23
	pH	Riqueza	0,17	3
	Oxígeno (mg/L)	Riqueza	-0,77	59
	conductividad	Riqueza	0,92	85
E1 I	Temperatura (°C)	Riqueza	-0,93	87



pH	Riqueza	0,77	60
Oxígeno (mg/L)	Riqueza	0,86	75
conductividad	Riqueza	-0,62	38

(r) = Coeficiente de Correlación

(*) = Relación alta a perfecta

(R) = Grado de Asociación (coeficiente de determinación)

Las correlaciones más significativas con la temperatura frente a la riqueza de macroinvertebrados están relacionado a la mayor cantidad de materia orgánica en la zona Frente a la UNA y Rio Willy, la materia orgánica que es un aporte a las aguas servidas de la ciudad de puno hace que la temperatura sea más constantes y negativas la correlaciones. Con relación al oxígeno las zonas de Chucuito Barco, Frente a Llachon, Coata Final y Coata Final, con mayor significancia son aquellas que tienen mayor diversidad de macroinvertebrados.

Según Northcote, (1991). El pH bajo también puede hacer que sustancias tóxicas se movilizan o hagan disponibles para los animales, el pH es un parámetro que indica que tan ácida o básica (no ácida) es el agua. El oxígeno del agua en la región Altoandina no muestra mejores condiciones de disponibilidad a los invertebrados, porque cuando declina la presión atmosférica (a mayor altura), la sedimentación de oxígeno es baja y la solubilidad del oxígeno disminuye, y las impurezas orgánicas contribuyen a la disminución del contenido de oxígeno de alguna manera. (Jacobsen et al., 2003).

Las investigaciones realizadas por Bomada et al. (2002) y Hawkes (1979) mencionan que los macroinvertebrados bentónicos es la fauna recomendable para verificar la calidad de los cuerpos de agua, en razón a que estos se encuentran en todo cuerpo de agua y esto favorece los estudios comparativos, su estilo de vida sedimentaria. Northcote (1991), afirma que los grupos de macroinvertebrados, se halla constantemente a todas las profundidades muestreadas en la bahía exterior pero no en la bahía interior, pero si se encontraron conchas vacías de gasterópodos, lo que indica que alguna vez



ocuparon este hábitat de la bahía interior, en mi estudio también encontré algunas conchas vacías, lo que podría confirmar su presencia e indicando que estas zonas están contaminadas al no encontrar su presencia, pero la presencia de conchas vacías de gasterópodos indicaría que estuvieron anteriormente y que estos factores fisicoquímicos están relacionados con su presencia en Coata Final que presenta sedimentos, que serían favorables para los macroinvertebrados de igual manera esa zona está asociada a temperatura, pH y oxígeno disuelto.

Según Salamanca (2013) las pocas familias encontradas en la bahía interior de puno indican la mala calidad del agua de un ecosistema como el de bahía y seguirá por la indiferencia y desconocimiento en la conservación biológica y los recursos hídricos por parte de la población. Por lo tanto. La abundancia de los macroinvertebrados bentónicos ha aumentado indudablemente durante las primeras etapas de la eutrofización, es ahora menor en la bahía que en las zonas litorales.

De acuerdo con la densidad se observó que los factores fisicoquímicos que estuvieron asociados con la densidad registrada en dichas estaciones fueron: la temperatura en las estaciones Rio Willy, Faro Viejo y Coata Final, el pH en la estación Frente a Llachon, el oxígeno disuelto en las estaciones Frente a Llachon y Coata Final, la conductividad al Frente a la UNA y Coata Final, en las 11 estaciones de muestreo a excepción de la E-7 que solo se tuvo registro de 1 especie, lo que indicaría que durante las estaciones mencionadas, estos parámetros se comportaron como limitantes sobre la comunidad de macroinvertebrados.

La mayor densidad asociada con la temperatura fue en Coata Final que estuvo con un (99%), la densidad asociada con el pH con un (59%) en la estación E-08, la densidad

mayor asociada al oxígeno disuelto con un (92%) y en Coata Final la riqueza asociada con la conductividad es de (62%).

