

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**VARIACIÓN ESPACIAL DEL ZOOPLANCTON EN TRES
ÉPOCAS EN RELACIÓN A FACTORES FISICOQUÍMICOS DEL
AGUA EN LA BAHÍA INTERIOR Y EXTERIOR DEL LAGO
TITICACA, PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. SONIA ROXANA IQUISE APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2017

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



**VARIACIÓN ESPACIAL DEL ZOOPLANCTON EN TRES ÉPOCAS EN
RELACIÓN A FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA BAHÍA
INTERIOR Y EXTERIOR DEL LAGO TITICACA, PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. SONIA ROXANA IQUISE APAZA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

M. Sc. Gilmar G. Goyzueta Camacho

PRIMER MIEMBRO

:

Blgo. Herminio René Alfaro Tapia

SEGUNDO MIEMBRO

:

M. Sc. Alfredo L. Loza del Carpio

DIRECTOR DE TESIS

:

Mg. Martha E. Aparicio Saavedra

AREA : Ciencias Biomédicas
LÍNEA : Recursos Naturales y Medio Ambiente
SUB LÍNEA : Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales
TEMA : Ecosistemas Acuáticos Continentales

Fecha de sustentación 21 de Diciembre del 2017.

DEDICATORIA

De manera muy especial a mi mamá Cecilia Apaza Ito, pues ella es y siempre será el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar, pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me han llevado a admirarla cada día más.

Gracias a Dios por concederme a una madre maravillosa, unos hermanos cariñosos, y cuidarme y bendecirme en cada momento de mi vida.

También dedico el presente trabajo a mi amado Esposo Elmer Ventura Contreras, por su amor incondicional, por animarme y confiar en mí siempre, así mismo a mi querida hermana Vilma Iquise Apaza, quien ha sido mi compañera de juegos y hoy en día mí mejor amiga, por su apoyo y orientación en los momentos de desconcierto.

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional de Altiplano por acogerme durante toda mi carrera universitaria.

Mi enorme gratitud a todos los Docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, en especial a los docentes de la especialidad de Ecología, quienes me brindaron sus enseñanzas, sobre todo al Dr. Edmundo G. Moreno Terrazas por su asesoramiento y guía durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mi Directora de Tesis Mg. Martha E. Aparicio Saavedra, por su acompañamiento durante la ejecución de esta investigación.

Al Instituto del Mar del Perú - IMARPE Puno, por su gentil colaboración, en especial a la Blgo. Carmen Villanueva Quispe y al Ing. Humberto Siguauro.

Al personal que labora en el Laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas, por su gentil colaboración.

INDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Marco Teórico.....	10
2.3. Marco Conceptual	17
III. MATERIALES Y MÉTODO	19
3.1. Área de Estudio	19
3.2. Tipo de Estudio	21
3.3. Población y Muestra.....	21
3.4. Metodología	22
3.4.1. Determinación de la variación espacial de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.....	22
3.4.2. Determinación de la variación espacial de la abundancia del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca, Puno.....	25
3.4.3. Estimación de los factores fisicoquímicos del agua en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Variación espacial de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.	31
4.1.1. Descripción de la composición de especies de zooplancton en Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca – Puno.....	31
4.1.2. Variación espacial de la composición de especies en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno.	39
4.2. Variación espacial de la abundancia del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.	44
4.2.1. Variación Espacial de la Abundancia de Zooplancton en la Época Lluviosa.....	44
4.2.2. Variación Espacial de la Abundancia de Zooplancton en la Época Transitoria.	50
4.2.3. Variación Espacial de la Abundancia de Zooplancton en la Época Seca.....	56
4.2.4. Análisis estadístico de la variación espacial de la abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Bahía Exterior, Puno.	61

4.3. Factores fisicoquímicos del agua en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.....	65
4.3.1. Características fisicoquímicas de las zonas de estudio:.....	65
4.3.2. Coeficiente de correlación de los factores fisicoquímicos del agua y la abundancia de zooplancton.	77
V. CONCLUSIONES	80
VI. RECOMENDACIONES.....	82
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	84
ANEXOS	89

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Bahía Interior (Isla Espinar) y Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca, Puno.....	20
Cuadro 2. Especies de zooplancton registradas en Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	31
Cuadro 3. Variación de la composición de especies entre la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016	39
Cuadro 4. Prueba de Kruskal Wallis para determinar la variación de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior (Isla Espinar) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016.	42
Cuadro 5. Prueba de Kruskal Wallis para determinar la variación de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016	42
Cuadro 6. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero 2016	44
Cuadro 7. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero 2016	46
Cuadro 8. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, febrero 2016.....	47
Cuadro 9. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, febrero 2016.....	49
Cuadro 10. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, marzo 2016	50
Cuadro 11. Análisis comunitario de diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, marzo 2016	52
Cuadro 12. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, abril 2016.....	53
Cuadro 13. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, abril 2016.....	55
Cuadro 14. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, mayo 2016	56
Cuadro 15. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, mayo 2016	58
Cuadro 16. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, junio 2016.....	59
Cuadro 17. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Bahía Exterior del Lago Titicaca – Puno, junio 2016.....	60
Cuadro 18. Prueba de Kruskal Wallis para la abundancia de zooplancton entre los meses evaluados en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	61
Cuadro 19. Prueba de Kruskal Wallis para la abundancia de zooplancton entre los meses evaluados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016.....	62

Cuadro 20. Prueba de Kruskal Wallis para la abundancia de zooplancton entre la Bahía Interior y Bahía Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016.....	62
Cuadro 21. Transparencia del agua (m) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	65
Cuadro 22. Temperatura del agua (°C) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	67
Cuadro 23. Oxígeno disuelto (mg/L) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	68
Cuadro 24. Saturación de Oxígeno (%) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	70
Cuadro 25. pH (unidades) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016.....	71
Cuadro 26. Salinidad (ppt) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016.....	73
Cuadro 27. Conductividad eléctrica (µs/cm) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	74
Cuadro 28. Valores mensuales de los índice de correlación de Pearson de los factores fisicoquímicos del agua y la abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016	78
Cuadro 29. Registro cuantitativo del zooplancton (Nº de org./ m ³) de las estaciones de muestreo, Enero 2016.	89
Cuadro 30. Registro cuantitativo del zooplancton (Nº de org./ m ³) de las estaciones de muestreo, Febrero 2016	90
Cuadro 31. Registro cuantitativo del zooplancton (Nº de org./ m ³) de las estaciones de muestreo, Marzo 2016.	91
Cuadro 32. Registro cuantitativo del zooplancton (Nº de org./ m ³) de las estaciones de muestreo, Abril 2016.	92
Cuadro 33. Registro cuantitativo del zooplancton (Nº de org./ m ³) de las estaciones de muestreo, Mayo 2016.	93
Cuadro 34. Registro cuantitativo del zooplancton (Nº de org./ m ³) de las estaciones de muestreo, Junio 2016.	94
Cuadro 35. Transparencia del agua (m) registrada en las estaciones de muestro, enero – junio 2016	95
Cuadro 36. Oxígeno Disuelto (mg/L) y Saturación de Oxígeno (%) registrado en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016	95
Cuadro 37. Temperatura del agua (°C) registrados en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016	96
Cuadro 38. pH registrado en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016	96
Cuadro 39. Salinidad (ppt) registrados en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016	96
Cuadro 40. Conductividad Eléctrica (µS/cm) registrados en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016.....	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de las zonas evaluadas en la Bahía Interior (Isla Espinar) y Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca Puno.....	21
Figura 2. Especies de Rotíferos identificados en las zonas de estudio.....	34
Figura 3. Especies de Cladóceros identificados en las zonas de estudio.....	36
Figura 4. Especies de Cladóceros identificados en las zonas de estudio.....	37
Figura 5. Diferencia de la composición de especies en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016	40
Figura 6. Composición de especies según grupo taxonómico registrados en la Bahía Interior (Isla de Espinar) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016.....	40
Figura 7. Composición de especies según grupo taxonómico registrados en la Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016.....	41
Figura 8. Variación espacial de abundancia de zooplancton según los grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero 2016.....	45
Figura 9. Variación espacial de abundancia de zooplancton según grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, Febrero 2016.....	48
Figura 10. Variación espacial de abundancia de zooplancton según los grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, marzo 2016	51
Figura 11. Variación espacial de abundancia de zooplancton según grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, Abril 2016.....	54
Figura 12. Variación espacial de abundancia de zooplancton según el grupo taxonómico identificado en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, Mayo 2016.....	57
Figura 13. Variación espacial de abundancia de zooplancton según grupo taxonómico identificado en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, junio 2016.....	60
Figura 14. Promedios mensuales de la transparencia del agua (m) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	66
Figura 15. Promedios mensuales de la temperatura del agua (°C) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	68
Figura 16. Promedios mensuales del oxígeno disuelto (mg/L) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	69
Figura 17. Promedios mensuales de saturación de Oxígeno (%) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	71
Figura 18. Promedios mensuales de pH (unidades) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	72
Figura 19. Promedios mensuales de salinidad (ppt) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	74

Figura 20. Promedios mensuales de la conductividad eléctrica (μs) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016	75
Figura 21. Medición de parámetros físicos del agua – Zona Isla Espinar, Bahía Interior de Puno.	98
Figura 22. Colección de muestras de zooplancton – Zona Isla Espinar, Bahía Interior de Puno.	98
Figura 23. Filtrado y lavado de muestras de zooplancton en el laboratorio de Ecología Acuática – FCCBB UNAP.	99
Figura 24. Reconocimiento y conteo de especies de zooplancton en el laboratorio de Ecología Acuática – FCCBB UNAP.	99

RESUMEN

El estudio se realizó en el lago Titicaca, en la Bahía Exterior (Chimu) y Bahía Interior (Isla Espinar), durante enero a junio del 2016, con el objetivo de determinar la variación espacial del zooplancton en tres épocas en relación con los factores fisicoquímicos del agua en la bahía interior y exterior del Lago Titicaca, Puno. La metodología utilizada fue el uso de la red de zooplancton Winsconsin con un diámetro de malla de 90 μm , con arrastres verticales desde 0.3 y 0.5 m del fondo hasta la superficie, la identificación de especies se realizó en laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNAP utilizando microscopio y claves de identificación, los parámetros fisicoquímicos del agua se midieron *in situ*, con el uso de equipo multiparamétrico de campo. El análisis estadístico se realizó mediante las pruebas de Mann-Whitney (U), Kruskal Wallis, T de Student, y los índices de diversidad aplicados fueron Menhinick, Margalef, Shannon y Wiever, Simpson y Pielou. Los resultados fueron: se identificaron 3 grupos taxonómicos de zooplancton: Rotíferos (12 especies), Copépodos (8 especies) y Cladóceros (2 especies), la zona de Bahía Exterior (Chimu) presentó mayor riqueza de especies en comparación con la Bahía Interior (Isla Espinar) ($p < 0.05$). En lo referente a la abundancia del zooplancton, la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) registro los mayores valores de abundancia 296749 org/m³ en enero (época lluviosa) en comparación con la Bahía Interior (Chimu) que registro un máximo de 78337 org/m³ en abril (época transitoria) ($p < 0.05$), sin embargo entre meses evaluados no hubo diferencia para ambas zonas, de acuerdo a los grupos taxonómicos para la Bahía Interior (Isla Espinar) fueron los Copépodos los más abundantes con 136084 org/m³ en enero (época lluviosa) mientras que en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) los Rotíferos fueron los más abundantes con 44018 org/m³ en marzo (época transitoria), los índices más altos de diversidad se obtuvieron en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) señalando una mayor estabilidad de este hábitat en comparación con la Bahía Interior (Isla Espinar), sin embargo los valores obtenidos reflejan una baja diversidad de especies. Dentro de los parámetros fisicoquímicos determinados para la zona de la Bahía Exterior (Chimu), se destaca la transparencia promedio del agua con 5.12 m, la temperatura tuvo un rango de 12 a 18.9 °C, el oxígeno disuelto promedio fue de 6.53 mg/L, la saturación de oxígeno promedio fue de 106.73%, pH vario de 7.99 – 8.92, salinidad promedio fue de 0.76 ppt, y la conductividad eléctrica promedio fue de 1508.3 μs , a diferencia de los valores obtenidos para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), donde la transparencia promedio del agua fue 1.04 m, la temperatura tuvo un rango de 9.2 – 19.4 °C, el oxígeno disuelto promedio fue de 6.72 mg/L, la saturación de oxígeno promedio fue de 110.58%, pH vario de 7.98 – 9.6, salinidad promedio fue de 0.95 ppt, y la conductividad eléctrica promedio fue de 1807.6 μs . los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sugieren una diferencia entre la calidad del agua entre ambas zonas evaluadas, ya que los efectos de la eutrofización de la zona de la Bahía Interior de Puno, se reflejan en una baja calidad del agua según los parámetros fisicoquímicos determinados, así como su baja riqueza de especies y presencia de grupos dominantes de zooplancton.

PALABRAS CLAVE: Abundancia, bahía, composición, diversidad, época, Lago, riqueza, Titicaca, variación, zooplancton.

ABSTRACT

The study was carried out in Lake Titicaca, in Bahía Exterior (Chimu) and Bahía Interior (Isla Espinar), from January to June 2016, with the objective of determining the spatial variation of zooplankton in three periods in relation to physicochemical factors of water in the interior and exterior bay of Lake Titicaca, Puno. The methodology used was the use of the Winsconsin zooplankton network with a mesh diameter of 90 μm , with vertical trawls from 0.3 and 0.5 m from the bottom to the surface, the identification of species was carried out in the Aquatic Ecology Laboratory of the Faculty of Biological Sciences of the UNAP using microscope and identification keys, the physicochemical parameters of water were measured in situ, with the use of multiparameter field equipment. The statistical analysis was carried out using the Mann-Whitney (U), Kruskal Wallis, Student's T tests, and the diversity indices applied were Menhinick, Margalef, Shannon and Wiever, Simpson and Pielou. The results were: 3 zooplankton taxonomic groups were identified: Rotifers (12 species), Copepods (8 species) and Cladocerans (2 species), the area of Bahía Exterior (Chimu) presented a higher species richness compared to the Interior Bay (Isla Espinar) ($p < 0.05$). With regard to the abundance of zooplankton, the area of the Interior Bay (Isla Espinar) recorded the highest abundance values 296749 org / m^3 in January (rainy season) compared to the Interior Bay (Chimu) which registered a maximum of 78337 org / m^3 in April (transient period) ($p < 0.05$), however among months evaluated there was no difference for both zones, according to the taxonomic groups for the Interior Bay (Isla Espinar) were the most abundant Copepods with 136084 org / m^3 in January (rainy season) while in the zone of the Exterior Bay (Chimu) the Rotifers were the most abundant with 44018 org / m^3 in March (transitory period), the highest diversity indexes were obtained in the zone of the outer bay (Chimu) indicating greater stability of this habitat compared to the interior bay (Isla Espinar), however the values obtained reflect a low diversity of species. Within the physicochemical parameters determined for the area of the Exterior Bay (Chimu), the average transparency of water stands out with 5.12 m, the temperature had a range of 12 to 18.9 ° C, the average dissolved oxygen was 6.53 mg / L, average oxygen saturation was 106.73%, pH varied from 7.99 - 8.92, average salinity was 0.76 ppt, and the average electrical conductivity was 1508.3 μs , unlike the values obtained for the area of the Interior Bay (Island Espinar), where the average transparency of the water was 1.04 m, the temperature had a range of 9.2 - 19.4 ° C, the average dissolved oxygen was 6.72 mg / L, the average oxygen saturation was 110.58%, pH varied from 7.98 - 9.6, average salinity was 0.95 ppt, and the average electrical conductivity was 1807.6 μs . the results obtained in the present research work suggest a difference between the water quality between both evaluated zones, since the effects of eutrophication of the area of the Interior Bay of Puno, are reflected in a low quality of water according to the parameters determined physical chemistry, as well as its low species richness and presence of dominant zooplankton groups.

KEY WORDS: Abundance, bay, composition, diversity, time, Lake, wealth, Titicaca, variation, zooplankton.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento excesivo de la población y sus actuales características, que cada vez requiere utilizar y explotar mayores recursos y energía, han generado una mayor producción de desechos sólidos y líquidos, que están produciendo efectos negativos en ecosistemas terrestres y acuáticos (RICKLEFS, 1998). Uno de estos efectos es la aceleración de la eutrofización de los lagos, considerado un problema ambiental que es de preocupación de muchos países a nivel mundial, por lo que se han realizado numerosas investigaciones en referencia a este tema. El proceso de eutrofización se debe a los aportes de materia orgánica principalmente nutrientes como fósforo y nitrógeno, que ocasiona un crecimiento acelerado de la productividad primaria, que conllevan a condiciones excesivas de descomposición (MARGALEF, 1982).

El Lago Titicaca es considerado el lago navegable más alto del mundo, desde 1870 es el centro de atención de muchos investigadores y científicos debido a que alberga una gran variedad de flora y fauna única en el mundo, las aguas del Lago Titicaca han jugado un rol preponderante y decisivo en el sostenimiento de los recursos naturales. Sin embargo actualmente Así mismo actualmente se está prestando mayor atención a problema de la contaminación de las aguas litorales de la Bahía de Puno, en especial a la localizada en la zona correspondiente a la Bahía Interior, que es probablemente la zona más contaminada, sobre todo el área cercana a la isla Espinar, donde se descargan las agua residuales provenientes de la ciudad de Puno. En esta zona las temperaturas son relativamente altas, la transparencia es baja, las concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) son altas, lo niveles de sobresaturación de oxígeno disuelto son altos en las capas de agua superficiales y la demanda biológica de oxígeno es más elevada (debido a la gran entrada de materia orgánica) (NORTHCOTE *et al*, 1991).

Según investigaciones realizadas, la biomasa de algas planctónicas es mucho más altas en la Bahía Interior que en la Bahía exterior de Puno o en el Lago Grande, la mayor abundancia total de zooplancton se encuentra en la Bahía Interior de Puno y la proporción entre los diferentes grupos principales de zooplancton que

lo componen (Calanoides/Ciclopoides y Cladóceros) se usan como un indicador de calidad de agua, lo que muestra que las peores condiciones se hallan en la Bahía Interior de Puno (MUÑIZ *et al*, 1991).

Los estudios de la comunidad de zooplancton en el Lago Titicaca, en su mayoría han sido objeto de investigaciones esporádicas y puntuales, que de cierta forma han aportado al conocimiento sobre la composición, abundancia, y son pocos los trabajos de investigación dedicados a realizar comparaciones entre las zonas que conforman la Bahía de Puno, así como las variaciones del zooplancton en referencia a las épocas de nuestra región de Puno.

Por lo que en el marco de estos conocimientos se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo General

Determinar la variación espacial del zooplancton en tres épocas en relación con los factores fisicoquímicos del agua en la Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca, Puno.

Objetivos Específicos

- a) Determinar la variación espacial de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca, Puno.
- b) Determinar la variación espacial de la abundancia del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca, Puno.
- c) Estimar los factores fisicoquímicos del agua en la Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca, Puno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Diversas investigaciones sugieren que los periodos de lluvia y secas tienen un efecto sobre la comunidad de zooplancton, tal como lo muestra GÓMEZ *et al.*, (2013), en su estudio realizado en un microreservorio del estado de Morelos en México, donde identificó 16 especies: 11 rotíferos, 3 cladóceros y 2 copépodos, la especie más abundante fue el copépodo *Artodiaptomus dorsalis* con 1182 org/L., para los cladóceros fue *Diaphanosoma birgei* con 85 org/L., y entre los rotíferos la más abundante fue *Brachionus falcatus* con 1511 org/L, y la más frecuente fue *Brachionus caudatus* presente en el 92% de muestras, la máxima riqueza de especies y abundancia de zooplancton se presentó en la época seca; así mismo LOPEZ & SERNA, (1999) analizaron la comunidad de zooplancton del embalse de Ignacio Allende Guanajuato, México, y determinaron que el zooplancton estaba conformado por 39 especies, identificando que la riqueza de especies más baja se registró en la época seca, en los meses más fríos, mientras que en la época húmeda, la riqueza de la especie aumentó y las densidades de la población disminuyeron, constantemente.

Las comunidades de zooplancton parecen responder a las variaciones ambientales, al respecto MERAYO & GONZÁLES, (2009) realizaron un estudio en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela, donde identificaron 16 especies distribuidas en cinco grupos taxonómicos: Copépodos, Cladóceros, Rotíferos, Ostrácodos y Dípteros, la especie más dominante fue *Tgermocyclops diciptens* (Copepoda, Cyclopoida), los Rotíferos fueron el taxón más diverso con 10 especies, la abundancia del zooplancton se registró de 31 ind./L a 250 ind./L, estos resultados demostrarían que la dinámica de los grupos de zooplancton y su distribución espacial están fuertemente relacionados con el estado trófico de los ecosistemas.

Sobre estudios que muestran relaciones entre las características limnológicas de los cuerpos de agua y la comunidad de zooplancton RIOFRIO *et al.*, (2001), determinó que en las aguas de la laguna Cashibococha se registraron valores de pH entre 6 a 6,8, la conductividad fue entre 10 a 30 μ S/cm, la transparencia del agua de 21 a 59 cm y la alcalinidad entre 14 y 22 mg de CaCO₃/L., la temperatura superficial del agua varió entre 24,4 a 37 °C y el oxígeno disuelto varió entre 1,3 a 7,4 mg/L; en este estudio se identificaron 54 especies de Zooplancton, donde los rotíferos fue el taxón más dominante, la mayor densidad de zooplancton fue para *Brachionus patulus macracanthus* y *Polyarthra vulgaris*, los índices de diversidad fueron superiores a 3,0 bits/ind, en todas las estaciones y zonas de muestreo. El zooplancton muestra también ser un indicador biológico de la calidad ambiental tal como lo muestra SANTOS *et al.*, (2008) en su estudio realizado en estuarios de dos ríos Carrapicho y Botafogo en Brasil, donde se identificaron 31 especies para el estuario del río Carrapicho y para el río Botafo fueron identificados 24 especies, la densidad fue mayor en el estuario del río Carrapicho con 338.361 Org./m³, registrado en la época seca, para el estuario de Botafogo la mayor densidad fue de 66.074 Org./m³ también se registrado en la época seca, la diversidad en ambos estuarios fue de 1.91 bits/ind., lo que indica que la comunidad de zooplancton en ambas zonas evaluadas se encontraban en desequilibrio.

Los resultados antes descritos, sustentan también los encontrados por VILLAGRA *et al.*, (2008) que realizó su estudio en las lagunas de Yala (Jujuy, Argentina), donde analizó el zooplancton de las lagunas Rodeo, Los Noques, Comedero, Desaguadero y Negra, que presentaban posibles estados de eutrofización, en este estudio se identificaron 41 especies de zooplancton: 18 correspondieron a rotíferos y 23 a crustáceos (14 cladóceros y 9 copépodos) con una mayor frecuencia de *Keratella cochlearis*, *Bosmina longirostris*, *Acanthocyclops robustus* y *Paracyclops chiltoni*, el mayor valor de riqueza fue de 22 especies en la laguna Comedero, de mayor área y heterogeneidad y la menor riqueza fue de 9 especies en la laguna Negra, de menor tamaño, mayor homogeneidad y aislamiento. Otro estudio que manifiesta que el zooplancton actúa como indicador de calidad de agua es el

realizado por IANNACONE *et al.*, (2013) en el río Lurín en el Distrito de Cieneguilla, Lima – Perú, donde determinaron que la diversidad de zooplancton está compuesta por 9 géneros, siendo el rotífero *Brachionus* el más frecuente en todas las estaciones de muestreo, así mismo la mayoría de los indicadores biológicos de fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos versus los parámetros físico-químicos de calidad de agua (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y tipo de sustrato) se encontraron fuertemente asociadas. Del mismo modo IANNACONE & ALVARIÑO, (2006) realizaron un estudio en la Reserva Nacional de Junín, Perú, donde registraron de 35 especies de zooplancton, en el que la diversidad de zooplancton disminuyó en relación al incremento de la gradiente de contaminación minera existente en el dicho ecosistema.

En referencia a los estudios realizados a nivel regional sobre la riqueza de la comunidad de zooplancton, tenemos el realizado por CASTILLO, (1982), realizado en la Laguna Arapa, Provincia de Azángaro – Puno, donde identifico 9 especies de zooplancton: *Boeckella occidentalis*, *Keratella quadrata*, *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Microcyclops* sp., *Cyclops* sp., y nauplios. Indicando que existe una mayor cantidad de individuos en el mes de febrero con respecto a los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre. Mientras que CHULLUNQUIA, (2006) en su estudio realizado en la laguna Bahía de los Incas – Puno, efectuado en el mes de setiembre del 2006, determinó que la riqueza de zooplancton estuvo constituida por 7 especies, registrando una abundancia de 55,827 Org./m³, siendo la especie menos abundante *Polyarthra* sp. con 21 Org./m³, en cuanto a los nauplius que son estadios de copépodo registraron una abundancia de 2118 Org./m³.

Respecto a la distribución vertical de zooplancton en el interior de la Bahía de Puno, CHINO (1986), evaluó las zonas: frente al hospital Manuel Núñez Butrón (zona de agua negra) y frente a la localidad de Chimu (zona de agua clara), encontrando que la comunidad de zooplancton está formada por 3 grupos taxonómicos y 11 especies, siendo los cladóceros *Bosmina* sp. y *Ceriodaphnia quadrangula* más abundantes en la zona de agua negra,

mientras que los copepodos *Metacyclops sp.*, son más abundante en la zona de agua negra, mientras que *Boeckella sp.* es más abundante en la zona de agua clara, el rotífero *Keratella quadrata* es abundante en ambas zonas, así mismo obtuvo que la cantidad de zooplancton en la zona de agua negra es más abundante en la época lluviosa que en la época seca, y en la zona de agua clara la abundancia es mayor en la época seca que en la época lluviosa. No es de extrañarse que la comunidad de zooplancton responde a la calidad ambiental de los cuerpos de agua, este efecto es evaluado también por ROJAS, (2011) en su estudio realizado en sectores de producción controlada de truchas, lago Titicaca – Distrito de Chucuito, donde registró 9 especies zooplanctónicas, conformadas por los Rotíferos: *Keratella quadrata*, *Polyarthra sp.*, *Asplanchna sp.*, *Filina sp.*; los Cladóceros: *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Bosmina hagmani* y los Copépodos: *Boeckella titicacae* y *Metacyclops leptopus*, determinó también que la abundancia de la comunidad zooplanctónica en la zona Barco es mayor a 4115 Org./m³ con respecto a la zona Luquina que tiene 3400 Org./m³, donde los copépodos fueron más abundantes en ambas zonas; la diferencia entre ambas zonas se debió a que en la zona Luquina ya existe un avance en el estado eutrófico.

