

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS AGUAS DE
CONSUMO HUMANO EN LAS ISLAS FLOTANTES UROS DEL
LAGO TITICACA**

TESIS

PRESENTADO POR:

Br. GINA LIZBETH HALLASI PUNTACA

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

PUNO - PERÚ

2018

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



**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y
FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO EN
LAS ISLAS FLOTANTES UROS DEL LAGO TITICACA**

TESIS

PRESENTADO POR:

Br. GINA LIZBETH HALLASI PUNTACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 DE ABRIL DEL 2018

APROBADO POR EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE

:

Dr. BUENAVENTURA O. CARPIO VASQUEZ

PRIMER MIEMBRO

:

Ing. M.Sc. EDWIN FEDERICO ORNA RIVAS

SEGUNDO MIEMBRO

:

Mg. CIRIA IVONNE TRIGOS RONDON

DIRECTORA

:

Blgo. M.Sc. EVA LAURA CHAUCA

ASESOR

:

M.Sc. ALFREDO L. LOZA DEL CARPIO

ÁREA: Ciencias Biomédicas

LÍNEA: Ciencias de la Salud

SUB LÍNEA: Diagnóstico y Epidemiología

TEMA: Microbiología del agua

Dedicatoria

*A Dios porque nunca me
abandonó en el largo andar
de mi vida y aprendizaje.*

*A mis preciados padres Eulogio y
Guadalupe, que gracias a su eterno
amor y su comprensión llenan mi
corazón de fortaleza, por su apoyo
incondicional sin importar las
circunstancias, porque son un ejemplo
de sabiduría y superación e hicieron
que culmine satisfactoriamente mi
carrera profesional.*

*A mi hijo quien es mi mayor tesoro
Diego Alexis por ser mi motor y
motivo para salir adelante y ser
un ejemplo para él.*

*A mi querido hermano Jhonny
que por brindarme su confianza
y expresarme sus palabras de aliento
para ser una profesional con principios.*

De: Gina Lizbeth

Agradecimiento

Un inmenso agradecimiento a la primera casa de estudios universitarios, Universidad Nacional del Altiplano y en especial por ser pilar a la Facultad de Ciencias Biológicas, por ser parte de mi formación profesional, a los docentes y personal administrativo que impartieron sus conocimientos y contribuyeron sus experiencias en mi formación profesional.

Agradezco infinitamente a mi familia por creer en mí, que día a día siempre estuvieron conmigo en los malos y buenos momentos, alentándome, guiándome, y dándome consejos para no rendirme y saber sobresalir de los obstáculos dentro de mi formación profesional, a cada uno darle las gracias por expresarme sus palabras de aliento.

Muy agradecida con mi querida Directora, Blgo. M.Sc. Eva Laura Chauca y mi querido Asesor, M.Sc. Alfredo Loza del Carpio, asimismo a los profesionales y encargados de los distintos laboratorios que cuenta nuestra Universidad, quienes me guiaron en la realización de este trabajo, por transmitirme su conocimiento y experiencia, por su colaboración y apoyo que me brindaron en la redacción y hacer posible la viabilidad del presente trabajo.

Agradezco a los miembros del jurado Dr. Buenaventura Carpio, Ing. M.Sc. Edwin Orna y la Mg. Círia Trigos, que gracias a ellos se hizo posible la ejecución y culminación del trabajo de investigación.

A mis amigos y compañeros, que en el transcurso de mi formación profesional conocí y me confiaron su sincera amistad, donde me permitieron compartir tantas experiencias inolvidables.