Tabla 10. Valores del coeficiente de correlación para densidad de macroinvertebrados

Meses	VARIABLES		(r)	(R)
	X	Y		
E1	Temperatura (°C)	Densidad	0,22	5
	pH	Densidad	-0,64	41
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	-0,42	18
	conductividad	Densidad	-0,73	53
E2	Temperatura (°C)	Densidad	-0,67	45
	pH	Densidad	-0,38	14
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	0,29	8
	conductividad	Densidad	0,02	0
E3	Temperatura (°C)	Densidad	-0,82	67
	pH	Densidad	0,06	0
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	0,68	47
	conductividad	Densidad	0,63	39
E4	Temperatura (°C)	Densidad	-0,83	69
	pH	Densidad	0,01	0
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	0,30	9
	conductividad	Densidad	0,37	14
E5	Temperatura (°C)	Densidad	-0,70	49
	pH	Densidad	0,12	1
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	0,43	19
	conductividad	Densidad	0,13	2
E6	Temperatura (°C)	Densidad	-0,24	6
	pH	Densidad	0,45	21
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	0,71	51
	conductividad	Densidad	0,11	1
E8	Temperatura (°C)	Densidad	0,58	34
	pH	Densidad	-0,77	59
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	-0,85	71
	conductividad	Densidad	-0,25	6
E9	Temperatura (°C)	Densidad	-0,06	0
	pH	Densidad	0,14	2
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	-0,03	0
	conductividad	Densidad	0,03	0
E10	Temperatura (°C)	Densidad	-0,65	43
	pH	Densidad	0,00	0
	Oxígeno (mg/L)	Densidad	0,44	20
	conductividad	Densidad	0,49	24
E11	Temperatura (°C)	Densidad	-0,99	99
	pH	Densidad	0,60	36



Oxígeno (mg/L)	Densidad	0,96	92
conductividad	Densidad	-0,79	62

(r) = Coeficiente de Correlación

(*) = Relación alta a perfecta

(R) = Grado de Asociación (coeficiente de determinación)

En la densidad las correlaciones más significativas con la temperatura frente a la densidad de macroinvertebrados están relacionado a la mayor cantidad de materia orgánica en la zona de Faro Viejo y Coata Final, la materia orgánica que es un aporte a las aguas servidas de la ciudad de Puno hace que la temperatura sea más constantes y negativas la correlaciones. Con relación al oxígeno las zonas de Chucuito Barco, Frente a Llachon y Coata Final, con mayor significancia son aquellas que tienen mayor diversidad de macroinvertebrados.

En la E-11, se encontró las especies de; *Sphaerium*, *Oligochaeta*, *Hyaella*, *Helobdella*, *ostrácodos* y *quironomidos*, todas estas especies fueron encontradas en esta estación de muestreo y estuvieron relacionadas con la temperatura, oxígeno disuelto y conductividad.

El oxígeno disuelto más alto se registró en agosto en la Universidad Nacional del Altiplano con 15.31mg/L y la menor en octubre en el Río Willy con 1.25mg/L. La temperatura, pH y oxígeno disuelto, estuvo asociado al registro del valor más alto de la densidad que se presentó la estación de Coata Final.

Riaño et al., (1993). Menciona que el ciclo biológico condiciona la densidad de los macroinvertebrados, por otra parte, Northcote (1991), indica que la densidad máxima del zoobentos en la bahía exterior se presentó a las profundidades de 2m y 4 m; En el estudio realizado por, Vásquez (2016), señala que los parámetros fisicoquímicos; como el oxígeno disuelto de 9,7 mg/L, considerada como aguas muy oxigenadas lo cual es producto de la alta productividad primaria.

La densidad a comparación de la riqueza en Coata Final no estuvo asociada al pH, pero si está asociada a la conductividad.

Tabla 11. Valores del coeficiente de correlación para las especies.

