

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



DETERMINACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO EN LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. PILAR VERÓNICA CHOQUEHUANCA ROLDÁN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLÓGIA

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



DETERMINACION DEL ESTADO ECOLÓGICO EN LA BAHIA INTERIOR DE
PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. PILAR VERÓNICA CHOQUEHUANCA ROLDÁN

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

Blgo. HERMINIO RENE ALFARO TAPIA

PRIMER MIEMBRO:

M.Sc. MARÍA VALLENAS GAONA

SEGUNDO MIEMBRO:

M.Sc. MARIA ELENA SUAÑA QUISPE

DIRECTOR DE TESIS:

M.Sc. MARTHA E. APARICIO SAAVEDRA

ASESOR DE TESIS:

Blgo. CÉSAR GAMARRA PERALTA

Fecha de Sustentación: 03/02/2017.

AREA : Ciencias Biomédicas.
SUB LINEA : Calidad Ambiental.
TEMA : Calidad Ecológica.

DEDICATORIA

A Dios por la vida por haberme permitido llegar hasta este momento y haber forjado mi camino además de su infinita bondad y amor.

A mi familia, en especial a mis padres Pablo y Diané con todo mi cariño y mi amor por ser las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños incluso dejando de lado los suyos, dándome el más digno ejemplo de vida con su paciencia y comprensión por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, por todo su amor y sacrificio, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí. A ustedes por siempre mi corazón y mi gratitud.

A mi tía Martha a quien quiero como una madre, por compartir momentos significativos conmigo y estar siempre dispuesta a ayudarme.

Como una madre siempre te he visto, gracias por tu sabiduría y ternura que influyeron en mi para lograr todos los objetivos en la vida es para ti este agradecimiento que llegue al cielo amada abuela Agripina.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A mi alma máter la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, a mi querida Facultad de Ciencias Biológicas y cada uno de mis docentes por la formación académica y ética que me impartieron contribuyendo a mi formación profesional.
- ❖ Agradezco a mi Directora de Tesis Mg. Marta E. Aparicio Saavedra, por cariño su gran comprensión, apoyo en el desarrollo del presente proyecto y las importantes enseñanzas que me brindó a lo largo de la elaboración del trabajo de investigación y durante toda mi formación. Un especial agradecimiento al Blgo. Rene Alfaro Tapia, presidente de jurado por el apoyo incondicional, desinteresado, su inquebrantable amistad y cariño en mis años de formación universitaria, y su acertada dirección durante el desarrollo del proyecto.
- ❖ Al INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ, por abrirme las puertas de la institución y permitirme desarrollar la investigación bajo el asesoramiento del Blgo. Cesar Gamarra Peralta Coordinador del Laboratorio Continental – Puno.
- ❖ Agradezco en especial a la Blga. Carmen Villanueva Quispe por haberme guiado con sus conocimientos durante el desarrollo de la tesis por su invaluable amistad y cariño y al Ing. Humberto Siguayro Mamani por su preocupación en la realización de mi tesis.
- ❖ A los HONORABLES MIEMBROS DE MI JURADO.
- ❖ A mis amigos Salvador, Jhazel y Edu quienes colaboraron desinteresadamente en mis salidas de campo y que supieron darme aliento en horas de desánimo sin Uds. no hubiera sido posible concluir esta investigación.
- ❖ A la familia Luque Ticona en especial a mi amiga y compañera Karem, quien me acompaña en mis logros y fracasos, comparte mi dolor y celebra mis alegrías por toda su paciencia y cariño.
- ❖ A la familia Alfaro Hurtado, especialmente a mi amiga Johivi por su incondicional amistad y constante preocupación por cada uno de los pasos que he dado. A mis amigos, Lucy, Daniel, Sthewar quienes me brindaron su apoyo.

INDÍCE

I.	INTRODUCCIÓN	12
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1.	ANTECEDENTES	13
2.2.	MARCO TEÓRICO	15
2.2.1.	Estado ecológico	15
2.2.2.	Estado ecológico para la calificación de la calidad acuática.....	15
2.2.3.	Calidad de agua	15
2.2.4.	Calidad ecológica	16
2.2.5.	Bioindicador	16
2.2.6.	Índice IBCAEL	16
2.2.7.	Índice ABCO.....	16
2.2.8.	Índice RIC	16
2.2.9.	El agua.....	17
2.2.10.	Limnología	17
2.2.11.	Lagos	17
2.2.12.	Problemática de los lagos	17
2.2.13.	Uso de los lagos.....	17
2.2.14.	Ecología de los lagos	18
2.2.15.	Temperatura.....	18
2.2.16.	Oxígeno disuelto.....	18
2.2.17.	pH	18
2.2.18.	Diversidad de especies	19
2.2.19.	Índice de Simpson	19
2.2.20.	Índice de Shannon –Wiener.....	19
2.2.21.	Índice de Pielou	20
2.2.22.	Análisis de varianza	20
2.2.23.	Prueba de Kruskall Wallis.....	20
2.2.24.	Los macroinvertebrados bentónicos como calidad del agua.....	20
2.2.25.	Componentes del zooplancton	21
2.2.26.	Alimentación del zooplancton.....	21
2.2.27.	Comunidad	21
2.2.28.	Comunidad acuática	22
2.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	22
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25

3.1. Área de estudio	25
3.2. Tipo de estudio	26
3.3. Población y muestra	26
3.4. Selección de las estaciones de muestreo	27
3.5. Periodo de muestreo	27
3.6. METODOLOGÍA	27
3.6.1. Calificar el estado ecológico de la bahía interior de aplicando el índice IBCAEL	Puno 27
a) Frecuencia y horario de muestreo	27
Cálculo del índice ABCO.....	30
Cálculo del índice RIC	30
Asignación de valores de sensibilidad	31
3.6.2. Determinar los factores fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH) que influyen en los parámetros poblacionales de los macroinvertebrados bentónicos en la bahía interior de Puno.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Determinar el estado ecológico en la bahía interior de Puno aplicando el índice IBCAEL	34
4.2. Determinar los factores fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH) que influyen en los parámetros poblacionales de los macroinvertebrados bentónicos en la bahía interior de Puno.	36
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	48
Anexos.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los Puntos de Muestreo en la Bahía Interior de Puno 2014.....	26
Figura 2. Relación de los mayores valores de diversidad y dominancia en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio-2014.	40
Figura 3. Relación de los mayores valores de Equidad de Pielou (J') - Dominancia de Simpson en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio-2014.	41
Figura 4. Variación del OD en la zona norte de la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014.	42
Figura 5. Variación del pH en la zona norte de la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014.	43
Figura 6. Relación del pH – macroinvertebrados zona sur en la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métricas para determinar el índice RIC (MINAG Y MINAAM, 2012).	31
Tabla 2. Valores del índice IBCAEL en la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014	34
Tabla 3. Calificación del estado ecológico y los valores del índice IBCAEL para la calificación en la bahía interior de Puno 2014.	35
Tabla 4. Especies significativas y su valor de sensibilidad en la bahía interior de Puno – mayo, junio y julio 2014.	36
Tabla 5. Temperaturas en la zona sur, centro y norte en la bahía interior de Puno- mayo ,junio y julio 2014.....	36
Tabla 6. Oxígeno disuelto en la zona sur, centro y norte en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio 2014.....	37
Tabla 7. pH en la zona sur, centro y norte en la bahía interior de Puno mayo, junio y julio 2014.	37
Tabla 8. Promedios de temperatura, oxígeno disuelto y pH en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio 2014.	38
Tabla 9. Análisis de Kruskal Wallis para la densidad de los macroinvertebrados en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio 2014.....	44
Tabla 10. Registro cuantitativo de zooplacton (N° de ind/m3) de las estaciones de muestreo mayo 2014.	51
Tabla 11. Registro cuantitativo de Zooplancton (N° de ind/m3) de las estaciones de muestreo junio 2014.....	51
Tabla 12. Registro cuantitativo de zooplancton (N° de ind/m3) de las estaciones de muestreo julio -2014.	52
Tabla 13. Registro cuantitativo de Macroinvertebrados (N° de ind/m2) de las estaciones de muestreo Mayo -2014.....	53
Tabla 14. Registro cuantitativo de macroinvertebrados (N° de ind/m2) de las estaciones de muestreo junio -2014.....	54
Tabla 15. Registro cuantitativo de macroinvertebrados (N° de ind/m2) de las estaciones de muestreo julio -2015.....	55
Tabla 16. Análisis de diversidad, dominancia y equidad durante el mes de mayo – bahía interior de Puno.	56



Tabla 17. Análisis de diversidad, dominancia y equidad durante el mes de
junio – bahía interior de Puno. 57

Tabla 18. Análisis de diversidad, dominancia y equidad durante el mes de
julio – bahía interior de Puno 58

RESUMEN

La investigación sobre el estado ecológico en la Bahía Interior de Puno-2015 se realizó en el periodo de mayo a julio del 2014. Los objetivos fueron: 1) Calificar el estado ecológico de la bahía interior de Puno aplicando el índice IBCAEL. 2) Determinar los factores fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH) que influyen en los parámetros poblacionales de los macro invertebrados bentónicos en la Bahía Interior de Puno. La metodología fue la selección de 21 estaciones de muestreo, en las que se realizó muestreos mensuales, para la toma de muestras se usó el método de los cuadrantes; las muestras de zooplancton fueron colectadas en frascos de 250 ml, las muestras de macroinvertebrados fueron colectadas en frascos de 500ml ambas fijadas in situ, se obtuvo un total 126 muestras en los tres meses de evaluación. Los resultados fueron: El estado ecológico en la bahía interior de Puno es de mala calidad. El parámetro fisicoquímico que influyo directamente en los parámetros poblacionales de los macroinvertebrados fue el pH, en los meses de mayo junio y julio en la zona norte obteniéndose un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9984$ por lo tanto el resultado nos indica que existe una relación directamente proporcional entre el pH y el número de organismos ya que los rangos de pH se encuentran dentro de los óptimos oscilando 7.68-8.07. La temperatura promedio para el mes de mayo fue de 13.4 °C, para el mes de junio fue de 14.1 °C y en el mes de julio 17.7 °C. La temperatura promedio para la Bahía Interior de Puno en este periodo de evaluación fue de 15.1 °C. El oxígeno disuelto promedio para el mes de mayo fue de 5.9mg/l, en el mes de junio de 5.5 mg/l. El valor promedio de oxígeno disuelto en la bahía interior de Puno obtuvo un valor de 5.4 mg/l. En cuanto al pH promedio alcanzo un valor de 8.1. en la bahía interior de Puno. El valor más alto de diversidad de Shannon fue 2.32 bits.ind⁻¹ el menor valor registrado 0.29 bits.ind⁻¹ estos valores indican que la diversidad fue baja; Asimismo los valores de dominancia de Simpson fueron bajos por encontrarse por debajo de 1. La equidad de Pielou alcanzo valores de entre 0.15 y 1.00.

Palabras Clave: Bioindicador, diversidad, dominancia, macroinvertebrados, zooplancton.

ABSTRACT

The research on the ecological status in the Interior Bay of Puno-2015 was conducted in the period from May to July 2014. The objectives were: 1) To qualify the ecological status of the interior bay of Puno by applying the IBCAEL index. 2) Determine the physicochemical factors (temperature, dissolved oxygen, pH) that influence the population parameters of the benthic macro invertebrates in the Interior Bay of Puno. The methodology was the selection of 21 sampling stations, in which monthly samplings were made, for the sampling the quadrants method was used; the zooplankton samples were collected in 250 ml bottles, the macroinvertebrate samples were collected in 500ml flasks, both fixed in situ, a total of 126 samples were obtained in the three months of evaluation. The results were: The ecological status in the inner bay of Puno is of poor quality. The physicochemical parameter that directly influenced the population parameters of the macroinvertebrates was the pH, in the months of May June and July in the northern zone obtaining a coefficient of determination $R^2 = 0.9984$ therefore the result indicates that there is a directly proportional relationship between the pH and the number of organisms since the pH ranges are within the optimum ranging from 7.68 to 8.07. The average temperature for the month of May was 13.4°C , for the month of June it was 14.1°C and in the month of July 17.7°C . The average temperature for the Interior Bay of Puno in this evaluation period was 15.1°C . The average dissolved oxygen for the month of May was 5.9 mg/l , in the month of June of 5.5 mg/l . The average value of dissolved oxygen in the inner bay of Puno obtained a value of 5.4 mg/l . Regarding the average pH I reach a value of 8.1. in the inner bay of Puno. The highest value of Shannon diversity was 2.32 bits.ind-1 the lowest registered value 0.29 bits.ind-1 these values indicate that the diversity was low; Simpson's dominance values were also low because they were below 1. Pielou's equity reached values between 0.15 and 1.00.

Keywords: Bioindicator, diversity, dominance, macroinvertebrates, zooplankton

I. INTRODUCCIÓN

El Perú está ubicado entre los 10 países con más recursos hídricos del planeta, cuenta con 159 cuencas; denominadas unidades hidrográficas, siendo la tercera más importante la región hidrográfica del Titicaca, con un total de 13 cuencas, donde se albergan un gran número de especies de flora y fauna. El lago Titicaca, ubicado entre Perú y Bolivia, constituye un complejo ecosistémico de importancia estratégica para la conservación. En esta región se encuentra la mayor concentración de diversidad de ecosistemas. La bahía de Puno como tal cuenta con un área de 564 km y una profundidad de 30 m. Dentro de esta se distingue la bahía interior del mismo nombre con un área de 16.1 km² y una profundidad media de 2,7 m, y la máxima de 8m. Sin embargo, la mayor parte de la bahía interior de Puno se encuentra a menos de 2 metros de profundidad. Actualmente existe una urgente necesidad de realizar estudios en este recurso acuático ya que constituye un ecosistema dinámico de importancia para la directa conservación de seres vivos, ya que alberga especies de plantas y animales que son utilizables en diferentes actividades del hombre. En los últimos años, el equilibrio ecológico acuático viene siendo alterado por diversos factores principalmente antrópicos, debido al ingreso de aguas residuales domésticas, ingresos de residuos sólidos, residuos orgánicos, el avance de la agricultura, ganadería, el turismo, la presencia de jaulas flotantes de trucha, entre otros. Por este motivo es que se genera la necesidad de contar con herramientas que nos lleven a proponer estrategias para mejorar el conocimiento que se tiene acerca de los componentes del ecosistema acuático lacustre y así poder plantear medidas necesarias para evitar la degradación de los microhábitats conservando el recurso hídrico. Es por ello el interés de desarrollar esta investigación, planteando los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el estado ecológico en la bahía interior de Puno.