Sobre estudios realizados de la comunidad de zooplancton la zona de Lago Grande del Lago Titicaca, se encuentra el efectuado por MORENO, (1983) quien realizó un estudio cuantitativo del zooplancton en esta zona, donde identificó 10 especies: *Boeckella titicacae*, *Boeckella occidentalis*, *Metacyclops leptopus*, *Bosmina hagmani*, *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia cuadrangula*, *Asplanchna sp.*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra sp.* Y *Filina sp.*, en este estudio la mayor abundancia de zooplancton fue de 44 672 Org./m³ el cual se registró en la época transitoria (abril), y la menor abundancia fue de 25 934 org./m³ que corresponde a la época seca, en este estudio el copépodo *Metacyclops leptopus* fue el más abundante y fue codominante con *Boeckella titicacae*, entre los rotíferos fue *Keratella quadrata* el más abundante. Otro estudio realizado en esta zona del Lago Titicaca fue el realizado por TURPO & SANGA, (2011) quienes estudiaron la diversidad y abundancia de la comunidad planctónica en la bahía de Puno y el lago grande (sector Peruano) del Lago Titicaca, donde registraron 19 géneros y 24 especies de zooplancton,

donde la diversidad promedio máxima de zooplancton fue de 2,81 bits/ind., y mínimo de 2,46 bits/ind, los más abundantes fueron los Copépodos con 64,3%, seguido por los Rotíferos con 21,9% y Cladóceros con 13,8%, el promedio máximo de la densidad fue de 34,722 ind/m³ y mínimo de 22,773 ind/m³.

En referencia a los factores físico-químicos de la Bahía Interior de Puno, se tiene a los realizados por ANGLES, (2007), quien determinó que la temperatura superficial y de fondo de las aguas de la Bahía Interior de Puno tienen como promedio 15.23 °C y 14.63 °C respectivamente, la transparencia promedio del agua fue de 1.29 m; el oxígeno disuelto del agua a superficie y profundidad tuvo un promedio de 4.82 mg/L y 4.80 mg/L respectivamente, el pH del agua en la superficie fue de 8.43 y en el fondo 8.32, la DBO₅ de las aguas a superficie y profundidad fue de 1.11 mg/L y 1.12 mg/L respectivamente, estos resultados mostraron que la Bahía Interior de Puno se encuentra eutrofizada. Otro estudio realizado en esta zona del lago Titicaca sobre la calidad de agua fue el realizado por BELTRAN, (2013), quien determinó que la temperatura superficial del agua tuvo valores entre 13 y 19 °C, la transparencia promedio fue de 1.4 m, el porcentaje de entrada de luz solar se registro entre 28.9 y 60.6%, la conductividad eléctrica tuvo un promedio de 1 713 µS/cm, el oxígeno disuelto tuvo un promedio de 6.6 mg/L, la saturación de oxígeno disuelto registro un promedio de 101.87%, el pH promedio fue de 9.4, la alcalinidad promedio de 154.3 mg/L, la dureza total tuvo un promedio de 300.5 mg/L.; estos resultado fueron comparados con los estándares de calidad ambiental para aguas, determinando que la zona más crítica dentro de la bahía interior de Puno es la más cercana a la Isla Espinar.

Por otro lado PAREDES, (2013), determino que la calidad físico-química del agua en la zona de Chimu, registro datos por debajo de los Estándares Nacional Ambientales de Calidad de Agua donde el pH promedio fue de 8.42, coloración de 15 Unidades de Pt/Co, temperatura promedio 15.7 °C, turbiedad de 1.17 UNT, conductividad eléctrica 1420 µS/cm, sólidos disueltos totales 710 mg/L, nitritos 0.017mg/L, nitratos 2.94 mg/L, nitrógeno amoniacal 0.09 mg/L, fósforo total 0.08 mg/L, y la demanda bioquímica de

oxígeno fue de 8.27 mg/L; a excepción de cloruros con 276.0 mg/L, superando los valores establecidos (250 mg/L) en los ECAs, este estudio determinó que las aguas de esta zona son aptas para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Puno, previo tratamiento convencional.

2.2. Marco Teórico

Comunidad Planctónica.- La comunidad planctónica es un grupo heterogéneo de organismos, principalmente microscópicos, que flotan o nadan débilmente en las masas de aguas saladas o dulces, comprende productores primarios, herbívoros, carnívoros, detritívoros y organismos descomponedores, por lo tanto, los procariontes, plantas y animales son el plancton, la planta es llamada *plancter* compuesta por el fitoplancton, que se desarrolla en las aguas costeras y litorales elaboran su alimento por fotosíntesis, constituyen el alimento del zooplancton y producen el 50% del oxígeno molecular necesario para la vida terrestre; los plancton animales son denominados zooplancton incluye grupos animales muy diferentes, como protozoarios, rotíferos, cladóceros y copépodos, además de crustáceos, ostrácodos, arácnidos y larvas de moluscos, insectos y peces (COLE, 1988).

Zooplancton: Fracción del plancton constituida por organismos que se alimentan de materia orgánica ya elaborada por ingestión, está constituido por protozoos, también por larvas de esponjas, gusanos, equinodermos, moluscos o crustáceos, y de otros artrópodos acuáticos, así como formas adultas de pequeño tamaño de crustáceos (como copépodos o cladóceros), rotíferos, y fases juveniles de peces (alevines), son heterótrofos que en la cadena trófica ocupan el lugar de consumidores, alimentándose del fitoplancton, bacterias, o de otros componentes del zooplancton (COLE, 1988). Entre el zooplancton marino y el zooplancton lacustre existe diferencia considerable, así también entre lagos grandes y pequeños, en los mayores, los copépodos Calanoides ocupan una posición de preeminencia, en lagos

pequeños revisten importancia los copépodos ciclopoideos quienes pueden vivir por igual dentro de la vegetación o en agua libre (MARGALEF, 1983).

En un ecosistema lacustre, las comunidades zooplanctónicas están constituidas por: protistas, que forman parte del nanoplancton del cual poco se sabe; rotíferos, de los cuales son pocos los géneros con formas planctónicas; cladóceros, generalmente los podemos encontrar en lagos y estanques; copépodos, son una muestra planctónica de aguas abiertas de cualquier estanque o lago, algunos están presentes en aguas mediterráneas; entre los componentes de zooplancton también se incluyen estados larvales de algunos insectos y peces (COLE, 1988). Los rotíferos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas pelágicas, ya que son un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, pero su importancia se acrecienta porque pueden transferir materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de pequeño tamaño, que son recursos no utilizados por otros organismos planctónicos, los crustáceos planctónicos se dividen en cladóceros y copépodos que son crustáceos más complejos que se pueden localizar tanto en aguas continentales como en aguas marinas (CONDE *et al.*, 2004).

Interacciones entre poblaciones: Los cladóceros, más concretamente el género *Daphnia*, pueden eliminar poblaciones de rotíferos por competencia por los recursos compartidos, por lo que en sistemas donde la biomasa de cladóceros es elevada, la riqueza específica de rotíferos será escasa; las interacciones intraespecíficas también juegan un papel importante en el limitado crecimiento poblacional de las poblaciones zooplanctónicas, en sistemas hipertróficos se ha podido evidenciar un alto grado de densidad-dependencia intraespecífica independiente de la disponibilidad de alimento de algas (CONDE *et al.*, 2004). Respecto a las interacciones entre peces y zooplancton, esta se da en que los peces planctívoros seleccionan visualmente a su presa, por lo que tienden a seleccionar a especies de zooplancton de mayor tamaño, otros factores que suelen influir en la visibilidad es la presencia de grandes ojos pigmentados, sacos ovígeros en los copépodos, y huevos o efipios en los cladóceros, así como la plenitud del intestino en las

algunas especies, los cladóceros de gran tamaño como *Daphnia*, que son especialmente vulnerables a la predación por ser menos capaces de evitar la captura, a diferencia de los copépodos que son más ágiles y mejor capacitados para la natación (NORTHCOTE *et al.*, 1991).

Composición del Zooplancton en el Lago Titicaca: En el Lago Titicaca la comunidad de zooplancton está formada por: Cladóceros: *Bosmina huaronensis*, *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia quadrangula* y *Ceriodaphnia dubia*, que se encuentran tanto en el Lago Mayor como en el Lago Menor; Copépodos: *Boeckella liticacae*, *Boeckella occidentalis*, *Eucyclops neumani*, *Melacyclops leptopus*, *Tropocyclops prasinus meridionalis*, *Mesocyclops annulatus* y *Microcyclops anceps*; y Rotíferos: *Brachionus angularis*, *Keratella quadrata*, *Filinia longiseta*, *Pompholyx sp.*, *Asplanchna sp.*, *Polyarthra sp.*, y *Ascomorpha sp.* (DEJOUX & ILTIS, 1991). La riqueza de especies de zooplancton en el Lago Titicaca es baja, ya que el lago carece de cladóceros carnívoros y las especies como *Daphnia* no son integrantes importantes de la comunidad. De acuerdo a Vicent *et al.*, (1982) mencionado por NORTHCOTE *et al.*, (1991), *Bosmina*, *Ceriodaphnia* y los rotíferos eran más abundantes en la Bahía de Puno que en el Lago grande, donde *Boeckella titicacae* es el zooplancton dominante y los cladóceros constituyen el componente minoritario dentro de la comunidad de Lago Grande.

Por otro lado el Plancton litoral y limnético del Lago Titicaca, está compuesto por: Grupo Protozoa: (*Amoeba proteus*, *Arcella discoides*, *Coleps sp.*, *Didinium nasurum*, *Euplotes audiculatus*, *Paramecium Aurelia*, *Paramecium caudatum*, *Stylonychia sp.*) descritos por Alarcon M. y Cornejo E. 1978. Grupo Rotífera: (*Asplanchna sp.*, *Brachionus angularis*, *Filinia longiseta*, *Keratella cuadrata*) descritos por Ueno 1976 y Richerson *et al* 1977. Grupo Cladóceros: (*Alona cambouei*, *Marcrothrix palearis*, *Pleuroxus aduncus*) descrito por Harding 1955b, (*Alonella excisa*) descrito por Delachaux 1919 y Harding 1955b, (*Bosmina cf. hagmani*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia pulex*) descritos por Harding 1955b, Ueno 1967, Richerson *et al* 1977. Grupo Copépoda: (*Boeckella titicacae*, *Boeckella occidentalis*) descritos por Harding 1955b, Ueno 1967, Richerson *et al* 1977, (*Eucyclops*

neumani, *Mesocyclops annulatus*) descritos por Harding 1955b, M.A. Chapman (Observación personal, enero de 1984), (*Microcyclops leptopus*) descrito por Ueno 1967, Widmer *et al* 1975, Richerson *et al* 1977, Pawley y Alfaro T. 1984. (MUÑIZ *et al.*, 1991).

Dinámica Temporal y Espacial de las Poblaciones: Bajo la influencia de factores independientes de la densidad las poblaciones, tienden a aumentar o disminuir hacia cantidades en equilibrio dinámico determinadas por las capacidades de carga de sus ambientes, sin embargo los ambientes varían con el tiempo y, en consecuencia, también lo hacen las poblaciones, por ende, el estudio de la variación del tamaño de la población tiene sus raíces en dos tipos de fenómenos: el primero incluye las respuestas de las poblaciones al cambio perceptible de sus ambientes; el segundo comprende ciclos regulares o fluctuaciones irregulares de los de los factores ambientales; por otro lado las condiciones ecológicas también varían de un lugar a otro, lo que puede determinar diferencias en la dinámica de las subpoblaciones individuales, por lo que los cambio de una población constituyen la suma de los cambios de todas sus subpoblaciones (RICKLEFS, 1998).

Alimentación del Zooplancton: Las costumbres alimentarias de los organismos zooplanctónicos permiten comprender la utilización de los alimentos disponibles en el medio e interpretar los fenómenos de competición entre las especies, aun cuando es atrayente considerar a los organismos zooplanctónicos fitoplanctófagos, existen pruebas de la complejidad del comportamiento alimentario de los copépodos que pueden, utilizar diversos modos de alimentación para adaptar su régimen alimentario a los extremos de biomasa del alimento existente y realizar una selección químico sensorial de las partículas de alimento, los cladóceros aparecen también como herbívoros selectivos (DEJOUX & ILTIS, 1991). El desarrollo de las poblaciones de zooplancton depende no sólo de la cantidad de alimento sino también de la calidad nutricional de las comunidades fitoplanctónicas, cuando estas no estén dominadas por diatomeas o criptofíceas, u otros grupos de algas de alta calidad nutricional, dentro del zooplancton los rotíferos son más sensibles a la limitación de fósforo que los crustáceos, por lo que en sistemas

oligotróficos, las entradas de fósforo y las diferencias en las cuencas de captación pueden controlar la abundancia de los organismos zooplanctónicos en una escala regional (CONDE *et al.*, 2004).

Efectos de la contaminación sobre el zooplancton en el Lago Titicaca:

Actualmente el problema que afecta principalmente a este ecosistema es la contaminación mediante el vertimiento de las aguas residuales directamente hacia la Bahía Interior de Puno, provocando un proceso acelerado de eutrofización, a este problema se añaden las partículas minerales o industriales que desembocan directamente en las aguas del lago Titicaca, junto a los fenómenos naturales que contribuyen la aludida depredación de los recursos naturales (NORTHCOTE *et al.*, 1991). Estos cambios afectan a toda la diversidad de flora y fauna del Lago Titicaca, los efectos de la eutrofización sobre el zooplancton radican en la disponibilidad de oxígeno disuelto, que disminuye como resultado del colapso por los afloramientos de algas (fitoplancton) en las aguas superficiales, o la descomposición en la zona del hipolimnion, provocando mortandades y/o la exclusión de especies más sensibles, como los Cladóceros que carecen de la capacidad de sintetizar hemoglobina (MUÑIZ *et al.*, 1991).

Lagos.- Las aguas continentales cubren menos de un 2% de la superficie de la tierra, los lagos cumplen un ciclo de vida desde su formación hasta su desaparición debido a que se llenan de sedimentos, las características biológicas de los lagos se relacionan con características externas de fácil apreciación, con el flujo y tiempo de renovación del agua, con la extensión de la cuenca y su fertilidad, con la profundidad del lago (MARGALEF, 1983). Este tipo de ecosistemas se dividen en Regiones Lacustres: A) Áreas bentónicas y bentos, que corresponde a las comunidades de organismos que habitan en el fondo de un lago; en el que pueden distinguirse tres zonas: zona litoral, zona sublitoral y zona profunda; B) Aguas abiertas, corresponde a la región limnética o pelágica, es una zona del lago donde la costa y el fondo tienen menos influencia, es el hábitat del plancton, en esta área se pueden distinguir dos zonas: la zona trofógena, por debajo de esta capa se encuentra

una zona más oscura denominada trofolótica, donde predomina la respiración y la descomposición (COLE, 1988).

Propiedades Limnológicas.- La temperatura en lagos grandes con estratificación es transitoria, estableciendo una termoclina a principios de verano y se desordena por la acción de fuertes vientos, el oxígeno es el parámetro más importante de los lagos, aparte del agua misma, el oxígeno disuelto es esencial para el metabolismo de los microorganismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aerobio, la cantidad de oxígeno del aire que se disuelve en agua es aproximadamente un 35% (MARGALEF, 1983). En referencia a incidencia de la luz, se entiende que la luz es energía, ósea es capaz de realizar un trabajo y de ser transformada de una forma en otra, pero no puede ser creada ni destruida (WETZEL, 1983).

Características Limnológicas del Lago Titicaca.- El Lago Titicaca, tiene variaciones a la escala plurianual. Desde 1914, el intervalo de variación es de 6,37 m, la alimentación del lago proviene de las lluvias un 47 % y de sus tributarios por 53 %, la evaporación, asegura 91% de las pérdidas totales, mientras que las evacuaciones por el río Desaguadero representan 9%; la temperatura del aire en la cuenca del Lago Titicaca muestra la variación de las temperaturas en el curso del año en diferentes estaciones, por lo que la temperatura mínima media mensual se produce en julio con valores de 1,8°C y -11,8°C, la temperatura máxima media mensual es respectivamente de 15,3°C y 3,6°C, se establece en octubre o noviembre, por esta razón, un máximo secundario se observa en marzo-abril, la temperatura mínima está centrada en el invierno, donde los valores mínimos son de 10,7°C, hacia las planicies (DEJOUX & ILTIS, 1991).

En el Lago Grande del lago Titicaca la transparencia del agua medida con el disco Secchi varía entre 5 m en la época de lluvias, y un máximo de más de 10 m en la época seca, las aguas abiertas de la Bahía Exterior de Puno son siempre ligeramente menos transparentes que las del Lago grande, con valores que varían de 4 a 7 m, para la Bahía Interior de Puno los valores tomados con el disco de Secchi demuestran que la transparencia del agua

varia de ≥ 2 m a ≤ 1 m; esto debido a los sedimentos inorgánicos en suspensión, la elevada densidad de fitoplancton; para el caso del oxígeno disuelto, este varía de aproximadamente 7 mg/l en las aguas superficiales, hasta agotamientos moderados de menos de 1 mg/l en las aguas profundas, en las aguas litorales y zonas adyacentes a la Bahía de Puno, se registraron sobresaturaciones hasta del 130% en la superficie y casi el 100% de saturación cerca del fondo 2-7 m., en esta zona la altura produce disminución en el contenido de oxígeno disuelto, los niveles de oxígeno disuelto en aguas saturadas del lago son de sólo 7.3 y 5.8 mg/l respectivamente (NORTHCOTE *et al.*, 1991).

El pH del epilimnion en el Lago Grande del Lago Titicaca es de alrededor 8.6 durante casi todo el año, los valores más altos se registraron en las aguas cercanas a la zona litoral de la Bahía de Puno, dentro de la Bahía Interior de Puno los valores de pH varían desde 8.0 a 8.75, estos altos valores del pH pueden ser el resultado de la elevada actividad fotosintética en la zona, como lo sugieren también las altas sobresaturaciones de oxígeno (NORTHCOTE *et al.*, 1991).

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.- De acuerdo a la Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente, los ECA (Estándares de Calidad de Ambiental) son la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente. Para el caso del agua estos niveles son normados por el D.S. N° 004-2017-MINAM, mediante el cual se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, los mismo que para el presente trabajo de investigación serán considerados, tomando en cuenta los parámetros de Oxígeno Disuelto y pH, para la categoría 1, sub categoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potables, sub categoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.

2.3. Marco Conceptual

Abundancia: Es la representación proporcional de una especie en una muestra o una comunidad. La abundancia de las especies refleja la variedad y abundancia de los recursos disponibles para cada población, así como las influencias de los competidores, los predadores y las enfermedades (RICKLEFS, 1998).

Composición de especies: Se considera como el número de especies que conforman una muestra o una comunidad (MARGALEF, 1983).

Comunidad: Asociación de poblaciones que interactúan, habitualmente definida por la interacción o por el lugar donde viven (RICKLEFS, 1998).

Diversidad: Se considera como el número de taxones en un área local (diversidad alfa) o en una región (diversidad gamma). También, una medida de la variedad de taxones en una comunidad que tiene en cuenta la abundancia relativa de cada uno de ellos (RICKLEFS, 1998).

Especie: Grupo de organismos que se parecen unos a otros en su aspecto, comportamiento, composición y procesos químicos y estructura genética. Los organismos que se reproducen sexualmente son clasificados como miembros de la misma especie sólo si pueden reproducirse entre sí y producen progenies fértiles (TYLER, 2002).

Eutrofización: Cambios físicos, químicos y biológicos que tienen lugar después de que un lago, estuario o corriente de agua de flujo lento reciba aportaciones de nutrientes de plantas, principalmente nitratos y fosfatos, procedentes de la erosión natural y de las escorrentías de la cuenca circundante (TYLER, 2002).

Plancton: Se conoce como plancton a una infinidad de animales y plantas, normalmente microscópicos, que viven libremente en las aguas marinas o

continentales, sus movimientos se producen verticalmente y cuando se desplazan horizontalmente lo hacen arrastrados por los movimientos del agua. El plancton constituye la base de la pirámide alimenticia de todo el ecosistema acuático (COLE, 1988).

Población: Se considera población al grupo de organismos de la misma especie que vive en una zona en particular (RICKLEFS, 1998).

Temperatura: Medida de la velocidad media del movimiento de los átomos, iones o moléculas en una sustancia o combinación de sustancias en un momento dado (TYLER, 2002).

pH: Valor numérico que indica la acidez o alcalinidad de una sustancia en una escala de 0 a 14, siendo 7 el punto neutro. Las soluciones acidas tiene valores pH inferiores a 7, y las soluciones básicas o alcalinas tiene valores pH mayores a 7 (TYLER, 2002).

Conductividad eléctrica: Medida indirecta de los electrolitos en el agua; la recíproca de la resistencia; una fuerza electromotriz de 1 volt entre dos puntos es de 1 mho o 1 siemens (S); la conductividad eléctrica, generalmente es el flujo de electrones entre dos electrodos cm^2 a 1 cm de distancia (WETZEL, 1981).

Oxígeno disuelto: Es el oxígeno disponible libremente en el agua. Es uno de los parámetros más importante de los lagos, ya que es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aerobio (WETZEL, 1981).

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la Bahía de Puno del lago Titicaca, el mismo que se encuentra situado al noreste del lago Titicaca y tiene un área de 552 Km² aproximadamente, aunque se encuentra aislada de la cubeta principal, cuenta con una amplia gama de recursos hidrológicos de gran importancia. El clima es frío y semi-seco, con una temperatura promedio de 9 °C, la mínima es de 3 °C y la máxima de 19 °C, la precipitación promedio es de 700 mm al año, la época lluviosa se presenta de diciembre a marzo y la época seca de mayo hasta agosto. El nivel de cota del Lago Titicaca de 3808 msnm para el año 2016, de acuerdo a los reportes del SENAMHI cada año desde el 2010 el nivel del lago va descendiendo debido a la escases de lluvias y el cambio climático.

La Bahía de Puno del lago Titicaca se encuentra conformado por dos zonas:

- a) **Bahía Interior de Puno:** Ubicada en la parte baja al norte de la ciudad de Puno, es considerado como un espejo de agua más o menos cuadrado situado detrás de los promontorios de Chullune y Chimu. Presenta un área de 16 Km² y 2.7 m de profundidad media. Las aguas de la Bahía Interior de Puno presentan valores de transparencia de hasta 0.5 m de profundidad, y la calidad del agua no es muy buena, debido a la gran descarga de contaminantes que se da en esta parte del lago, en la zona de la Isla Espinar (MORALES *et al*, 1991).
- b) **Bahía Exterior de Puno:** Se comunica con la Bahía Interior de Puno por medio de un canal de 300 m de ancho cerca de Chimu, esta parte del lago Titicaca es un espejo de agua más o menos abierto, presenta una transparencia de 4 a 7 m de profundidad, sin embargo sus aguas son menos transparentes que las del Lago Grande (MORALES *et al*, 1991). En esta

zona se ubica la captación del sistema de agua potable para la ciudad de Puno.

La Bahía de Puno presenta una vegetación conformada por macrófitas sumergidas (*Chara spp.*, *Sciaromium sp.*, *Elodea potamogeton*, *Myriophyllum elationoides* y *Potamogeton strictus*), flotantes (*Lemna gibba* y *Lemna spp.*) y emergentes (*Schenoplectus tatora*) (DEJOUX & ILLIS, 1991).

El área de estudio comprendió dos zonas de evaluación, las mismas que detallo a continuación:

- Bahía Interior: las evaluaciones se realizaron en la zona cercana a la Isla Espinar (salida de aguas de la laguna de oxidación de la ciudad de Puno), se distribuyeron 3 estaciones de muestreo (E-1, E-2 y E-3) equidistantes uno del otro por 100 m aproximadamente.
- Bahía Exterior: las evaluaciones se realizaron en la zona de Chimú (cercana a la captación de agua del sistema de agua potable de la ciudad de Puno), se distribuyeron 3 estaciones de muestro (E-4, E-5 y E-6) equidistantes uno del otro por 100 metros aproximadamente.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Bahía Interior (Isla Espinar) y Bahía Exterior (Chimú) del Lago Titicaca, Puno.

Zona de muestreo		Coordenadas		Profundidad (m)
		E	N	
Isla Espinar	E-1	393308	8247072	1,10
	E-2	399330	8247073	2,30
	E-3	393675	8247080	3,20
Chimú	E-4	393672	8247080	7,50
	E-5	397062	8247407	18,20
	E-6	397185	8247650	22,30

Todas las estaciones de muestreo estuvieron ubicadas en la zona litoral del lago Titicaca, que se caracteriza generalmente por ser la zona desde la costa hasta la profundidad donde desaparecen las plantas (COLE, 1988).



Figura 1. Ubicación geográfica de las zonas evaluadas en la Bahía Interior (Isla Espinar) y Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca Puno.

3.2. Tipo de Estudio

La presente investigación tiene un carácter descriptivo, ya que se pretende describir cual la situación actual de la comunidad de zooplancton en lo referente a la composición y abundancia en tres épocas (época lluviosa, transitoria, seca), así como determinar la relación con los factores fisicoquímicos del agua en la Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca, Puno.

3.3. Población y Muestra

Se realizaron muestreos mensuales de enero a junio del 2016 en cada zona de evaluación Isla Espinar (Bahía Interior) y Chimu (Bahía Exterior), en las cuales ubique tres estaciones de recolección de muestras con tres repeticiones cada una, obteniendo en total 18 muestras por mes y un tamaño de muestra total de 108 muestras durante los seis meses que duró la investigación.