FILO	TAXA	TEMPERATURA (r)	pH (r)	OXIGENO DISUELTO (r)	CONDUCTIVIDAD (r)
MOLLUSCA	CLASE GASTROPODA				
	Fam. Planorbidae				
	<i>Taphius montanus</i>	0,24	-0,75	0,27	-0,48
	BASOMMATOPHORA				
	<i>Elobia sp.</i>	0,72	-0,32	-0,53	-0,06
	MESOGASTROPODA				
	<i>Heleobia berryi</i>	0,24	-0,75	0,27	-0,48
	<i>Heleobia forbesi</i>	-0,70	-0,01	-0,20	0,35
	CLASE BIVALVIA				
	VENEROIDA				
<i>Sphaerium forbesi</i>	-0,32	0,15	0,08	-0,20	
<i>Sphaerium lauricochae</i>	-0,70	-0,01	-0,20	0,35	
<i>Sphaerium sp</i>	0,11	0,57	-0,39	0,76	
ANNELIDA	CLASE OLIGOCHAETA				
	<i>Oligochaeta ind.</i>	-0,88	0,23	0,10	0,19
	CLASE HIRUDINEA				
<i>Hellobdella sp.</i>	0,57	-0,40	-0,29	-0,31	
ARTHROPODA	CLASE ARACHNIDA				
	<i>Limnesia sp</i>	-0,70	-0,01	-0,20	0,35
	SUB FILO CRUSTACEA				
	CLASE OSTRACODA				
	<i>Limnocythere sp.</i>	0,23	-0,74	0,30	-0,50
	O. AMPHIPODA				
	O. MALACOSTRACA				
	Fam. Hyalellidae				
	<i>Hyalella cuprea</i>	-0,10	0,84	0,07	0,45
	<i>Hyalella dentata</i>	0,74	-0,32	-0,52	-0,07
	<i>Hyalella latimana</i>	0,32	0,50	-0,56	0,77
	<i>Hyalella longipalma</i>	-0,38	0,59	0,83	-0,48
	<i>Hyalella longipes</i>	0,08	0,62	-0,33	0,73
<i>Hyalella lucifugax</i>	0,11	0,57	-0,39	0,76	
<i>Hyalella knickerbrockeri</i>	-0,15	0,41	0,69	-0,60	
<i>Hyalella sp.</i>	0,15	0,39	-0,23	0,58	
CLASE HEXÁPODA					
O. Diptera					
Fam. Chironomidae					
<i>Chironomus sp.</i>	0,78	-0,87	-0,12	-0,52	



Para los moluscos Darriba (2001) menciona que las variables que han resultado de mayor importancia son la temperatura y la cantidad de alimento disponible para este grupo. El incremento de la temperatura junto con el descenso de la conductividad eléctrica (salinidad) representan factores contribuyentes de la maduración sexual en moluscos y esta se evidencia en una disminución del porcentaje de reproductores maduros según, Ruiz (2018). También se menciona que para el desarrollo de los moluscos existen determinadas interacciones entre factores exógenos, como temperatura, alimento, fotoperiodo y salinidad, que son de suma importancia para su madurez sexual según, López et al., (2011). Por otro lado, se menciona que el pH es un factor determinante en la distribución de los moluscos (Pinilla, 2000).

El género *Oligochaeta* presento una correlación negativa de parte de la temperatura, esto dio a conocer que las temperaturas entre 11 a 17 °C registradas para la zona no fueron ideales para su desarrollo en las estaciones de muestreo. Estos resultados explican claramente que la dinámica poblacional de estos organismos resulta de la interacción de factores ambientales principalmente de la temperatura, con las características edáficas, prácticas de manejo y disponibilidad del recurso alimenticio define, Valle et al., (1997). en el verano con temperaturas medias superiores a 20 °C estos individuos se desarrollan y prosperan con mayor rapidez (Clemente et al., 2003).

En el filo Arthropoda se obtuvo que las densidades bajas de sus poblaciones fueron explicadas para *Limnesia* sp. por la temperatura, *Limnocythere* sp por el pH y *Hyaella knickerbrockeri* por la conductividad eléctrica estos factores con una correlación alta. Sin embargo, para *Hyaella dentata* y *Chironomus* sp. tuvo una relación positiva con



la temperatura, este factor es importante en la transferencia de materia a través de los diferentes niveles tróficos (Rueda, 2015).

Palao (2017) determino que a genero *Hyaella* le cuesta sobrevivir a temperaturas superiores a 18 °C y mucho más cuando hay fluctuaciones térmicas muy bruscas, colapsan por shocks térmicos. Javidmehr et al. (2015) mencionan que el pH óptimo para la sobrevivencia de este género es de 8.01 a 8.51.

Chironominae se caracteriza por estar adaptada a temperaturas bajas y sus adultos pueden emerger a menores temperaturas, presenta un aumento en especial de la especie *Chironomus* sp. en los puntos más contaminados, pudiendo considerarse tolerante a la presencia de metales pesados (Tapia et al.,2018).