De: Gina Lizbeth

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	14
I.INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Objetivo general	17
1.2. Objetivos específicos	17
II. REVISION DE LITERATURA	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Marco teórico.....	23
2.3. Marco conceptual	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1. Área de estudio	36
3.2. Tipo de estudio	36
3.3. Tamaño de muestra.....	36
3.4. Materiales y Método	38
3.5. Metodología.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. Número Más Probable (NMP) para coliformes totales, fecales y termotolerantes en aguas de consumo humano de los pobladores en las islas flotantes de los Uros.	50
4.2. Interpretación de resultados para los parámetros físico-químicos.....	55
4.3. Resultados de la evaluación del Índice de Calidad del Agua para consumo humano en las inmediaciones de las islas flotantes los Uros	74
V. CONCLUSIONES.....	78
VI. RECOMENDACIONES	79
VII. BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estructura de cálculo del Índice de Calidad del Agua propuesta por Brown 1970	33
Tabla 2.	Número y puntos de muestreo de las islas flotantes los Uros, mayo a julio del 2016	37
Tabla 3.	Valores de los coliformes totales en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	50
Tabla 4.	Valores de coliformes totales en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).	51
Tabla 5.	Valores de los Coliformes fecales en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	53
Tabla 6.	Valores de coliformes fecales en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).	54
Tabla 7.	Valores de temperatura en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	56
Tabla 8.	Valores de temperatura en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	56
Tabla 9.	Valores de pH en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	58
Tabla 10.	Valores de pH en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016)..	59
Tabla 11.	Valores de DBO ₅ en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	60
Tabla 12.	Valores de DBO ₅ en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016)..	61
Tabla 13.	Valores de nitratos en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	63
Tabla 14.	Valores de nitratos en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	64
Tabla 15.	Valores de fosfatos en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	65
Tabla 16.	Valores de fosfatos en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	66
Tabla 17.	Valores de SDT en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	67

Tabla 18.	Valores de SDT en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016)..	68
Tabla 19.	Valores de OD en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	69
Tabla 20.	Valores de OD en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016)..	70
Tabla 21.	Valores de Turbidez en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.....	71
Tabla 22.	Valores de Turbidez en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	72
Tabla 23.	Resultado para cada mes y el promedio del ICA (mayo a julio del 2016).....	76
Tabla 24.	Clasificación del “ICA” propuesto por (Brown, 1970).	77
Tabla 25.	Análisis de varianza en DCA para los valores de coliformes totales en inmediaciones de las islas flotantes Uros (mayo a julio del 2016).	96
Tabla 26.	Análisis de varianza (ANVA) de coliformes totales del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).	96
Tabla 27.	Análisis de varianza en DCA para los valores de coliformes fecales en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	96
Tabla 28.	Análisis de varianza (ANVA) de coliformes fecales del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	96
Tabla 29.	Análisis de varianza en DCA para los valores de temperatura en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	96
Tabla 30.	Análisis de varianza (ANVA) de la temperatura del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	97
Tabla 31.	Análisis de varianza en DCA para los valores de pH en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	97
Tabla 32.	Análisis de varianza (ANVA) del pH del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016)..	97
Tabla 33.	Análisis de varianza en DCA para los valores de DBO ₅ en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	97
Tabla 34.	Análisis de varianza (ANVA) de la DBO ₅ del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	97
Tabla 35.	Análisis de varianza en DCA para los valores de nitratos en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	98
Tabla 36.	Análisis de varianza (ANVA) de nitratos del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	98

Tabla 37. Análisis de varianza en DCA para los valores de fosfatos en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	98
Tabla 38. Análisis de varianza (ANVA) de fosfatos del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	98
Tabla 39. Análisis de varianza en DCA para los valores de SDT en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	98
Tabla 40. Análisis de varianza (ANVA) de SDT del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	99
Tabla 41. Análisis de varianza en DCA para los valores de OD en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	99
Tabla 42. Análisis de varianza (ANVA) de OD del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	99
Tabla 43. Análisis de varianza en DCA para los valores de Turbidez en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	99
Tabla 44. Análisis de varianza (ANVA) de Turbidez del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre coliformes totales, coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i> . Adaptado de (Curso sobre métodos bacteriológicos para el análisis de agua potable, 2000).	30
Figura 2. Puntos de muestreo en la zona de influencia en el río Wily Uros	37
Figura 3. Toma de muestras en la zona de la Isla Suma Uro en el mes de mayo 2016.....	44
Figura 4. Promedios de coliformes totales según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	51
Figura 5. Promedios de coliformes totales según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	52
Figura 6. Promedios de coliformes fecales según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	53
Figura 7. Promedios de coliformes fecales según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	54
Figura 8. Promedios de temperatura según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	56
Figura 9. Promedios de temperatura según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	57
Figura 10. Promedios de pH según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	58
Figura 11. Promedios de pH según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	59
Figura 12. Promedios de DBO ₅ según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	61
Figura 13. Promedios de DBO ₅ según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	62
Figura 14. Promedios de nitratos según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	63
Figura 15. Promedios de nitratos según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	64
Figura 16. Promedios de fosfatos según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	65
Figura 17. Promedios de fosfatos según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	66
Figura 18. Promedios de SDT según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	67
Figura 19. Promedios de SDT según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	68
Figura 20. Promedios de OD según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	70
Figura 21. Promedios de OD según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	71