3.4. Metodología

El presente trabajo de investigación fue realizado de acuerdo a la metodología que a continuación se detalla, conforme a los objetivos planteados:

3.4.1. Determinación de la variación espacial de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.

Metodología en campo:

Se realizó muestreos mensuales durante el periodo comprendido de enero a junio del 2016, con la finalidad de abarcar las épocas de lluvia (enero - febrero), meses transitorios (marzo - abril) y seca (mayo - junio), las muestras fueron recolectadas en la zona litoral de la Bahía de Puno. Con la ayuda de un GPS marca GARMIN modelo etrex 20, con el cual se ubicaron los puntos de muestreo, en cada estación se midió la profundidad máxima con la ayuda de una soga marcada en metros y atada a un peso mensajero, esto con la finalidad de determinar la profundidad de colección de muestras de zooplancton.

Para la toma de muestras de zooplancton, se utilizó la red de plancton Winsconsin con un diámetro de malla de 90 μm , con la que se efectuaron arrastres verticales desde 0.3 a 0.5 m del fondo hasta la superficie. Ya en la cubierta de la embarcación, con la ayuda de una pizeta se enjuagó la red de plancton para que el zooplancton se situó en el colector, para posteriormente retirar el filtrado con la muestra de zooplancton en un frasco de plástico de 100 ml, los que fueron rotulados con fecha y hora de muestreo, posteriormente se fijaron las muestras con formol al 40%, utilizando para ello 10 ml de formol por cada 90 ml de agua (Figuras 22 - ANEXOS).

Metodología de laboratorio:

La identificación de especies de zooplancton se realizó en el Laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, para ello se procedió a enjuagar y filtrar las muestras colectadas para retirar el formol, posteriormente se diluyó la muestra filtrada en un Beaker de 500 ml ó 250 ml de acuerdo al grado de concentración de la muestra, luego agregue 300 ml a 200 ml de agua destilada de acuerdo al tamaño del Beaker, se homogenizó la muestra con la ayuda de una pipeta milimetrada de 3ml y se tomó 3 alícuotas (sub muestras) de 2 ml cada una y las coloque en una placa de conteo adaptada de la cámara Sedgwick Rafter, para observarlas en el Microscopio compuesto con un ocular micrométrico a aumento de 10X. Los datos obtenidos fueron registrados en formatos de toma de datos respectivamente (Figuras 23 y 24 - ANEXOS).

Análisis cualitativo:

Para el análisis cualitativo se realizó un listado de todas las especies identificadas en cada estación de muestreo, esto nos permitió comparar las diferencias entre el número de especies identificadas en las diferentes épocas (lluviosa – transitoria - seca) y zonas de estudio (Isla Espinar – Bahía Interior de Puno y Chimu – Bahía Exterior de Puno).

Para la identificación de especies se utilizaron claves taxonómicas descritas por: DEJOUX & ILTIS (1991), quien describe claves dicotómicas para especies de zooplancton identificadas en el Lago Titicaca, PENNAK (1991), quien también describe claves dicotómicas y sinópticas ilustradas para las taxas de Rotíferos, Cladóceros y Copépodos de zooplancton; así mismo se emplearon trabajos de investigación realizados MORENO (1983) y TURPO & SANGA (2013).

Análisis estadístico:

- a) Los datos obtenidos fueron procesados mediante la prueba de Mann-Whitney (U) para el caso de la diferencia entre zonas evaluadas, que es una prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes, considerada la versión no paramétrica de la prueba T de Student. La Prueba Mann-Whitney (U) se define como:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

Donde n_1 y n_2 = Tamaños respectivo de cada muestra.

R_1 y R_2 = Suma de los rangos observacionales de las muestras 1 y 2 respectivamente.

U_1 y U_2 = Valores estadísticos de la Mann-Whitney.

Para todo valor de probabilidad mayor que 0.05, se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

El procesamiento de los datos y aplicación de la prueba Mann-Whitney (U), se realizó con el paquete estadístico XLSTAT, realizando comparaciones entre zonas (Isla Espinar – Bahía Interior de Puno y Chimu – Bahía Exterior de Puno).

- b) Para determinar la diferencia estadística entre épocas evaluadas se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, la cual se define como:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left(\sum \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3(n+1)$$

Donde:

n = número total de observaciones.

R_i = comparación entre el rango observado y el rango esperado.

n_i = número de observaciones por muestra.

Para todo valor de probabilidad mayor que 0.05, se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

El procesamiento de los datos y aplicación de la prueba Kruskal Wallis, se realizó con el software INFOSTAT(e), realizando comparaciones entre meses evaluados en las zonas de Bahía Interior y Bahía Exterior de Puno.

3.4.2. Determinación de la variación espacial de la abundancia del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca, Puno.

Análisis cuantitativo:

La determinación de abundancia del zooplancton se realizó con la ayuda del Microscopio compuesto con ocular micrométrico a aumento de 10X. Para ello de las muestras colectadas que fueron enjuagadas y diluidas en un Beaker, tome alícuotas (sub muestras) de 2 ml y las coloque en las placas de conteo Sedgwick Rafter las cuales observe en el Microscopio compuesto y realice el conteo, cada alícuota (sub muestra) luego de ser contabilizada fue respuesta al Beaker, realice tres conteos para cada muestra evaluada. Cada individuo zooplanctónico fue considerado sin tener en cuenta su tamaño o estadio. Los datos obtenidos fueron registrados en las fichas de evaluación correspondientes, y los resultados de abundancia fueron expresados en org./m³., para lo cual utilice la siguiente fórmula:

$$Org./m^3 = \frac{f.d.* Org. Contados}{VFL}$$

Donde:

f.d. : Factor de dilución.

VFL: Volumen de agua filtrada.

$$VFL = \pi r^2 * L$$

Donde:

r : radio de la red.

L: longitud de arrastre.

$$f.d. = \frac{Vm}{Vc}$$

Donde:

Vm : volumen de muestra.

Vc: volumen de sub muestra.

Análisis estadístico:

Los datos obtenidos fueron procesados mediante las siguientes pruebas estadísticas:

a) Índice de Diversidad de:

- **Menhinick:** Se basa en la relación entre el número de especies el número total de individuos observados, se define como:

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde : S = número de especies.

N = número total de individuos.

El valor de este índice va de 0 a 1, donde el número más cercano a la unidad manifiesta una riqueza alta.

- **Margalef:** permite determinar la riqueza de especies, mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra, y se define como:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde : S = número de especies.

N = número total de individuos.

Los valores menores a 2 indican una baja diversidad, mientras que los superiores a 5 muestran una diversidad alta.

- **Shannon y Wiever:** permite determinar la diversidad de la comunidad de zooplancton, y se define como sigue:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log_e P_i$$

Donde: S = número de especies.

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

Este índice adquiere valores entre 0 cuando hay una sola especie, y el logaritmo neperiano de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

- **Simpson (D_s):** determina la dominancia, considera la probabilidad que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie, se define de la siguiente manera:

$$D_s = \sum_{i=1}^s P_i^2$$

Donde: P_i = proporción entre n_i y N

n_i = número de individuos de la especie i

El valor de este índice va de 0 a 1, donde el número más cercano a la a cero manifiesta un sistema homogéneo.

- **Pielou J':** se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad con el mismo número de especies, se define como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde: H' = Diversidad observada (Shannon y Wiever)

$$H'_{max} = \ln(S)$$

El valor de este índice va de 0 a 1, donde el número más cercano a la unidad indica que todas las especies son igualmente abundantes.

La determinación de los índices de diversidad antes descritos fueron realizados con el software PAST, realizando comparaciones entre zonas (Isla Espinar – Bahía Interior de Puno y Chimu – Bahía Exterior de Puno).

- b) Para determinar la diferencia estadística entre las abundancias de zooplancton entre épocas y zonas evaluadas se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con el software INFOSTAT(e).

3.4.3. Estimación de los factores fisicoquímicos del agua en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.

Metodología en campo:

En cada punto de muestreo se tomaron los siguientes datos fisicoquímicos del agua:

- **Transparencia del agua:** se empleó el Disco Secchi atado a una cuerda marcada en metros, el cual se introdujo al agua y se calculó el promedio entre la profundidad a la que aparecía y desaparecía el disco, este procedimiento se realizó en cada estación de muestreo (Figura 21 - ANEXOS).
- **Temperatura del agua:** utilice un termómetro digital marca Traceable – Cole-Parmer, cuyo sensor fue introducido a 1 metro de

profundidad para realizar la lectura correspondiente, este procedimiento se realizó en cada estación de muestreo.

- **Determinación del pH, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, y salinidad:** utilice para ello el equipo multiparamétrico marca YSI ProDSS, el cual introduje a 1 m de profundidad para poder determinar todos los parámetros del agua en cada estación de muestreo.
- **Conductividad Eléctrica:** utilice el conductímetro marca OAKTON.

Análisis estadístico:

Para determinar la diferencia estadística en cada zona de evaluación entre los parámetros fisicoquímicos del agua, por ser variables continuas, utilice el método estadístico paramétrico:

- a) **Prueba T de Student:** que permite determinar las diferencias entre dos muestras independientes, establece la diferencia entre las medias de las muestras a ser analizadas. El modelo matemático de esta prueba es:

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_1^2 + (m-1)S_2^2}{n+m-2} \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right)}}$$

Donde para todo valor de probabilidad mayor que 0.05, se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

El procesamiento de los datos y aplicación de la prueba T de Student, se realizó con el paquete estadístico XLSTAT, realizando comparaciones entre zonas Bahía Interior y Bahía Exterior de Puno.

Relación de la abundancia de zooplancton y los parámetros fisicoquímicos del agua.

Para determinar la relación entre la abundancia de zooplancton y los parámetros fisicoquímicos del agua se utilizó el coeficiente de

correlación de Pearson, el cual mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente, toma valores entre -1 y 1, los valores próximos a 1 indican fuerte asociación lineal positiva o negativa, y los valores cercanos a 0 indican no asociación lineal (es importante aclarar que pueden haber variables relacionadas, pero no de forma lineal). Cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i * \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

Donde: r = Coeficiente de correlación.
 n = Número de pares ordenados.
 x = Variable independiente (para nuestro caso parámetros físicoquímicos).
 Y = Variable dependiente (para nuestro caso la abundancia)

El procesamiento de los datos y aplicación de la prueba T de Student, se realizó con el paquete estadístico INFOSSTAT(e). Para ello el criterio de valoración del índice de correlación fue el modificado por TORRES *et al* (2005) mencionado por TURPO & SANGA (2013): ± 0 a 0.25 baja/ninguna, ± 0.26 a 0.50 moderada baja, ± 0.51 a 0.75 moderada alta, ± 0.76 a 1 alta/perfecta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variación espacial de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.

En el Lago Titicaca, la riqueza de especies de zooplancton es relativamente baja en comparación a otros lagos, así mismo existe diferencia entre la composición de especies entre zonas del lago, sin embargo diversos estudios han reportado un máximo de 24 especies pertenecientes a 3 grupos taxonómicos de zooplancton, los cuales también fueron identificados en las zonas evaluadas en el presente trabajo, por lo que los resultados son descritos a continuación.

4.1.1. Descripción de la composición de especies de zooplancton en Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca – Puno.

Cuadro 2. Especies de zooplancton registradas en Bahía Interior y Exterior del lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

TAXAS	ESPECIE	Isla de Espinar						Chimu					
		E	F	M	A	M	J	E	F	M	A	M	J
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	x	x					x	x	x	x	x	x
	<i>Asplanchna sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Brachionus sp.</i>	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Filina longiseta</i>	x	x	x				x	x	x	x	x	
	<i>Keratella quadrata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Keratella cochlearis</i>	x	x					x	x	x	x	x	x
	<i>Keratella tropica</i>	x	x										
	<i>Lecane sp.</i>								x	x	x	x	x
	<i>Lepadella sp.</i>									x	x	x	
	<i>Hexarthra sp.</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Polyarthra sp.</i>	x			x		x	x	x	x	x	x	x
	<i>Pompholyx sp.</i>		x	x					x	x	x	x	x
Cladóceros	<i>Alona sp.</i>			x	x	x			x	x	x	x	
	<i>Bosmina huaronensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Bosmina longirostris</i>		x						x	x	x		
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Daphnia pulex</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Pleuroxus sp.</i>	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Chydorus sp.</i>			x						x	x	x	
	<i>Pseudochydorus sp.</i>			x		x	x			x			x
Copépodos	<i>Boeckella sp.</i>	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Metacyclops leptopus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Total de especies por mes		14	14	13	11	12	12	14	18	21	20	19	16
Promedio de especies por zona		13						18					

Se registró 19 géneros y 22 especies de zooplancton agrupados en 3 grupos taxonómicos: Rotíferos (12 especies), Copépodos (8 especies) y Cladóceros (2 especies). Las especies que fueron registradas en todos los meses evaluados y en ambas zonas fueron: *Asplanchna sp.*, *Keratella quadrata*, *Bosmina huaronensis*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia pulex* y *Metacyclops leptopus*; mientras que *Lecane sp.* y *Lepadella sp.*, solo se registraron en la zona de Chimu, por otro lado se registró la presencia de *Hexathra sp.*, especie que es reportada por primera vez en el Lago Titicaca (Cuadro 2).

A continuación se describe la ubicación taxonómica y se presentan imágenes de cada especie registradas en el presente trabajo de investigación:

Ubicación taxonómica de los Rotíferos

Phylum	: Rotífera
Clase	: Monogonta
Orden	: Ploima
Familia	: Gastropodidae
Género	: <i>Ascomorpha</i>
Especie	: <i>Ascomorpha sp.</i>
Familia	: Asplanchnidae
Género	: <i>Asplanchna</i>
Especie	: <i>Asplanchna sp.</i>
Familia	: Brachionidae
Género	: <i>Brachionus</i>
Especie	: <i>Brachionus sp.</i>
Género	: <i>Keratella</i>
Especie	: <i>Keratella quadrata</i> (O.F. Muller, 1786)
	: <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)
	: <i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)

Familia : Lecanidae
Género : *Lecane*
Especie : *Lecane* sp.

Familia : Colurellidae
Género : *Lepadella*
Especie : *Lepadella* sp.

Familia : Synchaetidae
Género : *Polyarthra*
Especie : *Polyarthra* sp.

Clase : Eurotatoria
Orden : Flosculariaceae
Familia : Hexarthridae
Género : *Hexarthra*
Especie : *Hexarthra* sp.

Familia : Filiniidae
Género : *Filina*
Especie : *Filina longiseta* (Ehrenberg, 1834)

Familia : Testudinellidae
Género : *Pompholyx*
Especie : *Pompholyx* sp.

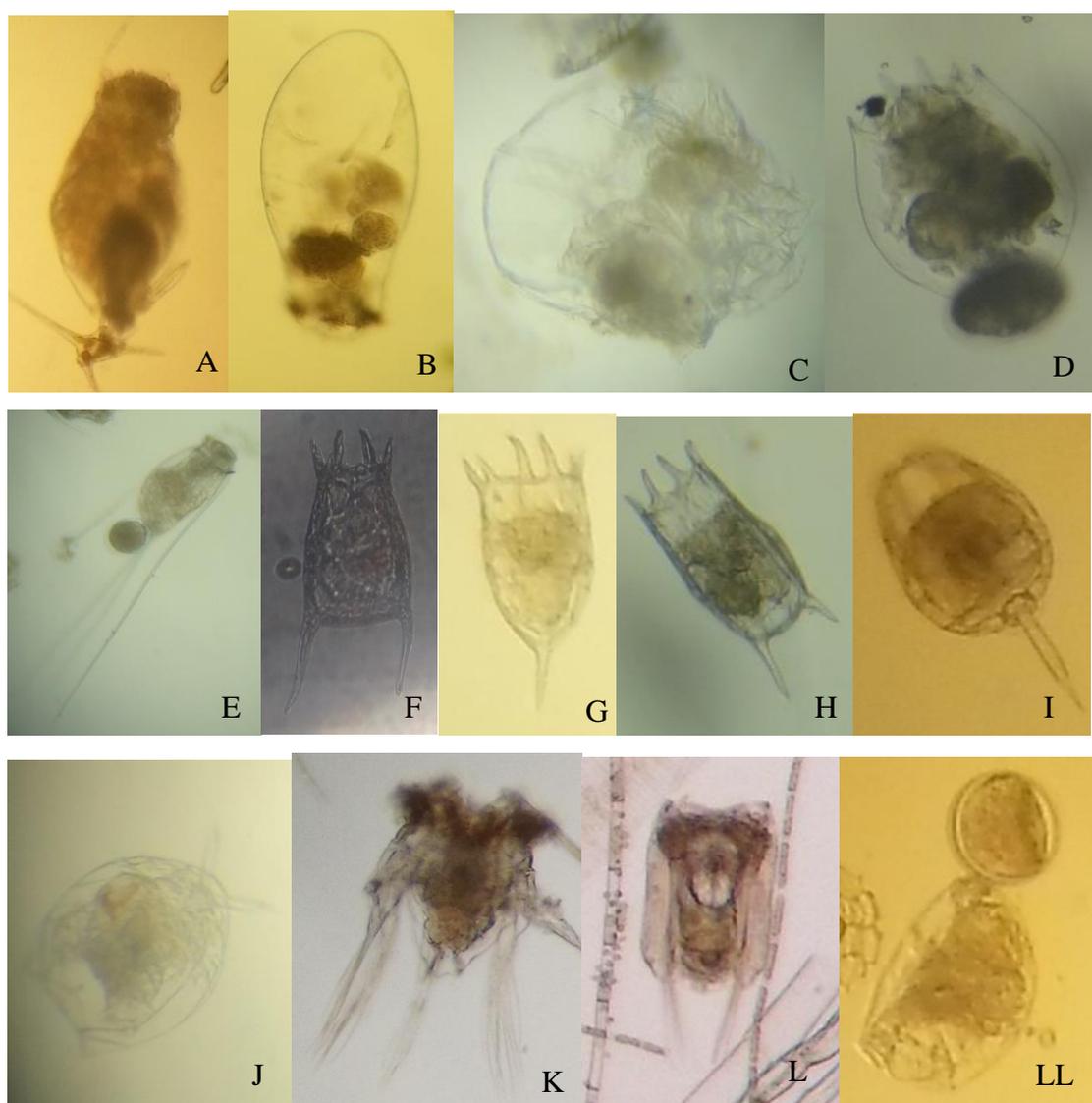


Figura 2. Especies de Rotíferos identificados en las zonas de estudio.

A: *Ascomorpha sp.*, B y C: *Asplanchna sp.*, D: *Brachionus sp.*, E: *Filina longiseta*, F: *Keratella quadrata*, G: *Keratella cochlearis*, H: *Keratella tropica*, J: *Lecane sp.*, I: *Lepadella sp.*, K: *Hexarthra sp.*, L: *Polyarthra sp.*, LL: *Pompholyx sp.* (Figura 2)

Ubicación taxonómica de los Cládoceros

Phylum : Arthropoda
Clase : Brachiopoda
Orden : Cladocera
Familia : Chydoridae
Género : *Alona*
Especie : *Alona* sp.

Familia : Bosminidae
Género : *Bosmina*
Especie : *Bosmina huaronensis* (Delachaux, 1918).
Bosmina longirostris

Familia : Chydoridae
Género : *Chydorus*
Especie : *Chydorus* sp.
Pleuroxus sp.
Pseudochydorus sp.

Familia : Daphniidae
Género : *Daphnia*
Especie : *Daphnia pulex* (Leydig, 1860).

Género : *Ceriodaphnia*
Especie : *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Muller, 1785).

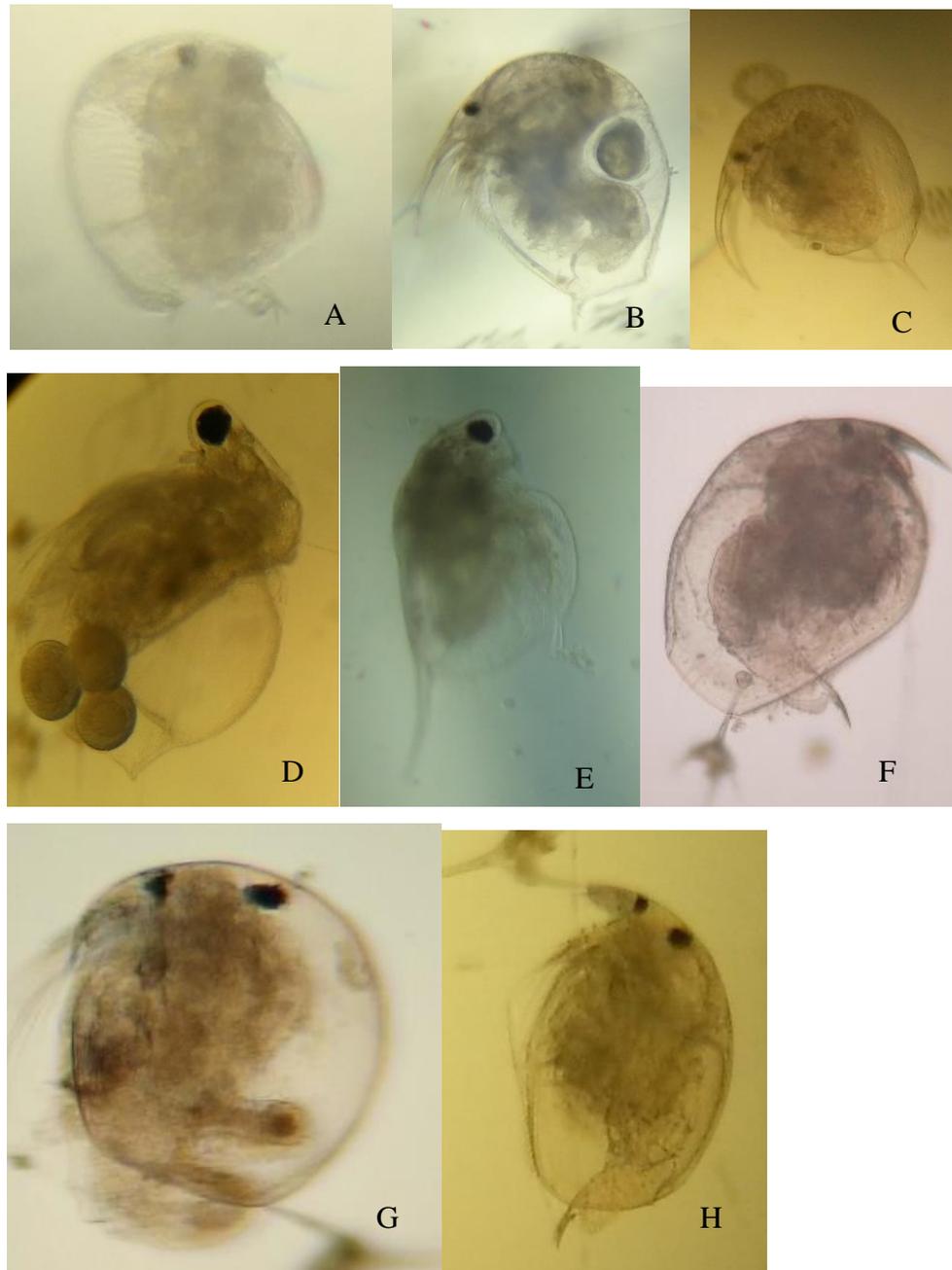


Figura 3. Especies de Cladóceros identificados en las zonas de estudio.

A: *Alona* sp., B: *Bosmina huaronensis*, C: *Bosmina longirostris*,
D: *Ceriodaphnia quadrangula*, E: *Daphnia pulex*, F: *Pleuroxus* sp., G:
Chydorus sp., H: *Pseudochydorus* sp. (Figura 3)

Ubicación taxonómica de los Copépodos

Phylum	: Arthropoda
Clase	: Brachiopoda
Sub clase	: Copepoda (Milne Edwards, 1840)
Super Orden	: Gymnoplea
Orden	: Calanoida
Familia	: Boeckellidae
Género	: <i>Boeckella</i>
	Especie: <i>Boeckella</i> sp.
Orden	: Cyclopoida
Familia	: Cyclopoidea
Género	: <i>Metacyclops</i>
	Especie: <i>Metacyclops leptopus</i> (Keifer, 1927).

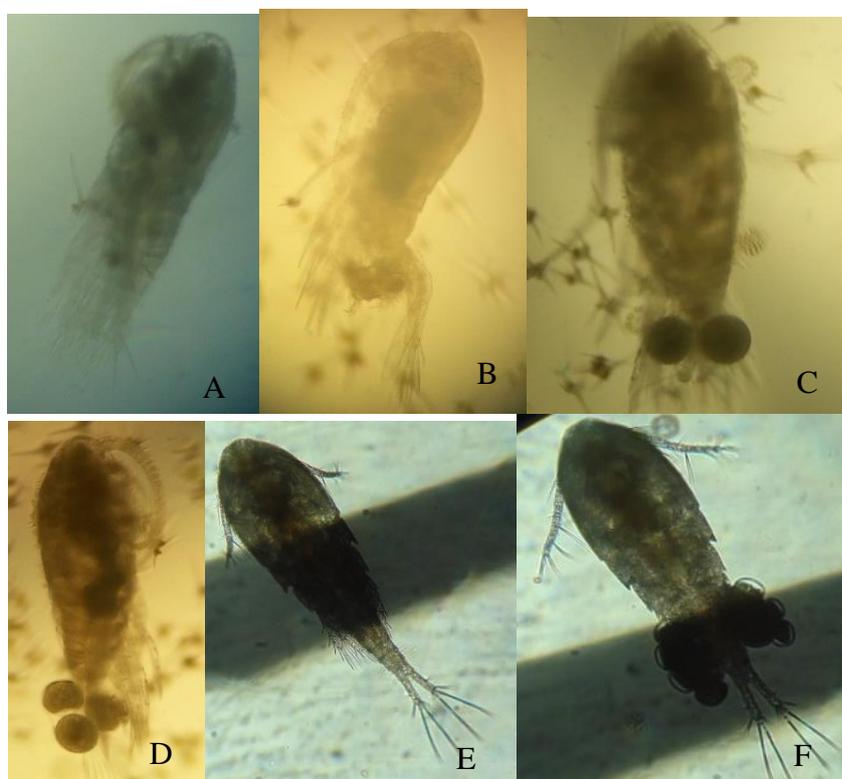


Figura 4. Especies de Cladóceros identificados en las zonas de estudio.