V. CONCLUSIONES

- Se tuvo una variada composición dentro de las principales zonas de contaminación de la bahía de Puno, con un total de 22 especies, además la mayor diversidad está registrada en la Salida Canal Chimu, con un valor de 1.352 bits.ind-1, la dominancia obtuvo un valor de 0.7337 y la equidad de 0.975 y en el Río Willy la diversidad fue 0, solo en el mes de junio se registró 4 especies en cantidades mínimas de 1 a 9 individuos. La diversidad de Shannon fue mayor en el mes de agosto en la E 11, (2.56 bits.ind-1) llevando a concluir que la diversidad fue mediana, frente a la desembocadura de río Coata; La dominancia de Simpson y Equidad, da a concluir que en ningún mes la distribución fue homogénea.
- La temperatura registrada en la investigación se encuentra entre los valores, por otra parte en el transcurso de los meses la temperatura fue cambiando, probablemente debido al cambio de estación a partir del mes de agosto; respecto a los valores de oxígeno disuelto reafirma los anteriores estudios llevándonos a determinar que los valores mínimos de oxígeno están directamente influenciados por la presencia de materia orgánica y, los altos valores de pH, indican la alcalinidad predominante del cuerpo de agua y para la conductividad no se cuenta con registros anteriores de estudios para la zona de estudio. La temperatura, pH y oxígeno disuelto, estuvo asociado al registro del valor más alto de la riqueza y densidad que presentó durante en Coata Final y las correlaciones más significativas con la temperatura frente a la riqueza de macroinvertebrados está relacionado a la mayor cantidad de materia orgánica en la zona, la materia orgánica que es un aporte a las aguas servidas de la ciudad de Puno hace que la temperatura sean más constantes y negativas la correlaciones con mayor significancia son aquellas que tienen mayor diversidad de macroinvertebrados.



VI. RECOMENDACIONES

- Que se amplié el área de la investigación y no solo en los lugares de contaminación en diferentes puntos principales del Lago Titicaca Puno, lo que podrá dar una situación de distribución de los macroinvertebrados bentónicos y así poder tener datos sobre variaciones y estructura poblacional, el efecto que está causando en la diversidad de los macroinvertebrados bentónicos, así como en la zona de la SALIDA DE CANAL CHIMU este influenciada por la producción de trucha de la zona.
- Teniendo en cuenta que la contaminación va aumentando a diario y se está convirtiendo un problema muy serio, se recomienda evaluaciones más cortas entre tiempo de muestreo o temporadas para ver los cambios de los parámetros fisicoquímicos, ya que puede que sea una representación muy importante, siendo necesario realizar un estudio similar durante otros años y periodos similares.



VII. REFERENCIAS

- Alva, J y Sánchez, A.1988.*Un método Rápido y Simple Para Evaluar la Calidad Biológica de Aguas Corrientes Basado en el Hallawel*, Limnetica.4:51-56.
- Alvarado, J. A., Alvan-Aguilar, M., y Chú, L. R. C. R. (2012). Evaluación preliminar de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de la laguna de Quistococha, Iquitos, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 2(2), 86-92.
- Amado, J., Rubiños, E., Gavi, R., Alarcón, J., Hernández, E., Ayala, C., y otros. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 71-83.
- Arango, M. C., Álvarez, L. F., Arango, G. A., Torres, O. E., y Monsalve, A. D. J. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*, (9), 121-141.
- Argueta, D. (2011). Caracterización fisicoquímica de la Laguna Ayarza, ubicada entre los municipios de Casillas y de San Rafael las Flores del departamento de Santa Rosa, de la República de Guatemala. Tesis presentada para optar el grado de Magister Scientiae en Ingeniería Sanitaria. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Bate, C. S. (1862). *Catalogue of the Specimens of Amphipodous Crustacea in the Collection of the British Museum*. order of the Trustees [by Taylor and Francis].
- Beltrán Farfán, D. F., Palomino Calli, R. P., Moreno Terrazas, E. G., Peralta, C. G., y Montesinos-Tubée, D. B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista peruana de biología*, 22(3), 335-340.
- Branco, S. Limnología Sanitaria, Estudio de la polución de Aguas Continentales. Secretaria General de Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. *Serie de Biología. Monografía*, (28), 120.