Objetivos específicos

Calificar el estado ecológico de la bahía interior de Puno aplicando el índice IBCAEL.

Determinar los factores fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH) que influyen en los parámetros poblacionales de los macroinvertebrados bentónicos en la bahía interior de Puno.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES

El estado ecológico de los lagos ha sido evaluado en España estableciéndose valores para la calificación del estado ecológico según las características y el tipo de lago; se asignó valores de sensibilidad a cada una de las especies; para la aplicación del índice y para determinar el estado ecológico de un lago se deben valorar las condiciones biológicas y físico-químicas; esto permitió su clasificación en cinco niveles de calidad: Muy bueno, bueno, moderado, deficiente y malo (Jiménez, 2011), en 60 lagos muestreados; 37 lagos se han mantenido siempre en un estado ecológico bueno o muy bueno. Los tipos de lagos con mejores estados ecológicos han sido los de alta montaña (Alba *et al.*, 2005), así se observó que los elementos de calidad responsables de obtener un estado inferior al bueno, han sido los fisicoquímicos (DMA, 2006).

Las especies de zooplancton identificadas en la zona pelágica del lago Titicaca fueron: *Boeckella titicacae*, *Boeckella occidentalis*, *Metacyclops leptopus*, *Bosmina hagmani*, *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia cuadrángula*, *Asplanchna sp.*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra sp.* y *Filinia sp.* existe en estas poblaciones una notable variación horizontal cuantitativa determinada por factores fisicoquímicos (Moreno, 1983), así como una estrecha relación entre especies como *Bosmina huaronensis* - *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia cuadrángula* – *Ceriodaphnia dubia*. En *Boeckella Titicacae*-*Metacyclops leptopus*-*Bosmina huaronensis*. Estas son poblaciones de zooplancton estrechamente ligadas a los cambios físicos del medio (Dejoux *et al.*, 1991).

En cinco lagunas se colectó un total de 10 especies distribuidas en 9 familias con estos datos se calculó la diversidad alfa usando el índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') con un valor de 0.99 y 0.69, la Equidad de Pielou (J') con valores de entre 0,49 y 0.89 mientras que los valores de dominancia oscilaron entre 0,35 y 0.43 (Iannaconne *et al.*, 2001), del mismo modo en las muestras colectadas en siete lagunas se observó también un total de 10 especies calculándose la diversidad (H') con valores de 1,22 a 1,26 (Mariano, 2002).

Muñoz (2001), la biodiversidad de las comunidades de macroinvertebrados registradas fueron un total de 44 especies, la mayoría de los cuales corresponden a larvas de Insecta (39%), Acari (25%) y otros taxones (35%), incluyendo Anélida, Molusca, Crustácea y Platyhelminthes. Así se observó una marcada relación entre

estas especies y el nivel de trofía del mismo modo (Mariano 2002), registro a *Dugesia* sp. *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus* sp., *Hellobdella* sp., *Chironomus* sp., Ephemeroptera, *Hyalella* sp. y *Physa venustula*, *Sphaerium* sp., todas tolerantes al enriquecimiento orgánico y a concentraciones bajas de oxígeno en tanto (Morelli *et al.*, 2007), determinó que el pH y temperatura influyen sobre la comunidad estudiada.

Chalar (1994), determinó que no se observaron diferencias de temperatura ni pH entre las estaciones, la temperatura presento un valor medio de 16 °C y el pH 7.1 a diferencia del oxígeno disuelto que presento un valor medio de 4.6 mg/L .lo que determinó que el oxígeno es la variable con mayor influencia sobre las comunidades de macroinvertebrados del mismo modo (Dejoux *et al.*, 1991), en su estudio en la bahía interior de Puno revela que las disminuciones en el contenido de oxígeno disuelto está relacionado con la temperatura y ejerce influencia directa en las comunidades de macroinvertebrados.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Estado ecológico

Es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales, es la expresión de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, integra una visión del estado de salud del sistema acuático (Corrochano, 2007), se ha clasificado los cuerpos de agua de acuerdo con las definiciones normativas, en cinco clases como: Muy buen estado: No existen alteraciones antropogénicas de los valores de los indicadores fisicoquímicos e hidromorfológicos. Buen estado: Los indicadores biológicos muestran valores bajos de distorsión causada por la actividad humana. Aceptable: Los valores muestran signos moderados de distorsión causada por la actividad humana y están significativamente más perturbados. Deficiente: Presenta alteraciones importantes de los indicadores biológicos. Malo: Presenta alteraciones graves de los indicadores biológicos (MINAAM, 2012).

2.2.2. Estado ecológico para la calificación de la calidad acuática

El estado ecológico para la calificación de la calidad acuática se centra especialmente en la condición de los elementos biológicos del sistema y los parámetros que deben considerarse (Lozano *et al.*, 2006), se dividen en categorías: biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos. Por tanto, a la hora de establecer el estado ecológico de los ecosistemas lacustres, se deberán tener en cuenta aspectos como la estructura del ecosistema, la fauna biológica, flora acuática y fauna ictiológica (DMA, 2006).

2.2.3. Calidad de agua

La calidad de agua es el grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas, la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua (Coloma, 2012), así cuando nos referimos al agua, evaluamos entonces sus características físicas, químicas y biológicas, estas últimas incluyen fauna y flora ambas en sus componentes micro y macro (Chang, 2014).

2.2.4. Calidad ecológica

La calidad ecológica se define como la expresión general de la estructura y la función de un ecosistema y está determinada por el nivel de estabilidad del ecosistema se evalúa los efectos de las sustancias extrañas sobre la estabilidad de los ecosistemas (Zamora, 2001), por lo tanto, para la evaluación de la calidad ecológica desde el punto de vista biológico se puede utilizar cualquiera de los grupos bióticos (Cobo, 2009).

2.2.5. Bioindicador

Un bioindicador biológico es aquel cuya presencia o abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita, los indicadores biológicos se han asociado con procesos ecológicos (Mason, 1984), estos son sensibles a los cambios ambientales y reaccionan ante ellos con estímulos específicos que a su vez provocan respuestas (Bonet, 2012), los macroinvertebrados bentónicos acuáticos son considerados como los mejores y son utilizados en la vigilancia y seguimiento de la contaminación (Roldan *et al.*, 1999).

2.2.6. Índice IBCAEL

Para determinar el estado ecológico en la bahía interior de Puno se aplicará el índice IBCAEL (Índice de calidad del agua de ecosistemas lenticos someros) elaborado para la determinación del estado ecológico de los sistemas lagunares someros de Cataluña, un aspecto de riqueza taxonómica con otros de abundancia. Este índice se compone de dos medidas (MINAAM, 2012).

2.2.7. Índice ABCO

Índice que indica la Abundancia de Branquiópodos, Copépodos y Ostrácodos, para la determinación de este índice es preciso determinar la fauna indicadora de cada tipo de lago y asignar valores de calidad a los diferentes taxones para posteriormente poder establecer las condiciones de referencia y los valores frontera de cada nivel de calidad (MINAAM, 2012).

2.2.8. Índice RIC

Este índice está basado en la riqueza de insectos y crustáceos. $RIC = N^{\circ}$ de géneros de crustáceos + N° de géneros de formas adultas de coleópteros y heterópteros + N° de familias de larvas y pupas de insectos (MINAAM, 2012).

2.2.9. El agua

El agua en la tierra es la esencia de la vida y domina por completo la composición química de todos los organismos; están formadas por un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno (Sierra *et. al* 2000), sus peculiares propiedades de la expansión termal, alto calor específico forman un ambiente estratificado que controla en bastante medida las dinámicas, químicas y biológicas de los lagos (Wetzel, 1983).

2.2.10. Limnología

Considerada una rama de la ecología que estudia los ecosistemas acuáticos continentales (lagos, lagunas, ríos, charcas, marismas y estuarios), las interacciones entre los organismos acuáticos y su ambiente (Wetzel, 1983), por lo tanto, es el estudio de las reacciones funcionales y de la productividad de las comunidades bióticas de las aguas continentales en relación a los parámetros físicos, químicos y bióticos ambientales (Margalef, 1983).

2.2.11. Lagos

Están considerados como sistemas abiertos y continuos que interaccionan constantemente con su entorno pues forman parte de una unidad mayor que incluye su cuenca de drenaje y el intercambio con la atmosfera (Roldan *et al.*,1999), en estos se caracterizan por tener zonas litorales y bénticas profundas bien diferenciadas, sedimento propio poblado por especies características (Dejoux ,1991).

2.2.12. Problemática de los lagos

Un problema significativo es que soportan un amplio espectro, de usos ecológicos, económicos, recreativos y paisajísticos que precisamente depende de la buena calidad las aguas (Duran & Pardo 2004), estos ecosistemas son susceptibles a la contaminación antropogénica siendo una dificultad la identificación de estas causas puntuales (Norcothe, 1991).

2.2.13. Uso de los lagos

En cuanto a la utilización propiamente dicha de las aguas del lago Titicaca toca varios aspectos esenciales como: la agricultura y las necesidades humanas. Una irrigación rudimentaria es practicada por tradición desde hace tiempo alrededor del lago para los cultivos o más frecuentemente para las zonas de pastoreo e irrigación (Dejoux, 1991), se conoce que los periodos de lluvias son cinco a seis meses del año, que constituye

el periodo de alimentación para el lago Titicaca para su posterior uso de las necesidades humanas (Fonturbel, 2008).

2.2.14. Ecología de los lagos

Las zonas que se pueden reconocer en un lago a nivel longitudinal son litoral y limnética, en la zona litoral son escasos los fenómenos de turbulencia y oleaje, las zonas litorales se encuentran en contacto con influencia directa del agua de escorrentía (Becares, 2004), los lagos presentan una composición química y física con cierta heterogeneidad, en lagos profundos la mayor parte de su volumen no está iluminado (Fonturbel, 2008), en cuanto a las especies se observa un descenso en la diversidad de especies a medida que aumenta la profundidad, descenso de luz y concentración de oxígeno (Dejoux, 1991).

2.2.15. Temperatura

La temperatura promedio del agua del Titicaca fluctúa entre 11.2°- 14.3°C, esto permite que la temperatura del lago en la superficie sea prácticamente constante a lo largo del año (Iltis *et al.*, 1991), así la termoclina que marca la separación entre el hipolimnion y epilimnion, se sitúa alrededor de los 60-80 metros por este motivo es que se sabe que debajo de los 120 metros de profundidad la temperatura es prácticamente constante, variando entre 10 y 12°C (Norcothe, 1991).

2.2.16. Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto en el lago Titicaca varían ligeramente de acuerdo a las zonas es decir los valores más elevados 8.84 y 9.18 mg /L y 6.0 y 9.18 mg/L se registraron en el lago mayor mientras que los valores más bajos se registraron en el lago menor entre 4.97 y 5.80 mg/L. (IMARPE, 2007), estos valores influyen en la formación de la mínima de oxígeno, relacionado con el poco movimiento de las aguas en las zonas litorales, la presencia de materia orgánica que estaría asociada al desarrollo de la agricultura y contaminación por zonas urbanas litorales (Fonturbel, 2008).

2.2.17. pH

Los valores de pH en el lago Titicaca están relacionados a la actividad biológica, el pH varía de acuerdo a la temperatura y el oxígeno disuelto (Norcothe, 1991), se determinó que los rangos que se presentan son en el lago mayor entre 8.5 y 8.8 y en

el lago menor entre 8.20 y 8.85 estos valores se encuentran dentro de los límites normales (IMARPE, 2007).

2.2.18. Diversidad de especies

Es la variedad de especies que se presenta en una dimensión espacio-temporal definida, resultante de conjuntos de interacciones entre especies que se integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución (Conde *et al.*, 2004), en general se considera que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la componga (Ramirez,2005), es que en este sentido se distinguen tres tipos de diversidad alfa, aquella que ocurre en un hábitat o estación; diversidad beta, la que se presenta a lo largo de gradientes o hábitats, y diversidad gama, que es de gran escala (Gaines *et al.*, 1999).

2.2.19. Índice de Simpson

También conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos (Rodríguez, 1980), así en ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat, dándonos la probabilidad de extraer dos individuos al azar que sean de la misma especie (Ferriol & Merle 2011).

El índice de dominancia de Simpson, para una muestra infinita es:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

O cuando la muestra es tratada como completo o muestra finita:

$$\lambda' = \sum_{i=1}^S \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde N es el número total de individuos en la población y *ni* es el número de la *ita* especie (Rodríguez, 1980).

2.2.20. Índice de Shannon –Wiener

El índice de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la diversidad específica. 0,5 y 5, su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos (Rodríguez ,1980), este índice se

caracteriza por considerar tanto la riqueza en especies como su abundancia (Ferriol & Merle 2011).

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum P_i * \ln P_i$$

Dónde: H = Índice de Shannon-Wiener

P_i = Abundancia relativa

Ln = Logaritmo natural.

2.2.21. Índice de Pielou

Mide la uniformidad o equilibrio de un ecosistema, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies, pero con una uniformidad máxima de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Pielou adopta valores entre 0 y 1 (Pennak, 1946).

2.2.22. Análisis de varianza

La bioestadística ha desarrollado la técnica de Fisher conocida como Análisis de varianza, esta prueba sirve para determinar diferencias entre poblaciones (Rodríguez, 1980), para aplicar esta técnica es necesario que los datos sean cuantitativos y cumplan los supuestos de normalidad, independencia y homogeneidad de varianzas (De la Fuente, 2012).