A y B: *Boeckella* sp.- macho, C y D: *Boeckella* sp. – hembra, E: *Metacyclops leptopus* – Macho, F: *Metacyclops leptopus* – hembra. (Figura 4)

La composición de especies registradas en el presente estudio, fue similar al que reportaron TURPO & SANGA (2011) en su estudio realizado en la Bahía de Puno y Lago Grande (sector Peruano) del Lago Titicaca, en el cual identificaron 24 especies de zoopláncton divididos en 3 taxones: Rotíferos (14 especies), Copépodos (7 especies) y Cladóceros (3 especies), de las cuales se comparten las siguientes especies: *Ascomorpha* sp., *Asplanchna* sp., *Brachionus* sp., *Filina longiseta*, *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica*, *Lecane* sp., *Lepadella* sp., *Polyarthra* sp., *Pompholyx* sp., *Alona* sp., *Bosmina huaronensis*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia pulex*, *Pleuroxus* sp., *Chydorus* sp., *Boeckella* sp., *Metacyclops leptopus*; esta similitud en los resultados se debe también a que dos de las zonas evaluadas por estos investigadores fueron Chimú – Parina (Bahía de Puno) y Escallani Moho (zona Norte Lago Grande) que corresponden a zonas litorales del Lago Titicaca, en ambas zonas se comparten especies a diferencia de *Alona* sp., que ellos reportaron en la zona Villa Socca – Puerto Acosta (zona media del Lago Grande) zona limnetica del Lago Titicaca.

Otros estudios realizados sobre la composición del zooplancton en el Lago Titicaca, se tiene los realizados por ROJAS (2011) que evaluó la comunidad zooplanctónica en sectores de producción controlada de truchas, Lago Titicaca – Distrito de Chucuito, donde identificó 9 especies, por otro lado CHINO (1986) realizó un estudio sobre el zooplancton en la Bahía Interior de Puno, donde identificó 11 especies, así mismo CHULLUNQUIA (2006), evaluó la comunidad de zooplancton en la laguna de la Bahía de los Incas – Puno, donde identificó 7 especies. De todos los estudios mencionados líneas más arriba se comparten todas las especies identificadas por los investigadores, ya que corresponden a zonas litorales y zonas ubicadas dentro de la Bahía de Puno. Por otro lado MORENO (1983) realizó un estudio cuantitativo del zooplancton en la zona pelágica del Lago Titicaca (Lago grande), en el cual identificó 10, especies las cuales también fueron registradas en el presente estudio.

Realizando una comparación con estudios realizados en otros ecosistemas acuáticos de la Región Puno, se tiene el realizado por CASTILLO (1982), en la Laguna Arapa, Provincia de Azángaro – Puno, donde identificó 9 especies de zooplancton divididas también en 3 taxones, las que fueron también

registrados en la presente investigación, lo cual indicaría que en los ecosistemas acuáticos a nivel regional se comparten especies de zooplancton.

En el Lago Titicaca la riqueza de especies es diferente entre las zonas del Lago Grande y Lago Menor, así como también entre las zonas lacustres (litoral, sublitoral y profunda), en el presente trabajo se ha comprobado que la Bahía de Puno presenta una importante representatividad en cuanto a riqueza de especies, sobre todo en la zona de la Bahía Exterior (Chimu). Esta zona se caracteriza por presentar una marcada diferencia en la calidad del agua en comparación con la Bahía Interior (Isla Espinar), lo que influenciaría en la presencia de ciertas especies que son más susceptibles a la contaminación.

4.1.2. Variación espacial de la composición de especies en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno.

Cuadro 3. Variación de la composición de especies entre la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016

Meses de muestreo	Bahía Interior (Isla Espinar)	Bahía Exterior (Chimu)
Enero	14	14
Febrero	14	18
Marzo	13	21
Abril	11	20
Mayo	12	19
Junio	12	16
Promedio	13	18

$U = 1; \text{Signif. } (p = 0.006)$

La Composición de especies presentó variaciones entre las zonas de evaluación, registrándose para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) un mínimo de 11 especies y un máximo de 14 especies, con un promedio de 13 especies. Para la zona de Bahía Exterior (Chimu) se presentó un mínimo de 14 especies y un máximo de 21 especies, con un promedio de 18 especies (Cuadro 3).

La prueba de Mann-Whitney (U), señala la existencia de diferencia estadística significativa ($p=0.006$), de lo cual se establece que la zona de Bahía Exterior (Chimu) presenta una mayor riqueza de especies a comparación de la Bahía Interior (Isla Espinar), esto para un nivel de confianza del $\alpha=0.05$.

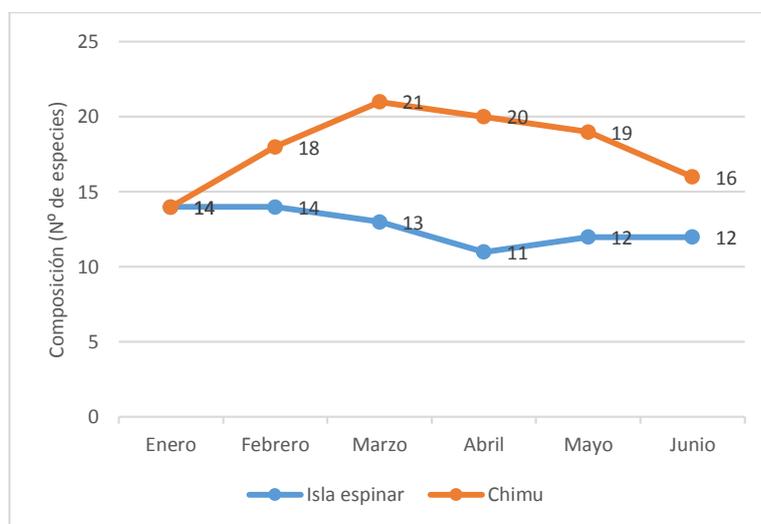


Figura 5. Diferencia de la composición de especies en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016

La riqueza de especies siempre es mayor para la zona de la Bahía Exterior (Chimu), con valores de 14 a 21 especies registradas para esta zona, mientras que en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) el número de especies registradas varia de 11 a 14 especies (Figura 5).

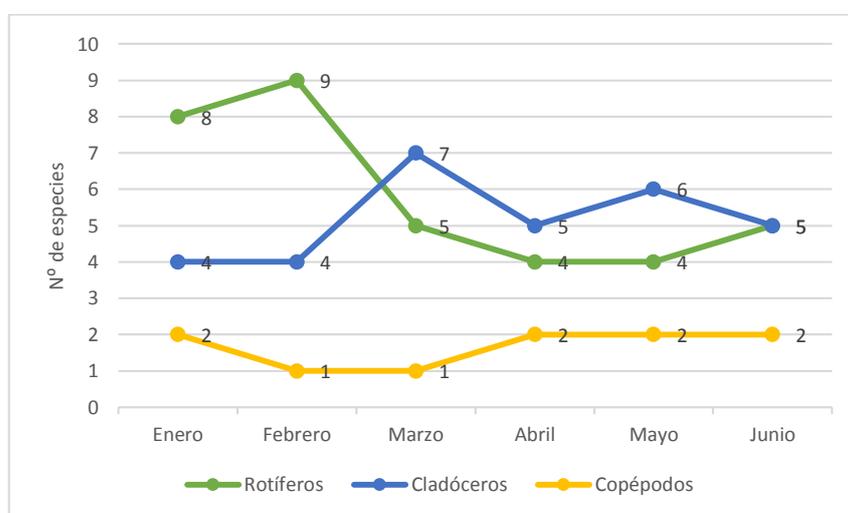


Figura 6. Composición de especies según grupo taxonómico registrados en la Bahía Interior (Isla de Espinar) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016

En la zona de la Bahía Interior (Isla de Espinar) para el grupo taxonómico de Rotíferos se registró un máximo de 9 especies en febrero (época lluviosa) y un mínimo de 4 especies en abril (época transitoria) y mayo (época seca), para el grupo de Cladóceros se registró un máximo de 7 especies en marzo (época transitoria) y un mínimo de 4 especies en enero y febrero (época lluviosa), y para el grupo de Copépodos se registró un máximo de 2 especies en enero (época lluviosa), abril (época transitoria), mayo y junio (época seca) y un mínimo de 1 especie en febrero (época lluviosa) y marzo (época transitoria) (Figura 6).

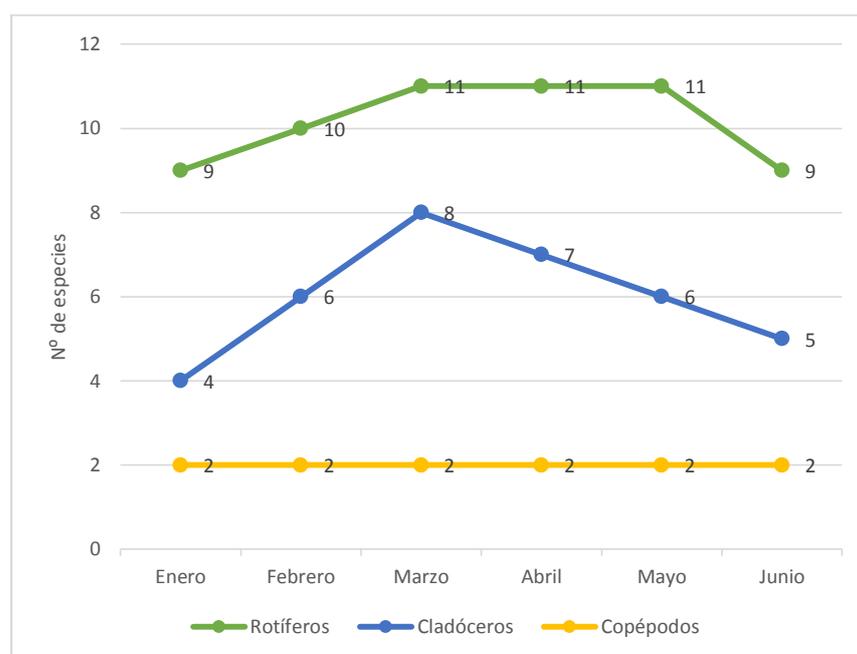


Figura 7. Composición de especies según grupo taxonómico registrados en la Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016

En la zona de la Bahía Exterior (Chimu) el grupo taxonómico de Rotíferos se registró un máximo de 11 especies en marzo, abril (época transitoria) y mayo (época seca) y un mínimo de 9 especies en enero (época lluviosa) y junio (época seca), para el grupo de Cladóceros se registró un máximo de 8 especies en marzo (época transitoria) y un mínimo de 4 especies en enero (época lluviosa), y para el grupo de los Copépodos se registró 2 especies en todos los meses evaluados (Figura 7).

Cuadro 4. Prueba de Kruskal Wallis para determinar la variación de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior (Isla Espinar) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016.

VARIABLE	MESES	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P
Especies	Abril	3	8.67	1.53	9	5	4.43	0.4604
Especies	Enero	3	11	1	11			
Especies	Febrero	3	10	3.61	9			
Especies	Junio	3	9	0	9			
Especies	Marzo	3	10.33	2.52	10			
Especies	Mayo	3	8.33	2.08	9			

La prueba de Kruskal Wallis (H), aplicada para comparar la variación de la composición de zooplancton en la Bahía Interior (Isla Espinar), señala que no existe diferencia estadística significativa ($p=0.4604$) entre los meses de evaluados, esto para un nivel de confianza de $\alpha=0.05$ (Cuadro 4).

Cuadro 5. Prueba de Kruskal Wallis para determinar la variación de la composición del zooplancton en tres épocas en la Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016

VARIABLE	MESES	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P
Especies	Abril	3	16.33	1.53	16	5	11.62	0.0387
Especies	Enero	3	11	1	11			
Especies	Febrero	3	14	2.65	13			
Especies	Junio	3	14.33	1.53	14			
Especies	Marzo	3	18.67	1.53	19			
Especies	Mayo	3	15.33	2.52	15			

La prueba de Kruskal Wallis (H), aplicada para comparar la variación de la composición de zooplancton para la zona de la Bahía Exterior (Chimu), señala que existe diferencia estadística significativa ($p=0.0387$) entre los meses de evaluación, esto para un nivel de confianza de $\alpha=0.05$ (Cuadro 5).

La estructura y función de la comunidad de zooplancton dentro del Lago Titicaca, parece responder a diversos factores, entre los cuales podemos destacar el tipo y disponibilidad de recursos alimenticios, las interacciones de depredación, además de las características físicas y químicas del agua. De acuerdo a los resultados del estudio la Bahía Exterior (Chimu) presenta mayor

riqueza de especies en comparación con la Bahía Interior (Isla Espinar), sobre en el grupo de los Rotíferos. Según MUÑIZ *et al* (1991), esta diferencia puede atribuirse a al estado de eutrofización que se presenta en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), que habría ocasionado cambios en la comunidad fitoplanctónica, haciendo que predominen especies grandes que no servirían de alimento para el zooplancton y excluiría a algunas especies de rotíferos, así mismo otro factor a tener en cuenta sería que los peces planctívoros suelen seleccionar visualmente a su presa, por lo que afectaría a las especies más grandes de zooplancton.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, la composición de especies del zooplancton no muestra variaciones significativas entre épocas para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), lo contrario sucede en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde existe marcadas diferencias entre las variaciones de riqueza de especies entre épocas evaluadas. Esto indicaría que la comunidad de zooplancton para esta zona parece responder a las variaciones ambientales más que a las variaciones en la disponibilidad de recursos (MERAYO & GONZÁLES, 2009). Este efecto se evidencia también en los resultados obtenidos por GÓMEZ *et al*, (2013) en su estudio realizado en un microreservorio en el estado de Morelos, donde la máxima riqueza de especies se registró en la época de secas, lo que demostraría un efecto distinto al encontrado en el presente estudio donde la mayor riqueza de especies se registró en marzo (época transitoria) caracterizado por la presencia de lluvias pero en menor intensidad.

Otro estudio que sustenta los antes descrito es el realizado por LOPEZ & SERNA (1999), quien determino la variación estacional del zooplancton en el embalse de Ignacio Allende Guanajuato, Mexico, donde la riqueza de especies más baja se reportó en la estación seca durante los meses más fríos; lo que sucedió también el presente estudio, donde para la zona de la Bahía Exterior (Chimu) la riqueza de especies disminuyo de 22 especies en marzo (época transitoria) a 16 especies en junio (época seca), sin embargo en la zona de la Bahía Interior (Isla de Espinar) en abril (época transitoria) se registró el valor más bajo con 11 especies.

4.2. Variación espacial de la abundancia del zooplancton en tres épocas en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.

Conforme a estudios realizados anteriormente, sugieren que la abundancia del zooplancton, suele ser mucho más alta en la Bahía Interior que en la Bahía Exterior de Puno, durante la época lluviosa y durante la época seca no habría mucha diferencia entre ambas zonas. Sin embargo de acuerdo a los resultados que se describirán a continuación este comportamiento se evidencia, ya que existe diferencia en la abundancia de zooplancton entre ambas zonas.

4.2.1. Variación Espacial de la Abundancia de Zooplancton en la Época Lluviosa.

Cuadro 6. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero 2016

TAXAS	ESPECIE	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		Org./m3	Org./m3	Org./m3	Org./m3	Org./m3	Org./m3
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	1494	0	0	102	0	0
	<i>Asplanchna sp.</i>	16297	1019	2037	917	1732	1528
	<i>Brachionus sp.</i>	815	509	340	0	204	0
	<i>Filina longiseta</i>	5840	5348	2377	51	407	1630
	<i>Keratella quadrata</i>	26280	22409	12223	866	3972	1732
	<i>Keratella cochlearis</i>	2105	0	340	204	2037	1426
	<i>Keratella tropica</i>	543	1019	340	0	102	306
	<i>Lecane sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Lepadella sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Hexarthra sp.</i>	0	0	0	0	0	1019
	<i>Polyarthra sp.</i>	1019	0	0	0	917	0
<i>Pompholyx sp.</i>	0	0	0	0	0	0	
	Sub total	54393	30303	17656	2139	9371	7639
Cladóceros	<i>Alona sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Bosmina huaronensis</i>	22952	6366	11544	458	1120	407
	<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	5976	764	3395	764	509	611
	<i>Daphnia pulex</i>	36805	24701	30558	1171	815	204
	<i>Pleuroxus sp.</i>	0	255	0	0	0	0
	<i>Chydorus sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	Cladóceros inmaduros	6247	1273	0	0	0	0
		Sub total	71980	33359	45497	2394	2445
Copépodos	<i>Boeckella sp.</i>	1698	0	340	255	1019	407
	<i>Metacyclops leptopus</i>	49571	17571	12902	2343	1833	1528
	Nauplios	119107	63153	73338	6162	8352	10186
		Sub total	170376	80723	86580	8760	11204
	Total	296749	144385	149733	13293	23020	20983

En enero la mayor abundancia de zooplancton se presentó en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) con 296749 org/m³, mientras que la menor abundancia 13293 org/m³, se obtuvo en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) (Cuadro 6).

Respecto a los grupos taxonómicos, se tiene para los Rotíferos que la especie más abundante es *Keratella quadrata* con 26280 org/m³, la menos abundante fue *Keratella tropica* y *Ascomhorpa sp.* con 102 org/m³ cada una respectivamente; para Cladóceros la más abundante fue *Daphnia pulex* con 36805 org/m³, la menos abundante de este grupo fue *Pleuroxus sp.* con 255 org/m³; para el grupo de Copépodos Nauplios fue el más abundante con 119107 org/m³, el menos abundante fue *Boeckella sp.* con 255 org/m³ (Cuadro 6).

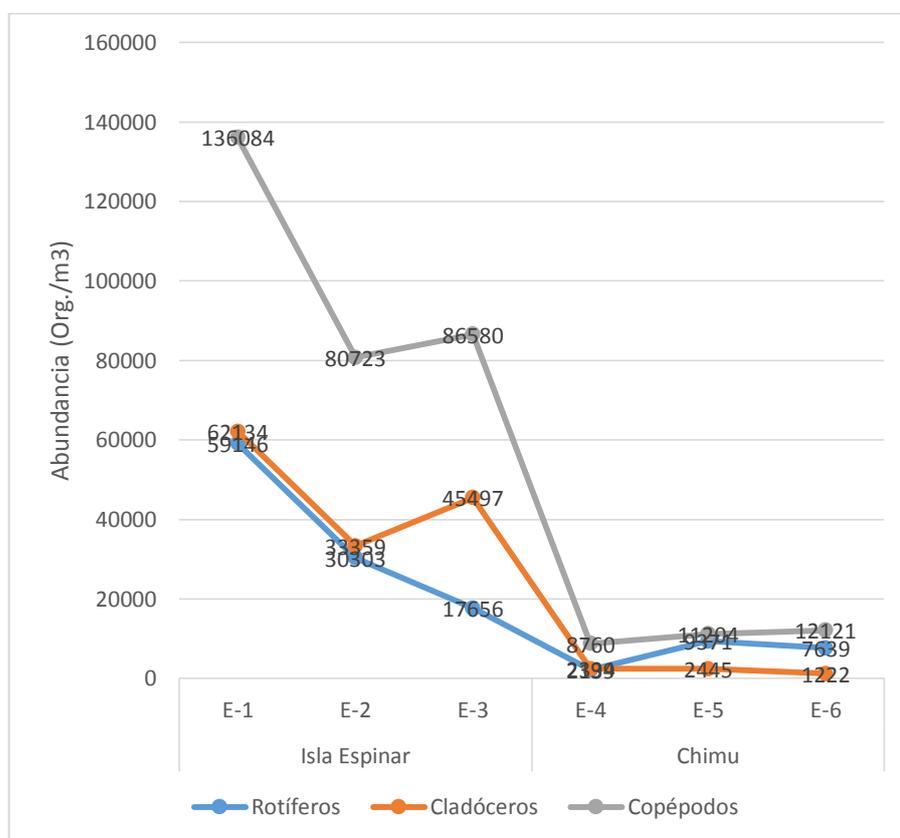


Figura 8. Variación espacial de abundancia de zooplancton según los grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero 2016

La variación espacial de la abundancia de zooplancton de acuerdo a los grupos taxonómicos correspondiente a enero del 2016, señala que en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) se presentan las mayores abundancias, destacándose a los Copépodos como el grupo taxonómico más abundante con 136084 org./m³ en la E-1, y la menor abundancia corresponde a los Rotíferos con 17656 org./m³ en la E-3. Mientras que en la zona Chimu los Copépodos son los más abundantes con 12121 org./m³ en la E-6, y los menos abundantes los Cladóceros con 1222 org./m³ en la E-6. De este análisis se evidencia que existe una mayor abundancia de zooplancton en la Isla Espinar, pero con una mayor variación espacial, mientras que la zona de Chimu presenta menor abundancia pero mayor estabilidad de las abundancias (Figura 8).

Cuadro 7. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero 2016

Zona	Menhinick D_{Mn}	Margalef D_{Mg}	Shannon H'	Simpson D_s	Pielou J'
Bahía Interior (Isla Espinar)	0.04231	1.12	1.777	0.2056	0.6732
Bahía Exterior (Chimu)	0.1343	1.399	2.296	0.1206	0.87

Los índices de diversidad en enero presentan mejores condiciones para la comunidad de zooplancton en la zona de la Bahía Exterior (Chimu), con $D_{Mn}=0.1346$ que indica que la riqueza es baja y $D_{Mg}=1.399$ indican baja diversidad para esta zona, sin embargo $D_s=0.2056$ lo que demostraría que esta zona no muestra especies dominantes, $H'=2.296$ indica que la comunidad de zooplancton en esta zona es equitativa, este se corresponde al obtenido con $J'=0.87$ que indica que la mayor parte de las especies se encuentra igualmente representadas. A diferencia de la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), se observa que $D_{Mn}=0.04231$ y $D_{Mg}=1.12$ indican valores muy bajos de diversidad y riqueza para esta zona, estos resultados explicarían porque para $D_s=0.2056$ que indicaría cierta dominancia de alguna especie, así mismo $H'=1.777$ que indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad, así también $J'=0.6732$

indica una representatividad ligeramente baja de abundancia entre especies (Cuadro 7).

Cuadro 8. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, febrero 2016

TAXAS	ESPECIE	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	0	0	113	42	396	205
	<i>Asplanchna sp.</i>	323	226	170	766	1343	477
	<i>Brachionus sp.</i>	323	0	174	0	170	0
	<i>Filina longiseta</i>	0	206	340	42	184	0
	<i>Keratella quadrata</i>	9054	18520	21316	4165	3891	5406
	<i>Keratella cochlearis</i>	0	0	170	103	34	248
	<i>Keratella tropica</i>	0	206	1698	0	0	0
	<i>Lecane sp.</i>	0	0	0	271	299	0
	<i>Lepadella sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Hexarthra sp.</i>	0	206	1358	1165	1924	2029
	<i>Polyarthra sp.</i>	0	0	0	103	34	0
	<i>Pompholyx sp.</i>	0	0	566	0	357	622
Sub total	9701	19363	25904	6657	8632	8987	
Cladóceros	<i>Alona sp.</i>	0	0	0	0	141	22
	<i>Bosmina huaronensis</i>	1293	1070	1132	103	783	225
	<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	226	0	0	36
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	970	432	514	0	68	85
	<i>Daphnia pulex</i>	13905	16627	19314	394	820	908
	<i>Pleuroxus sp.</i>	0	0	0	0	158	0
	<i>Chydorus sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	Cladoceros inmaduros	0	0	0	0	0	0
Sub total	16168	18129	21186	497	1971	1275	
Copepodos	<i>Boeckella sp.</i>	0	0	0	381	306	1847
	<i>Metacyclops leptopus</i>	4527	10783	6995	820	1312	1790
	Nauplios	24252	42945	62456	4778	11021	10555
	Sub total	28779	53728	69451	5979	12638	14192
Total	54648	91220	116541	13133	23240	24454	

En febrero la mayor abundancia de zooplancton se presentó en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) con 116541 org/m³, mientras que la menor abundancia 13133 org/m³ se obtuvo en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) (Cuadro 8).

Respecto a los grupos taxonómicos, se tiene para los Rotíferos que la especie más abundante es *Keratella quadrata* con 21316 org/m³, la menos abundante fue *Ascomorpha sp.* con 42 org/m³; para Cladóceros la más abundante fue *Daphnia pulex* con 19314 org/m³, la menos abundante de este grupo fue *Alona sp.* con 22 org/m³; para el grupo de Copepodos

Nauplios fue el más abundante con 69451 org/m³, el menos abundante fue *Boeckella sp.* con 306 org/m³ (Cuadro 8).