Figura 22. Promedios de NTU según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.....	72
Figura 23. Promedios de NTU según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.	73
Figura 24. Toma de muestra isla Suma Balsa en Uros, mayo a julio 2016.....	100
Figura 25. Toma de muestra Isla Suma Willjta en Uros, mayo a julio 2016	100
Figura 26. Lectura “ <i>in situ</i> ” con el oxímetro Termoficher Orion en la isla los Uros, mayo a julio 2016.....	100
Figura 27. Lectura “ <i>in situ</i> ” termómetro digital en la isla los Uros, mayo a julio 2016.....	100
Figura 28. Muestras tomadas para procesar en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Facultad Ciencias Biológicas, UNA Puno, mayo a julio 2016.....	101
Figura 29. Preparación de medios de cultivo en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Facultad Ciencias Biológicas, UNA Puno, mayo a julio 2016.....	101
Figura 30. Muestras esterilizadas en autoclave realizado en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos , UNA Puno, mayo a julio 2016.	101
Figura 31. Inoculación de muestra de agua al caldo lactosado para determinar coliformes totales en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.....	101
Figura 32. Incubación de muestras a 37 °C por 48 horas en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.	102
Figura 33. Prueba presuntiva para análisis de coliformes en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.	102
Figura 34. Prueba confirmativa (Caldo Verde Brillante Bilis) en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.....	102
Figura 35. Siembra en Medio EMB en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.	102
Figura 36. Prueba presuntiva de análisis de agua en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.	103
Figura 37. Siembra para confirmar coliformes fecales en medio EMB en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.....	103
Figura 38. Lectura prueba confirmativa de coliformes fecales en medio EMB en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016	103
Figura 39. Medios bioquímicos para identificación de bacterias en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.....	103
Figura 40. Identificación de la especie <i>Escherichia coli</i> analizado mediante las pruebas bioquímicas en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, julio 2016.....	104

Figura 41. Identificación del género <i>Citrobacter</i> mediante pruebas bioquímicas en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, julio 2016.....	104
Figura 42. Potenciómetro para medir pH en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.....	105
Figura 43. Multiparamétrico para medir SDT en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.....	105
Figura 44. Lectura con Turbidímetro para determinar la turbiedad del agua en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.....	105
Figura 45. Método OXITOP para determinar DBO ₅ procesado en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.	105
Figura 46. Espectrofotómetro para análisis, nitratos y fosfatos en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.	106
Figura 47. Titulador automático para nitratos y fosfatos en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.....	106
Figura 48. Oxímetro para determinar OD	106

RESUMEN

La investigación se realizó en las Islas flotantes los Uros del lago Titicaca. Durante los meses de mayo a julio del 2016. Con los objetivos de: Determinar los índices de bacterias coliformes totales, fecales y termotolerantes en aguas de consumo humano de los pobladores de las islas flotantes los Uros; determinar los parámetros físicos: Temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y químicos: pH, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto dentro del área de influencia de las islas flotantes los Uros; evaluar el Índice de Calidad del Agua para consumo humano en las inmediaciones de las islas flotantes los Uros, en cinco puntos de muestreo PM1 Isla Suma Balsa, PM2 Isla Tupir Marka, PM3 Isla Summa Willjta, PM4 Isla Suma Uro y PM5 Isla Totora de acuerdo a los ECA Nacional. La metodología fue analítica e instrumental basado en APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, para el pH se utilizó un potenciómetro, para la Demanda Bioquímica de Oxígeno un biómetro mediante método OXITOP, para Oxígeno Disuelto la técnica de membrana de electrodo fino “*in situ*”, para nitratos y fosfatos utilizamos el espectrofotómetro, para medir Sólidos Disueltos Totales el equipo Tracer Pocket, la turbidez se midió mediante turbidímetro y para los análisis microbiológicos totales y fecales se utilizó el método del Número Más Probable (NMP), para el procesamiento de datos se utilizó ANVA diseño estadístico Diseño Completamente al Azar (DCA). Los resultados fueron: Para los parámetros microbiológicos registrados durante el trabajo se determinó una variación de coliformes totales teniendo el promedio general de 4 424 NMP/100 ml obteniendo un valor máximo de 11 000 NMP/100 ml para el mes de mayo en PM4 y el mes de junio PM1, PM2, PM4 y PM5 y, el mínimo en la muestra PM5 con 150 NMP/100 ml del mes de julio; no se obtuvo presencia de coliformes termotolerantes, mientras que coliformes fecales (*Escherichia coli*) presentó un promedio general de 27,33 NMP/100 ml, con un valor máximo de 90 NMP/100 ml en la PM3 del mes de mayo y PM5 del mes de julio respectivamente y como mínimo 40 NMP/100 ml en PM4 del mes de julio; los parámetros físico-químicos el promedio fue para la temperatura 14,74 °C; pH 8,38; DBO₅ 8,54 mg/l; nitratos 0,03 mg/L; fosfatos 0,04 mg/l; SDT 1147,8 mg/l; OD 6,32 mg/l y turbidez 0,96 NTU; el Índice de Calidad del Agua (ICA) registró para los meses de mayo y junio valores de 81.74 y 71.83 respectivamente, lo que señala que para dichos meses indicó que fueron aguas de Buena calidad; sin embargo para el mes de julio el ICA registró 65.09 lo cual indicó que fue de Regular calidad . Se concluye que las aguas de las Islas flotantes los Uros presentan los