2.2.23. Prueba de Kruskal Wallis

Es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. (Kruskall, 1952), intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías (De la Fuente S. 2012).

2.2.24. Los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua.

La alta diversidad taxonómica, de tipos de alimentación y de diferentes ciclos de vida hace de la comunidad de macroinvertebrados una buena indicadora de la calidad

ecológica (Roldan *et al.*, 1999), del mismo modo estos organismos ofrecen un amplio espectro de respuestas a las diferentes perturbaciones ambientales (Fonturbel, 2008).

2.2.25. Componentes del zooplancton

Protozoos: Son organismos unicelulares o coloniales (Margalef, 1983), la mayoría son fitófagos bacteriófagos necrófagos o depredadores. Las amebas y los ciliados son los protozoarios más frecuentes en el plancton (Dejoux, 1991).

Rotíferos: El nombre de los rotíferos (L.rota, rueda+fera, los que llevan) proviene de la corona ciliada (Margalef, 1983), muchos se caracterizan por tener una corona o troca, que cuando bate da con frecuencia la impresión de una rueda girando (Dejoux, 1991), estos organismos oscilan entre 40un y 3mm de longitud, pero muchos están entre 100 y 500um dimensiones de todas y cada una de las células son menores (Norcothe, 1991).

Copépodos: Copépoda es la clase más grande de pequeños crustáceos; se han descrito alrededor de 8500 especies (Rupert *et al.*, 1996), se conoce que la mayoría son marinos, pero hay muchas especies dulceacuícolas y unas pocas que viven en el musgo, las películas de agua de la tierra y la hojarasca (Dejoux, 1991).

2.2.26. Alimentación del zooplancton

Los rotíferos y cladóceros comen indiscriminadamente comparados con los copépodos. Los cladóceros en comparación con los rotíferos son a su vez ligeramente más selectivos a pesar que retiene toda clase de material en forma de partículas incluyendo bacterias y detritos (Margalef, 1983), estos organismos se caracterizan por tener una alta tasa de filtración y poca selectividad del alimento (Rupert & Barnes 1996).

2.2.27. Comunidad

Es el concepto poco preciso, que significa muchas poblaciones viven juntas delimitadas en un espacio de manera arbitraria, en muchos años la ecología se centró en el estudio del número y distribución de diversos organismos (Margalef, 1983), se conoce que en un lago se pueden reconocer comunidades planctónicas, comunidades de bentos profundos y comunidades dominantes por macrofitos en las orillas, unas dependen de otras (Wetzel, 1981).

2.2.28. Comunidad acuática

En el ambiente continental existe una diversidad de flora acuática: flotantes, epifitas, litorales y bentónicas y guardan estrecha relación con la naturaleza de los distintos hábitats, caracterizados a su vez por los diferentes factores ecológicos como la luz, la temperatura, factores químicos, oxígeno y otros (Margalef, 1983).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Agua: El agua en la tierra es la esencia de la vida y domina por completo la composición química de todos los organismos. La ubicación del agua en los seres vivos, como fulcro del metabolismo bioquímico, descansa en sus particulares, características físicas y químicas (Wetzel, 1981).

Abundancia: Indica el número de individuos presentes en un hábitat determinados relacionada con los términos de densidad y dominancia, puesto que ocupa el primer nivel de clasificación no paramétrica en la escala de frecuencias (abundante, frecuente, común, escaso y raro) (Sarmiento, 2000).

Bentos: Organismos fijos en el fondo del ecosistema acuático que permanecen en los sedimentos toda su vida (Sarmiento, 2000).

Bioindicación: La bioindicación es una técnica de evaluación ambiental que a lo largo de los años se ha venido consolidando como método para la detección y control de la toxicidad en un determinado ecosistema (Roldan *et al.*, 1999).

Calidad de aguas: El término calidad en general, se refiere al conjunto de características, cualidades y rasgos distintivos, nivel de excelencia etc. Que presentan el agua, evaluamos entonces sus características físicas, químicas y biológicas, estas últimas incluyen flora y fauna ambas en componentes de micro y macro (Roldan *et al.*, 1999).

Calidad biológica: Es un ecosistema acuático, está determinada por la dominancia de las poblaciones de organismos adaptados, característicos propios a la calidad de sus aguas los cuales utilizamos como bioindicadores bien sea cualitativamente y cuantitativamente, según el índice que se aplique (Zamora, 2001).

Ciclomorfofosis: Polimorfismo cíclico que se repite en la fauna planctónica debido a los cambios de densidad y otras variaciones estacionales en el agua (temperatura) (ej: en la pulga de agua *Daphnia sp.*) (Margalef, 1983).

Comunidad: Conjunto de poblaciones que se mantienen agregadas en un sitio determinado por los eventos climáticos y orográficos, geológicos (deriva continental y tectónica de placas, edáficos (tipos de suelo) o biológicos (asociaciones plantas-animales). Que desarrollan similitudes que las asocian y agrupan en esta jerarquía (Margalef, 1983).

Diversidad: Propiedad ecológica que se presenta gracias a la existencia de elementos diferentes distintas especies en el tiempo y en el espacio y está relacionado con la estructura de las comunidades (Canales, 2009).

Distribución: Organización espacial o temporal de los elementos que ocupan un sitio dado, de acuerdo a criterios jerárquicos o estratégicos de zonación (Canales, 2009).

Eutrofización: La eutrofización es un estado de tensión que acelera los ciclos determinando una desviación paralela en los cocientes entre pares de componentes; se da por el aumento de materias nutritivas especialmente del componente nitrógeno y fosforo en las aguas, pueden tener su origen en aguas residuales, etc (Margalef, 1983).

Macroinvertebrados: Son organismos se encuentran invariablemente en un ecosistema de características definidas, algunas veces su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte un hábitat (Roldán *et al.*, 1999).

Microhábitat: En ecología entendemos como microhábitat a la parte más pequeña de un ecosistema que contiene una flora y fauna distinta. Normalmente las condiciones de ese microhábitat difieren de las de alrededor; lo que condiciona la presencia de esas especies (Bonet, 2012).

Organismo: Unidad de estudio de la meso ecología, el organismo o individuo se forma de la unión de órganos, aparatos y sistemas orgánicos (Margalef, 1983).

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto es un indicador acerca del estado trófico general de las zonas de estudio. Existen tasas diferentes de oxígeno disuelto lo que

nos indica el estado de eutrofización en el lago que conlleva a un estado de improductividad (Wetzel, 1981).

pH: Es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno, que sirve para la constatación de hidrogeniones en disoluciones acuosas; es también la medida de acidez o alcalinidad de una solución (Wetzel, 1981).

Población: Unidad demográfica que resulta de la agrupación de individuos de la misma especie en agregados que representa funciones sociales de reproducción, defensa, alimentación, refugio y defensa (Margalef, 1983).

Plancton: Organismo comúnmente microscópico animal (zooplancton) o vegetal (fitoplancton), que flota o se mantienen en suspensión en la zona superficial iluminada del agua marina o lacustre, constituye la fuente principal de alimento de los animales acuáticos (Hogan, 2000).

Resiliencia: Amplitud de tolerancias ambientales en un ecosistema que le permite asimilar perturbaciones sin deteriorarse definitivamente (Lawrence, 1999).

Taxón: Los miembros de cualquier grupo taxonómico; una especie, un género o una familia (Lawrence, 1999).

Temperatura: Es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (Wetzel, 1981).

Zona litoral: Comprende la zona de agua somera de la orilla y parte del fondo hasta donde penetra la luz solar. Esta zona en general es más rica en especies de organismos que las otras. En ella viven plantas con raíces que penetran en el fondo, pertenecientes a las espermatofitas que, junto con el fitoplancton y las algas flotantes, constituyen los productores del ecosistema lacustre (Dejoux, 1991).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El lago Titicaca se encuentra en el extremo norte de la meseta del Collao, entre los territorios del Perú y Bolivia. Su ubicación geográfica es $15^{\circ}13'19''$ - $16^{\circ}35'37''$ de longitud sur y $68^{\circ}33'36''$ - $70^{\circ}02'13''$ de longitud oeste. Es el lago navegable más alto del mundo; es un sistema hidrológico endorreico intramontañoso, por sus condiciones climáticas está sometido a condiciones climáticas propias de la zona intertropical, geográficamente está ubicado en la franja desértica de la costa del Pacífico al Oeste y una inmensa selva amazónica hacia el Norte. Su régimen hidrológico se encuadra en los regímenes tropicales caracterizados en una época de aguas altas (enero-marzo) y un periodo de estío (julio-octubre), estos van correlacionados con la presencia de precipitaciones que son fluctuantes, por lo general las subidas de nivel del lago se dan un periodo de cuatro meses, mientras que los descensos son más lentos y se dan en periodos de ocho meses. Sus principales ríos tributarios son: el Rio Ramis, el rio Coata, el rio Ilave, El rio Huancané y el Rio Suches; y el rio Desaguadero es el único efluente, que evacua sus aguas hacia el lago Poopó.

La bahía interior de Puno ($16,1\text{km}^2$) es un espejo de agua más o menos situado detrás de los promontorios de Chullune y Chimú. Aunque el estrecho entre estos promontorios es de casi 4km de ancho, la mayor parte se encuentra bloqueada por extensos totorales (juncos) dejando solo abierto un angosto canal de más o menos 300 m, que comunica con la bahía exterior de Puno. Este canal, con una profundidad de 6-7m, se extiende hacia Puno por unos 4km aproximadamente antes de abrirse en una cubeta pequeña cuya profundidad máxima es algo más de 7m. De vez en cuando el canal y la cubeta son dragados para mantener abierto el acceso de barcos grandes al muelle de Puno. Asumiendo un plano vertical situado entre los promontorios de Chullune y Chimú, la profundidad media de la bahía interior de Puno es de 2,7m y el volumen de 43,7 millones de m^3 . El área de estudio comprendió 21 estaciones de muestreo, agrupadas cada 7 estaciones en 3 zonas: Zona A, zona B y zona C, todas estas ubicadas dentro de la bahía interior los puntos se establecieron en transectos lineales en la zona litoral.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de planctología de IMARPE Puno, ubicado en la Avenida Circunvalación Sur N° 1911; su ubicación geográfica $15^{\circ}51'21.83''$ S y $70^{\circ}00'57.74''$ O.

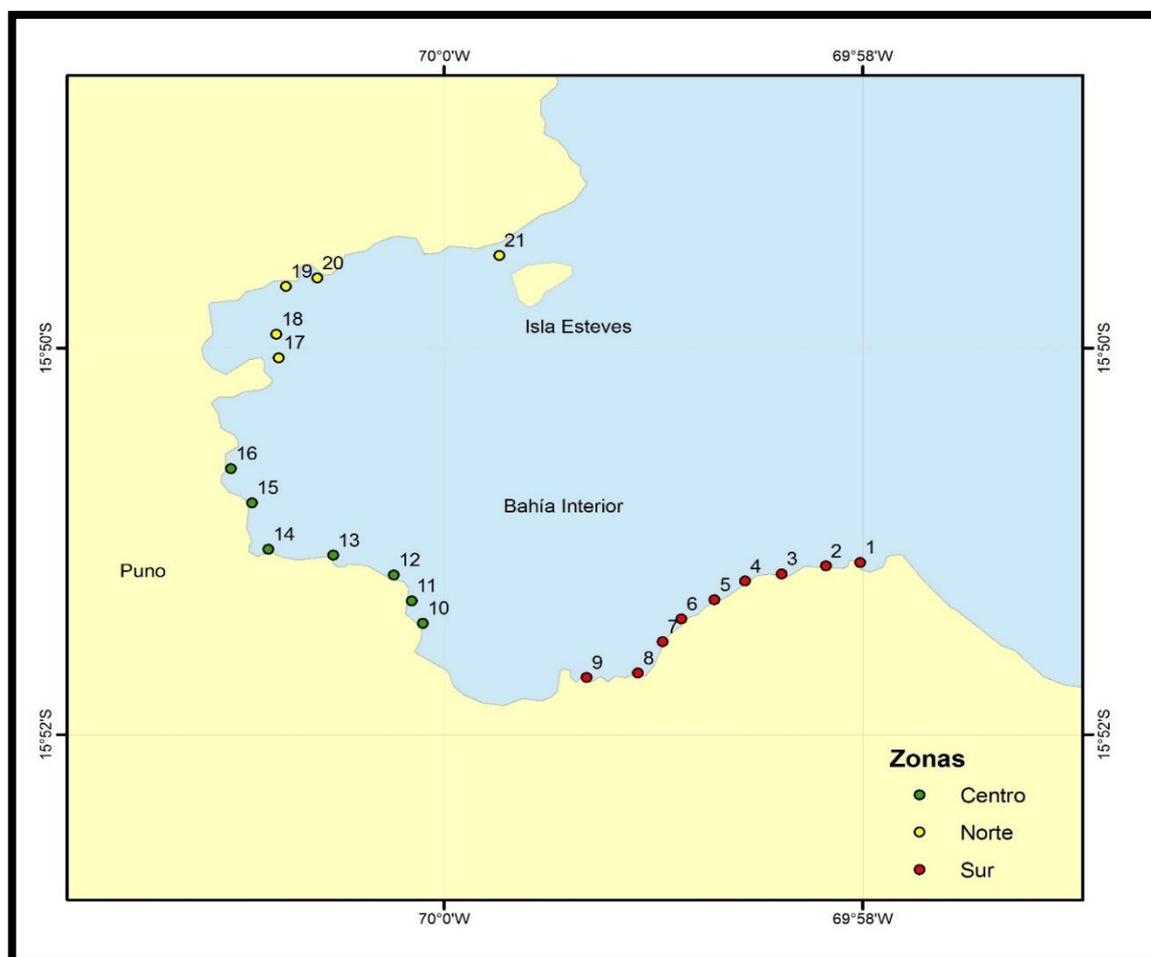


Figura 1: Ubicación de los Puntos de Muestreo en la Bahía Interior de Puno 2014.

3.2. Tipo de estudio

El presente trabajo de investigación es de carácter descriptivo, ya que se realizó en campo y posteriormente se realizó su descripción en laboratorio.