- Bonada, N., Dolédec, S., & Statzner, B. (2012). Spatial autocorrelation patterns of stream invertebrates: exogenous and endogenous factors. *Journal of Biogeography*, 39(1), 56-68.
- Cabezas Apaza, N, N., (2008) Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de Agua en el río Coata, Distrito de Juliaca –Peru. 88p
- Canales, A. 2009.*Investigación Científica (Segunda Edición corregida)*. Puno-Perú: Altiplano SRL.
- Calvo, G., & Mora, J. (2007). Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tárcoles y Reventazón. Parte I: Análisis de la contaminación de cuatro ríos del área metropolitana. *Tecnología en marcha*.
- Carrit, D. J. C. (1966). Comparison and evaluation; a currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved Oxygen in sea water. *J. Mar. Res.*, 24:286-318.
- Chura-Cruz, R., Cubillos, S., Luís, A., Tam, M., Segura, Z., & Villanueva, Q. (2013). Relación entre el nivel del lago y la precipitación sobre los desembarques del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) en el sector peruano del Lago Titicaca entre 1981 Y 2010. *Ecología Aplicada*, 12(1), 19-28.
- Clemente, N. L., López, A. N., Vincini, A. M., Castillo, H. Á., Carmona, D. M., Manetti, P. L., & San Martino, S. (2003). Abundancia de megadrilos (Annelida: Oligochaeta) en diferentes sistemas de producción. *Ciencia del Suelo*, 21(2), 35-43.
- Custodio Villanueva, M., y Chanamé Zapata, F. C. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33-44.
- Custodio, M., & Pantoja, R. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apunt. Cienc. Soc. Universidad Nacional del Centro del Perú*, 130-137.
- Darriba, S. 2001. Biología de la navaja (*Ensis arcuatus* Jeffreys, 1865) de la Ría de Vigo (NO de España): Crecimiento y Reproducción. Tesis doctoral. Universidad de Vigo. Vigo (Pontevedra), España: 283 pp



- Dejoux, C., y Iltis, A. (1991). El lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual. IRD Editions.
- Díaz, A., & Sotomayor, L. (2013). Evaluación de la eutrofización de la laguna Conococha-Ancash a agosto del 2012. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Huaráz, Ancash, Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayola.
- Domínguez, E., y Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología (p. 307). Tucumán: *Fundación Miguel Lillo*.
- Faxon, W. (1876). Exploration of Lake Titicaca by Alexander Agassiz and SW Garman. IV. Crustacea. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 3, 361-375.
- Fernández, H., y Domínguez, E. (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales, Instituto M. Lillo, Tucuman. 237 pp
- Gamboa, M., Reyes, R., y Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y salud ambiental*, 48(2), 109-120.
- García, L. (1999). Distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Guadalajara de Buga con relación a la calidad de agua (Doctoral dissertation, Tesis: Universidad del Valle. Facultad de Ciencias, Santiago de Cali).
- Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México: *Prentice Hall*.
- González, S. M. Y., Ramírez, P., Meza, A. M., y Dias, L. G. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 16(2), 135-148.
- Haas, F. (1955). The Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937, 17: Mollusca: Gastropoda. *Transactions of the Linnean Society of London*, 1, 275-308.



- Hahmenberger, M. (2003). Summertime precipitation variability and atmospheric circulation over the south American Altiplano: Effects of Lake Titicaca and salar de Uyuni. Oklahoma Weather Center Research Experiences for Undergraduates Program, Summer.
- Hahn-vonHessberg, C., Toro, D., Grajales-Quintero, A., Duque-Quintero, G., y Serna-Uribe, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(2), 89-105.
- Hawkes, H. 1979. Invertebrates as indicators of river quality. En. James, A. y Evison, L. *Biological indicators of water quality*. John Wiley y Sons. 2: 1-45.
- Hurtado, S., García Trejo, F., y Gutiérrez Yurrita, P. J. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(3).
- IMARPE. (2011) Instituto del Mar del Perú. Evaluación de Macroinvertebrados bentónicos de zonas litorales del lago Titicaca. Informe anual IMARPE 2011.
- Jacobsen J., Rostgaard S. & Vásconez J.J. 2003. Are macroinvertebrate in high altitude streams affected by oxygen deficiency. *Freshwater Biology*. 48: 2025-2032.
- Jara, C. (2002). Evaluación de la existencia de insectos bioindicadores de la calidad del agua en zonas ritrónicas y potámicas de tres ríos de la zona semiárida de Chile. Memoria de título entregada a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, para optar al Título Profesional de Biología mención en Medio Ambiente.
- López, J., Rodríguez, C., & Carrasco, J. F. (2011). Comparación del ciclo reproductor de *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) (Mollusca: Bivalvia) en las rías del Eo y Villaviciosa (Asturias, noroeste de España): relación con las variables ambientales. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 21(1-4), 317-327.
- Lopreto, E., C. (1995) *Ecosistemas de Aguas Continentales; Metodología para su estudio* Tomo I Sur Argentina 405pp.