parámetros microbiológicos y físico-químicos con un ICA de buena y regular calidad considerando la categoría 4 más no para consumo humano.

Palabras clave: Agua, calidad, parámetros físicos, químicos, microbiológicos.

ABSTRACT

The investigation was carried out on the Uros floating islands of Lake Titicaca. During the months of May to July 2016. With the objectives of: Determine the indices of total coliform bacteria, fecal and thermotolerant in waters for human consumption of the inhabitants of the floating islands the Uros; determine the physical parameters: temperature, turbidity, total dissolved and chemical solids: pH, nitrates, phosphates, biochemical oxygen demand and dissolved oxygen within the area of influence of the Uros floating islands; evaluate the Water Quality Index for human consumption in the vicinity of the Uros floating islands, in five sampling points PM1 Isla Suma Balsa, PM2 Island Tupir Marka, PM3 Island Summa Willjta, PM4 Island Suma Uro and PM5 Island Totorá in agreement to the National RCTs. The methodology was analytical and instrumental based on APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, for the pH a potentiometer was used, for the Biochemical Oxygen Demand a biometer by OXITOP method, for Dissolved Oxygen the thin electrode membrane technique " *in situ* ", for nitrates and phosphates we used the spectrophotometer, to measure Total Dissolved Solids the Tracer PockeT equipment, the turbidity was measured by turbidimeter and for the total and fecal microbiological analyzes the Most Probable Number (NMP) method was used, for the Data processing was used ANOVA statistical design Completely Random Design (DCA). The results were: For the microbiological parameters registered during the work a variation of total coliforms was determined having the general average of 4 424 NMP / 100 ml obtaining a maximum value of 11,000 NMP / 100 ml for the month of May in PM4 and the June of PM1, PM2, PM4 and PM5 and, the minimum in the sample PM5 with 150 NMP / 100 ml of the month of July; no presence of thermotolerant coliforms was found, while fecal coliforms (*Escherichia coli*) presented a general average of 27.33 NMP / 100 ml, with a maximum value of 90 NMP / 100 ml in the PM3 of the month of May and PM5 of the month July and at least 40 NMP / 100 ml in PM4 for the month of July; the physical-chemical parameters the average was for the temperature 14.74 °C; pH 8.38; BOD5 8.54 mg / l; nitrates 0.03 mg / L; phosphates 0.04 mg / l; SDT 1147.8 mg / l; OD 6.32 mg / l and turbidity 0.96 NTU; the Water Quality Index (ICA) recorded values of 81.74 and 71.83 for the months of May and June, respectively, indicating that for those months it indicated that they were good quality waters; However, for the month of July, the ICA registered 65.09, which indicated that it was of Regular quality. It is concluded that the waters of the Uros floating islands present the microbiological and physical-chemical

parameters with an ICA of good and regular quality considering category 4, not for human consumption.

Keywords: Water, quality, physical, chemical, microbiological parameters.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más preciados para la existencia de todo ser vivo, sin él no se garantiza la existencia de plantas, animales y del hombre (Pagador, *et al.* 2010); muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y un sin fin de enfermedades a niños y adultos (DIGESA, 2011).

Las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales como es el caso de los Uros del lago Titicaca; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas. En general, las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (arrastre de material particulado y disuelto y presencia de materia orgánica natural MON) y de origen antrópico (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, entre otros) (Torres, *et al.* 2009).