3.3. Población y muestra

En este proyecto de investigación se considerada como población y muestra infinita, ya que solo se cuantificó una alícuota del total.

3.4. Selección de las estaciones de muestreo

Se identificó estaciones de muestreo representativos de la diversidad de hábitats existentes (totales) y de los posibles impactos humanos (agricultura, ganadería, turismo) debidos a las actividades y/o usos existentes en la bahía interior de Puno y en zonas circundantes.

Se caracterizó los hábitats litorales a partir de: tipo de sustrato mineral (rocoso) y vegetal, profundidad, condiciones de iluminación, y tipo de vegetación de ribera.

Una vez identificadas las estaciones de muestreo se fijó su posición tomando las coordenadas geográficas con un GPS, y referencias topográficas que faciliten su localización posterior.

3.5. Periodo de muestreo

La investigación se realizó en los meses de mayo, junio, julio considerada como la época de estiaje caracterizada por la ausencia de lluvias, esta época esta correlacionada con la presencia de precipitaciones que fluctúan, por lo general las subidas del nivel del lago se da en un periodo de 4 meses mientras que los descensos son más lentos y se dan en periodos de ocho meses.

3.6. METODOLOGÍA

3.6.1. Calificar el estado ecológico de la bahía interior de Puno aplicando el índice IBCAEL

a) Frecuencia y horario de muestreo

Se seleccionaron 21 estaciones de muestreo, en cada estación se realizó dos repeticiones de toma de muestra, las muestras fueron colectadas iniciándose en la zona sur, así hasta llegar a la zona norte, el periodo de muestreo fue de una semana por cada mes, el inicio de la toma de muestra fue 6:00 am hasta las 11:00 am aproximadamente.

-De campo

En cada punto de muestreo se tomaron dos muestras biológicas diferentes, pero complementarias entre sí: Una muestra para la obtención de datos de abundancia de braquiópodos, copépodos y ostrácodos que permita la determinación del índice ABCO. Otra muestra para la obtención de datos de riqueza de insectos y crustáceos que permitió la determinación del índice RIC. Se trata, por lo tanto, de

dos muestreos que se complementan en la escala espacial de muestreo y en el tamaño de los organismos que componen la comunidad de invertebrados bentónicos.

La primera muestra se realizó para la obtención de datos de abundancia de braquiópodos, copépodos y ostrácodos que permita la determinación del índice ABCO. Una vez seleccionados los puntos de muestreo en la zona litoral, se ubicaron estacas formando un cuadrante de 1m^2 posteriormente se realizaron pasadas repetidas con la red de zooplancton de 80 micras dentro del cuadrante para obtener la muestra representativa para su posterior conservación y análisis en laboratorio. En cada estación de muestreo se realizaron dos repeticiones con el mismo procedimiento. Resulto importante observar la presencia de sedimento fino, en estos casos se pasó la red lo más cerca posible del fondo para evitar que el sedimento se incorpore en la muestra. Se removió enérgicamente la columna de agua para que los organismos se suspendan y entren en la red. Al finalizar la toma de muestras se depositó todo el contenido de la red, en un frasco de 50ml previamente rotulado con datos de la estación y hora de muestreo, añadiéndole el conservante formaldehído en una concentración de 40%. Posteriormente el frasco fue cerrado y transportado al Laboratorio Continental IMARPE-Puno para realizar el análisis cuantitativo y cualitativo de zooplancton.

La segunda toma de muestra se realizó para la obtención de datos de riqueza de insectos y crustáceos (RIC). Se realizó usando el mismo cuadrante establecido para la toma de muestra de ABCO, con la diferencia que para este muestreo se empleó una red de zooplancton de malla de $250\ \mu\text{m}$. El muestreador fue una rastra que se desplazó dentro del cuadrante realizando varios números de pasadas de tal modo que abarco todo el cuadrante seleccionado, en este muestreo fue necesario remover el fondo para que los organismos se queden suspendidos e ingresen en la red ya que es característico que estén adheridos a sustratos rocosos, vegetación sumergida o se encuentren sobre sedimento, fue conveniente ayudarse con las manos y pies.

En los sustratos rocosos pedregosos se observaron organismos adheridos para lo que fue conveniente recogerlos con las manos, con cuidado de que los invertebrados adheridos a ellas no se suelten se limpiaron dentro de la red. Finalmente, las muestras así recogidas se dispusieron en un envase de 500 ml para fijarla con formaldehído a una concentración del 4%, convenientemente etiquetada en el exterior con cinta adhesiva y rotulador indeleble de tal modo que se identifique

mediante un código de la estación hora y fecha en que fueron tomadas las muestras y transportado al Laboratorio Continental IMARPE-Puno para realizar el análisis cuantitativo y cualitativo de macroinvertebrados bentónicos.

b) Descripción detallada del uso de equipos, materiales e insumos

-De laboratorio

Previamente a la manipulación de ambas muestras se tomó todas las medidas de seguridad necesarias desde el uso de indumentaria como mandil, mascarilla para evitar algún accidente de intoxicación por los vapores emanados y el uso de guantes de látex que evito la contaminación directa o algún posterior efecto negativo contra la salud. Para procesar los datos de zooplancton que se identificaron para el índice ABCO fue preciso eliminar de ella el formaldehído. Esto se realizó disponiendo la muestra sobre una red de 80 μm de abertura de poro y recogiendo la solución de formaldehído filtrada en el mismo envase de la muestra para su tratamiento como residuo peligroso, una vez separada la muestra del formaldehído, se lavó con agua y se dispuso en un nuevo envase sólo con agua para proceder con la identificación y conteo en el microscopio.

Después de haber realizado el tratamiento previo de las muestras se observó el contenido del envase, antes de extraer la cantidad necesaria para realizar el análisis cualitativo y cuantitativo la muestra fue homogenizada ,para ello se dispuso fracciones de la muestra en cantidad de 5ml en cámara tipo Sedgwick Rafter, después de haber realizado este procedimiento se dispuso la muestra para su observación para lo que se usó un estereomicroscopio de 10x equipado con luz diáscopica, este procedimiento se repitió 3 veces con el resto de la muestra esto con la finalidad de realizar las observaciones necesarias para su determinación taxonómica hasta nivel de especie siguiendo las guías y claves taxonómicas .

Para iniciar el procesado de la muestra del RIC se dispuso el contenido del envase de 250ml en una bandeja después se filtró el contenido con abundante agua dentro de la red de zooplancton de 250 μm para tratar de eliminar los sedimentos después se almaceno la muestra en un envase nuevo para posteriormente iniciar con el conteo e identificación.

Una vez eliminados los sedimentos y después de la filtración de la muestra, el contenido del envase se extendió sobre una bandeja transparente y se observó a

simple vista, separando los organismos del sedimento restante, de la vegetación sumergida y retirándolos de pequeñas piedras en los que se encontraban adheridos todo esto con la ayuda de una lupa simple y una pinza, el hecho de que los organismos se encontraban vivos facilitó el trabajo de reconocerlos dentro de la bandeja.

Seguidamente los organismos fueron seleccionados en placas Petri de acuerdo a sus características, habiendo terminado la limpieza y separación de los organismos se procedió a su observación bajo el estereomicroscopio a 4x para su identificación, se requería determinar crustáceos, coleópteros, hemípteros adultos, larvas, ninfas y pupas de todos los insectos como mínimo hasta nivel de familia siguiendo las guías y claves especializadas.

Al terminar la observación, la muestra para la determinación del RIC y macroinvertebrados en general fue depositada en viales de acuerdo a la identificación para conservarla y fijarla con formaldehído al 4%.

c) Variables analizadas

Cálculo del índice ABCO

Se realizó el conteo e identificación de especies una vez obtenidos los valores se procedió con el llenado de las fichas de registro en los datos correspondientes así se inició el cálculo del índice ABCO, primero se obtuvo las abundancias relativas y las abundancias totales luego se hizo una multiplicación de la abundancia relativa de cada una de las especies (expresadas en tanto por uno) por el valor de sensibilidad que presente la especie en el tipo de masa de agua en el que se aplicó en este caso tipo de masa de la categoría 4, de esta forma obtenemos los valores de ABCO para cada una de las especies muestreadas que fue necesario sumar para obtener el valor final de ABCO para cada muestreo. Para el cálculo del índice ABCO solo se tuvo en cuenta los taxones que presentan valores de sensibilidad (MINAG Y MINAAM, 2012).

Cálculo del índice RIC

Teniendo los datos registrados el valor para el índice RIC se calculó por medio de una suma especificada en la siguiente fórmula:

Dónde:

$$\mathbf{RIC = A + B + C}$$

Tabla 1. Métricas para determinar el índice RIC (MINAG Y MINAAM, 2012).

METRICA	DESCRIPCION METRICA
A	Número de géneros de crustáceos
B	Número de géneros de formas adultas coleópteros y heterópteros
C	Número de familias de larvas y pupas de insectos

d) Aplicación de bioestadística**Asignación de valores de sensibilidad**

La asignación de los valores de sensibilidad fue necesaria para poder obtener los resultados de ABCO, se hizo después de haber terminado el análisis cuantitativo y cualitativo de las especies para el cálculo del ABCO, que consistió en darle un valor numérico que oscila de 1-10 esto establecido según el protocolo para la determinación IBCAEL, donde cada especie ya tiene su valor dado.

Para determinar que especies fueron las que mostraron el mejor valor de sensibilidad en cada mes, se aplicó la prueba T con el software PAST3.

3.6.2. Determinar los factores fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH) que influyen en los parámetros poblacionales de los macroinvertebrados bentónicos en la bahía interior de Puno

a) Frecuencia y horario de muestreo

Se realizaron los análisis de pH, temperatura y oxígeno disuelto en las 21 estaciones de muestreo, se inició en la zona sur hasta llegar a la zona norte; la frecuencia del muestreo fue una semana al mes, el horario de muestreo inicio a las 6:00 am hasta las 10:30 am.

La metodología que se utilizó para la determinación de los factores fisicoquímicos fue diferente de acuerdo al análisis.

-El pH:

En cada estación se realizó la medida del pH, con dos repeticiones en cada estación estos datos fueron promediados y registrados

-Temperatura (°C):

En cada estación de muestreo se realizó la medida de temperatura, realizándose dos repeticiones para posteriormente promediar ambos datos y tener datos certeros.

-Oxígeno disuelto (mg/L):

Para determinar los valores de oxígeno disuelto se realizó un procedimiento similar al del pH y temperatura, con la ayuda de un oxímetro se obtuvieron los datos. En cada estación de muestreo se realizó dos repeticiones insertándose el oxímetro, una vez estabilizado el sensor se procedió con la lectura.

b) Descripción Detallada del Uso de Equipos y Materiales

-Para el pH

Se realizó esta medida utilizando un peachimetro previamente calibrado para esto se introdujo el sensor de pH en el cuadrante establecido, una vez estabilizado se procedió a dar lectura el valor del pH.

-Para la temperatura

Para la temperatura se utilizó el termómetro con sensor de temperatura, una vez estabilizado se dio lectura a los números.

-Para el oxígeno disuelto

Para este análisis se usó el medidor de oxígeno METTER TOLEDO, comprobado por el método Winkler SevenGo Duo pro SG98 y SevenGo pro SG9 combinado con el sensor óptico de oxígeno Disuelto. Se empleó el protocolo del IMARPE y guías nacionales e internacionales (APHA, EPA) cumpliendo estrictamente la ISO 17025.

c) Variables analizadas

En primer orden las variables independientes fueron las estaciones y meses de muestreo; como variables dependientes tenemos las medidas de los factores fisicoquímicos como el pH, la temperatura y el oxígeno disuelto.

En segundo orden las variables independientes fueron la diversidad y abundancia de especies; como variables dependientes el pH, temperatura y oxígeno disuelto.

d) Aplicación de bioestadística

- Índice de Simpson

La fórmula para el índice de Simpson es:

$$\lambda' = \sum_{i=1}^s \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

S = es el número de especies

N = es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas).

ni = es el número de ejemplares por especie.

- Índice de Shannon – Weaver

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum Pi * \ln Pi$$

Dónde: H = Índice de Shannon-Wiener

Pi = Abundancia relativa

Ln = Logaritmo natural.

f) Índice de Equitatividad PIELOU J

Es uno de los índices más utilizados

$$J = H$$

g) Análisis de varianza

Se aplicó el análisis de varianza para determinar la variación de los factores fisicoquímicos en relación a los meses de evaluación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinar el estado ecológico en la bahía interior de Puno aplicando el índice IBCAEL

Los resultados obtenidos que permiten evidenciar la categorización brindada por el índice IBCAEL, los mismos que fueron obtenidos según su fórmula descrita en el marco teórico. En la misma tabla se puede apreciar que en todos los meses de la evaluación realizada todos presentan un estado ecológico malo. Ello se debe a que la adaptación del índice por medio de una prueba T de Student nos llevó a considerar a las especies más significativas, haciendo a su vez que la abundancia de Braquiópodos, Cladóceros y Ostrácodos sea mínima, lo mismo sucede con respecto a la riqueza de Insectos y Crustáceos ello puede llevarnos a indicar, aquello que es de divulgación común, que es necesario mejorar estado ecológico de la bahía interior de Puno (Tabla 2).

Tabla 2. Valores del índice IBCAEL en la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014

Tiempo	ABCO	RIC	IBCAEL
Mayo	0.09739823	3	0.66
Junio	0.14490668	3	0.69
Julio	0.05804582	3	0.64
Total	0.30035074	9	1.30

Al respecto Alba *et al.*, (2005), indica que en la evaluación de 60 lagos muestreados entre 2007 y 2010 se obtuvo que la mayoría, 37 de los 60 lagos (62%) se han mantenido siempre en un estado ecológico final Bueno o Muy bueno. Los tipos de lagos con mejores estados ecológicos han sido los de alta montaña. Sin embargo 23 de los 60 lagos muestreados (38%) han presentado puntualmente estados ecológicos inferiores al Bueno, estos lagos corresponden a los tipos interiores en cuenca de sedimentación. Los elementos de calidad responsables de este estado inferior al Bueno, han sido, generalmente, los fisicoquímicos.

a) Estado ecológico del agua

Todos los valores en este periodo del año estuvieron registrados por debajo de 1,36, así en el mes de mayo se obtuvo un valor de 0.66, el mes de junio un valor de 0.69 y en el mes de Julio con 0.64; Finalmente el valor total de la evaluación en la Bahía Interior de Puno, fue de 1.30 (Tabla 3).