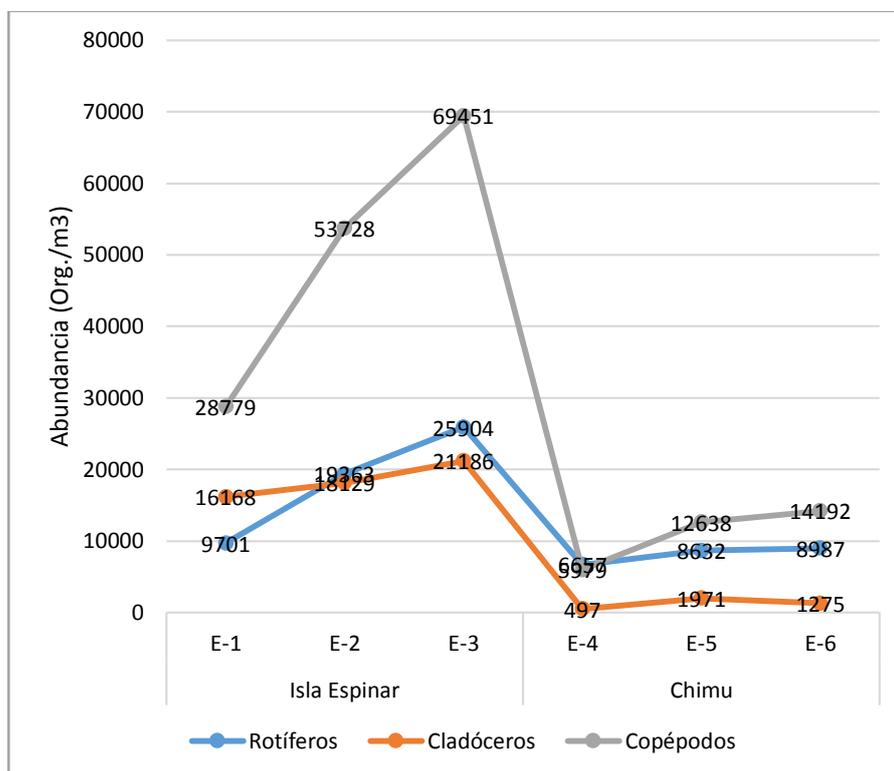


Figura 9. Variación espacial de abundancia de zooplancton según grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, Febrero 2016

La variación espacial de la abundancia de zooplancton en Febrero del 2016, señala que en la zona de Isla Espinar se presentan las mayores abundancias, destacándose a los Copépodos como el grupo taxonómico más abundante con 69451 org./m³ en la E-3, y la menor abundancia corresponde a los Rotíferos con 9701 org./m³ en la E-1. Mientras que en la zona de Chimú los Copépodos son los más abundantes con 14192 org./m³ en la E-6, y los menos abundantes los Cladóceros con 497 org./m³ en la E-4. De este análisis se evidencia una mayor abundancia en la Isla Espinar en sus tres estaciones de muestreo, pero con una mayor variación espacial, a diferencia de Chimú que presenta menores valores de

abundancia pero mayor estabilidad de distribución de dichas abundancias (Figura 9).

Cuadro 9. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, febrero 2016

Zona	Menhinick D_{Mn}	Margalef D_{Mg}	Shannon H'	Simpson D_s	Pielou J'
Bahía Interior (Isla Espinar)	0.06655	1.215	1.426	0.3061	0.5404
Bahía Exterior (Chimu)	0.1679	1.818	2.022	0.205	0.6995

Los índices de diversidad en febrero presentan valores más elevados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu), con $D_{Mn}=0.1679$ que indica una riqueza baja y $D_{Mg}=1.818$ indican baja diversidad para esta zona, sin embargo $D_s=0.205$ lo que demostraría que esta zona no muestra especies dominantes, $H'=2.022$ indica que la comunidad de zooplancton en esta zona es equitativa, este valor se corresponde al obtenido con $J'=0.6995$ que indica que la mayor parte de las especies se encuentra igualmente representadas. A diferencia de la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), se observa que $D_{Mn}=0.06655$ y $D_{Mg}=1.215$ indican valores muy bajos de diversidad y riqueza para esta zona, estos resultados explicarían porque para $D_s=0.3061$ que indicaría cierta dominancia de alguna especie, así mismo $H'=1.426$ que indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad, así como $J'=0.5404$ indica una representatividad baja de abundancia entre especies (Cuadro 9).

4.2.2. Variación Espacial de la Abundancia de Zooplancton en la Época Transitoria.

Cuadro 10. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, marzo 2016

TAXAS	ESPECIE	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	0	0	0	45	114	0
	<i>Asplanchna sp.</i>	226	467	2874	3160	1897	1459
	<i>Brachionus sp.</i>	0	0	0	151	15	0
	<i>Filina longiseta</i>	0	0	226	30	83	314
	<i>Keratella quadrata</i>	7979	5041	4541	31245	20201	16876
	<i>Keratella cochlearis</i>	0	0	0	2524	2096	1284
	<i>Keratella tropica</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Lecane sp.</i>	0	0	0	0	12	29
	<i>Lepadella sp.</i>	0	0	0	75	0	0
	<i>Hexarthra sp.</i>	566	1020	1244	6202	6944	6683
	<i>Polyarthra sp.</i>	0	0	0	91	188	77
	<i>Pompholyx sp.</i>	0	323	368	494	923	594
Sub total	8771	6852	9254	44018	32474	27317	
Cladóceros	<i>Alona sp.</i>	0	108	703	1315	37	35
	<i>Bosmina huaronensis</i>	792	553	348	806	1536	1135
	<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	136	230	131
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	679	402	1637	399	405	260
	<i>Daphnia pulex</i>	13242	28869	68793	1117	1383	1629
	<i>Pleuroxus sp.</i>	5998	1401	3360	789	239	362
	<i>Chydorus sp.</i>	0	0	113	151	61	77
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	0	0	252	30	0	0
	Cladoceros inmaduros	0	216	1654	619	172	323
	Sub total	20711	31549	76859	5361	4063	3954
Copepodos	<i>Boeckella sp.</i>	0	0	0	334	563	424
	<i>Metacyclops leptopus</i>	1188	3729	3329	4139	3926	4177
	Nauplios	16014	19944	14909	8308	7627	7386
	Sub total	17203	23674	18238	12781	12117	11987
Total	46685	62075	104352	62161	48654	43258	

En marzo la mayor abundancia de zooplancton se presentó en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) con 104352 org/m³, mientras que la menor abundancia 43258 org/m³, se obtuvo en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) (Cuadro 10).

Respecto a los grupos taxonómicos, se tiene para los Rotíferos que la especie más abundante es *Keratella quadrata* con 31245 org/m³, la menos abundante fue *Lecane sp.* con 12 org/m³; para Cladóceros la más abundante fue *Daphnia pulex* con 28869 org/m³, la menos abundante de este grupo fue *Pseudochydorus sp.* con 30 org/m³; para el grupo de

Copepodos Nauplios fue el más abundante con 23674 org/m³, el menos abundante fue *Boeckella sp.* con 334 org/m³ (Cuadro 10).

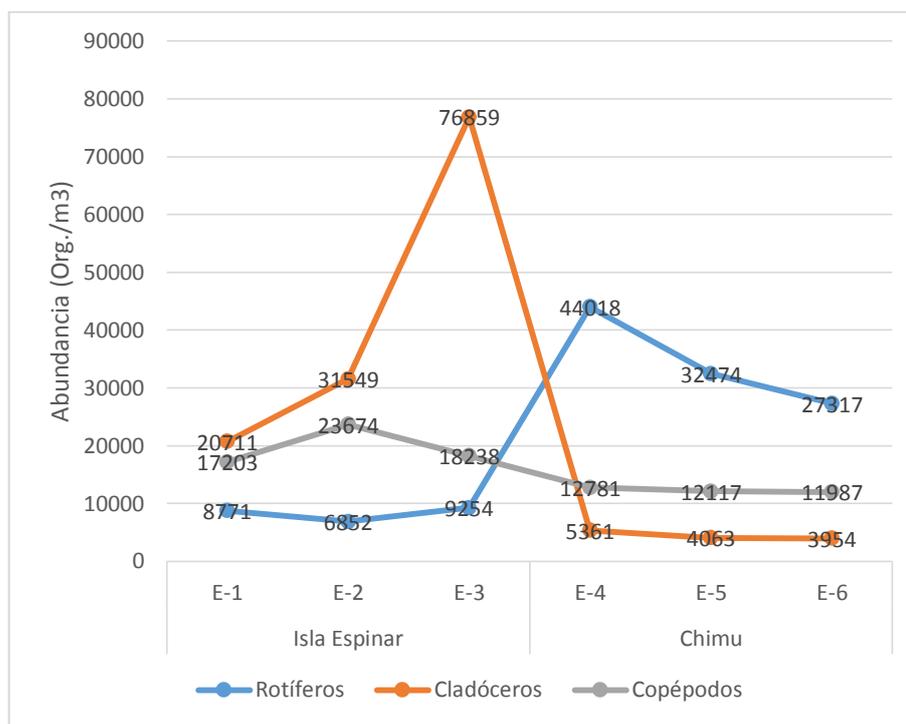


Figura 10. Variación espacial de abundancia de zooplancton según los grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, marzo 2016

La variación espacial de abundancia de zooplancton en Marzo del 2016, señala que en la zona de Isla Espinar se presentan las mayores abundancias, destacándose a los Cladóceros como el grupo taxonómico más abundante con 76859 org./m³ en la E-3, y la menor abundancia corresponde a los Rotíferos con 6852 org./m³ en la E-2. Mientras en la zona de Chimu los Rotíferos son los más abundantes con 44018 org./m³ en la E-4, y los menos abundantes son los Cladóceros con 3954 org./m³ en la E-6. De este análisis se evidencia que existe una mayor abundancia de zooplancton en la Isla Espinar, pero con mayor variación espacial, mientras que la zona de Chimu presenta menores valores de abundancia pero mayor estabilidad en la distribución de las abundancias (Figura 10).

Cuadro 11. Análisis comunitario de diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, marzo 2016

Zona	Menhinick D_{Mn}	Margalef D_{Mg}	Shannon H'	Simpson D_s	Pielou J'
Bahía Interior (Isla Espinar)	0.05623	1.102	1.179	0.4986	0.4596
Bahía Exterior (Chimu)	0.101	1.874	1.689	0.3171	0.5547

Los índices de diversidad en marzo presentan valores más elevados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu), con $D_{Mn}=0.101$ que indica que la riqueza es baja y $D_{Mg}=1.874$ indican baja diversidad para esta zona, sin embargo $D_s=0.3171$ lo que demostraría que esta zona en comparación con los meses anteriores existe cierta dominancia de alguna especie, $H'=1.689$ indica que la comunidad de zooplancton en esta zona para febrero es equitativamente baja en comparación con otros meses, este valor corresponde al obtenido con $J'=0.5547$ que indica que la representatividad de abundancia de las especies es menor a la de los meses anteriores. Para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), se observa que $D_{Mn}=0.05623$ y $D_{Mg}=1.102$ indican valores muy bajos de diversidad y riqueza para esta zona, estos resultados explicarían porque para $D_s=0.4986$ que indicaría la dominancia de alguna especie en comparación a los meses anteriores, así mismo $H'=1.179$ que indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad, así también $J'=0.4596$ indica una representatividad ligeramente baja de abundancia entre especies (Cuadro 11).

Cuadro 12. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, abril 2016

TAXAS	ESPECIE	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	0	0	0	424	0	4646
	<i>Asplanchna sp.</i>	0	519	1543	3156	1958	4429
	<i>Brachionus sp.</i>	0	0	0	283	0	477
	<i>Filina longiseta</i>	0	0	0	0	33	0
	<i>Keratella quadrata</i>	11217	9931	8472	19168	16147	20011
	<i>Keratella cochlearis</i>	0	0	0	4481	4314	2996
	<i>Keratella tropica</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Lecane sp.</i>	0	0	0	324	0	0
	<i>Lepadella sp.</i>	0	0	0	71	0	0
	<i>Hexarthra sp.</i>	1635	1516	1541	2188	1573	2069
	<i>Polyarthra sp.</i>	0	462	75	221	122	307
	<i>Pompholyx sp.</i>	0	0	0	2631	5692	5692
Sub total	12852	12428	11632	32948	29839	40629	
Cladóceros	<i>Alona sp.</i>	0	108	0	870	22	0
	<i>Bosmina huaronensis</i>	226	108	0	4770	4810	5192
	<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	133	49	396
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	704	2019	1315	1064	314	525
	<i>Daphnia pulex</i>	5106	12489	27779	489	897	581
	<i>Pleuroxus sp.</i>	453	336	201	1618	68	1350
	<i>Chydorus sp.</i>	0	0	0	71	0	477
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	Cladoceros inmaduros	252	1547	3340	596	65	198
	Sub total	6740	16606	32634	9610	6225	8717
Copepodos	<i>Boeckella sp.</i>	0	0	81	0	36	238
	<i>Metacyclops leptopus</i>	6665	4648	5416	3100	3520	3096
	Nauplios	46050	76366	58467	9197	8717	8503
	Sub total	52715	81014	63965	12297	12273	11838
Total		72307	110047	108231	54855	48337	61183

En abril la mayor abundancia de zooplancton se presentó en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) con 110047 org/m³, mientras que la menor abundancia se obtuvo en la Bahía Exterior (Chimu) con 48337 org/m³ (Cuadro 12).

Respecto a los grupos taxonómicos, se tiene para los Rotíferos que la especie más abundante es *Keratella quadrata* con 20011 org/m³, la menos abundante fue *Filina longiseta* con 33 org/m³; para los Cladóceros la más abundante fue *Daphnia pulex* con 27779 org/m³, la menos abundante de este grupo fue *Alona sp.* con 22 org/m³; para el grupo de Copepodos Nauplios fue el más abundante con 76366 org/m³, el menos abundante fue *Boeckella sp.* con 36 org/m³ (Cuadro 12).

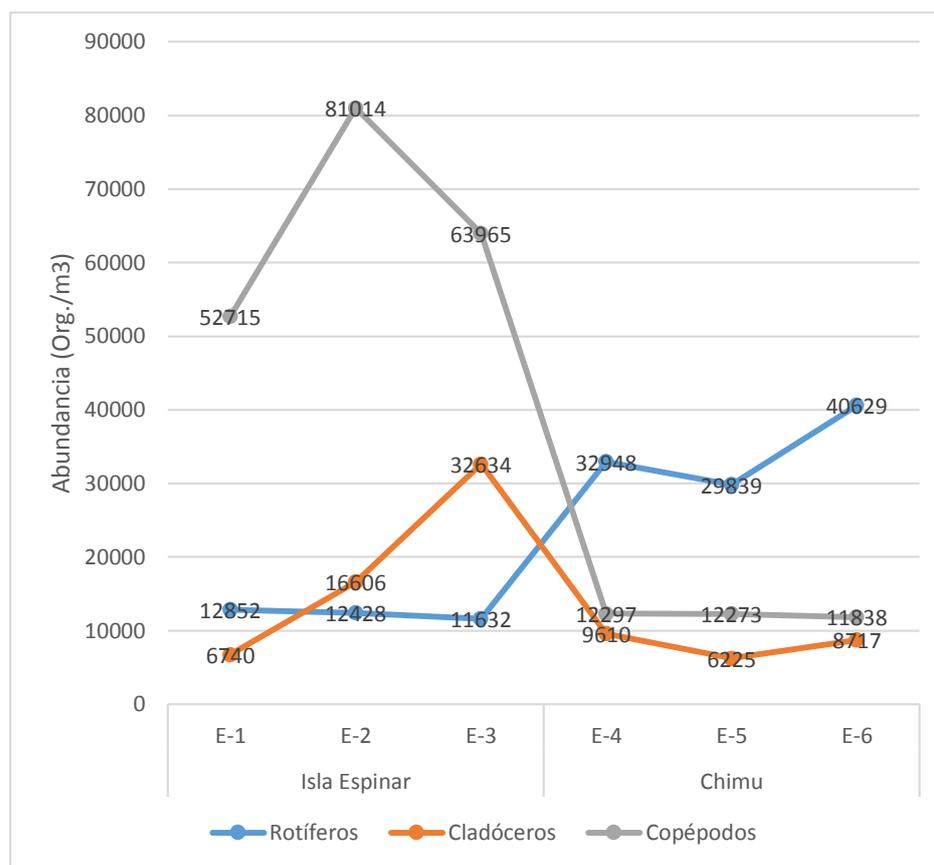


Figura 11. Variación espacial de abundancia de zooplancton según grupos taxonómicos identificados en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, Abril 2016

La variación espacial de la abundancia de zooplancton correspondiente a Abril del 2016, señala que en la zona de Isla Espinar se presentan las mayores abundancias, destacándose a los Copépodos como el grupo taxonómico más abundante con 81014 org./m³ en la E-2, y la menor abundancia corresponde a los Cladóceros con 6740 org./m³ en la E-1. Mientras que en la zona Chimú los Rotíferos son los más abundantes con 40629 org./m³ en la E-6, y los menos abundantes los Cladóceros con 6225 org./m³ en la E-5. De este análisis se evidencia que existe una mayor abundancia de zooplancton en la Isla Espinar, pero con una mayor variación espacial, mientras que la zona de Chimú presenta menor abundancia pero mayor estabilidad de las abundancias (Figura 11).

Cuadro 13. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, abril 2016

Zona	Menhinick D_{Mn}	Margalef D_{Mg}	Shannon H'	Simpson D_s	Pielou J'
Bahía Interior (Isla Espinar)	0.05892	0.9561	1.457	0.2982	0.6077
Bahía Exterior (Chimu)	0.09356	1.771	2.049	0.2064	0.6839

Los índices de diversidad en abril presentan valores más elevados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu), con $D_{Mn}=0.09356$ que indica que la riqueza es muy baja y $D_{Mg}=1.771$ indican baja diversidad para esta zona, sin embargo $D_s=0.2064$ lo que indicaría que no se registran especies dominantes, $H'=2.049$ indica que la comunidad de zooplancton en esta zona es equitativa, este se corresponde al obtenido con $J'=0.6839$ que indica que la mayor parte de las especies se encuentra igualmente representadas. Para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), se observa que $D_{Mn}=0.05892$ y $D_{Mg}=0.9561$ indican valores muy bajos de diversidad y riqueza para esta zona, estos resultados explicarían porque para $D_s=0.2982$ que indicaría cierta dominancia de alguna especie, así mismo $H'=1.457$ que indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad, así también $J'=0.6077$ indica una representatividad ligeramente baja de abundancia entre especies (Cuadro 13).

4.2.3. Variación Espacial de la Abundancia de Zooplancton en la Época Seca.

Cuadro 14. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, mayo 2016

TAXAS	ESPECIE	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	0	0	0	890	11	293
	<i>Asplanchna sp.</i>	1070	2030	420	635	294	470
	<i>Brachionus sp.</i>	0	412	216	166	0	0
	<i>Filina longiseta</i>	0	0	0	181	0	0
	<i>Keratella quadrata</i>	16935	20998	13150	5999	10368	8045
	<i>Keratella cochlearis</i>	0	0	0	2282	3684	3061
	<i>Keratella tropica</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Lecane sp.</i>	0	0	0	308	0	57
	<i>Lepadella sp.</i>	0	0	0	453	0	0
	<i>Hexarthra sp.</i>	0	915	388	652	1362	1142
	<i>Polyarthra sp.</i>	0	0	0	40	156	86
	<i>Pompholyx sp.</i>	0	0	0	0	181	433
Sub total	18005	24355	14174	11604	16056	13586	
Cladóceros	<i>Alona sp.</i>	0	0	269	566	0	57
	<i>Bosmina huaronensis</i>	0	252	0	93	381	679
	<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	1893	2629	2404	133	484	568
	<i>Daphnia pulex</i>	18540	35791	25987	2339	3910	2908
	<i>Pleuroxus sp.</i>	226	0	420	672	44	113
	<i>Chydorus sp.</i>	0	0	0	181	0	0
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	0	0	65	0	0	0
	Cladóceros inmaduros	432	206	1288	53	174	118
Sub total	21092	38878	30434	4037	4993	4443	
Copépodos	<i>Boeckella sp.</i>	0	302	0	80	164	135
	<i>Metacyclops leptopus</i>	5165	5373	2765	501	1082	905
	Nauplios	41135	58422	72482	1829	4290	6082
	Sub total	46300	64097	75246	2410	5535	7123
Total	85397	127329	119854	18051	26584	25152	

En mayo la mayor abundancia de zooplancton se presentó en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) con 127329 org/m³, mientras que la menor abundancia se obtuvo en la Bahía Exterior (Chimu) con 18051 org/m³ (Cuadro 14).

Respecto a los grupos taxonómicos, se tiene para los Rotíferos que la especie más abundante es *Keratella quadrata* con 20998 org/m³, la menos abundante fue *Ascomorpha sp.* con 11 org/m³; para Cladóceros la más abundante fue *Daphnia pulex* con 35791 org/m³, la menos abundante de este grupo fue *Pleuroxus sp.* con 44 org/m³; para el grupo de Copépodos

Nauplios fue el más abundante con 72482 org/m³, el menos abundante fue *Boeckella sp.* con 80 org/m³ (Cuadro 14)

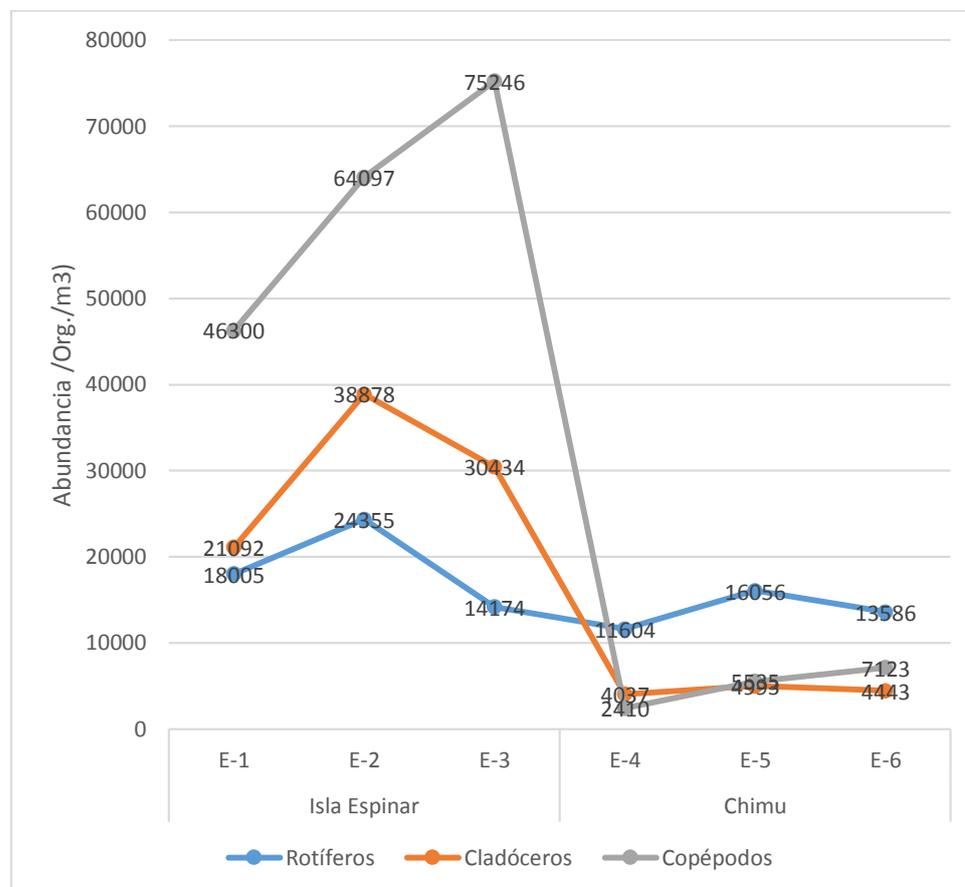


Figura 12. Variación espacial de abundancia de zooplancton según el grupo taxonómico identificado en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, Mayo 2016

La variación espacial de la abundancia de zooplancton correspondiente a Mayo del 2016, señala que en la zona de Isla Espinar se presentan las mayores abundancias, destacándose a los Copépodos como el grupo taxonómico más abundante con 75246 org./m³ en la E-3, y la menor abundancia corresponde a los Rotíferos con 14174 org./m³ en la E-3. Mientras que en la zona Chimu los Rotíferos son los más abundantes con 16056 org./m³ en la E-5, y los menos abundantes los Copépodos con 2410 org./m³ en la E-4. De este análisis se evidencia que existe una mayor abundancia de zooplancton en la Isla Espinar, pero con una mayor

variación espacial, mientras que la zona de Chimu presenta menor abundancia pero mayor estabilidad de las abundancias (Figura 12).

Cuadro 15. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, mayo 2016

Zona	Menhinick D_{Mn}	Margalef D_{Mg}	Shannon H'	Simpson D_s	Pielou J'
Bahía Interior (Isla Espinar)	0.05219	1.011	1.259	0.3697	0.5065
Bahía Exterior (Chimu)	0.1376	1.826	1.916	0.2399	0.6508

Los índices de diversidad en mayo mejores condiciones para la zona de la Bahía Exterior (Chimu), con $D_{Mn}=0.1376$ que indica que la riqueza es baja y $D_{Mg}=1.826$ indican baja diversidad para esta zona, sin embargo $D_s=0.2399$ demostraría que esta zona no se registran especies dominantes, $H'=1.916$ indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad en comparación con los anteriores meses, este valor corresponde al obtenido con $J'=0.6508$ que indica que la mayor parte de las especies se encuentra igualmente representadas. Para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), se observa que $D_{Mn}=0.05219$ y $D_{Mg}=1.011$ indican valores muy bajos de diversidad y riqueza para esta zona, estos resultados explicarían porque para $D_s=0.3697$ indica cierta dominancia de alguna especie en comparación con lo registrado en la zona de la Bahía Exterior, así mismo $H'=1.916$ que indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad, así también $J'=0.5065$ indica una representatividad ligeramente baja de abundancia entre especies (Cuadro 15).

Cuadro 16. Variación espacial de abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, junio 2016

TAXAS	ESPECIE	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³	Org./m ³
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	0	0	0	0	22	0
	<i>Asplanchna sp.</i>	4018	6076	8093	232	351	486
	<i>Brachionus sp.</i>	424	782	596	0	39	43
	<i>Filina longiseta</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Keratella quadrata</i>	38282	57072	43934	4574	2349	3525
	<i>Keratella cochlearis</i>	0	0	0	5914	6315	9307
	<i>Keratella tropica</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Lecane sp.</i>	0	0	0	25	26	52
	<i>Lepadella sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Hexarthra sp.</i>	0	707	295	0	13	0
	<i>Polyarthra sp.</i>	1811	119	1007	224	290	794
	<i>Pompholyx sp.</i>	0	0	0	631	414	815
Sub total	44535	64756	53924	11600	9818	15023	
Cladóceros	<i>Alona sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Bosmina huaronensis</i>	0	0	98	997	4435	4868
	<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	1330	596	1183	264	245	559
	<i>Daphnia pulex</i>	11459	15845	15948	472	272	514
	<i>Pleuroxus sp.</i>	226	0	0	323	141	252
	<i>Chydorus sp.</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Pseudochydorus sp.</i>	226	0	0	81	22	43
	Cladoceros inmaduros	962	923	1495	50	0	187
Sub total	14204	17364	18724	2187	5115	6422	
Copépodos	<i>Boeckella sp.</i>	0	119	0	50	32	156
	<i>Metacyclops leptopus</i>	27643	46715	24539	3241	4568	3456
	Nauplios	27304	84838	59840	3496	2664	3915
	Sub total	54947	131672	84378	6786	7264	7527
Total	113686	213792	157027	20573	22197	28971	

En junio la mayor abundancia de zooplancton se presentó en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) con 213792 org/m³, mientras que la menor abundancia se obtuvo en la Bahía Exterior (Chimu) con 20573 org/m³ (Cuadro 16).