Las islas flotantes los Uros se sitúan en la ciudad de Puno, departamento de Puno a 3810 msnm y actualmente cuentan con 92 islas, de las cuales en nuestro estudio seleccionamos 5 islas de manera aleatoria, considerando una distancia aproximada de 100 m de una isla a otra. Por lo tanto lo realizamos con la finalidad de conocer la calidad del agua de consumo de los pobladores de las islas flotantes los Uros del lago Titicaca, ya que el agua no tiene potabilización, el presente estudio se propuso determinar los parámetros microbiológicos y físico-químicos de las aguas utilizadas para consumo humano y recreacional, lo que ha permitido determinar el índice de calidad según la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 (Estándar Nacional de Calidad del Agua, 2017) y así establecer los parámetros de calidad del agua que lo hacen consumibles o rechazables y si constituyen algún riesgo para la salud.

Por tal razón se plantearon los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Determinar los parámetros microbiológicos y físico-químicos de las aguas de consumo humano en las islas flotantes Uros del lago Titicaca.

1.2. Objetivos específicos

Determinar los índices de bacterias coliformes totales, fecales y termotolerantes en aguas de consumo humano de los pobladores de las islas flotantes los Uros.

Determinar los parámetros físicos: Temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y químicos: pH, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto dentro del área de influencia de las islas flotantes los Uros.

Evaluar el Índice de Calidad del Agua para consumo humano en las inmediaciones de las islas flotantes los Uros.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Abad (2014), determinó la calidad físico-química y bacteriológica de cinco manantiales de agua del distrito de Jacas Chico - Región Huánuco, obteniendo valores para coliformes totales de 0 NMP/100 ml a 67.50 NMP/100 ml. También Flores (2014), determinó los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en el río Coata, zona Potamal A - Región Puno, cuyo resultado reportado para coliformes totales fue de: 7940 NMP/100 ml. Por otro lado, Laura (2015), en su estudio de contaminación bacteriana de aguas del lago Titicaca - Bahía Interior Puno entre los años 2012 a 2015 reportó valores entre 2100 a 29000 NMP/100 ml para coliformes totales.

Asimismo, Quispe (2017), determinó la calidad bacteriológica y físico-química de seis manantiales en el distrito de Santa Rosa - Melgar obteniendo para coliformes totales valores entre 43,33 NMP/100 ml a 330 NMP/100 ml. De igual manera Sotil (2017), ejecutó un estudio sobre la contaminación de aguas cercanas a las ciudades de Iquitos, Tarapoto y Pucallpa, concluyendo que las aguas analizadas superan los LMP considerando la Categoría 4 de MINAM, 2008 respecto a coliformes totales, éstas resultaron inaceptables para los diferentes usos del agua cuyos valores que se reportaron fueron: río Amazonas: 7800 - 11000 NMP/100 ml, río Itaya: 2100 - 11000 NMP/100 ml, río Nanay: 11000 NMP/100 ml, y el lago Moronacocho: 4000 - 11000 NMP/100 ml.

Paredes (2013), demostró que la calidad de la zona de captación de Chimú, registrando datos y comparando con los Estándares Nacionales Ambientales de Calidad de agua en donde para coliformes totales obtuvo 115 UFC/100 ml. Sin embargo, Calsín (2016), en su estudio de calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector Taparachi III de Juliaca, sus resultados en pozos artesanales para coliformes totales fue de: 368,16 UFC/100 ml.

Flores (2014), determinó los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en el río Coata, zona Potamal A - Región Puno, cuyo resultado reportado para coliformes fecales fue de: 48 NMP/100 ml. Por otra parte, Abad (2014), realizó la calidad físico-química y bacteriológica de cinco manantiales de agua del

distrito de Jacas Chico - Región Huánuco, obteniendo valores para coliformes fecales de 0 NMP/100 ml a 18,75 NMP/100 ml. También Laura (2015), en el estudio de contaminación bacteriana de aguas del lago Titicaca - Bahía Interior Puno entre los años 2012 a 2015 reportó valores entre 90 a 280 NMP/100 ml para coliformes fecales. Asimismo, Quispe (2017), determinó la calidad bacteriológica y físico-química de seis manantiales en el distrito de Santa Rosa - Melgar obteniendo para coliformes fecales valores entre <3 NMP/100 ml a 30 NMP/100 ml.

Calsín (2016), evaluó la calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector Taparachi III de Juliaca, sus resultados en pozos artesanales para coliformes fecales fue de: 107,2 UFC/100 ml.