Tabla 3. Calificación del estado ecológico y los valores del índice IBCAEL para la calificación en la bahía interior de Puno 2014.

Estado ecológico	Valores IBCAEL
Muy bueno	$IBCAEL \geq 5,43$
Bueno	$4,07 \leq IBCAEL < 5,43$
Moderado	$2,71 \leq IBCAEL < 4,07$
Deficiente	$1,36 \leq IBCAEL < 2,71$
Malo	$IBCAEL < 1,36$

Jiménez (2011), realizó una evaluación del estado ecológico de los lagos españoles mediante macroinvertebrados bentónicos con el objetivo de elaborar una métrica para evaluar el estado ecológico de las masas de agua superficial de la categoría lago en España ,conforme al elemento de calidad biológica composición y abundancia de fauna bentónica de invertebrados, se determinó que a partir del índice IBCAEL ,una medida para evaluar el estado ecológico de las masas de agua de la tipología lagos en España se podía adaptar este índice de acuerdo al tipo de lago en estudio ya que la comunidades de los lagos varían según su origen ,altitud y condiciones de eutrofización.

Se puede concluir que la métrica establecida para determinar el estado ecológico en la bahía interior de Puno usando el índice IBCAEL resulto objetivo y confiable para poder realizar la determinación del estado ecológico.

b) Especies y su valor de sensibilidad.

Con los datos de las abundancias de las especies, la prueba T, nos permitió asignar los valores de sensibilidad determinando cuáles especies responden mejor a las condiciones ambientales, se registró un total de 22 especies sin embargo no todas las especies fueron representativas. Las especies que sirvieron para la adaptación del índice fueron: *Metacyclops leptopus* y *Daphnia pulex* es decir 2 de las 22 especies estuvieron presentes de manera constante en los tres meses; mientras que las demás especies, no se presentaron uniformemente en la evaluación realizada durante los tres meses (Tabla 4).

Tabla 4. Especies significativas y su valor de sensibilidad en la bahía interior de Puno – mayo, junio y julio 2014.

Especies	Valor de sensibilidad
<i>Metacyclops leptopus</i>	6
<i>Daphnia pulex</i>	7
<i>Cypridopsis sp.</i>	4

(Moreno, 1983), ha identificado como componentes del zooplancton de la zona pelágica del lago Titicaca (lago grande) alrededor de 10 especies, las cuales fueron: *Boeckella titicacae*, *Boeckella occidentalis*, *Metacyclops leptopus*, *Bosmina hagmani*, *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia cuadrángula*, *Asplanchna sp.* *Keratella quadrata*, *Polyarthra sp.* y *Filinia sp.* indicando que existe una variación horizontal cuantitativa notable en las poblaciones de zooplancton pelágico. Según (Dejoux *et al.*, 1991), en el estudio de la estructura de la población de zooplancton, comprobó que la comunidad planctónica de los Cladóceros en el lago Titicaca está constituida uniformemente por la asociación *Bosmina huaronensis* -*Daphnia pulex*, y *Ceriodaphnia cuadrangula* –*Ceriodaphnia dubia*. En el caso de los copépodos la asociación se da entre *Boeckella Titicacae*- *Metacyclops leptopus*-*Bosmina huaronensis*.

4.2. Determinar los factores fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH) que influyen en los parámetros poblacionales de los macroinvertebrados bentónicos en la bahía interior de Puno.

Los resultados de la evaluación de los aspectos fisicoquímicos se muestran a continuación:

a) La temperatura más alta registrada durante los meses de mayo junio y julio fue de 26.7°C correspondiente a la estación 7 de la zona sur en el mes de julio; En contraste la temperatura más baja fue de 2.21°C en la estación 9 de la zona sur durante el mes de junio (Tabla 5).

Tabla 5. Temperaturas en la zona sur, centro y norte en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio 2014.

ESTACIONES	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21
	ZONA SUR									ZONA CENTRO						ZONA NORTE					
MAYO	14	13	14	14	11	14.5	7.25	12	11	10	14.1	13	15.3	14	15	15	15	18	17	15	11
JUNIO	11	14	16	16	15	13.3	15.9	18	2.2	18	18.5	20	15.8	16	15	14	13	11	11	13	12
JULIO	14	16	14	19	18	14.1	26.3	22	18	24	25.1	24	19.1	19	19	18	16	15	12	13	8.8

(Norcothe, 1991), en su estudio dentro de la bahía interior de Puno revela que la temperatura varía entre los 10 y 20 °C. Según (Dejoux *et al.*, 1991), la temperatura

promedio del agua del Titicaca fluctúa entre 11.2°- 14.3°C, esto hace que la temperatura del lago en la superficie sea prácticamente constante a lo largo del año.

b) El valor más alto de oxígeno disuelto fue de 21mg/L, se registró en la estación 9 correspondiente al mes de junio ubicado en la zona sur mientras que el menor valor para este parámetro fue registrado en la zona centro en la estación 10 con un valor de 0.035 mg/L también durante el mes de junio (Tabla 6).

Tabla 6. Oxígeno disuelto en la zona sur, centro y norte en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio 2014.

ESTACIONES	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21
	ZONA SUR									ZONA CENTRO						ZONA NORTE					
MAYO	7.3	5.9	8.4	8.4	7.5	9.5	8.73	8.9	8.1	8.2	8.3	8.3	8.5	8.3	8.5	8.6	7.9	8.3	8.2	9.1	7.4
JUNIO	7.1	7.3	7.8	7.1	7.9	7.3	8.03	8.4	8.4	7.7	7.6	7.9	7.9	8.9	8.5	9	7	7.3	8.8	8.6	8
JULIO	7.2	8.5	7.2	7.6	8.4	7.5	8.5	8.2	7.4	8.4	9.3	8.1	7.9	8.6	9	9.3	7.9	7.7	8.3	8.3	8.1

(Norcothe, 1991), en su estudio dentro de la bahía interior de Puno revela que la disminución 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, los niveles de oxígeno disuelto en aguas saturadas del lago son de solo 7.3 y 5.8 mg/L respectivamente. Al respecto IMARPE (2007), en el estudio realizado en el lago Titicaca presenta que los valores de oxígeno disuelto en el lago varían ligeramente de acuerdo a 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. En el lago mayor se registraron valores entre 6.0 y 9.18 mg/L. Los valores más bajos se registraron en el lago menor entre 4.97 y 5.80 mg/L.

c) Evidencia con respecto al pH que el registro del valor más alto fue de 9.3 y se encontró en la estación 11 de la zona centro en el mes de julio, en tanto el menor valor registrado fue 7 en la estación 17 correspondiente a la zona norte en el mes de junio (Tabla 7).

Tabla 7. pH en la zona sur, centro y norte en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio 2014.

ESTACIONES	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21
	ZONA SUR									ZONA CENTRO						ZONA NORTE					
MAYO	0.6	0.7	12	8.7	4.3	15.1	10.6	11	3.8	7.9	6.15	7.5	2.92	2.2	5.2	6	1.7	2.8	4.7	8.6	1.3
JUNIO	3.1	1.2	6.6	3.6	6.2	0.49	6.3	7.4	21	0	6.67	4.5	4.81	8.8	6.3	7.2	2	0.4	7	9.1	3.3
JULIO	0.2	7	0.6	4.4	8	0.03	8.26	9.2	1.8	12	2.36	8.5	5.77	5.3	6.8	9.8	1.9	0.9	1.5	6.4	0.4

(Norcothe, 1991), en el muestreo realizado 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 presento que el pH era constante con valores superiores a 8.0 y en algunas ocasiones hasta 8.75.

d) La temperatura promedio para el mes de mayo fue de 13.4 °C, para el mes de junio fue de 14.1°C y en el mes de Julio 17.7°C. La temperatura promedio para la bahía interior de Puno en este periodo de evaluación fue de 15.1 °C. El oxígeno disuelto promedio para el mes de mayo fue de 5.9mg/l, en el mes de junio de 5.5 mg/l y en el mes de julio fue de 4.8 mg/l.El valor promedio de oxígeno disuelto en la bahía interior de Puno obtuvo un valor de 5.4 mg/l.El pH promedio en el mes de mayo fue de 8.2 para junio se registró un promedio de 7.9 y en el mes de julio el pH promedio fue de 8.1. En la Bahía Interior de Puno y en el periodo evaluado el pH promedio alcanzo un valor de 8.1 (Tabla 8).

Tabla 8. Promedios de temperatura, oxígeno disuelto y pH en la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014.

Parametros			
Tiempo	Temperatura(°C)	Oxigeno disuelto(mg/L)	pH
Mayo	13.4	5.9	8.2
Junio	14.1	5.5	7.9
Julio	17.7	4.8	8.1
Promedio	15.1	5.4	8.1

IMARPE (2007), aclara que la actividad biológica y el pH están relacionados. 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 estos valores se encuentran dentro de los límites normales

e) Los índices de diversidad para el mes de mayo en las 21 estaciones de muestreo indicando que el valor más alto de diversidad de Shannon estuvo registrado en la estación 17 con 2.12 bits.ind⁻¹ el menor valor se registró en la estación 16 con 0.29 bits.ind⁻¹ estos valores indican que la diversidad fue baja durante el mes de mayo; asimismo los valores de dominancia de Simpson fueron bajos por encontrarse por debajo de 1; sin embargo los valores de Equidad revelaron que la distribución de los individuos entre las especies fue heterogénea con valores por debajo de 1 (Tabla 16).

f) La diversidad de Shannon que el mayor valor registrado estuvo en la estación 4 con $1.96 \text{ bits.ind}^{-1}$ y el menor valor lo presentó la estación 19 con $0.64 \text{ bits.ind}^{-1}$, indicándonos que el mes de junio tuvo una baja diversidad. Para este mes también la dominancia obtuvo valores bajos hasta de 0.38 mientras que la Equidad de Pielou presentó una distribución homogénea a excepción de la estación 15 con 0.49 (Tabla 17).

g) La diversidad en el mes de julio obtuvo el más alto valor $2.32 \text{ bits.ind}^{-1}$ correspondiente a la estación 5 y el menor valor en la estación 18 con $0.33 \text{ bits.ind}^{-1}$ siendo moderadamente diverso, la dominancia obtuvo bajos valores de 0.89 y 0.13. Mientras que su distribución fue heterogénea con valores por debajo de 1 (Tabla 18).

h) Relación de los mayores valores de diversidad y dominancia

Nos indica que el valor más alto de diversidad de Shannon en el mes de mayo estuvo registrado en la estación 17 con $2.12 \text{ bits.ind}^{-1}$ el menor valor se registró en la estación 16 con $0.29 \text{ bits.ind}^{-1}$ estos valores indican que la diversidad fue baja durante el mes de mayo; Asimismo los valores de dominancia de Simpson fueron bajos por encontrarse por debajo de 1 (Figura 2). Para el mes de junio con respecto a la diversidad de Shannon que el mayor valor registrado estuvo en la estación 4 con $1.96 \text{ bits.ind}^{-1}$ y el menor valor lo presentó la estación 19 con $0.64 \text{ bits.ind}^{-1}$, indicándonos que el mes de junio tuvo una baja diversidad (Figura 2). Durante en el mes de julio obtuvo el más alto valor $2.32 \text{ bits.ind}^{-1}$ correspondiente a la estación 5 y el menor valor en la estación 18 con $0.33 \text{ bits.ind}^{-1}$ siendo moderadamente diverso, la dominancia obtuvo bajos valores de 0.89 y 0.13. (Figura 2).

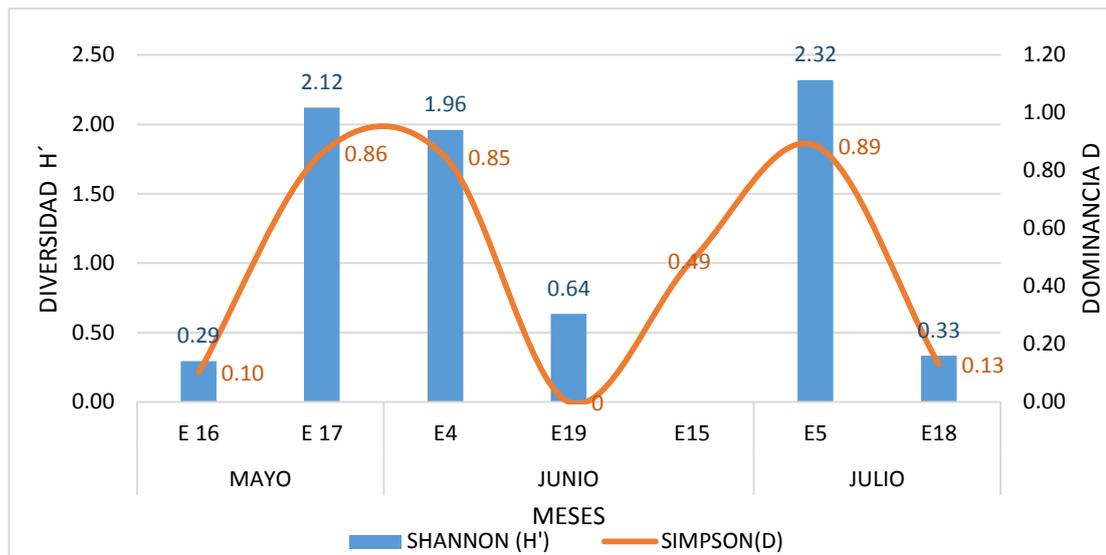


Figura 2. Relación de los mayores valores de diversidad y dominancia en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio-2014.