- Machado, T., y Roldán, G. (1981). Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actualidades biológicas*, 10(35), 3-19.
- Mamani, M. L. M. (2013). Calidad del agua del rio llave (desembocadura del camal municipal). Por evaluación de macroinvertebrados bentónicos. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Mamani, Y. J. Y. (2010). Campaña" Titicaca limpio ahora" una experiencia desde la comunicación social. *Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 1(1), 8.
- Margalef, R. (1983). *Limnología* (Vol. 1009). Barcelona: Omega. 145 p.
- Martínez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2), 0-0.
- McGavin G. (2001). *Entomología Esencial. Editorial Ariel ciencia*. Barcelona, España. 355pp.
- MINAM. (2017). DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM.
- Muñoz, E., Mendoza, G., y Valdovinos, C. (2001). Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lénticos de Chile central: macroinvertebrados bentónicos. *Gayana (Concepción)*, 65(2), 173-180.
- Needham, D. B. (1982). *Choosing the right policy instruments: an investigation of two types of instrument, physical and financial, and a study of their application to local problems of unemployment*. Aldershot: Gower.
- Northcote, T. (1991). Eutrofización y problemas de polución. *El Lago Titicaca: Síntesis Del Conocimiento Limnológico Actual*. Hisbol-ORSTOM, La Paz, 563-572.
- Orbigny, A. D. (1835). *Voyage dans l'Amérique méridionale:(le Brésil, la République Orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivia, la République du Pérou), exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833*. Bertrand.



- Palao Mamani, Y. (2017). Bioensayos de ecotoxicidad aguda de las aguas residuales de la ciudad de Puno sobre *Hyalella cuprea* (ANPHÍPODA: HYALELLIDAE) cultivada en laboratorio.
- Pave, P. J., y Marchese, M. (2005). Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). *Ecología austral*, 15(2), 183-197.
- Pennak, R. 1991. Fresh-water invertebrates of the United States. Willey-Interscience, USA. 628 p.
- Pérez, G. R., y Restrepo, J. J. R. (2008). Fundamentos de limnología neotropical (Vol. 15). Universidad de Antioquia.
- Philippi, R. A. (1869). Diagnoses molluscorum terrestrium et fluviatilium peruanorum. *Malakozoologische Blätter*, 16(1), 32.
- Pilsbry, H. A. (1924). South American land and fresh-water mollusks: notes and descriptions. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 76, 49-66.
- Pinilla G.A. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Santa Fe de Bogotá, Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
- Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca. (2014). Monitoreo de la Calidad de Aguas "Contaminación de Zonas Agrícolas Puno-2014". Puno: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Ramírez, D. F., Talero, G. M., y López, R. H. (2013). Macroinvertebrados bentónicos y calidad del agua en un tramo del río Bogotá. Cajicá-Colombia. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 16(1), 205-214.
- Riaño P., Basaguren A. & Pozo J. (1993). Spatial changes of macroinvertebrate communities in the aguera stream (basque country-cantabria, northern spain) under two different seasonal hydrologic regimes. *Limnética*, Vol 9, 19-28pp.
- Ricklefs, R. E., & Scheuerlein, A. (2001). Comparison of aging-related mortality among birds and mammals. *Experimental gerontology*, 36(4-6), 845-857.