La ANA (2014), en el monitoreo anual de agua del lago Titicaca obtuvieron en lo referente a coliformes termotolerantes 1.8 NMP/100 ml. Mientras que Flores (2014), determinó los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en el río Coata, zona Potamal A - Región Puno, cuyo resultado reportado para coliformes termotolerantes fue de: 0 NMP/100 ml. Asimismo Laura (2015), en el estudio de contaminación bacteriana de aguas del lago Titicaca - Bahía Interior Puno entre los años 2012 a 2015 reportó valores entre 40 a 90 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes.

Por otro lado Sotil (2017), evaluó la contaminación de aguas cercanas a las ciudades de Iquitos, Tarapoto y Pucallpa, concluyendo que las aguas analizadas superan los LMP considerando la Categoría 4 de MINAM, 2008 respecto a coliformes termotolerantes éstas resultaron inaceptables para los diferentes usos del agua cuyos valores que se reportaron fueron: río Amazonas: 48000 - 98000 NMP/100 ml, río Itaya: 2000 - 9500 NMP/100 ml, río Nanay: 1400 - 11000 NMP/100 ml y lago Moronacocha 2100 - 11000 NMP/100 ml respectivamente.

Paredes (2013), demostró que la calidad de la zona de captación de Chimu, en sus tres captaciones registraron datos por debajo de los Estándares Nacionales Ambientales de Calidad de agua en donde obtuvo valor promedio para la temperatura 15.7 °C y siendo alcalina su pH 8.42. También Abad (2014), al realizar la calidad físico-química y bacteriológica de cinco manantiales de agua

del distrito de Jacas Chico - Región Huánuco, dando como valores para la temperatura entre 8.29 °C a 10.71 °C y entre 7.54 a 8.14 unidades de pH. Sin embargo, Flores (2014), determinó los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en el río Coata, zona Potamal A - Región Puno, cuyo resultado promedio reportado para la temperatura fue de: 12.94 °C y 7.50 de pH.

Por otra parte, Salazar (2015), estudió la calidad físico-química y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Juliaca y su pH osciló entre 7.31 y 7.78 unidades. Asimismo, Calsín (2016), evaluó la calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector Taparachi III de Juliaca, su resultado para la temperatura en pozos artesanales fue de 14.49 °C y 7.39 de pH. Sin embargo, Quispe (2017), determinó la calidad bacteriológica y físico-química de seis manantiales en el distrito de Santa Rosa - Melgar obteniendo valor de la temperatura entre 8.70 °C a 10.36 °C y entre 7.22 a 8.20 de pH.

Paredes (2013), demostró que la calidad de la zona de captación de Chimú, en sus tres captaciones registraron datos por debajo de los Estándares Nacionales Ambientales de Calidad de agua en donde obtuvo un promedio de 710 mg/l para los sólidos disueltos totales y para la turbiedad fue de 1.17 NTU. También Abad (2014), en la investigación calidad físico-química y bacteriológica de cinco manantiales de agua del distrito de Jacas Chico - Región Huánuco, obtuvo valores para los Sólidos Disueltos Totales entre 43 mg/l a 152 mg/l y el valor de la turbidez fue de 0.07 NTU a 0.76 NTU. Por otra parte, Flores (2014), determinó los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en el río Coata, zona Potamal A - Región Puno, cuyo resultado promedio reportado para los Sólidos Disueltos Totales fue de 553 mg/l.

Asimismo, Salazar (2015), estudió la calidad físico-química y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Juliaca y obtuvo valores para SDT entre 499 y 594 mg/l. Sin embargo, Calsín (2016), evaluó la calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector Taparachi III de Juliaca, su resultado para los SDT en pozos artesanales fue de 785.03 mg/l y para la turbiedad fue 2.15 NTU. Por último, Quispe (2017), determinó la calidad bacteriológica y físico-química

de seis manantiales en el distrito de Santa Rosa - Melgar cuyo valor de los SDT resultó entre 23.46 mg/l a 108.19 mg/l y para la turbiedad fue entre 3.83 NTU a 6.50 NTU.

Según Flores (2014), al estudiar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en el río Coata, zona Potamal A - Región Puno, obtuvo un resultado promedio para la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 26.56 mg/l. Por otra parte, Quispe (2016), determinó el comportamiento del oxígeno disuelto y los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la Bahía Interior de Puno. Las muestras fueron tomadas dentro de una zona aireada considerando 4 puntos, en donde obtuvo resultados para el OD 8.75 mg/l y para la DBO fue de 40 mg/l.