Respecto a los grupos taxonómicos, se tiene para los Rotíferos que la especie más abundante es *Keratella quadrata* con 57072 org/m³, la menos abundante fue *Ascomorpha sp.* con 22 org/m³; para Cladóceros la más abundante fue *Daphnia pulex* con 15948 org/m³, la menos abundante de este grupo fue *Pseudochydorus sp.* con 22 org/m³; para el grupo de Copépodos Nauplios fue el más abundante con 84838 org/m³, el menos abundante fue *Boeckella sp.* con 32 org/m³ (Cuadro 16).

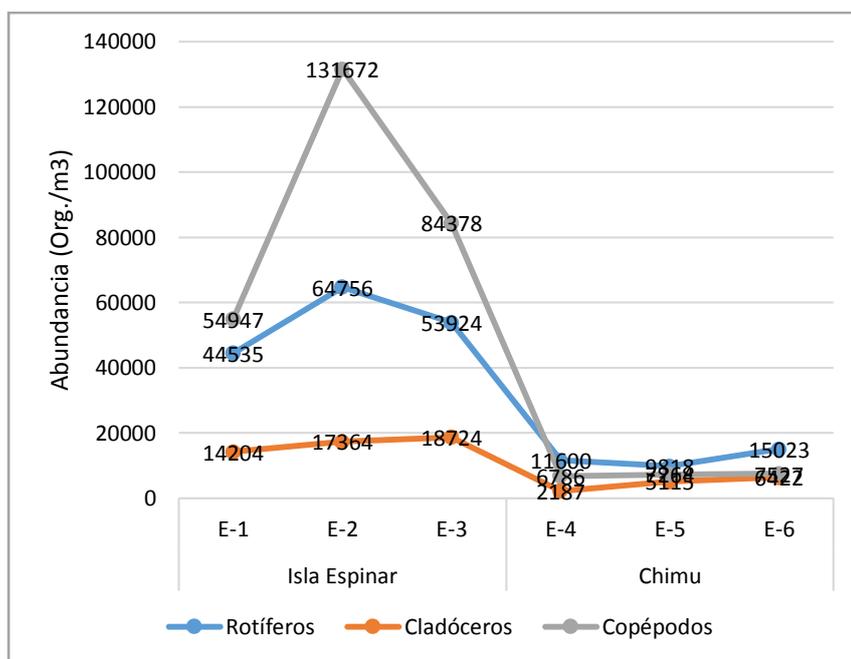


Figura 13. Variación espacial de abundancia de zooplancton según grupo taxonómico identificado en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, junio 2016

La variación espacial de la abundancia de zooplancton correspondiente a Junio del 2016, señala que en la zona de Isla Espinar se presentan las mayores abundancias, destacándose a los Copépodos como el grupo taxonómico más abundante con 131672 org./m³ en la E-2, y la menor abundancia corresponde a los Cladóceros con 14204 org./m³ en la E-1. Mientras que en la zona Chimu los Rotíferos son los más abundantes con 15023 org./m³ en la E-6, y los menos abundantes los Cladóceros con 2187 org./m³ en la E-4. De este análisis se evidencia que existe una mayor abundancia de zooplancton en la Isla Espinar, pero con una mayor variación espacial, mientras que la zona de Chimu presenta menor abundancia pero mayor estabilidad de las abundancias (Figura 13).

Cuadro 17. Análisis comunitario de la diversidad de zooplancton en la Bahía Interior y Bahía Exterior del Lago Titicaca – Puno, junio 2016

Zona	Menhinick D _{Mn}	Margalef D _{Mg}	Shannon H'	Simpson D _s	Pielou J'
Bahía Interior (Isla Espinar)	0.03738	0.953	1.321	0.3286	0.5316
Bahía Exterior (Chimu)	0.1118	1.511	1.799	0.2162	0.6488

Los índices de diversidad en mayo mejores condiciones para la zona de la Bahía Exterior (Chimu), con $D_{Mn}=0.1118$ que indica que la riqueza es baja y $D_{Mg}=1.511$ indican baja diversidad para esta zona, sin embargo $D_S=0.2162$ demostraría que esta zona no se registran especies dominantes, $H^*=1.799$ indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad en comparación con los anteriores meses, este valor corresponde al obtenido con $J^*=0.6488$ que indica que la mayor parte de las especies se encuentra igualmente representadas. Para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), se observa que $D_{Mn}=0.03738$ y $D_{Mg}=0.953$ indican valores muy bajos de diversidad y riqueza para esta zona, estos resultados explicarían porque para $D_S=0.3286$ indica cierta dominancia de alguna especie en comparación con lo registrado en la zona de la Bahía Exterior, así mismo $H^*=1.799$ que indica que la comunidad de zooplancton en esta zona presenta una baja equidad, así también $J^*=0.5316$ indica una representatividad ligeramente baja de abundancia entre especies (Cuadro 17).

4.2.4. Análisis estadístico de la variación espacial de la abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Bahía Exterior, Puno.

Cuadro 18. Prueba de Kruskal Wallis para la abundancia de zooplancton entre los meses evaluados en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

VARIABLE	MESES	N	MEDIAS	D.E.	MEDIANAS	gl	H	P
Abundancia	Abril	20	1742,65	3983,2	31,5	5	2,56	0,7471
Abundancia	Enero	20	5473,85	9906,45	351			
Abundancia	Febrero	20	2212,65	5138,18	174			
Abundancia	Junio	20	5152,35	12478,59	57,5			
Abundancia	Marzo	20	2672,9	8214,3	157,5			
Abundancia	Mayo	20	2643,7	6858,1	87			

La prueba de Kruskal Wallis (H), aplicada para comparar la abundancia de zooplancton en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), señala que no

existe diferencia estadística significativa ($p=0.7471$) entre los meses evaluados, esto para un nivel de confianza de $\alpha= 0.05$ (Cuadro 18).

Cuadro 19. Prueba de Kruskal Wallis para la abundancia de zooplancton entre los meses evaluados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

VARIABLE	MESES	N	MEDIAS	D.E.	MEDIANAS	gl	H	P
Abundancia	Abril	22	2077,18	4000,54	465,5	5	7,3	0,1963
Abundancia	Enero	22	493,86	649,98	221			
Abundancia	Febrero	22	522,27	1001,64	101,5			
Abundancia	Junio	22	930,68	1846,11	63,5			
Abundancia	Marzo	22	1964,14	4914,66	398			
Abundancia	Mayo	22	867,18	1835,6	206			

La prueba de Kruskal Wallis (H), aplicada para comparar la abundancia de zooplancton en la zona de la Bahía Exterior (Chimu), señala que no existe diferencia estadística significativa ($p=0.1963$) entre los meses evaluados, esto para un nivel de confianza de $\alpha= 0.05$ (Cuadro 19).

Cuadro 20. Prueba de Kruskal Wallis para la abundancia de zooplancton entre la Bahía Interior y Bahía Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

VARIABLE	ZONAS	N	MEDIAS	D.E.	MEDIANAS	gl	H	P
Abundancia	Bahía Exterior (Chimu)	132	1142,55	2858,01	210,5	1	4,58	0,0299
Abundancia	Bahía Interior (Isla Espin..)	132	3014,86	7899,01	75			

La prueba de Kruskal Wallis (H), aplicada para comparar la abundancia de zooplancton registrada entre las zonas de la Bahía Interior (Isla Espinar) y la Bahía Exterior (Chimu), señala que existe diferencia estadística significativa ($p=0.0299$) entre las abundancias de las zonas evaluadas, esto para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (Cuadro 20).

En referencia a los resultados obtenidos, podemos mencionar que los valores más altos de abundancia en todos los meses evaluados se obtuvieron en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), siendo mayor en la época lluviosa, en esta zona el grupo taxonómico dominante fueron los Copépodos, siendo los estadios de Nauplios los más abundantes, mientras que los menos abundantes fueron los Rotíferos, estos resultados coinciden con lo descrito por MUÑIZ *et al* (1991). Mientras que en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) la mayor abundancia se obtuvo en la época seca, y estuvo dominada por los Copépodos durante la época de lluvias, y por lo Rotíferos durante la época transitoria y seca, siendo los menos abundantes en la mayoría de los meses evaluados los Cladóceros, esto según MUÑIZ *et al* (1991), se debería a que los Cladóceros sobre todo *Daphnia pulex* son vulnerables a la preadcción por peces, sin embargo las especies de este grupo en general son poco comunes dentro del Lago Titicaca en general. Un punto importante que destacar es la diferencia de abundancia de los Rotíferos entre las zonas evaluadas, esto podría ser un indicador de calidad de agua.

Los resultados obtenidos para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), son similares a los obtenidos por CASTILLO (1982), quien estudio la distribución de zooplancton en la Laguna Arapa, Provincia de Azángaro – Puno, registrando la mayor abundancia de zooplancton en el febrero (época lluviosa). Por otro lado MORENO (1983), quien realizó un estudio cuantitativo del zooplancton en la zona pelágica del Lago Titicaca (Lago Grande), encontró que la mayor cantidad de zooplancton (44 672 org./m³) se registró en la época transitorio de abril, y la menor cantidad (25 934 org./m³) en la época del invierno seco.

Otro estudio que avala estos resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, es el realizado por CHINO (1986), quien determinó la distribución vertical de zooplancton en el interior de la Bahía de Puno, encontrando que el zooplancton en la zona de agua negra (frente al hospital) era el más abundante en la época lluviosa que en la época seca, y en la zona de agua clara (Chimu) la abundancia era mayor en la época seca que en la época lluviosa, estos resultados muy similares a los obtenidos en el presente estudio. Así mismo ROJAS (2011), obtuvo que la abundancia en la zona Barco es mayor con respecto a la zona Luquina, debido a que en Luquina ya existe un

avance en el estado trófico del medio. Estos resultados evidenciarían que la abundancia de zooplancton está estrechamente relacionada a la calidad del agua.

Respecto a la abundancia de los grupos taxonómicos, CHINO (1986), obtuvo mayores valores de abundancia de Copépodos en la zona de agua negra (frente al hospital), así mismo ROJAS (2011), registra que fueron los copépodos los más abundantes, mientras que MORENO (1983), que reportan haber encontrado valores considerables de abundancia para *Keratella quadrata* (Rotífero), en sus estudios realizados en las zonas del Lago Grande. Sin embargo según TURPO & SANGA (2011), el grupo de los Cladóceros reportaron menores valores de abundancia en para los Cladóceros en las zonas que evaluaron. Todos los resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio,

Sobre la composición del zooplancton, los Rotíferos suelen encontrarse en la mayoría de muestras de plancton lacustre (COLE, 1988). Los cladóceros, más concretamente el género *Daphnia*, pueden eliminar poblaciones de rotíferos por competencia de explotación de recursos de algas compartidos, por lo que donde la biomasa de cladóceros, en especial de *Daphnia*, es elevada, la biomasa de rotíferos será escasa (CONDE *et al*, 2004), esta teoría difiere de los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que donde los Rotíferos eran abundantes, los Cladóceros eran los menos abundantes.

Para el caso de la diversidad de especies, contrariamente a los datos obtenidos sobre abundancia, los mayores índices de diversidad aplicados al presente estudio fueron siempre mayores para la zona de Chimu, indicando una mayor estabilidad de este hábitat. Esto se evidencia en los resultados obtenidos por IANNACONE & ALVARIÑO (2006), quienes realizaron un estudio sobre diversidad del zooplancton en la Reserva Nacional de Junín - Perú, donde determinaron que el patrón de diversidad comunitario del zooplancton disminuyó en relación al incremento del gradiente de contaminación minera. Sin embargo de acuerdo a los valores de diversidad obtenidos, no podemos decir que la zona de la Bahía Exterior (Chimu) se encuentra en equilibrio, ya que los índices de diversidad son relativamente bajos y el índice de dominancia

de Simpson reporta valores relativamente altos, esto indicaría que si bien es cierto la comunidad de zooplancton es más estable en esta zona, no se tiene una condición ideal en lo referente a estabilidad de un hábitat.

4.3. Factores fisicoquímicos del agua en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca, Puno.

Las características fisicoquímicas del agua de la Bahía de Puno del Lago Titicaca, han sido objeto de diversas investigaciones, debido al evidente estado de eutrofización que sufre esta parte del lago, siendo la transparencia, la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad eléctrica, algunos de los factores más evaluados, por lo que a continuación se describen los resultados obtenidos en el presente estudio.

4.3.1. Características fisicoquímicas de las zonas de estudio:

Cuadro 21. Transparencia del agua (m) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

Meses	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	0,65	0,75	0,75	4,5	5,75	5,75
Febrero	0,55	0,95	0,95	5,2	6,55	6,55
Marzo	0,75	1,65	1,95	2,95	4,75	4,75
Abril	0,75	1,35	1,45	5,85	5,35	6,55
Mayo	0,35	1,25	1,5	6	9,45	9,15
Junio	0,55	1,15	1,45	5,05	5,25	5,05
Promedio	0.60	1.18	1.34	5.05	5.25	5.05
	1.04			5.12		

$$t_s = 12.606 < t_{t(0.05,34)} = 2.032 \text{ (p < 0.0001) Signif}$$

La transparencia del agua durante el periodo de estudio presento para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) un valor mínimo de 0.35 m en mayo (época seca) y valor máximo de 1.95 m en marzo (época transitoria), para la zona de la Bahía Exterior (Chimu) el valor mínimo de transparencia se registró en marzo (época transitoria) con 2.95 m y el máximo fue de 9.45

m en mayo (época seca), estos valores registrados muestran claramente la diferencia de la calidad de agua en lo que respecta a la transparencia del agua entre ambas zonas evaluadas (Cuadro 21).

La prueba T de Student, señala que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.0001$), por lo que se establece que los valores de transparencia son diferentes para cada mes y zonas evaluadas, para un nivel de confianza $\alpha = 0.05$ (Cuadro 21).

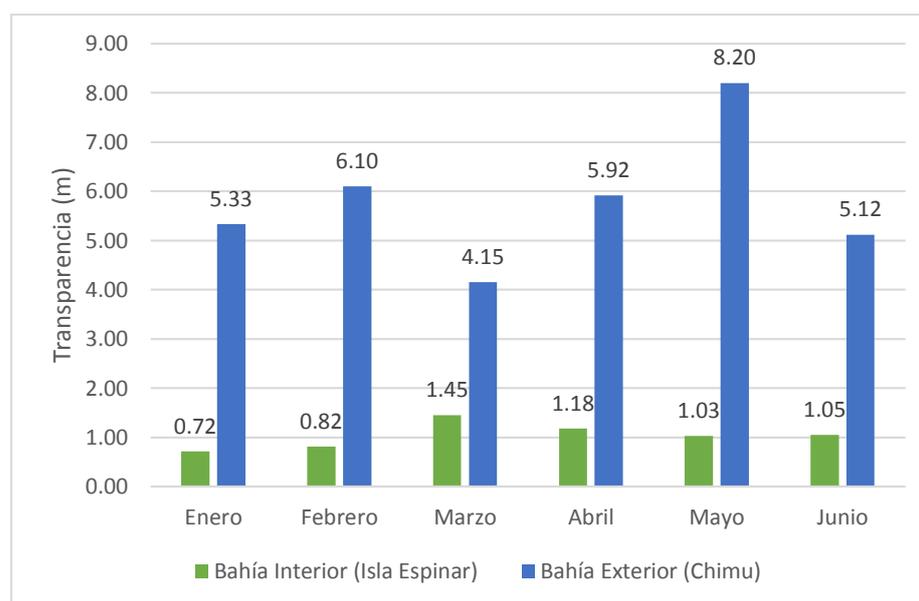


Figura 14. Promedios mensuales de la transparencia del agua (m) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

El promedio mensual de la transparencia del agua en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) registro un valor mínimo de 0.72 m en enero (época lluviosa) y un valor máximo de 1.45 m en marzo (época transitoria), estos valores son obviamente menores a los registrados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el promedio mínimo mensual de transparencia se registró en marzo (época transitoria) con 4.15 m y el valor máximo se registró en mayo (época seca) con 8.20 m (Figura 14).

Cuadro 22. Temperatura del agua (°C) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

Meses	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	19	18,2	18,1	17,1	16,3	17,5
Febrero	16,8	19,4	19,12	18,9	18,7	18,42
Marzo	17	18,3	18,2	17,8	17,8	17,8
Abril	15	15	15	16,1	16,2	16,3
Mayo	12,4	13,1	12,8	14,3	14,4	14,4
Junio	9,2	10,1	10,4	12,1	12	12,1
Promedio	14,9	15,7	15,6	16,05	15,9	16,09
	15,4			16,01		

$$t_s = 0.13 < t_{t(0.05,34)} = 2.032; (p = 0.898) \text{ No Signif.}$$

La temperatura del agua en el periodo de estudio presento para la zona de Bahía Interior (isla Espinar) un valor mínimo de 9.2 °C en junio (época seca) y un máximo de 19.4 °C en febrero (época lluviosa), para la zona de la Bahía Exterior (Chimu) el valor mínimo se registró en junio (época seca) con 12 °C y el máximo valor fue en febrero (época lluviosa) con 18.9 °C (Cuadro 22).

La prueba T de Student, señala que no existe diferencia estadística ($p=0.898$), por lo que se establece los valores de temperatura no son diferentes para cada mes y zonas evaluada, para un nivel de confianza de $\alpha=0.05$ (Cuadro 22).

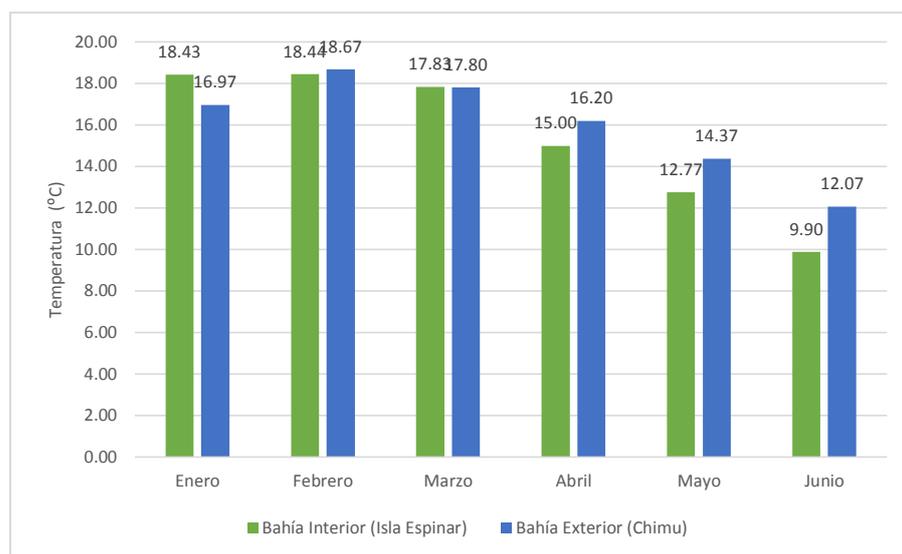


Figura 15. Promedios mensuales de la temperatura del agua (°C) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

El promedio mensual de la temperatura del agua en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) registro un valor mínimo de 9.90 °C en junio (época seca) y un valor máximo de 18.44 °C en febrero (época lluviosa), resultados similares a los registrados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el promedio mínimo mensual de transparencia se registró en junio (época seca) con 12.07 °C y el valor máximo se registró en febrero (época lluviosa) con 18.67 °C (Figura 15).

Cuadro 23. Oxígeno disuelto (mg/L) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

Meses	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Enero	8.5	7.79	7.85	6.39	6.31	6.39
Febrero	7.82	7.7	8.21	6.27	6.38	6.37
Marzo	1.93	2.41	2.48	5.79	6.21	6.32
Abril	9.37	9.1	8.96	6.29	6.39	6.36
Mayo	3.14	4.29	5.12	6.79	7.07	7.05
Junio	7.97	9	9.42	7.36	6.99	6.97
Promedio	6.45	6.71	7.01	6.48	6.55	6.57
ECAs: * Sub Categoría A * Sub Categoría B				$\geq 6\text{mg/L}$ $\geq 5\text{mg/L}$		

$$t_s = 0.292 < t_{t(0.05,34)} = 2.032; (p = 0.772) \text{ No Signif.}$$

El oxígeno disuelto del agua en el periodo de estudio presento para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) un valor mínimo de 1.93 mg/L en marzo (época transitoria) en la E-1 que corresponde a la zona más cercana a la orilla y un máximo de 9.42 mg/L en junio (época seca) en la E-3 que corresponde a la zona más alejada de la orilla; para la zona de la Bahía Exterior (Chimu) el valor mínimo se registró en marzo (época transitoria) con 5.79 mg/L y el valor máximo fue de 7.36 mg/L en junio. Comparando estos valores con los ECAs para agua, los valores de oxígeno disuelto que no cumplen esta normativa son lo registrados en la zona de la bahía Interior (Isla Espinar) (Cuadro 23).

La prueba T de Student, señala que no existe diferencia estadística ($p=0.772$), por lo que se establece que los valores del oxígeno disuelto no son diferentes para cada mes y zonas evaluadas, para un nivel de confianza de $\alpha=0.05$ (Cuadro 23).

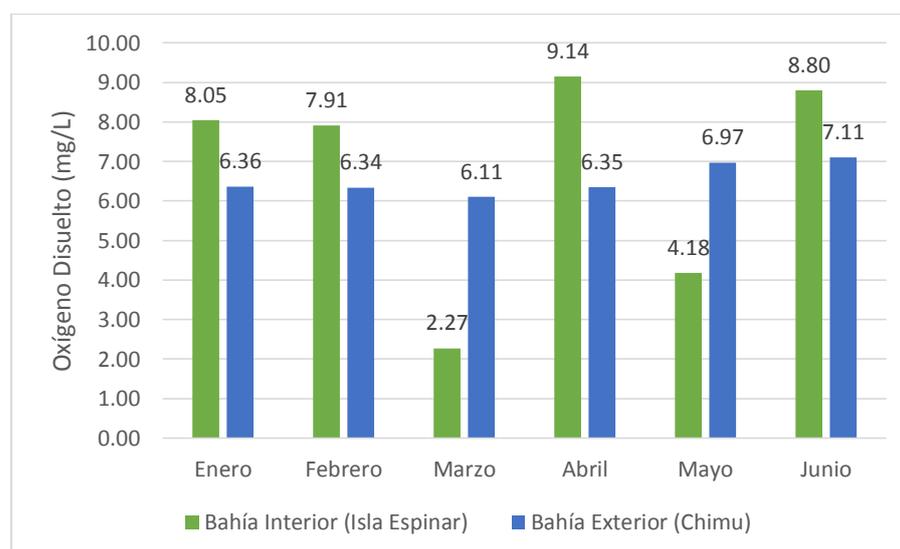


Figura 16. Promedios mensuales del oxígeno disuelto (mg/L) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

El promedio mensual del oxígeno disuelto (mg/L) en el agua en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) registro un valor mínimo de 2.27 mg/L en marzo (época transitoria) y un valor máximo de 9.14 mg/L en abril (época

transitoria), resultados similares a los registrados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el promedio mínimo mensual se registró en marzo (época transitoria) con 6.11 mg/L y el valor máximo se registró en junio (época seca) con 7.11 mg/L (Figura 16).

Cuadro 24. Saturación de Oxígeno (%) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

Meses	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	147.5	131.4	131.2	105	105.6	108.5
Febrero	135.8	133.8	135	99.2	109.3	110.9
Marzo	33.9	42.5	43.7	99.8	106.7	108.2
Abril	159.8	155.1	154.2	107.1	108.6	106.5
Mayo	48.5	65.9	78.7	105.5	109.9	109.7
Junio	117.5	135.5	140.4	110.9	104.9	104.9
Promedio	107.16	110.7	113.87	104.58	107.5	108.11
	110.58			106.73		

$$t_s = -0.365 < t_{t(0.05,34)} = 2.032 \text{ (p = 0.717) No Signif.}$$

El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto del agua en el periodo de estudio presento para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) un valor mínimo de 33.9 % en marzo (época transitoria) y un máximo de 147.5% en enero (época lluviosa), mientras que en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) el valor mínimo fue de 99.2% en febrero (época lluviosa) y un máximo de 110.9% en febrero (época lluviosa) y junio (época seca) (Cuadro 24).

La prueba T de Student, señala que no existe diferencia estadística (p=0.717), por lo que se establece que los valores de saturación de oxígeno (%) no son diferentes para cada mes y zonas evaluadas, para un nivel de confianza de $\alpha=0.05$ (Cuadro 24).