- Ringuelet (KA), 1960. - colección de hirudíneos del Perú, U. (1959). I. Sanguijuelas del lago Titicaca. *Physis*, 21, 187-199.
- Rivas, Z., Marquéz, R., Troncone, F., Sánchez, J., Colina, M., & Hernández, P. (2005). Contribución de los principales ríos tributarios a la contaminación y eutroficación del Lago de Maracaibo. *Ciencia*, 68-77.
- Rivera Usme, J. J., Pinilla Agudelo, G, Y Camacho Pinzón, D. L. (2013). Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2).
- Roldan, G., 1992.- *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia. Medellín. Vol. 1. p. 128
- Roque, J. J. P., Yucra, M. C., Aguilar, R. P., y Canqui, A. M. (2009). Estudios de bioadsorción de plomo por *Saccharomyces cereviceae* en soluciones acuosas. *Revista Colombiana de biotecnología*, 11(1), 33-39.
- Rueda Sevilla, J. (2015). Biodiversidad y ecología de metacomunidades de macroinvertebrados acuáticos de las malladas de la Devesa y del Racó de l'Olla (PN de l'Albufera de Valencia) PNa.
- Ruiz, C. A. (2018). Factores ambientales y madurez sexual de un banco de ostras *Saccostrea palmula* (Carpenter, 1857) Mollusca, Bivalvia en bahía Culebra, Costa Rica. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 35(1), 0138-8452.
- Salamanca Coaquira, S, L., (2013) Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de la Calidad del Agua en la Bahía Interior de Puno. Puno-Peru ,66p.
- Smith, E. A. (1874). Mollusca. EW Janson.
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D., & Salvatierra, A. (2018). Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada*, 17(2), 149-163.
- Valle JV, Moro RP, Garvin MH, Trigo D, Diaz Cosin DJ. 1997. Annual dynamics of the earthworm *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) in Central Spain. *Soil Biol. Biochem.* 29: 309-312



- Vásquez T., Y. (2016), Efectos de la Eutrofización en el hábitat de la bahía de Puno, en la diversidad y abundancia de la avifauna del lago Titicaca, tesis para optar el grado de Biología, Universidad Nacional del Altiplano Puno 62p.
- Walteros-Rodríguez, J. M., y Paiba-Alzate, J. E. (2010). Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la reserva forestal Torre Cuatro*, 14(1), 137–149.
- Wetzel, R. G. (2001). Limnology: lake and river ecosystems. gulf professional publishing.

ANEXOS

Anexo A



Figura 16. Preparación de los materiales para la identificación de las muestras recolectadas.



Figura 17. Preparación de las muestras para separar los macroinvertebrados.

Anexo C



Figura 18. Búsqueda de las especies para su identificación.



Figura 19. Observación de las especies para su identificación.

Anexo D

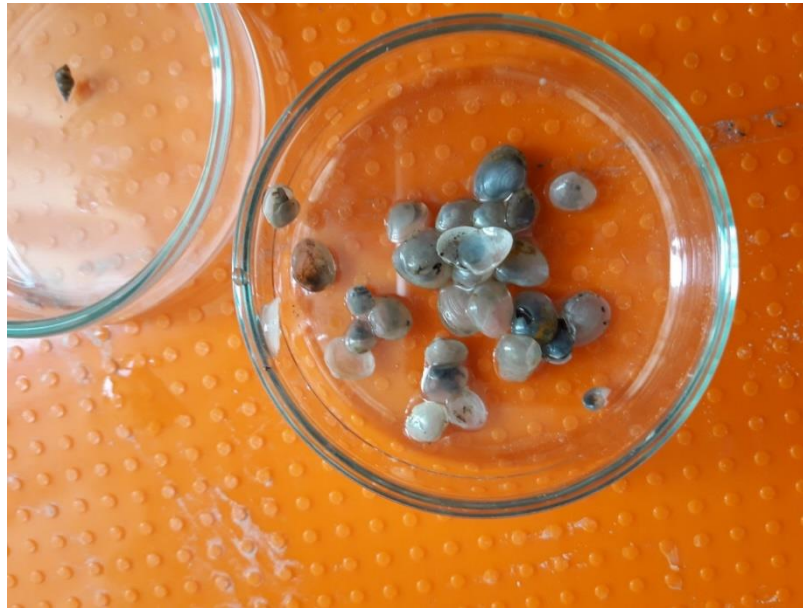


Figura 20. Muestras de las especies para su identificación.