Paredes (2013), demostró que la calidad de la zona de captación de Chimu, en sus tres captaciones registraron datos por debajo de los Estándares Nacionales Ambientales de Calidad de agua en donde obtuvo para nitratos un promedio de 2.94 mg/l y para el fosforo total fue de 0.08 mg/l. Asimismo Flores (2014), determinó los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en el río Coata, zona Potamal A - Región Puno, cuyo resultado promedio reportado para los nitratos fue de 0.09 mg/l. Del mismo modo Salazar (2015), estudió la calidad físico-química y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Juliaca y obtuvo valores para el contenido de nitratos que fluctuó entre 1 y 7.1 mg/l.

Sin embargo, Calsín (2016), evaluó la calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector Taparachi III de Juliaca, su resultado para los nitratos en pozos artesanales fue de 34.10 mg/l. Por otra parte, Quispe (2016), determinó el comportamiento del oxígeno disuelto y los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la Bahía Interior de Puno. Las muestras fueron tomadas dentro de una zona aireada tomando en consideración 4 puntos, en donde obtuvo un valor de 1.2162 mg/l para los fosfatos.

Según Quispe (2016), determinó el comportamiento del oxígeno disuelto y los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la Bahía Interior de Puno. Las muestras fueron tomadas dentro de una zona aireada tomando en consideración 4 puntos y reportó para el ICA un valor de 65.61 lo que indicó que el agua se encuentra regular. También Monteagudo (2015), realizó una comparación de los

ríos de Lampa y Cabanillas para el Índice de Calidad de Agua (ICA) obtuvo un promedio de 70.16 y 54.14 respectivamente, llegando a la conclusión de que esas aguas tienen una clasificación regular.

Por otro lado (Laqui, *et al.* 2016), en el estudio relacionado al tipo de uso del suelo y la calidad del agua superficial: un caso de estudio en la región hidrográfica del Titicaca - Perú obtuvieron como resultados para el ICA en el eje principal Ramis - Azángaro - Crucero un máximo de 66.50 (calidad buena) que corresponde al río San Antón y un mínimo de 16.2 (mala calidad) que corresponde al río Lunar de Oro en Santa Bárbara-La Rinconada y, para el eje principal Ramis - Ayaviri - Llallimayo presentaron un ICA máximo de 65.1 (calidad buena) que corresponde al río Umachiri y un mínimo de 24.5 (inadecuada calidad) que corresponde al río Ayaviri.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Lago Titicaca

Es una cuenca lacustre del Altiplano que se encuentra inmerso en una cuenca vertiente compartida entre las repúblicas del Perú y de Bolivia en donde al norte la cuenca vertiente está limitada por la Cordillera Vilcanota culminando a 5480 m, nudo de unión de las Cordilleras Occidental y Oriental que delimitan el Altiplano y al Sur de la ciudad de Lima capital del Perú (Northcote *et al.*, 1991; Aguirre, 2009).

Su altitud promedio es de 3810 msnm se posiciona como el lago navegable y tropical más alto del mundo y ocupa un área total de 8 562 km² (el lado peruano tiene un área de 4772 km² y el lado boliviano con 3 790 km²) mide 204 km de largo por 65 km de ancho y una profundidad 283 m cerca de la isla de Soto, se estima que contiene un volumen de 883 millones de m³ de agua donde se pueden identificar tres zonas marcadas, el Lago Menor 2112 km², el Lago Mayor o Chucuito con 6450 km² y dentro de este espacio la Bahía de Puno con 564 km² (ALT, 2012; Revollo, 2001). Al lago lo considera un cuerpo de agua majestuoso, inmenso de impresionante belleza, de profundidades insospechables (Ocola & Laqui, 2017). Así también las aguas del lago Titicaca han jugado un rol importante y tajante en el sustento de los recursos oriundos y la existencia de las comunidades locales (Mackay, 2002).

2.2.2. Islas flotantes, los Uros

Las islas flotantes de los Uros se encuentran al Oeste del lago Titicaca, y al noreste de Puno, entre los paralelos 15° 50' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud aproximada de 3810 msnm a 7 km de la ciudad de Puno. La temperatura en verano oscila entre 13,3 y 20 °C en invierno es de 10,5 y 8 °C. Asentados a lo largo del río Wily con una población actual de 1500 familias, con servicios básicos precarios y en esta última falta de asistencia técnica en potabilización de aguas (Wikipedia, 2014) siendo la totora en estos últimos 600 años el mayor aliado para lograr la supervivencia del pueblo de los Uros, además de ser un material de construcción, ha sido y es utilizado como alimento, así como es principal combustible (Aguirre, 2009). Por lo indicado, la

vida de los Uros está completamente ligada al agua, la totora y la pesca que siguen siendo su principal actividad después del turismo (Escobar, 2004).