En contraste con el estudio de a Iannaconne *et al.*, (2001), donde evaluó la biodiversidad y similitud de los macroinvertebrados de las lagunas de Puerto Viejo Lima durante tres meses de monitoreo. Se calculó la diversidad alfa usando el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y se obtuvo valores de 0.99 y 0.69, la dominancia de Simpson oscilo entre 0,35 y 0.43.

Se concluye que en general durante los tres meses de evaluación los valores de diversidad y dominancia de acuerdo a los rangos de cada índice fueron bajos excepto en el mes de Julio donde se presentó diversidad moderada. Sin embargo, podemos observar que a diferencia de otros lagos en la bahía interior de Puno se logró obtener mejores resultados.

i) Valores de equidad de Pielou

Los valores más altos y más bajos de equidad por estación y mes; y su relación con la dominancia es así que durante el mes de mayo la relación entre ambos factores fue directa ya que la más alta equidad la presento la estación 17 con 0.92 y la equidad obtuvo 0.86, la más baja equidad se registró en la estación 16 con 0.15 del mismo modo sucede con la dominancia en la misma estación que obtuvo un valor de 0.10. Durante el mes de junio se presentó la mayor equidad con respecto a los demás meses obteniendo un valor de 1.00 sin embargo la dominancia en esta misma estación fue 0, la mayor dominancia se presentó en la estación 4 con un valor de 0.85. Finalmente, en el mes de julio la mayor equidad fue en la estación 21 con 0.98 al igual que el anterior mes la dominancia en esta estación fue 0; mientras que la mayor dominancia la presento la estación 5 con 0.89, la estación 18

alcanzo los valores más bajos y revelo una relación directa entre la dominancia y la equidad (Figura 3).

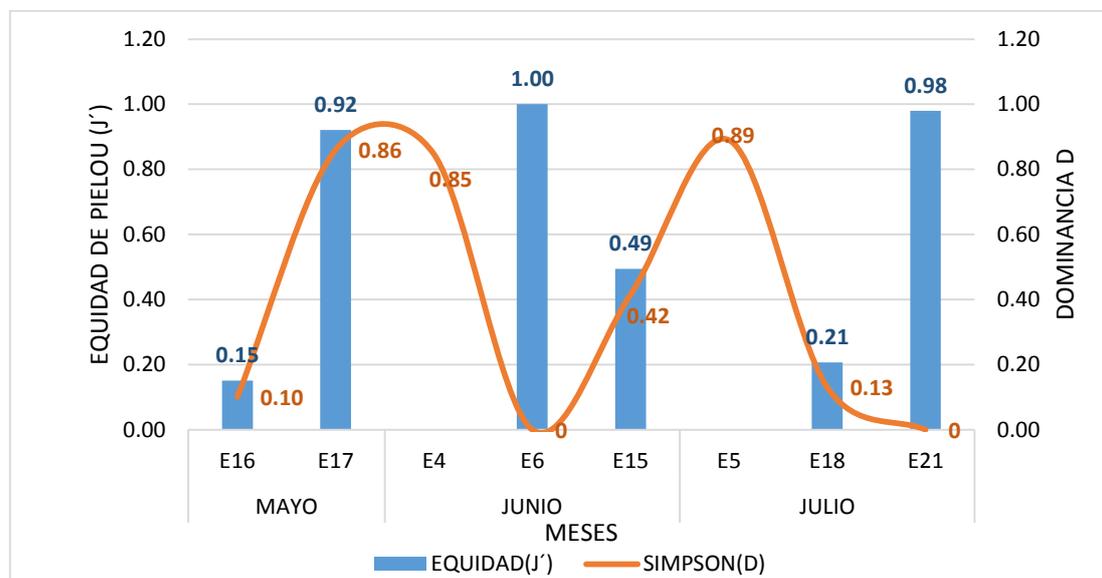


Figura 3. Relación de los mayores valores de Equidad de Pielou (J') -Dominancia de Simpson en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio-2014.

De acuerdo a (Iannacone *et al.*, 2001), donde evaluó la equidad de los macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo Lima durante tres meses de monitoreo. Se calculó la equidad de Pielou (J') obteniéndose valores de entre 0,49 y 0.89, siendo el valor más alto igual al que se obtuvo en la presente investigación.

j) ANDEVA de la zona norte

Con respecto al pH en el periodo de evaluación, existe diferencia entre las estaciones de la zona norte sobre la temperatura y tiempo donde: $F_c(0,05) = 3,509$; $G_l = 4$ y un valor de $P = 0,04886$

Dejoux *et al.*, (1991), nos indica que las variaciones significativas de pH en algunas zonas están condicionadas a la actividad fotosintética que a su vez; se condiciona por factores como en contenido de materia orgánica.

k) ANDEVA general de las tres zonas de muestreo

Con respecto a las tres zonas de muestreo en el periodo de evaluación, existe diferencia entre las tres zonas de muestreo.

Donde $F_c = 2.116$; $G_l = 20$ y un valor de $P = 0.02034$ indica que en las tres zonas de muestreo y en el tiempo de evaluación existe variación significativa

Dejoux *et. al.*, (1991), señala que los valores de pH en superficie son relativamente estables para el lago menor se sin embargo entre abril, octubre y febrero se observó variaciones significativas del parámetro físico en las diferentes zonas del lago Titicaca.

l) ANDEVA de la zona norte con respecto al oxígeno disuelto

En el periodo de evaluación, se observa que la suma de cuadrados entre grupos es mayor a la suma de cuadrados entre los grupos; La $F_c = 8.858$; $G_l = 4$ y $P = 0.002531$. Por lo tanto, el oxígeno disuelto tuvo variación significativa en la zona norte de la bahía interior de Puno. Norcothe (1991), en sus estudios realizados en la bahía interior de Puno entre octubre de 1982 y finales de agosto de 1983 registro que la sobresaturación de oxígeno se encontraba muy por encima del 150% y 120% a lo largo de la orilla occidental de la bahía, estos valores deben indicar muy cercanas a la orilla alcanzaron casi la saturación completa, estos valores de sobresaturación deben indicar altos aportes de oxígeno disuelto debido a una intensa fotosíntesis. Sin embargo en fechas posteriores la concentración de oxígeno disuelto en la misma zona disminuyó por debajo del 5.5% y muchas zonas permanecieron por debajo de la saturación hasta la época seca.

m) Variación del oxígeno disuelto

Podemos observar la variación del oxígeno disuelto durante el periodo de evaluación en la Zona norte es así que; Durante el mes de mayo, junio y julio la estación 20 presentó los valores más altos de Oxígeno disuelto en mayo obtuvo un valor de 8.6 mg/L, junio 9.06 mg/L y julio 6.37 mg/L (Figura 4).

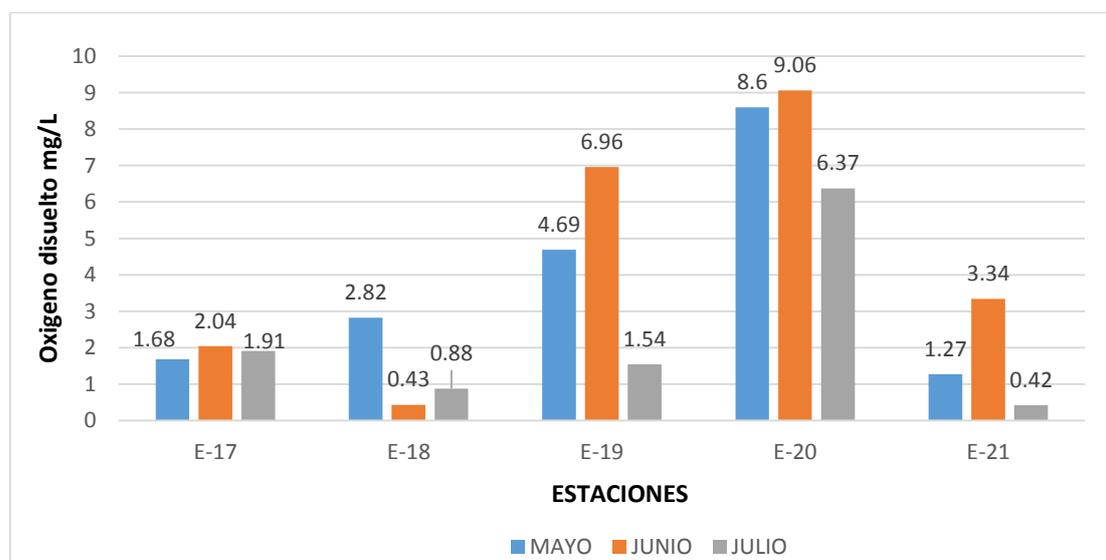


Figura 4. Variación del OD en la zona norte de la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014.

IMARPE(2007),Presento valores de oxígeno disuelto en la evaluación del crucero realizado en el lago ,los valores varían ligeramente de acuerdo a 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 .En el lago mayor se registraron valores entre 6.0 y 9.18 mg/L.Los valores más bajos se registraron en el lago menor entre 4.97 y 5.80 mg/L.Estos valores influyen en la formación de la mínima de oxígeno, relacionado con el poco movimiento de las aguas en las zonas litorales ,la presencia de materia orgánica que estaría asociada al desarrollo de la agricultura y contaminación por zonas urbanas litoral.

n) Variación del pH en mayo junio y julio

Se muestra los valores de pH en la zona norte donde la estación 20 presento los valores más altos de pH siendo para mayo 9.08, junio 8.55 y julio 8.32 (Figura 5).

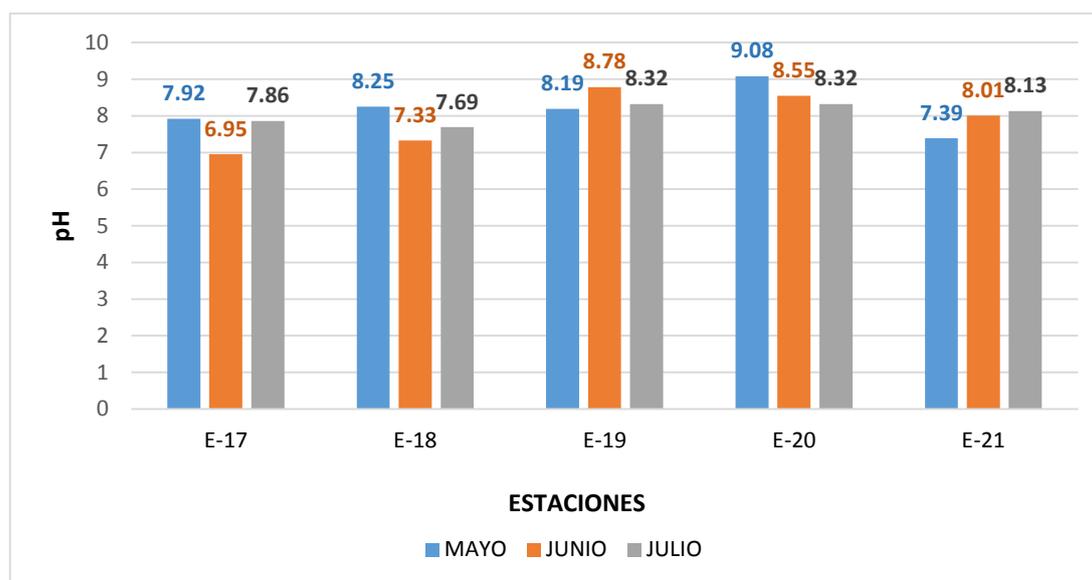


Figura 5. Variación del pH en la zona norte de la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014.

IMARPE (2007), registró valores de pH en el lago Titicaca, con rangos por cada zona así; En el lago mayor entre 8.5 y 8.8., en el lago menor entre 8.20 y 8.85 estos valores se encuentran dentro de los límites normales.

o) Análisis de Kruskal Wallis para la densidad de los macroinvertebrados

Los valores de significancia obtenidos por medio de la prueba de Kruskal- Wallis en el análisis de cada mes presento el mismo valor de P en mayo, junio y julio siendo $P= 1$ ya que este valor es mayor a 0,05, nos lleva a indicar que no existen diferencias significativas

de los valores de densidad de los macroinvertebrados bentónicos en los tres meses de evaluación (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de Kruskal Wallis para la densidad de los macroinvertebrados en la bahía interior de Puno- mayo, junio y julio 2014.

Variables	Tiempo	H	P
Densidad	Mayo	-162.8	1
Densidad	Junio	-122.8	1
Densidad	Julio	-126.6	1

Se realizó el análisis de temperatura, oxígeno disuelto y pH con respecto a los parámetros poblacionales, en cada mes y zona, observándose coeficientes de determinación por debajo de 0.9 haciendo notar que la relación fue inversamente proporcional a excepción del pH durante los tres meses en la zona sur de la bahía interior.

p) Relación del pH – macroinvertebrados zona sur

La relación entre el pH y la población de macroinvertebrados bentónicos en los meses de mayo junio y julio en la zona norte de la Bahía Interior de Puno; En esta relación se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9984$ por lo tanto el resultado nos indica que existe una relación directamente proporcional entre el pH y el número de organismos ya que los rangos de pH se encuentran dentro de los óptimos oscilando 7.68- 8.07 (Figura 6).