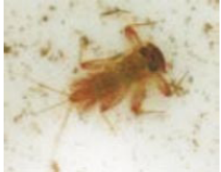

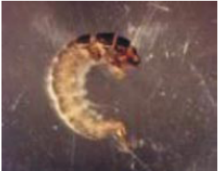
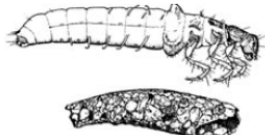



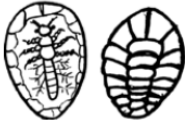



Figura 21. Contabilización de las especies para su identificación.

Anexo E

Tabla 13. Guía de (Gamboa et al., 2008)






Tabla I. Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua (McGavin, 2001; Domínguez & Fernández, 2001).

Orden de insecto	Características	Rasgos clave
PLECOPTERA 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre común: Moscas de las piedras (Familia más común: Perlidae) Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores) Fase indicadora: Ninfas. Muy sensibles a la contaminación. Alimentación: Ninfas Carnívoras en los últimos instares Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, Lechos de grava. 	Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados. Uñas tarsales pares. 
EFEMEROPTERA 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre común: Efímeras (Familias más comunes: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae) Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores) Fase indicadora: ninfas Alimentación: ninfas herbívoras Hábitat: ríos y lagunas 	Abdomen generalmente con un par de cercos alargados y un filamento central normalmente visible. Uñas tarsales únicas. 
TRICOPTERA 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre común: Frigáneas (Familias más comunes: Hidropsiphidae, Hydroptilidae, Leptoceridae) Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores) Fase indicadora: ninfas Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras Hábitat: ríos, aguas quietas y rápidas. 	Larvas acuáticas construyen un estuche o refugio que varía según la familia. 
ODONATA 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo (Familias más comunes: Libellulidae, Coenagrionidae) Ciclo de vida: hemimetabolos (larvas acuáticas y adultos voladores) Fase indicadora: larvas Alimentación: ninfas depredadoras Hábitat: ríos de aguas quietas 	Ojos compuestos prominentes. Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen. 
COLEOPTERA 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre común: Escarabajos (Familias más comunes: Elmidae, Ptylodactilidae, Pheseniidae, Dytiscidae, Hydrophilidae) Ciclo de vida: holometabolos (larvas, pupas y adultos) Fase indicadora: larvas Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras Hábitat: Amplio rango indicativo: salinidad, zonas lacustres 	Patas grandes y caminan por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos (branquias). 
DIPTERA  Blephariceridae	<ul style="list-style-type: none"> Nombre común: moscas, mosquitos (Familias más comunes: Simuliidae, Tipulidae, Psychodidae, Dixidae, Athericidae, Blephariceridae). Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) Fase indicadora: larvas Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras Hábitat: ríos de aguas estancadas. 	Larva pequeña con protuberancias a los lados del cuerpo.

Anexo F

Tabla 14. Guía de (Gamboa et al., 2008)

Tabla II. Los dípteros, macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas estancadas y de baja calidad (McGavin, 2001; Domínguez & Fernández, 2001a; Alonso et al., 2002).

Orden Diptera	Características	Rasgos clave
Familia Culicidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: mosquitos. • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas 	Larva ápoda con cabeza reducida. Penachos de pelos en el tubo respirador, por lo que cuelgan de cabeza hacia abajo de la superficie para tomar aire.
Familia Ephydriidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas, mosquitos. • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas 	Cuerpo alargado con propatas en la mitad del mismo y un penacho de setas en la parte posterior.
Familia Chironomidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas, mosquitos • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas y lólicas 	Cuerpo alargado, con un penacho de setas en la parte posterior.
Familia Psychodidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas y lólicas 	Cuerpo alargado con abundantes setas en todo el cuerpo
Familia Sifidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas y lólicas 	Cuerpo robusto con un tubo respiratorio alargado y delgado



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, CESAR GAMARRA PERALTA


DEJA CONSTANCIA QUE:

El señor **Fridian Ponce Herrera**, ha realizado su investigación de tesis titulada ***“Evaluación de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en principales zonas de contaminación de la Bahía Puno – Lago Titicaca”***, en las instalaciones del Laboratorio Continental de Puno del Instituto del Mar del Perú.

Se expide el presente documento a solicitud del interesado, para los fines que estime por conveniente.

Puno, 24 de junio de 2021

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU


BLGO. CESAR GAMARRA PERALTA
COORDINADOR DEL LABORATORIO
CONTINENTAL DE PUNO