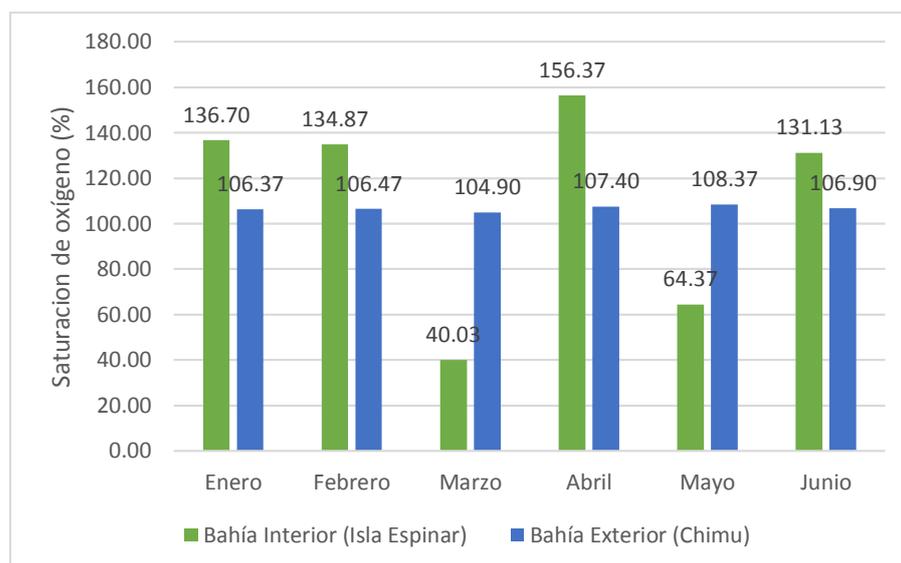


Figura 17. Promedios mensuales de saturación de Oxígeno (%) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

El promedio mensual del porcentaje de saturación de oxígeno en el agua de la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) registro un valor mínimo de 40.03% en marzo (época transitoria) y un valor máximo de 156.37% en abril (época transitoria), resultados similares a los registrados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el promedio mínimo mensual se registró en marzo (época transitoria) con 104.90% y el valor máximo se registró en mayo (época seca) con 108.37% (Figura 17).

Cuadro 25. pH (unidades) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

Meses	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	9.55	9.57	9.6	8.92	8.83	8.77
Febrero	8.72	8.75	8.88	8.29	8.19	8.21
Marzo	8.35	8.36	8.33	8.01	7.99	8.05
Abril	8.8	8.86	8.86	8.66	8.57	8.57
Mayo	7.98	8.14	8.23	8.42	8.58	8.58
Junio	9.28	9.37	9.41	8.92	8.85	8.8
Promedio	8.78	8.84	8.88	8.53	8.50	8.49
	8.83			8.51		
ECAs: * Sub Categoría A	6.5 – 8.5					
* Sub Categoría B	6.0 – 9.0					

$$t_s = 2.223 > t_{t(0.05,34)} = 2.032 \text{ (p = 0.033)Signif.}$$

El pH del agua en el periodo de estudio presentó para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) un valor mínimo de 7.98 en mayo (época seca) y un valor máximo de 9.6 en enero (época lluviosa), estos resultados son superiores a los encontrados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el valor mínimo registrado fue de 7.99 en marzo (época transitoria) y el valor máximo fue de 8.92 en enero (época lluviosa) y junio (época seca). De acuerdo a los ECAs los valores de pH que sobrepasan los límites de pH se registran en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) (Cuadro 25).

La prueba T de Student, señala que existe diferencia estadística significativa ($p=0.033$), por lo que se establece que los valores del pH son diferentes para cada mes y zonas evaluadas, para un nivel de confianza de $\alpha=0.05$ (Cuadro 25).

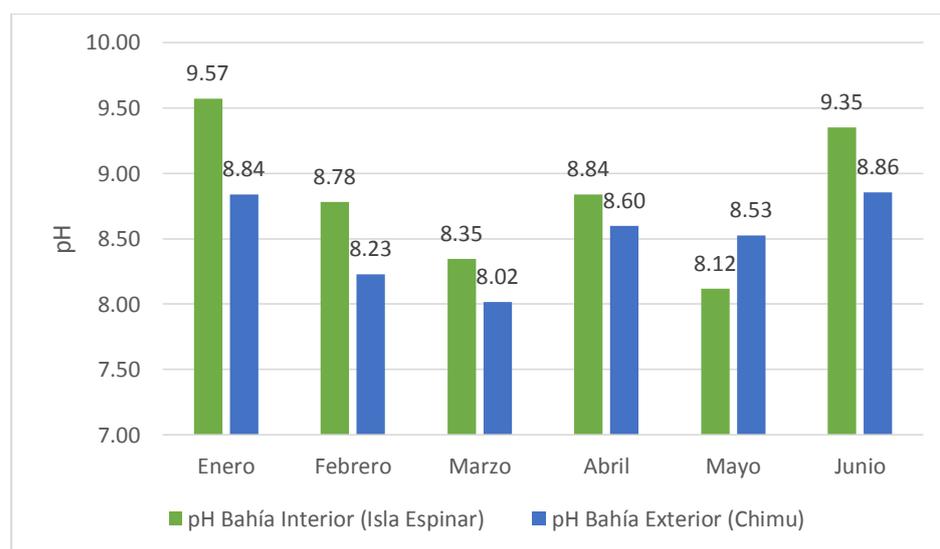


Figura 18. Promedios mensuales de pH (unidades) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

El promedio mensual de pH registrados en el agua de la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) obtuvo un valor mínimo de 8.12 en mayo (época seca) y un valor máximo de 9.57 en enero (época lluviosa), a diferencia de la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el promedio mínimo mensual

se registró en marzo (época transitoria) con 8.02 y el valor máximo se registró en junio (época seca) con 8.86 (Figura 18).

Cuadro 26. Salinidad (ppt) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

Meses	Isla Espinar			Chimu		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	1.1	1.09	1.09	0.81	0.81	0.81
Febrero	0.82	0.81	0.81	0.73	0.72	0.73
Marzo	1.11	0.92	0.89	0.77	0.76	0.75
Abril	1.16	0.88	0.88	0.75	0.74	0.74
Mayo	0.95	0.93	0.88	0.74	0.75	0.76
Junio	0.95	0.94	0.94	0.8	0.79	0.79
Promedio	1.01	0.93	0.91	0.77	0.76	0.76
	0.95			0.76		

$$t_s = 7.0 > t_{t(0.05,34)} = 2.032 \text{ (} p < 0.0001 \text{) Signif.}$$

La salinidad del agua en el periodo de estudio presentó para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) un valor mínimo de 0.81 ppt en febrero (época lluviosa) y un máximo de 1.16 ppt en abril (época transitoria), mientras que en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) el valor mínimo se registró en febrero (época lluviosa) con 0.72 ppt y el máximo valor fue en enero con 0.81 ppt (Cuadro 26).

La prueba T de Student, señala que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.0001$), por lo que se establece que los valores de salinidad son diferentes de acuerdo a los meses y zonas evaluadas, para un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$ (Cuadro 26).

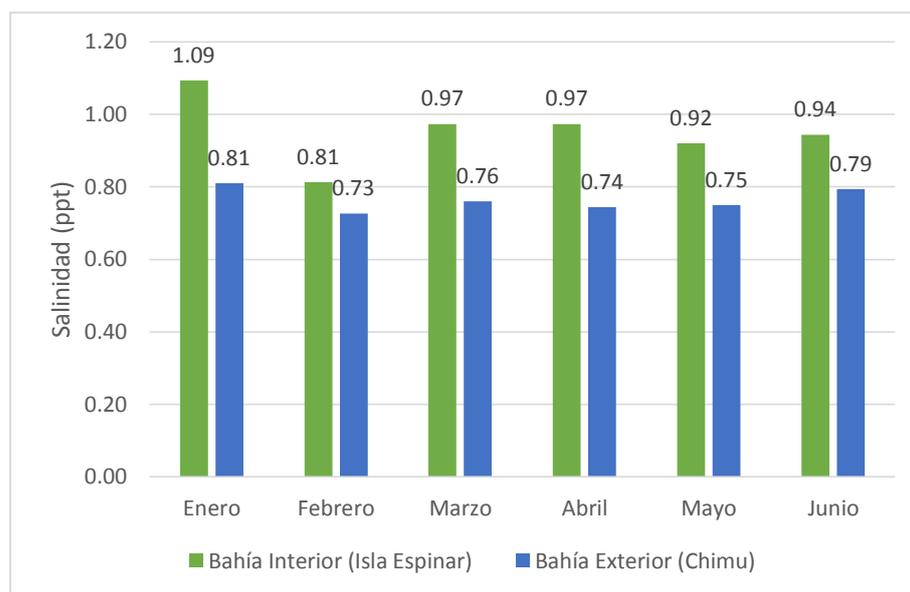


Figura 19. Promedios mensuales de salinidad (ppt) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

El promedio mensual de salinidad (ppt) registrado en el agua de la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) obtuvo un valor mínimo de 0.81 ppt en febrero (época lluviosa) y un valor máximo de 1.09 ppt en enero (época lluviosa), valores superiores a los registrados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el promedio mínimo mensual fue de 0.73 ppt en febrero (época lluviosa) con 8.02 y el valor máximo fue de 0.81 en enero (época lluviosa) (Figura 19).

Cuadro 27. Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

Meses	Isla Espinar			Chimu		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	1885	1872	1872	1532	1523	1532
Febrero	1715	1729	1730	1528	1497	1498
Marzo	1705	1687	1685	1468	1453	1562
Abril	2257	1737	1724	1499	1477	1458
Mayo	1849	1814	1730	1457	1484	1490
Junio	1863	1842	1845	1569	1559	1560
Promedio	1879	1780	1764	1509	1499	1517
ECAs: * Sub Categoría A	1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$					

$$t_s = 9.153 > t_{t(0.05,34)} = 2.032 \text{ (} p < 0.0001 \text{) Signif}$$

La conductividad eléctrica del agua en el periodo de estudio presentó para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) un valor mínimo de 1705 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en marzo (época transitoria) y un máximo de 2257 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en abril (época transitoria), valores que superan los límites de los ECAs; estos valores fueron más altos a los registrados en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) donde el valor mínimo se registró en marzo (época transitoria) con 1453 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y el máximo valor fue de 1569 $\mu\text{s}/\text{cm}$ registrado en junio (época seca) (Cuadro 27).

La prueba T de Student, señala que existe diferencia estadística ($p < 0.0001$), por lo que se establece que los valores de conductividad eléctrica son diferentes de acuerdo a los meses y zonas evaluadas, para un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$ (Cuadro 27).

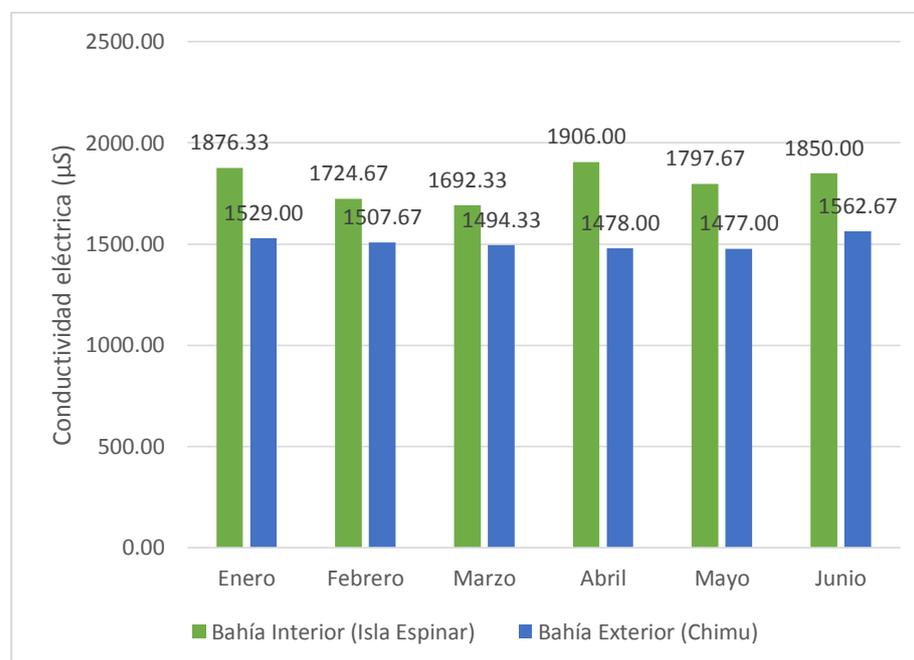


Figura 20. Promedios mensuales de la conductividad eléctrica (μs) en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio 2016

El promedio mensual de la conductividad eléctrica (μs) registrado en el agua de la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) obtuvo un valor mínimo de 1692.33 μs en marzo (época transitoria) y un valor máximo de 1906 μs en abril (época transitoria), valores superiores a los registrados en la zona

de la Bahía Exterior (Chimu) donde el promedio mínimo mensual fue de 1477 μs en mayo (época seca) y el valor máximo fue de 1562.67 μs en junio (época seca) (Figura 20).

En referencia a los resultados descritos anteriormente, podemos indicar que la zona de Isla de Espinar (Bahía Interior de Puno) presenta un grado de eutrofización alto en comparación con la zona de Chimu, estos resultados fueron similares a los reportados por ANGLES (2007) en la Bahía Interior de Puno, donde se encontró que la transparencia promedio del agua era de 1.29 m, el oxígeno disuelto del agua a superficie y profundidad fue en promedio 4.82 mg/L y 4.80 mg/L respectivamente, el pH del agua en la superficie fue de 8.43 y en el fondo 8.32 respectivamente. Así mismo BELTRAN (2013) en su estudio sobre las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas de la bahía Interior de Puno - Lago Titicaca, identificó que la zona más crítica en la bahía Interior de Puno es la más cercana a la Isla Espinar.

Por otro lado PAREDES (2013), determino que la calidad fisicoquímica y biológica del agua en la zona de captación – Chimu del Lago Titicaca, registró datos por debajo de los Estándares nacional Ambientales de Calidad de Agua - ECA: pH medio de 8.42, temperatura promedio de 15.7 °C, conductividad 1420 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lo que comprobaría la diferencia de la calidad de agua entre ambas zonas, cuyos resultados fueron similares a los registrados en el presente estudio, ya que los parámetros de pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica correspondientes a la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) no cumplen con los límites determinados por los ECAs.

Como se sabe por investigaciones anteriores, la transparencia del agua en la Bahía Interior de Puno es mucho menor que la Bahía Exterior de Puno, ya que en esta zona del Lago Titicaca las aguas se enturbian no solo con los sedimentos inorgánicos en suspensión, sino también a la elevada densidad de fitoplancton, como lo indica el color verdoso habitual que presenta, así mismo en las zonas litorales y de las zonas adyacentes al

litoral de la Bahía Interior de Puno. De acuerdo a los descrito por NORTHCOTE *et al* (1991) las condiciones de oxígeno disuelto que presentan valores por encima de 110%, como es el caso del valor promedio encontrado en la Bahía Interior (Isla Espinar) evidenciarían el estado de eutrofización de un cuerpo de agua.

Así mismo los resultados son similares a los obtenidos por DEJOUX & ILTIS, (1991), reporta para la zona del Lago Mayor, valores promedio de transparencia del agua en el lago Titicaca de 5 m, la que coincidió con la zona de la Bahía Exterior de Chimu, así mismo los valores de pH promedio que reporta este autor son de 8.38 a 8.31, los que son similares a los obtenidos en ambas zonas evaluadas, sin embargo en lo referente a la conductividad eléctrica se describe valores promedio de 1343, 1368, 1490 y 1366 μS , lo cual difiere de los resultados obtenidos, ya que en la zona de la Bahía Interior se reporta valores de Conductividad eléctrica de 1807.6 μS , esto se debería a la presencia de sales minerales presentes en la zona, como producto del aporte de las aguas residuales que salen de la laguna de oxidación de la localidad de Puno.

4.3.2. Coeficiente de correlación de los factores fisicoquímicos del agua y la abundancia de zooplancton.

Para todos los meses evaluados, con excepción del marzo donde el coeficiente correlación de Pearson fue bajo a moderadamente bajo, los factores fisicoquímicos que obtuvieron una relación alta a la abundancia de zooplancton fueron la transparencia, el oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y el pH; sin embargo la temperatura presento una relación baja en febrero, la salinidad y la conductividad eléctrica también mostraron una relación baja en abril (Cuadro 28).

Cuadro 28. Valores mensuales de los índice de correlación de Pearson de los factores fisicoquímicos del agua y la abundancia de zooplancton en la Bahía Interior y Exterior del Lago Titicaca – Puno, enero a junio del 2016

Meses	Variables		r
	Independiente	Dependiente	
Enero	Transparencia (m)	Abundancia	-0.86*
	Temperatura (°C)	Abundancia	0.90*
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Abundancia	0.97*
	Saturación de Oxígeno (%)	Abundancia	0.98*
	pH	Abundancia	0.85*
	Salinidad (ppt)	Abundancia	0.88*
	Conductividad Eléctrica (µS)	Abundancia	0.88*
Febrero	Transparencia (m)	Abundancia	-0.83*
	Temperatura (°C)	Abundancia	0.26
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Abundancia	0.92*
	Saturación de Oxígeno (%)	Abundancia	0.86*
	pH	Abundancia	0.92*
	Salinidad (ppt)	Abundancia	0.84*
	Conductividad Eléctrica (µS)	Abundancia	0.88*
Marzo	Transparencia (m)	Abundancia	-0.36
	Temperatura (°C)	Abundancia	0.57
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Abundancia	-0.44
	Saturación de Oxígeno (%)	Abundancia	-0.43
	pH	Abundancia	0.42
	Salinidad (ppt)	Abundancia	0.05
	Conductividad Eléctrica (µS)	Abundancia	0.36
Abril	Transparencia (m)	Abundancia	-0.77*
	Temperatura (°C)	Abundancia	-0.84*
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Abundancia	0.81*
	Saturación de Oxígeno (%)	Abundancia	0.81*
	pH	Abundancia	0.90*
	Salinidad (ppt)	Abundancia	0.35
	Conductividad Eléctrica (µS)	Abundancia	0.34
Mayo	Transparencia (m)	Abundancia	-0.87*
	Temperatura (°C)	Abundancia	-0.86*
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Abundancia	-0.79*
	Saturación de Oxígeno (%)	Abundancia	-0.80*
	pH	Abundancia	-0.78*
	Salinidad (ppt)	Abundancia	0.89*
	Conductividad Eléctrica (µS)	Abundancia	0.90*
Junio	Transparencia (m)	Abundancia	-0.88*
	Temperatura (°C)	Abundancia	-0.79*
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Abundancia	0.92*
	Saturación de Oxígeno (%)	Abundancia	0.92*
	pH	Abundancia	0.93*
	Salinidad (ppt)	Abundancia	0.90*
	Conductividad Eléctrica (µS)	Abundancia	0.90*

(r) = Coeficiente de Correlación

(*) = Relación alta/perfecta

Los resultados obtenidos evidencian que durante los meses evaluados, los factores fisicoquímicos fueron limitantes sobre el comportamiento de la comunidad de zooplancton, estos resultados fueron similares a los registrados por TURPO & SANGA (2011), quienes determinaron que la

transparencia, temperatura y pH estuvieron asociados con la densidad de zooplancton. Esto se evidencia en que la transparencia del agua, mostro coeficientes de correlación de Pearson alta negativa, que indicaría un nivel de relación inversa, ya que los valores de abundancia fueron siempre más altos en la zona de la Bahía Interior de Puno cuyos valores de transparencia eran más bajos que los de la Bahía Exterior de Puno; conforme a lo que menciona NORTHCOTE *et al* (1991) uno de los efectos físicos más obvios e importantes de la eutroficación es la reducción de la transparencia del agua que puede tener origen biológico, es decir debido al aumento de la densidad de fitoplancton; esta condición puede generar un aumento en la comunidad de zooplancton, sin embargo ello puede estar influencia por otros factores fisicoquímicos e interacciones de depredación. Al respecto WETZEL (1981), indica que las limitaciones de la luminosidad en las zonas que sufren procesos de eutrofización se encuentran influenciadas por la densidad de las comunidades planctónicas que imponen restricciones de luz debidas al efecto de propia sombra.

Por otro lado los factores de temperatura, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, pH, salinidad y conductividad eléctrica presentaron coeficientes de correlación alto positivos, que en la zona de la Bahía Interior de Puno están influenciados por la descarga de nutrientes como efecto del proceso de eutrofización antropogénica, y dependen de la capacidad y velocidad de reciclado y almacenamiento, por medios biológicos, influencia por la vegetación litoral y de los productores primarios (MARGALEF, 1983).

V. CONCLUSIONES

1. En el presente estudio se registró 19 géneros y 22 especies de zooplancton agrupados en 3 grupos taxonómicos: Rotíferos (12 especies), Copépodos (8 especies) y Cladóceros (2 especies), la zona de Bahía Exterior (Chimu) presento una mayor riqueza de especies de zooplancton con 18 especies ($p < 0.05$), en comparación con la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) donde se identificaron 13 especies, esta diferencia entre la composición de las especies de zooplancton en ambas zonas, se puede atribuir al estado de eutrofización que se presenta en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), por el aporte nutrientes producto de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Puno sin tratamiento adecuado.
2. Los valores de abundancia registrados en el presente estudio, fueron siempre mayores en la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar) con un máximo de 296749 org/m³ en enero (época lluviosa) en comparación con la Bahía Exterior (Chimu) que registro un máximo de 78337 org/m³ en abril (época transitoria) ($p < 0.05$), de acuerdo a los grupos taxonómicos en la Bahía Interior (Isla Espinar) fueron los Copépodos los más abundantes con 136084 org/m³ en enero (época lluviosa) mientras que en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) los Rotíferos fueron los más abundantes con 44018 org/m³ en marzo (época transitoria), esta diferencia entre abundancias podemos atribuirla al estado de eutrofización que de la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), que habría ocasionado cambios en la comunidad fitoplanctónica, haciendo que predominen especies grandes que no servirían de alimento para el zooplancton y excluiría a algunas especies de rotíferos, así mismo otro factor que explicaría esta diferencia sería que los peces planctívoros suelen seleccionar visualmente a su presa, por lo que afectaría a las especies más grandes de zooplancton, explicando la abundancia relativamente mayor de los Rotíferos en la zona de la bahía Exterior (Chimu), sin embargo debemos tener en que los cambios en la estructura y función de la comunidad de zooplancton podría deberse a muchos otros factores.

Los índices más altos de diversidad se obtuvieron en la zona de la Bahía Exterior (Chimu) señalando una mayor estabilidad de este hábitat en comparación con la

Bahía Interior (Isla Espinar), sin embargo los valores obtenidos reflejan una baja diversidad de especies, lo que indicaría que si bien es cierto la comunidad de zooplancton es más estable en esta zona, no se tiene una condición ideal en lo referente a estabilidad de un hábitat.

3. Dentro de los parámetros fisicoquímicos determinados la zona de la Bahía Exterior (Chimu), se destaca por presentar una mejor calidad de agua, con una transparencia promedio de 5.12 m, la temperatura tuvo un rango de 12 - 18.9 °C, el oxígeno disuelto promedio fue de 6.53 mg/L, la saturación de oxígeno promedio fue de 106.73%, pH registro rangos de 7.99 – 8.92, salinidad promedio fue de 0.76 ppt, y la conductividad eléctrica promedio fue de 1508.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a diferencia de los valores obtenidos para la zona de la Bahía Interior (Isla Espinar), donde la transparencia promedio del agua fue 1.04 m, la temperatura tuvo un rango de 9.2 – 19.4 °C, el oxígeno disuelto promedio fue de 6.72 mg/L, la saturación de oxígeno promedio fue de 110.58%, pH vario de 7.98 – 9.6, salinidad promedio fue de 0.95 ppt, y la conductividad eléctrica promedio fue de 1807.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos resultados corroboran los efectos de un estado de eutrofización en la zona de la Bahía Interior de Puno, ya que la descarga de las aguas residuales provenientes de la ciudad de Puno, aportan sedimentos y nutrientes, que afecta la transparencia del agua, y provocan afloramiento de algas fitoplanctónicas, que a su vez ocasiona cambios en los demás parámetros del agua, así mismo cumplen con los límites permitidos por los ECAs para agua.

VI. RECOMENDACIONES

Conforme a los resultados obtenidos y a los reportados por otros investigadores, se recomienda lo siguiente:

1. Tomar en cuenta la profundidad a la que se realizan los muestreos de zooplancton, para realizar una descripción estratificada de la comunidad de zooplancton, así mismo se debe tomar en cuenta la medida de la malla de colección de muestras, ya que en diversos trabajos de investigación se encontraron diferencias de la composición de especies de zooplancton en zonas similares a las evaluadas en el presente trabajo. Así mismo se sugiere realizar trabajos de investigación que describan la taxonomía de las especies que comprende la comunidad de zooplancton del lago Titicaca, con la finalidad de contar con claves taxonómicas que permitan identificar de manera exacta la diversidad de especies de zooplancton presentes en el lago.
2. La estructura y funciones de las comunidades de diversos organismos, depende de varios factores, que pueden afectar y/o favorecer su desarrollo y crecimiento, por lo que, para poder determinar el comportamiento de la comunidad de zooplancton en la bahía de Puno, así como en el Lago Titicaca, se requiere de estudios dirigidos a evaluar y/o determinar la influencia de otros factores como son los niveles de Nitrógeno, Fósforo, Clorofila, la relación con la comunidad de Fitoplancton, las relaciones con otros predadores, así como profundizar entre los efectos que puede tener el estado de eutrofización de los lagos, ya que actualmente no se han determinado los efectos directos que esta problemática tiene sobre la comunidad de zooplancton. Así mismo debe determinarse la presencia de especies que actúan como bioindicadores dentro de la comunidad de zooplancton.
3. En lo referente a la determinación de los parámetros fisicoquímicos, se debe tener en cuenta los horarios en los que se realizan, ya que estos pueden influir en los resultados que se obtenga. Así mismo se recomienda prestar especial atención a la concentración de nutrientes, sales minerales y sedimentos presentes en el agua del lago en diferentes zonas, sobre todo en la zona de la

Bahía Interior cerca a la Isla Espinar, ya que si bien es cierto el agua tiene la capacidad de autodepurarse, este proceso parece ser demasiado lento en esta zona, debido a la excesiva carga de nutrientes que recibe, y a al poco flujo de agua presente en esta zona.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ANGLES CH., J. 2007. Evaluación de los parámetros físico – químicos de la Bahía Interior de Puno para determinar el nivel de contaminación. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 102 pp.
- BELTRAN F. D. 2013. Condiciones físico químicas y bacteriológicas de las aguas de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 140 pp.
- CASTILLO, G. 1982. Distribución espacial de zooplancton de la Laguna Arapa, Provincia de Azángaro – Puno. Tesis para optar el título profesional de Licenciado de Biología, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 77 pp.
- CHINO C., B. 1986. Estudio de la Distribución vertical de Zooplancton en el Interior de la Bahía de Puno. Tesis para optar el título profesional de Licenciado de Biología, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 120 pp.
- CHULLUNQUIA T., R. 2006. Evaluación de la comunidad de zooplancton en la Laguna Bahía de los Incas – Puno. Modalidad de examen de suficiencia profesional, presentado en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 62 pp.
- CLARKE, G. L. 1976. Elementos de Ecología. Sexta Edición. Ediciones Omega S.A.. Barcelona – España. 637 pp.
- COLE, G. 1988. Manual de Limnología. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 405 pp.