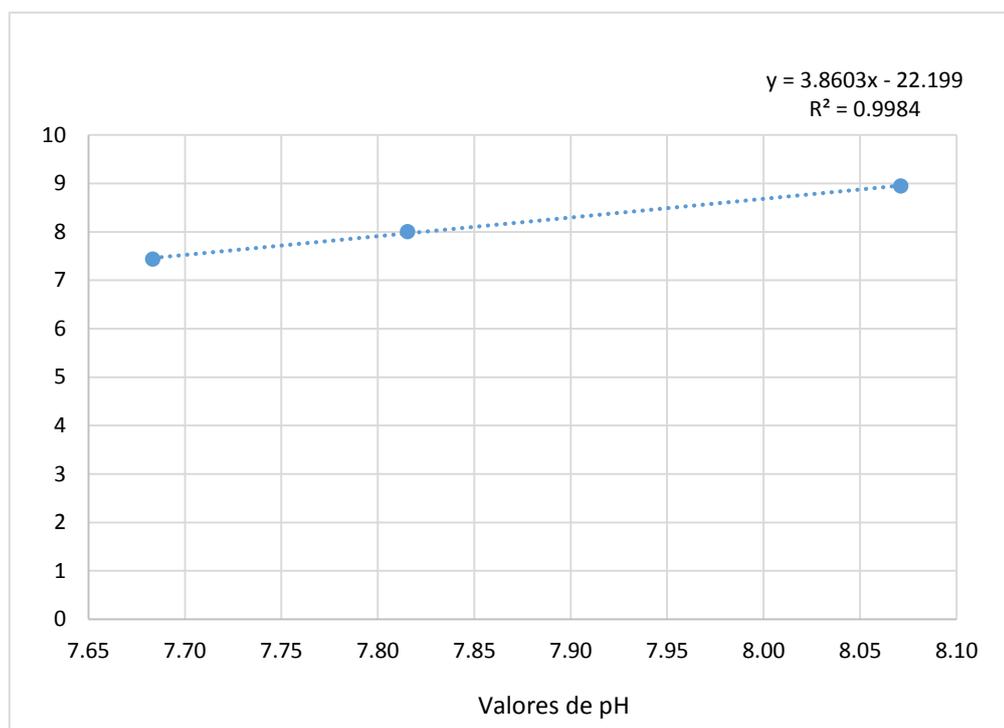


Figura 6. Relación del pH – macroinvertebrados zona sur en la bahía interior de Puno-mayo, junio y julio 2014.

Morelli *et al.*, (2007), realizaron la investigación en 3 áreas de los departamentos de Durazno y Tacuarembó en Uruguay lograron determinar mostraron que el pH y temperatura influyeron sobre la comunidad de macro invertebrados en estudio.

En contraste Chalar (1994), afirma que en el estudio al sistema Arroyo Toledo-Carrasco – Uruguay indico que no se observaron diferencias de temperatura ni pH entre las estaciones, la temperatura presento un valor medio de 16 °C y el pH 7.1 a diferencia del oxígeno disuelto que presento un valor medio de 4.6 mg/L. Siendo oxígeno disuelto la variable con mayor influencia sobre las comunidades de macroinvertebrados.

V. CONCLUSIONES

1.- Se concluye que el índice IBCAEL adaptado y posteriormente usado en la bahía interior de Puno para determinar el estado ecológico dio como resultado un estado ecológico malo.

2.-Podemos concluir que los valores de temperatura de 15.1 °C, se encuentra dentro del rango normal de la temperatura establecida para el lago, en cuanto al pH el valor promedio de 8.1 nos indica que el pH es alcalino y este fue el factor determinante en la población de macroinvertebrados bentónicos finalmente el oxígeno disuelto presento un valor 5.4 mg/L representando una baja concentración debido a que las muestras fueron tomadas en la zona litoral.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios exhaustivos que permitan desarrollar protocolos de muestreo y evaluación por medio de los cuales se logre obtener mayor número de datos; así de este modo poder establecer un índice específico para la evaluación del estado ecológico en ecosistemas lacustres que sea usado específicamente en el lago Titicaca.
- Realizar investigaciones específicas para determinar diversidad y abundancia de zooplancton y macroinvertebrados bentónicos durante varios periodos estacionales del año de este modo se lograría conocer la fluctuación poblacional en la comunidad bentónica y así relacionarlos con los factores fisicoquímicos; Del mismo modo se recomienda realizar estudios de preferencia de micro hábitats, para poder tener claro los factores fisicoquímicos, antropogénicos que influyen de manera directa en la dinámica poblacional de estos organismos acuáticos.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alba J., Pardo I., Prat N. y Pujante A. 2005. Metodología para el establecimiento el estado ecológico según la Directiva Marco del Agua.
- Alvarado, J, y Aguilar A.2013. Evaluación preliminar de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de la laguna de Quistococha, Iquitos, Perú. *Rev. Ciencia Amazónica*.
- Bécares, E., Conty, A., Rodríguez, C. & Blanco V. 2004. Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos y ecosistemas 2004. *Rec Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*.
- Bonet M. 2012. Propuesta de un protocolo de evaluación de calidad ecológica en la zona minera de la cuenca del Jequetepeque, Perú. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica de Catalunya. 117pp.
- Canales A. 2009. *Investigación Científica (Segunda Edición corregida)*. Puno-Perú.
- Conde, J. M, Ramos, E. Morales, R. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lenticos. *Revista Ecosistemas*. Vol XIII. Asociación Española de Ecología Terrestre. Alicante, España.
- Coloma C.2012. *Fundamentos de Limnología*. Sociedad Chilena de Limnología. 160 pp.
- Corrochano A. 2007. *El estado ecológico de las aguas superficiales: Un nuevo enfoque en la gestión del Agua-España*, 64p.
- Chalar G. Composición y abundancia del zoobentos del arroyo Toledo (Uruguay) y su relación con la calidad de agua. *Revista Chilena de Historia Natural* 1994.
- Chang J.2014., *Estudios de Hidrobiología Aplicada*. Estación de Hidrobiología España.
- Dejoux & Illtis. *El lago Titicaca síntesis del conocimiento limnológico actual*, 570 p.
- Directiva Marco del Agua .2000. *Indicadores de Calidad para la Clasificación del Estado Ecológico de las Masas de Agua Superficiales*.
- Duran C. y Pardos M. 2004. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua.

Fernando Cobo Gradín .2009.,. Sisistemas de Evaluacion y Clasificacion de la Calidad Biologica de los rios como expresión de su Estado Ecologico.

Goyzueta G., Alfaro R. & Aparicio M. 2009.Tototales del Lago Titicaca, Importancia, Conservación, y Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Altiplano,325p.

Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. Journal of Biological Education, 35(1), 22-28.

Iannacone J., Mansilla J. & Ventura K. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo Lima-Perú. 2003. Revista Ecología Aplicada

Jiménez T.2011.IBCAEL. Evaluacion del estado ecológico de los lagos españoles mediante macroinvertebrados bentónicos, Trabajo de Investigación Universidad de Barcelona-España.

Lawrens E. 1999. Diccionario de Términos Biológicos. Londres: Ediciones Akal.

Lozano L. 2006. La Bioindicación de la Calidad del Agua: Importancia De Los Macroinvertebrados en la Cuenca Alta del Río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. Umbral Científico; 7:5-11.

Mariano M., Huamán P., Mayta E., Montoya H & Chanco M. Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. Revista Peruana de Biología Vol. 17.

Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega, Barcelona: 1010 pp.

Mason, C.F., 1984. Biología de la contaminación del agua dulce. En: Pinilla, G, A., 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano.67 p.

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente–España.2013. Protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado.

Morelli E & Verdi A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. Facultad de Ciencias, Universidad de la República -Montevideo, Uruguay. Revista Mexicana de Biodiversidad 2014.

- Moreno T, E.1983. Estudio Cuantitativo del Zooplancton de la Zona Pelágica del Lago Titicaca (Lago Grande). Tesis para optar el título profesional de Biólogo, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa-Peru.112 p.
- Moreno, C.E.2001. Métodos para medir la Biodiversidad M&T-Manuales y Tesis SEA.Vol 1, Zaragoza-España.
- Muñoz. E, Mendoza, y Valdovinos C.2001. Evaluacion Rápida de la Biodiversidad en Cinco Sistemas Lenticos de Chile Central: Macroinvertebrados Bentónicos.Rev Scielo.
- Northcote, T. 1991. Eutrofización y problemas de polución. En: Dejoux, C. & A. Iltis (eds.), El Lago Titicaca: Síntesis Del Conocimiento Limnológico Actual. Hisbol - ORSTOM, La Paz. - Bolivia.
- Pennak, R.W.1946. The dynamics of Fresh Water plankton populations. Ecological Monographs.Vol16.
- Rodríguez T.R 1980. Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre.Edit Wildlife Managemet Techniques Manual. Estados Unidos.703p.
- Roldan G.1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua.Rev.Scielo.
- Ruppert, E, &Barnes.1996. Zoología de Invertebrados.5ta edición. Editorial McGraw Hill. México D.F.1114p.
- Sierra C. A. 2011. Calidad del Agua, Evaluación y Diagnostico (Primera Edición). Medellin- Colombia: Digiprint Editores E.U.
- Wetzel, R. 1981. Limnología. Editorial Omega S. A. Barcelona – España.
- William H. Kruskal and W. Allen Wallis.1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583–621.
- Zamora H. 2001. Índice BMWP y la Evaluación Biológica de la Calidad del Agua en los Ecosistemas Acuáticos Epicontinentales naturales de Colombia. Unicauca-Ciencia; 6: 21-41.

Anexo.

Tabla 10. Registro cuantitativo de zooplacton (N° de ind/m3) de las estaciones de muestreo mayo 2014.

BAHIA INTERIOR DE PUNO																						
TAXA	ESPECIES	ZONA NORTE									ZONA CENTRO						ZONA SUR					
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp</i>	0	0	0	650	0	0	0	800	0	0	0	250	0	0	0	200	300	0	400	450	
	<i>Asplanchna sp</i>	0	550	0	0	0	0	750	400	750	0	0	0	600	0	700	350	700	750	550	950	700
	<i>Brachionus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Filinia longiseta</i>	0	700	0	0	1150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Keratella cochlearis</i>	0	0	0	1200	0	800	950	1100	1250	0	650	600	750	0	600	600	600	0	1100	750	1200
	<i>Keratella quadrata</i>	0	750	0	0	2250	0	700	1150	700	0	900	600	1450	0	750	450	450	0	300	550	1050
	<i>Polyarthra sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sp.	550	0	650	800	0	0	0	650	600	750	1050	450	650	1000	500	800	450	700	500	600	500
	<i>Pampholyx sp</i>	1450	750	0	650	0	1200	1100	0	500	750	650	550	1150	800	750	800	0	0	350	450	400
cladoceros	<i>Bosmina huararonensis</i>	0	0	750	0	0	750	0	0	0	850	700	750	0	0	0	450	850	800	850	0	400
	<i>Alona sp.</i>	0	150	0	250	0	0	0	0	0	200	0	0	0	100	0	0	0	100	100	0	0
	<i>Ceriodaphnia cuadrangula</i>	0	250	0	200	0	350	500	0	700	0	500	0	300	0	0	0	100	0	250	0	0
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	550	0	1350	0	0	1150	1250	0	0	0	1200	1150	1350	850	1000	500	400	0	750	650	650
	<i>Cladoceros inmaduros</i>	900	900	1600	650	850	0	0	800	1100	500	750	900	1200	0	600	550	500	700	650	750	750
	<i>Chidorus sp.</i>	0	250	250	0	0	300	0	100	0	0	0	200	0	0	0	150	0	150	0	0	0
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	0	0	0	250	0	0	0	350	600	0	500	0	0	550	0	400	0	0	200	450	250
	<i>Pleuroxus sp.</i>	0	200	0	100	0	200	100	0	0	200	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0
<i>Daphnia pulex</i>	0	0	1050	650	1000	0	700	1450	1050	0	0	0	800	650	850	0	0	450	550	850	900	
Copepodos	<i>Boeckella titicacae</i>	0	0	0	0	1050	0	0	0	800	700	700	400	600	700	1050	600	800	0	400	0	0
	Copepoditos	750	0	750	0	0	0	1400	750	900	0	500	950	800	800	650	1550	1350	0	550	800	0
	<i>Metacyclops leptopus</i>	0	900	1700	800	750	950	1150	1550	650	800	800	1300	700	500	800	1700	1050	550	650	600	950
	Nauplius	1250	1350	650	900	550	1400	1450	1100	500	450	450	600	900	650	850	450	950	450	600	650	650

Tabla 11. Registro cuantitativo de zooplacton (N° de ind/m3) de las estaciones de muestreo junio 2014.

BAHIA INTERIOR DE PUNO																						
TAXA	ESPECIES	ZONA NORTE									ZONA CENTRO						ZONA SUR					
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp</i>	0	0	0	0	250	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Asplanchna sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	150
	<i>Brachionus</i>	0	300	350	0	200	0	550	200	800	500	800	150	350	200	650	450	0	0	0	0	0
	<i>Filinia longiseta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Keratella cochlearis</i>	0	500	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Keratella quadrata</i>	250	450	350	0	0	0	0	350	550	0	0	0	400	250	50	200	0	0	150	50	0
	<i>Polyarthra sp</i>	450	450	0	150	0	0	200	200	0	300	0	0	0	0	0	250	0	0	50	0	0
	Sp.	0	0	0	750	300	0	300	0	750	750	250	0	0	0	0	450	0	0	100	200	200
	<i>Pampholyx sp</i>	900	900	550	950	350	700	1000	600	700	800	600	300	500	0	50	200	500	750	150	0	250
cladoceros	<i>Bosmina huararonensis</i>	0	0	250	0	150	0	200	0	0	0	250	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0
	<i>Alona sp</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	150	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceriodaphnia cuadrangula</i>	0	0	0	0	150	0	0	0	650	0	0	200	400	0	600	200	450	0	0	0	0
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cladoceros inmaduros</i>	600	200	800	100	250	350	750	250	0	350	450	250	0	0	200	400	0	400	300	50	200
	<i>Chidorus sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	450	0	400	0	200	300	150	100	0	600	100	50	400
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	0	250	300	0	0	400	0	0	0	100	0	0	0	0	150	0	0	400	0	0	250
	<i>Pleuroxus</i>	0	200	150	0	0	0	250	300	0	300	0	0	0	0	50	0	0	0	0	100	0
<i>Daphnia pulex</i>	0	0	0	100	0	0	0	400	0	0	550	200	0	500	350	400	250	0	0	100	200	
Copepodos	<i>Boeckella titicacae</i>	0	0	0	0	350	0	0	0	0	0	0	250	0	350	0	0	0	0	0	0	0
	Copepoditos	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Metacyclops leptopus</i>	0	350	150	250	150	200	0	0	650	0	700	1250	400	500	200	650	350	0	50	50	200
	Nauplius	600	700	550	400	1800	500	750	800	600	600	650	650	600	950	400	600	450	400	150	450	450

Tabla 12. Registro cuantitativo de zooplankton (N° de ind/m3) de las estaciones de muestreo julio -2014.