- CONDE, J., RAMOS, E. & MORALES, R.. 2004. El Zooplancton como Integrante de la Estructura Trófica de los Ecosistemas Lénticos. Revista Ecosistemas. Vol. 13, N° 2. 23-29 pp. Disponible en [<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54013203>] Accedido el 15 de noviembre del 2015.
- DEJOUX, C e ILTIS, A. 1991. El lago Titicaca – Síntesis del conocimiento Limnológico actual, Co-edición de ORSTOM. Impreso en talleres Graficos HISBOL. La Paz Bolivia. 589 pp.
- GÓMEZ, J., PEÑA, B., GUZMAN, J. & GALLARDO V.. 2013. Composición, Abundancia del Zooplancton y calidad de Agua en un Microreservorio en el Estado de Morelos, México. Revista Hidrobiológica. Vol. N° 23, N° 2, 227-240 pp. Disponible en [<http://www.redalyc.org/pdf/578/57829975009.pdf>] Accedido el 16 de noviembre del 2015.
- IANNACONE, J. & ALVARIÑO, L. 2006. Diversidad del Zooplancton en la Reserva Nacional de Junín, Perú. Ecología Aplicada. Vol. 5 N° 1 y 2, 175-181 pp. Disponible en [<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v5n1-2/a24v5n1-2.pdf>] Accedido 15 de abril del 2015.
- IANNACONE, J., ALVARIÑO, L., JIMENEZ-REYES, R. & ARGOTA, G. 2013. Diversidad del Plancton y Macrozoobentos como Indicador Alternativo de Calidad de Agua del Río Lurín en el Distrito de Cieneguilla, Lima – Perú. Revista The Biologist (Lima). Vol. 11, N° 1, 79-95pp. Disponible en [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologist/v11_n1/pdf/a7v11n1.pdf] Accedido el 22 de noviembre del 2015.
- LÓPEZ L. E., & SERNA H. A. 1999. Variación Estacional del Zooplancton del Embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su Relación con el Fitoplancton y Factores Ambientales. Revista de Biología Tropical. Vol. 47 N° 4, 15 pp. Disponible en

[http://www.ots.ac.cr/rbt/attachments/volumes/vol47-4/01_Lopez_Zooplancton.pdf] Accedido el 22 de Julio del 2015.

MARGALEF, R. 1983. Limnología, Ediciones Omega S.A. Barcelona - España. 1010 pp.

MERAYO, S. & GONZÁLES, E.. 2009. Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo – mesotrófico del norte de Venezuela. Revista Biología Tropical. Vol. 58, N° 2, 603 – 619 pp. Disponible en [<http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58n2/a06v58n2.pdf>] Accedido el 29 de noviembre del 2015.

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 del Programa Académico de Biología de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. 112 pp.

MORALES, P.; NORTHCOTE, T.; ZEA, W.; & VASQUEZ, M. 1991. Efectos de la Eutrofización sobre las condiciones físicas en el Lago Titicaca- Puno. En: Contaminación en el Lago Titicaca, Perú. Capacitación, Investigación y Manejo. Northcote, T.; Morales,P., Levy, D y Greaven, M. editores. The university of British Columbia Vancouver, B.C.Canada. 276 pp.

MUÑIZ, V.; CHAPMAN, M.; CHINO, B.; AZURIN, E. Y NORTHCOTE, T. 1991. Efectos de la Eutrofización sobre el zooplancton en contaminación en el Lago Titicaca- Puno. En: Contaminación en el Lago Titicaca, Perú. Capacitación, Investigación y Manejo. Northcote, T.; Morales,P., Levy, D y Greaven, M. editores. The university of British Columbia Vancouver, B.C.Canada. 276 pp.

NORTHCOTE, T.; MORALES,P., LEVY, D Y GREAVEN, M. 1991. Contaminación en el Lago Titicaca, Perú. Capacitación, Investigación y Manejo. The university of British Columbia Vancouver, B.C.Canada.

Instituto de Aguas Altoandinas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
Northburn Printers & tationers Ltd. Vancouver, Canadá. 276 pp.

PAREDES M., A. 2013. Calidad fisicoquímica y biológica de agua en la zona de captación – Chimú, del Lago Titicaca destinada para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Puno. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. 119 pp.

PENNAK, R. W. 1991. Fresh – Water Invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca, 3rd Ed. Estados Unidos de América. 628 pp.

RICKLEFS, R. E. 1998. Invitación a la Ecología: Economía de la naturaleza. Editorial Panamericana. Madrid – España. 704 pp.

RIOFRÍO, J., SAMANEZ, I., CARRASCO, F., & CLAVO, M. 2001. Caracterización Limnológica de la Laguna de Cashibococha (Ucayali-Perú). Revista Perú Biología. Vol. 10 N° 2, 183 – 194 pp. Disponible en [<http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v10n2/v10n2a09.pdf>] Accedido el 14 de setiembre del 2015.

ROJAS H. S., 2011. Comunidad Zooplanctónica en sectores de producción controlada de truchas, Lago Titicaca – Distrito de Chucuito. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. 72 pp.

SANTOS, G., GUSMAO, L. & NEUMAN LEITAO, S. 2008. Zooplâncton como Indicador Biológico da Qualidade Ambiental nos Estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá – PE. Revista Brasileira Enga. Pesca. Vol 4 N° 1, 44 – 56 pp. Disponible en [<http://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/viewFile/129/119>.] Accedido el 14de setiembre del 2015.

- TURPO, A., & SANGA, M. 2013. Diversidad y abundancia de la comunidad planctónica en la Bahía Interior de Puno y Lago Grande (sector peruano) del Lago Titicaca. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. 129 pp.
- TYLER MILLER, G. 2002. Introducción a la Ciencia Ambiental. Desarrollo Sostenible de la Tierra. Quinta Edición. Ediciones Paraninfo S.A. – España. 458 pp.
- VILLAGRA, A., LOCASCIO, C., JUÁREZ, J. & FERRER, F. 2008. Consideraciones sobre el zooplancton de las lagunas de Yala (Jujuy, Argentina). *Ecología en Bolivia*, Vol. 43(2), 119-134. Disponible en [<http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/reb/v43n2/v43n2a5.pdf>] Accedido el 14de setiembre del 2015.
- WETZEL, R. G. 1981. *Limnología*. Ediciones Omega S.A. Barcelona – España. 679 pp.

ANEXOS

Cuadro 29. Registro cuantitativo del zooplancton (N° de org./m³) de las estaciones de muestreo, enero 2016.

TAXAS	ESPECIE	E-1			E-2			E-3			E-4			E-5			E-6		
		E-1.1	E-1.2	E-1.3	Prom.	E-2.1	Prom.	E-3.1	Prom.	E-4.1	Prom.	E-5.1	Prom.	E-6.1	Prom.				
		Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L	Org/L				
Rotíferos	<i>Ascomorpha sp.</i>	2,44	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Asplanchna sp.</i>	0,00	4,07	30,56	11,54	1,02	1,02	2,04	2,04	1,83	1,83	1,73	1,73	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	
	<i>Brachionus sp.</i>	0,41	0,00	2,04	0,81	0,51	0,51	0,34	0,34	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Filina longiseta</i>	3,26	0,00	13,24	5,50	5,35	5,35	2,38	2,38	0,10	0,10	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	
	<i>Keratella quadrata</i>	16,70	47,87	44,82	36,47	22,41	22,41	12,22	12,22	1,73	1,73	3,97	3,97	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	
	<i>Keratella cochlearis</i>	1,22	0,00	1,02	0,75	0,00	0,00	0,34	0,34	0,41	0,41	2,04	2,04	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	
	<i>Keratella tropica</i>	1,63	0,00	0,00	0,54	1,02	1,02	0,34	0,34	0,00	0,00	0,10	0,10	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	
	<i>Lecane sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Lepadella sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Hexarthra sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Polyarthra sp.</i>	0,00	5,09	3,06	2,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Pompholyx sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Alona sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Bosmina huaronensis</i>	26,08	0,00	33,61	19,90	6,37	6,37	11,54	11,54	0,92	0,92	1,12	1,12	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	
	<i>Bosmina longirostris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	1,63	2,04	1,02	1,56	0,76	0,76	3,40	3,40	1,53	1,53	0,51	0,51	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61		
<i>Daphnia pulex</i>	28,93	14,26	58,06	33,75	24,70	24,70	30,56	30,56	2,34	2,34	0,81	0,81	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20		
<i>Pleuroxus sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
<i>Chydorus sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
<i>Pseudochydorus sp.</i>	0,00	1,02	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
<i>Cladoceros immaduros</i>	2,44	1,02	16,30	6,59	1,27	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
<i>Boeckella sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,34	0,51	0,51	1,02	1,02	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41		
<i>Metacyclops leptopus</i>	40,74	43,80	61,12	48,55	17,57	17,57	12,90	12,90	4,69	4,69	1,83	1,83	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53		
<i>Nauplios</i>	86,38	28,52	147,70	87,53	63,15	63,15	73,34	73,34	12,32	12,32	8,35	8,35	10,19	10,19	10,19	10,19	10,19		

Cuadro 30. Registro cuantitativo del zooplankton (Nº de org./m³) de las estaciones de muestreo, febrero 2016.

TAXAS	ESPECIE	E-1						E-2						E-3						E-4						E-5						E-6					
		E-1.1		E-1.2		E-1.3		E-2.1		E-2.2		E-2.3		E-3.1		E-3.2		E-3.3		E-4.1		E-4.2		E-4.3		E-5.1		E-5.2		E-5.3		E-6.1		E-6.2		E-6.3	
		Org/L	Prom.																																		
	<i>Ascomapha</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Asplanchna</i> sp.	0.97	0.00	0.00	0.32	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Brachionus</i> sp.	0.00	0.97	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Filina longiceta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.21	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Keratella quadrata</i>	1.94	16.46	8.73	9.05	13.58	14.82	27.16	18.32	17.83	18.28	21.32	1.23	5.66	4.17	6.32	2.64	2.71	3.89	4.63	5.91	5.67	5.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Keratella cochlearis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Keratella tropica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Lecane</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Lepadella</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Hexarthra</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.21	2.04	0.00	1.36	1.17	3.87	0.00	1.90	1.92	1.40	2.77	1.91	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Polyarthra</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Pompholyx</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Alona</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Bosmina hartwegi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Bosmina longirostris</i>	0.97	0.97	1.94	1.29	1.36	0.00	0.00	1.85	1.07	1.36	2.04	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Daphnia pulex</i>	5.82	28.13	7.76	13.90	12.22	23.46	14.20	16.63	17.66	17.83	22.46	19.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Pleuroxus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Chydorus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Pseudochydorus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Cladoceros imadatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Bosmina</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Merocyclops leptoopus</i>	2.91	3.88	6.79	4.53	9.51	14.82	8.03	10.78	5.09	11.71	4.18	7.00	0.31	1.13	1.02	0.82	3.36	0.30	0.27	1.31	1.94	1.39	2.04	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	<i>Nauplius</i>	26.13	18.43	26.19	24.25	31.92	38.89	58.03	42.95	61.45	80.47	45.44	62.46	2.47	4.90	6.96	4.78	23.22	1.96	7.88	11.02	13.26	9.64	8.77	10.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Cuadro 32. Registro cuantitativo del zooplancton (Nº de org./m³) de las estaciones de muestreo, abril 2016.

TAMAS	E-1		E-2		E-3		E-4		E-5		E-6																								
	E-1.1 Org/L	E-1.2 Org/L	E-2.1 Org/L	E-2.2 Org/L	E-2.3 Org/L	E-3.1 Org/L	E-3.2 Org/L	E-3.3 Org/L	E-4.1 Org/L	E-4.2 Org/L	E-4.3 Org/L	E-5.1 Org/L	E-5.2 Org/L	E-5.3 Org/L	E-6.1 Org/L	E-6.2 Org/L	E-6.3 Org/L	Prom. Org/L																	
<i>Ascomorpha</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.65																
<i>Asplanchna</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.32	1.23	0.52	1.58	0.38	1.54	5.73	1.87	1.31	1.89	2.67	1.96	10.36	1.45	1.48	4.43																
<i>Brachionus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																
<i>Filina longicosta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																
<i>Keratella quadrata</i>	14.26	12.22	7.17	11.22	10.19	10.35	9.26	9.93	9.73	7.92	7.76	8.47	23.94	21.31	12.86	19.17	12.37	15.65	20.42	16.15	31.81	13.37	14.85	20.01											
<i>Keratella cochlearis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>Keratella tropica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Lecane</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Lepadella</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Hexarthra</i> sp.	2.04	1.36	1.51	1.63	0.75	1.94	1.85	1.52	0.91	2.26	1.46	1.54	1.49	2.87	2.21	2.19	1.15	1.68	1.89	1.57	4.29	1.09	0.83	2.07											
<i>Polyarthra</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.32	0.31	0.46	0.23	0.00	0.00	0.08	0.42	0.12	0.11	0.22	0.07	0.11	0.19	0.12	0.71	0.12	0.09	0.31											
<i>Pompholyx</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
<i>Alona</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
<i>Bosmina luanenensis</i>	0.68	0.00	0.00	0.23	0.00	0.32	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
<i>Bosmina longirostris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	0.68	0.68	0.75	0.70	2.26	1.94	1.85	2.02	1.36	1.13	1.46	1.32	1.91	0.75	0.53	1.06	0.46	0.14	0.34	0.31	1.07	0.27	0.24	0.52											
<i>Daphnia pulex</i>	0.00	1.36	13.96	5.11	13.58	9.38	14.51	12.49	40.52	27.54	15.28	27.78	0.21	0.19	1.07	0.49	0.23	0.71	1.75	0.90	0.00	0.00	1.36	0.38	0.58										
<i>Pleuroxys</i> sp.	0.68	0.68	0.00	0.45	0.38	0.32	0.31	0.34	0.23	0.38	0.00	0.20	0.67	0.19	0.00	0.62	0.00	0.11	0.10	0.07	3.93	0.08	0.09	1.35											
<i>Chydorus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
<i>Pseudochydorus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
<i>Cyclops immodicus</i>	0.00	0.00	0.75	0.25	1.51	0.97	2.16	1.55	3.85	3.02	3.15	3.34	1.49	0.19	0.11	0.60	0.10	0.00	0.10	0.07	0.36	0.15	0.09	0.20											
<i>Boeckella</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
<i>Metacyclops leptopus</i>	8.15	8.83	3.02	6.66	4.90	1.94	7.10	4.65	5.66	7.92	2.67	5.42	2.12	4.05	3.13	3.10	2.92	4.00	3.64	3.52	2.14	3.84	3.31	3.10											
<i>Nauplius</i>	27.84	42.78	67.53	46.05	101.10	98.85	66.14	76.37	67.45	68.66	39.29	59.47	5.94	11.46	10.19	9.20	8.14	7.68	10.33	8.72	6.79	9.12	9.60	8.50											

Cuadro 34. Registro cuantitativo del zooplancton (N° de org./m³) de las estaciones de muestreo, junio 2016.

TAXAS	ESPECIE	E1			E2			E3			E4			E5			E6						
		E-1.1	E-1.2	E-1.3	E-2.1	E-2.2	E-2.3	E-3.1	E-3.2	E-3.3	E-4.1	E-4.2	E-4.3	E-5.1	E-5.2	E-5.3	E-6.1	E-6.2	E-6.3				
		Org/L																					
	<i>Ascomapha</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	<i>Asplanchna</i> sp.	9.34	2.72	0.00	4.02	7.22	6.37	4.65	6.08	10.53	7.88	8.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Brachionus</i> sp.	1.27	0.00	0.00	0.42	0.42	0.85	1.07	0.78	1.79	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Filira longiseta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	<i>Keratella quadrata</i>	42.87	31.92	40.06	38.28	51.78	61.54	57.90	49.01	43.93	46.46	36.33	49.01	43.93	9.46	2.21	2.05	4.57	2.52	3.21	2.35	4.87	
	<i>Keratella cochlearis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Keratella tropica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Leane</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Lepadella</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Hexarthra</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	0.42	0.00	0.00	0.89	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Polyarthra</i> sp.	0.00	3.40	2.04	1.81	0.00	0.00	0.36	0.12	1.07	1.36	0.59	1.01	0.00	0.00	0.00	0.67	0.22	0.03	0.23	0.50	0.29	1.45
	<i>Pompholyx</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Alona</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Basinia huanonensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Basinia longicastris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	1.27	1.36	1.36	1.33	0.00	0.00	1.79	0.60	0.71	1.36	1.48	1.18	0.49	0.16	0.15	0.26	0.16	0.31	0.26	0.25	0.89	0.51
	<i>Daphnia pulex</i>	17.40	9.51	7.47	11.46	14.43	19.52	13.58	15.84	16.80	13.92	17.12	15.95	0.73	0.32	0.37	0.47	0.13	0.23	0.45	0.27	0.98	0.23
	<i>Pleuroxus</i> sp.	0.00	0.00	0.68	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.32	0.19	0.12	0.11	0.14	0.19	0.39
	<i>Chydorus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Pseudocyclops</i> sp.	0.00	0.68	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.08	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
	<i>Chadoceros imadurus</i>	0.85	0.68	1.36	0.96	1.27	0.42	1.07	0.92	1.43	3.06	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.37	0.10
	<i>Boeckella</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>Metacyclops bicuspidatus</i>	36.08	29.20	17.66	27.64	44.56	53.05	42.53	46.72	21.80	30.56	21.26	24.54	1.21	5.26	3.25	3.24	2.88	4.04	6.79	4.57	5.39	2.48
	<i>Nauplius</i>	54.75	19.01	8.15	27.30	69.18	89.55	95.78	84.84	45.39	75.38	58.75	59.84	4.37	3.21	2.91	3.50	2.72	2.48	2.79	2.66	4.64	3.64

Cuadro 35. Transparencia del agua (m) registrada en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016.

PERIODO DE MUESTREO		TRANSPARENCIA DEL AGUA (Disco Secchi) (m)																							
		ESTACIÓN																							
		E-1				E-2				E-3				E-4				E-5				E-6			
	Aparece	Desaparece	Prom	Aparece	Desaparece	Prom	Aparece	Desaparece	Prom	Aparece	Desaparece	Prom	Aparece	Desaparece	Prom	Aparece	Desaparece	Prom	Aparece	Desaparece	Prom	Aparece	Desaparece	Prom	
Enero	0,60	0,70	0,65	0,7	0,8	0,75	0,7	0,8	0,75	0,75	0,8	0,75	0,75	0,8	0,75	0,75	0,8	0,75	0,8	0,75	0,75	0,8	0,75	0,75	
Febrero	0,50	0,60	0,55	0,9	1,0	0,95	0,9	1,0	0,95	0,95	1,0	0,95	0,95	1,0	0,95	0,95	1,0	0,95	0,95	1,0	0,95	0,95	1,0	0,95	
Marzo	0,70	0,80	0,75	1,6	1,7	1,65	1,9	1,9	1,85	1,9	1,9	1,85	1,9	1,9	1,85	1,9	1,9	1,85	1,9	1,9	1,85	1,9	1,9	1,85	
Abril	0,70	0,80	0,75	1,3	1,4	1,35	1,4	1,4	1,35	1,4	1,4	1,35	1,4	1,4	1,35	1,4	1,4	1,35	1,4	1,4	1,35	1,4	1,4	1,35	
Mayo	0,30	0,40	0,35	1,2	1,3	1,25	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1	1,25	
Junio	0,50	0,60	0,55	1,1	1,2	1,15	1,4	1,4	1,15	1,4	1,4	1,15	1,4	1,4	1,15	1,4	1,4	1,15	1,4	1,4	1,15	1,4	1,4	1,15	

Cuadro 36. Oxígeno Disuelto (mg/L) y Saturación de Oxígeno (%) registrado en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016.

PERIODO DE MUESTREO	OXÍGENO DISUELTTO/SATURACIÓN DE OXÍGENO																																	
	Isla Espinar												Chimu																					
	E-1		E-2		E-3		E-4		E-5		E-6		E-1		E-2		E-3		E-4		E-5		E-6											
	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%										
Enero	8,5	147,5	7,79	131,4	7,85	131,2	6,39	105	6,31	105,6	6,39	108,5	7,82	135,8	7,7	133,8	8,21	99,2	6,38	109,3	6,37	110,9	1,93	33,9	2,41	42,5	2,48	43,7	5,79	99,8	6,21	106,7	6,32	108,2
Febrero	9,37	159,8	9,1	155,1	8,96	154,2	6,29	107,1	6,39	108,6	6,36	106,5	3,14	48,5	4,29	65,9	5,12	105,5	7,07	109,9	7,05	109,7	7,97	117,5	9	135,5	9,42	140,4	7,36	104,9	6,97	104,9		
Marzo	8,5	147,5	7,79	131,4	7,85	131,2	6,39	105	6,31	105,6	6,39	108,5	7,82	135,8	7,7	133,8	8,21	99,2	6,38	109,3	6,37	110,9	1,93	33,9	2,41	42,5	2,48	43,7	5,79	99,8	6,21	106,7	6,32	108,2
Abril	9,37	159,8	9,1	155,1	8,96	154,2	6,29	107,1	6,39	108,6	6,36	106,5	3,14	48,5	4,29	65,9	5,12	105,5	7,07	109,9	7,05	109,7	7,97	117,5	9	135,5	9,42	140,4	7,36	104,9	6,97	104,9		
Mayo	8,5	147,5	7,79	131,4	7,85	131,2	6,39	105	6,31	105,6	6,39	108,5	7,82	135,8	7,7	133,8	8,21	99,2	6,38	109,3	6,37	110,9	1,93	33,9	2,41	42,5	2,48	43,7	5,79	99,8	6,21	106,7	6,32	108,2
Junio	9,37	159,8	9,1	155,1	8,96	154,2	6,29	107,1	6,39	108,6	6,36	106,5	3,14	48,5	4,29	65,9	5,12	105,5	7,07	109,9	7,05	109,7	7,97	117,5	9	135,5	9,42	140,4	7,36	104,9	6,97	104,9		

Cuadro 37. Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) registrados en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016

TEMPERATURA DEL AGUA $^{\circ}\text{C}$						
PERIODO DE MUESTREO	Bahía Interior (Isla Espinar)			Bahía Exterior (Chimu)		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Enero	19	18,2	18,1	17,1	16,3	17,5
Febrero	16,8	19,4	19,12	18,9	18,7	18,42
Marzo	17	18,3	18,2	17,8	17,8	17,8
Abril	15	15	15	16,1	16,2	16,3
Mayo	12,4	13,1	12,8	14,3	14,4	14,4
Junio	9,2	10,1	10,4	12,1	12	12,1

Cuadro 38. pH registrado en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016

Meses	pH					
	Isla Espinar			Chimu		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	9,55	9,57	9,6	8,92	8,83	8,77
Febrero	8,721	8,748	8,878	8,29	8,186	8,207
Marzo	8,35	8,36	8,33	8,01	7,99	8,05
Abril	8,8	8,86	8,86	8,66	8,57	8,57
Mayo	7,98	8,14	8,23	8,42	8,58	8,58
Junio	9,28	9,37	9,41	8,92	8,85	8,8

Cuadro 39. Salinidad (ppt) registrados en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016

Meses	SALINIDAD (ppt)					
	Isla Espinar			Chimu		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	1,1	1,09	1,09	0,81	0,81	0,81
Febrero	0,82	0,81	0,81	0,73	0,72	0,73
Marzo	1,11	0,92	0,89	0,77	0,76	0,75
Abril	1,16	0,88	0,88	0,75	0,74	0,74
Mayo	0,95	0,93	0,88	0,74	0,75	0,76
Junio	0,95	0,94	0,94	0,8	0,79	0,79

Cuadro 40. Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrados en las estaciones de muestreo, enero – junio 2016

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μS) - IMARPE						
Meses	Isla Espinar			Chimu		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Enero	1885	1872	1872	1532	1523	1532
Febrero	1715	1729	1730	1528	1497	1498
Marzo	1705	1687	1685	1468	1453	1562
Abril	2257	1737	1724	1499	1477	1458
Mayo	1849	1814	1730	1457	1484	1490
Junio	1863	1842	1845	1569	1559	1560

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 21. Medición de parámetros físicos del agua – Zona Isla Espinar, Bahía Interior de Puno.



Figura 22. Colección de muestras de zooplancton – Zona Isla Espinar, Bahía Interior de Puno.



Figura 23. Filtrado y lavado de muestras de zooplancton en el laboratorio de Ecología Acuática – FCCBB UNAP.



Figura 24. Reconocimiento y conteo de especies de zooplancton en el laboratorio de Ecología Acuática – FCCBB UNAP.



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



"Año del diálogo y la reconciliación nacional"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, BALBINO LORGIO PALACIOS FRISANCHO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO.

HACE CONSTAR QUE:

La **Bach. Sonia Roxana IQUISE APAZA**, identificada con DNI N° 43309223, ha ejecutado su proyecto de investigación titulado: **VARIACIÓN ESPACIAL DEL ZOOPLANCTON EN TRES ÉPOCAS EN RELACIÓN A FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA BAHÍA INTERIOR Y EXTERIOR DEL LAGO TITICACA, PUNO**, en el Laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, del 15 de enero al 22 de Julio del 2016.

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

Puno, 23 de Mayo del 2018.


Balbino Lorgio Palacios Frisancho
BIOLOGO
C.B.P. N° 2125