TAXA	ESPECIES	ZONA NORTE									ZONA CENTRO						ZONA SUR					
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp</i>	100	0	150	50	0	200	0	150	0	0	100	100	0	350	0	150	0	0	100	0	100
	<i>Asplanchna sp</i>	0	300	0	0	350	0	350	50	0	200	0	0	200	0	0	300	200	0	100	100	200
	<i>Brachionus</i>	150	0	450	650	0	150	0	0	550	0	600	0	100	0	700	0	100	100	0	200	400
	<i>Filinia longiseta</i>	50	150	0	50	100	0	0	150	0	0	0	0	0	100	50	0	0	50	0	0	50
	<i>Keratella cochlearis</i>	450	200	250	0	0	150	0	0	100	250	0	0	50	50	100	100	0	0	0	0	0
	<i>Keratella quadrata</i>	0	500	0	650	850	0	400	350	250	0	350	300	450	400	0	0	700	0	950	0	650
	<i>Polyarthra sp</i>	500	0	450	350	0	1200	0	600	0	750	400	700	800	550	600	250	450	250	100	700	450
	Sp.	250	100	400	0	450	300	700	0	450	450	0	250	450	100	250	0	650	600	0	400	550
	<i>Pompholyx sp</i>	100	250	250	100	300	0	650	0	400	200	100	450	300	200	650	350	0	500	550	50	450
cladoceros	<i>Bosmina huararonensis</i>	250	700	100	350	0	500	900	750	950	100	600	100	0	450	0	500	750	1050	0	0	300
	<i>Alona sp</i>	0	100	0	0	200	0	0	250	0	0	0	200	0	0	100	100	0	250	0	0	0
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	0	0	0	300	250	0	0	0	0	0	450	0	0	0	0	0	0	0	350	0	0
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	200	0	250	0	0	400	550	0	0	500	0	0	0	0	650	0	0	0	0	0	0
	<i>Cladoceros inmaduros</i>	250	300	150	400	200	450	300	0	0	350	0	300	600	600	0	550	600	0	0	0	0
	<i>Chidorus sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	250	200	350	0	0	450	0	0	300	450	0	0	0	0	600	0	0	200	300	0	300
	<i>Pleuroxus</i>	0	250	500	0	0	0	300	550	0	550	0	850	0	0	0	0	0	750	0	200	250
<i>Daphnia pulex</i>	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Copepodos	<i>Boeckella titicacae</i>	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	
	Copepoditos	150	0	200	0	250	0	100	0	200	0	400	0	100	0	450	250	0	450	0	300	0
	<i>Metacyclops leptopus</i>	0	300	300	0	450	0	500	0	650	0	100	0	150	0	600	0	400	0	250	450	250
	Nauplius	300	250	450	0	500	0	700	550	600	0	1000	450	0	550	0	400	0	750	0	900	0

Tabla 13. Registro cuantitativo de Macroinvertebrados (N° de ind/m²) de las estaciones de muestreo Mayo -2014.

BAHIA INTERIOR DE PUNO																						
ESPECIES	ZONA NORTE										ZONA CENTRO							ZONA SUR				
	E- 1	E- 2	E- 3	E- 4	E- 5	E- 6	E- 7	E- 8	E- 9	E- 10	E- 11	E- 12	E- 13	E- 14	E- 15	E- 16	E- 17	E- 18	E- 19	E- 20	E- 21	
TAXA																	0					
ANIMALIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLATYHELMINTHES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
TURBELLARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
MOLLUSCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BASOMMATOPHORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elobia	0	0	0	20	0	0	0	0	40	20	0	20	0	0	20	0	80	20	100	60	0	0
<i>Anisancylus</i> sp.	0	80	0	20	40	0	60	0	20	0	20	60	0	40	0	20	0	40	0	40	0	0
MESOGASTROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	100	60	40	100	40	20	0	0
<i>Littoridina</i> sp.	180	100	0	20	0	60	0	0	0	60	0	0	20	0	0	20	20	20	100	0	0	20
Dyaphsidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIVALVIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENEROIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerium</i> sp	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANNELIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OLIGOCHAETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	60	0	60	0	60	0	80	0	20	0	0	0
Oligochaeta ind.	60	20	0	0	1360	0	0	20	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	60	40	0
HIRUDINEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hellobdella</i> sp.	0	20	0	260	0	0	0	0	0	20	0	20	80	60	60	40	20	20	20	60	20	0
ARTHROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnesia sp	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
CRUSTACEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OSTRACODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cypridopsis	60	20	60	20	20	20	0	20	20	20	0	20	20	20	20	40	20	20	40	20	20	20
Candonopsis	40	20	40	0	0	20	0	20	40	0	0	20	0	20	40	40	20	20	60	20	40	40
AMPHIPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HYALLELIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp.	760	560	400	900	1100	0	0	40	460	580	0	0	140	60	60	4000	20	460	0	260	40	0
INSECTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COLEOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dysticidae	0	0	0	0	20	20	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	40	0	0	0	0	0
Hidrophilidae	0	20	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEMIPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ninfa de Notonectidae	20	0	0	40	20	40	40	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	40	20	60	0	0
DIPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	80	0	20	0	0	0	40	400	60	0	0	20	0	0	20	20	20	20	20	0

Tabla 14. Registro cuantitativo de macroinvertebrados (N° de ind/m2) de las estaciones de muestreo junio -2014.

BAHIA INTERIOR DE PUNO																				
ESPECIES	ZONA NORTE										ZONA CENTRO						ZONA SUR			
	E- 1	E- 2	E- 3	E- 4	E- 5	E- 6	E- 7	E- 8	E- 9	E- 10	E- 11	E- 12	E- 13	E- 14	E- 15	E- 16	E- 17	E- 18	E- 19	E- 20
TAXA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANIMALIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLATYHELMINTHES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TURBELLARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLLUSCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BASOMMATOPHORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elobia	20	0	20	80	40	20	0	40	40	0	20	0	20	0	20	0	60	20	0	40
<i>Anisancylus sp.</i>	0	60	0	40	20	20	40	40	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
MESOGASTROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	140	0	0	40
<i>Littoridina sp.</i>	20	20	20	60	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
Dyaphsidae	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0
BIVALVIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENEROIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerium sp</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
ANNELIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OLIGOCHAETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oligochaeta ind.	100	120	40	40	0	20	20	0	0	0	20	0	0	0	0	40	0	20	40	0
HIRUDINEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hellobdella sp.</i>	0	0	20	20	20	0	0	0	20	0	20	0	40	40	40	180	60	20	0	20
ARTHROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnesia sp	60	0	0	20	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
CRUSTACEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OSTRACODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cypridopsis</i>	20	20	40	40	20	0	20	40	60	60	20	20	20	20	40	0	20	20	0	20
<i>Candonopsis</i>	20	0	40	20	0	0	0	40	60	60	40	20	0	0	20	20	0	20	0	20
AMPHIPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HYALELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	60	280	0	560	0	220	80	0	0
INSECTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COLEOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dysticidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEMIPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ninfa de Notonectidae	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	40	20	0	0	0	0	0	0
DIPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	0	0	0	0	20	0	0	400	0	40	0	0	0	0	0	0	0	40

Tabla 15. Registro cuantitativo de macroinvertebrados (N° de ind/m2) de las estaciones de muestreo julio -2015.

BAHIA INTERIOR DE PUNO																					
ESPECIES	ZONA NORTE										ZONA CENTRO							ZONA SUR			
	E- 1	E- 2	E- 3	E- 4	E- 5	E- 6	E- 7	E- 8	E- 9	E- 10	E- 11	E- 12	E- 13	E- 14	E- 15	E- 16	E- 17	E- 18	E- 19	E- 20	E- 21
TAXA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ANIMALIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PLATYHELMINTHES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TURBELLARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dugesia sp.	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MOLLUSCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GASTROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BASOMMATOPHORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Elobia	0	0	0	0	40	40	20	40	20	20	20	0	0	40	20	0	20	20	20	60	
Anisancylus sp.	0	0	0	40	40	0	0	60	20	0	0	0	0	20	0	20	40	0	0	0	
MESOGASTROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Physidae	0	140	0	40	60	20	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	
Littoridina sp.	0	20	20	20	60	40	20	40	40	20	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	
Dyaphside	80	0	0	0	0	20	0	0	0	0	60	0	0	40	20	40	0	40	0	20	
BIVALVIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VENEROIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sphaerium sp	0	0	0	0	20	60	40	0	100	0	0	0	0	40	0	0	60	0	0	0	
ANNELIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OLIGOCHAETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oligochaeta ind.	60	20	0	0	100	120	0	0	140	20	0	80	160	200	0	20	80	1640	40	0	
HIRUDINEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	
Hellobdella sp.	0	20	20	20	40	20	0	40	0	20	0	0	0	100	0	200	40	60	20	0	
ARTHROPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Limnesia sp	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CRUSTACEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OSTRACODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cypridopsis	20	80	40	40	20	20	80	60	20	0	100	40	60	20	20	0	0	20	20	60	
Candonopsis	20	60	40	60	20	0	80	100	0	20	60	80	80	0	20	20	0	20	0	40	
AMPHIPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HYALELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hyalella sp.	80	80	40	0	20	20	20	40	40	220	260	100	220	40	260	260	20	0	20	40	
INSECTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
COLEOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dysticidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hydrophilidae	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HEMIPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ninfa de Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	20	0	0	0	20	0	20	0	0	0	
DIPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chironomidae	0	0	0	20	20	0	0	0	20	20	100	0	120	0	0	0	20	0	0	0	

Tabla 16. Análisis de diversidad, dominancia y equidad durante el mes de mayo – bahía interior de Puno.

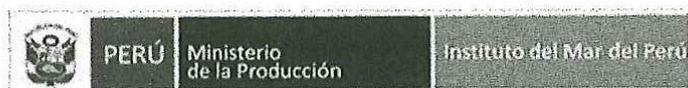
ESTACIONES	SHANNON (H')	SIMPSON(D)	EQUIDAD(J')
Est. 1	1.06	0.51	0.59
Est. 2	1.19	0.53	0.57
Est. 3	0.95	0.49	0.68
Est. 4	1.30	0.60	0.59
Est. 5	0.92	0.54	0.47
Est. 6	1.70	0.80	0.95
Est. 7	0.67	0.48	0.97
Est. 8	1.56	0.78	0.97
Est.9	1.08	0.47	0.56
Est.10	1.26	0.63	0.61
Est. 11	1.00	0.62	0.91
Est. 12	1.48	0.74	0.92
Est. 13	1.51	0.74	0.84
Est. 14	1.96	0.85	0.94
Est. 15	1.93	0.84	0.93
Est. 16	0.29	0.10	0.15
Est. 17	2.12	0.86	0.92
Est. 18	1.58	0.64	0.66
Est. 19	1.99	0.84	0.91
Est. 20	1.97	0.79	0.82
Est. 21	1.74	0.82	0.97

Tabla 17. Análisis de diversidad, dominancia y equidad durante el mes de junio – bahía interior de Puno.

ESTACIONES	SHANNON		
	(H')	SIMPSON(D)	EQUIDAD(J')
Est. 1	1.69	0.77	0.87
Est. 2	1.12	0.61	0.81
Est. 3	1.89	0.85	0.97
Est. 4	1.96	0.85	0.94
Est. 5	1.56	0.78	0.97
Est. 6	1.39	0.76	1.00
Est. 7	1.55	0.78	0.96
Est. 8	1.39	0.75	1.00
Est.9	1.31	0.72	0.95
Est.10	0.70	0.38	0.64
Est. 11	1.89	0.84	0.97
Est. 12	1.28	0.70	0.92
Est. 13	1.22	0.57	0.68
Est. 14	1.04	0.63	0.95
Est. 15	0.96	0.42	0.49
Est. 16	1.03	0.54	0.74
Est. 17	1.24	0.68	0.89
Est. 18	1.75	0.78	0.90
Est. 19	0.64	0.45	0.92
Est. 20	1.04	0.63	0.95
Est. 21	1.56	0.78	0.97

Tabla 18. Análisis de diversidad, dominancia y equidad durante el mes de julio – bahía interior de Puno

SHANNON			
ESTACIONES (H')	SIMPSON(D)	EQUIDAD(J')	
Est. 1	1.46	0.75	0.91
Est. 2	1.71	0.79	0.88
Est. 3	1.74	0.82	0.97
Est. 4	1.86	0.84	0.96
Est. 5	2.32	0.89	0.93
Est. 6	1.96	0.82	0.89
Est. 7	1.61	0.77	0.90
Est. 8	1.99	0.85	0.96
Est.9	1.88	0.80	0.86
Est.10	1.48	0.64	0.71
Est. 11	1.72	0.77	0.82
Est. 12	1.34	0.73	0.97
Est. 13	1.60	0.77	0.89
Est. 14	1.85	0.79	0.84
Est. 15	1.39	0.60	0.67
Est. 16	1.38	0.67	0.71
Est. 17	1.93	0.84	0.93
Est. 18	0.33	0.13	0.21
Est. 19	1.56	0.78	0.97
Est. 20	1.49	0.75	0.93
Est. 21	1.36	0.74	0.98



"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, CESAR GAMARRA PERALTA COORDINADOR DEL LABORATORIO CONTINENTAL PUNO – IMARPE.

DEJA CONSTANCIA QUE:

La señorita **Pilar Verónica CHOQUEHUANCA ROLDÁN**, identificada con DNI **46956299**, ha ejecutado su proyecto de tesis titulado ***"Determinación del Estado Ecológico en la Bahía Interior de Puno"***, en el Área de Limnología del Laboratorio Continental de Puno, del 05 de mayo al 31 de julio del 2014, tendientes a la obtención del Título Profesional.

Se expide el presente documento a solicitud de la interesada, para los fines que estime por conveniente.

Puno, 17 de diciembre de 2018


INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

BLGO. CESAR GAMARRA PERALTA
COORDINADOR DEL LABORATORIO
CONTINENTAL DE PUNO