2.2.3. El agua

El agua es un líquido constituido por dos sustancias gaseosas: oxígeno e hidrógeno, un volumen de oxígeno por dos de hidrógeno, su fórmula química es el H₂O y es el más importante de los compuestos y uno de los principales constituyentes del mundo en que vivimos y de la materia viva (Fuquene, 2013). Así, define que el agua es uno de los recursos naturales indispensable para la vida en general y para el mantenimiento de los ecosistemas; es un recurso finito, escaso y vulnerable, y, al mismo tiempo, estratégico para el desarrollo socioeconómico de los pueblos porque sin cantidad y calidad de agua, ni la vida ni el desarrollo serían posibles, como no lo sería tampoco la paz social (Ocola & Laqui, 2017). De esta manera se manifiesta que la mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud para ello debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible (OMS, 2004).

Un agua turbia será inapropiada para el uso humano por eso indican que el agua no sea ni muy dura ni muy blanda y principalmente debe exigirse que no esté expuesta en ningún momento a contaminación excremental o por desagües industriales por ende para considerar a un agua “de buena calidad”, debe primar siempre en las exigencias la seguridad de su calidad microbiológica (Ocola & Torres, 1997). Caso contrario las personas con mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad también las personas debilitadas o que viven en situaciones antihigiénicas y los longevos (OMS, 2004). De esta manera un agua para que sea apto para consumo humano debe cumplir con las normas, los parámetros permiten detectar cual es el grado de contaminación que presenta el agua, para esto se realizan constantes mediciones y tomas de muestra del agua para saber si esta cumple con los estándares de calidad (Larry, 2002).

Agua superficial: es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra y van formando ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas,

humedales, sean naturales o artificiales (USGS & EPA, 2004), también se le conoce como el agua de precipitación que no se infiltra en el suelo o que regresa a la atmósfera, por evaporación o transpiración (Sánchez, 2006). Además, indica que en las aguas superficiales la relación de volumen a flujo es muy pequeña y el periodo de renovación es de días a semanas o meses para los grandes ríos y están expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar la calidad del agua en distintos niveles de intensidad (Sahuquillo, 2009).

Agua de un lago: es un cuerpo de agua dulce o salada sin conexión con el mar y es un componente más del agua superficial del planeta. Un lago es un lugar en donde el agua superficial que procede de los escurrimientos de la lluvia (y posiblemente de filtraciones del agua subterránea) se ha acumulado debido a una depresión del terreno, creada normalmente por fallas geológicas y otros lagos tienen origen volcánico. En un lago las velocidades del río disminuyen, y por consiguiente se produce sedimentación, evaporación e infiltración por lo tanto dependiendo de las dimensiones del lago, su forma y profundidad fundamentalmente, se producirán corrientes, tanto horizontales como verticales que le darán sus características especiales como ecosistemas (Dejoux, 1991). Por otra parte, se indica que es un depósito más o menos considerable de agua dulce o salada ya sea conectada con el mar o sin ella, que no abastece ni es abastecido o abastece sin ser abastecido o es abastecido sin abastecer, con una profundidad de 10 metros adelante (Moreno, 1953). Asimismo, el lago es la coactividad natural de la superficie terrestre emergida, en la que el agua subsiste sin comunicación directa con el mar abierto (Chang, 2005).

2.2.4. Características físicas, químicas y biológicas

2.2.4.1. Físicas

El agua que se destina al consumo humano no debe presentar ni color, ni olor, ni materias en suspensión que le confiera turbiedad o aspecto desagradable.

2.2.4.1.1. Sólidos totales: Es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener, a través de esto se puede decir que las aguas naturales son un conjunto de agua con sólidos disueltos y suspendidos

(Tchonanoglous, 2000). Teniendo en cuenta que pueden afectar sensiblemente a la calidad de un agua y, por tanto, limitar sus usos (OMS, 2003).

2.2.4.1.2. Sólidos disueltos: Lo conforman las sales que se localizan presentes en el H₂O y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración. La existencia de estos sólidos no es localizada a simple vista, solo se observa cuando el agua se evapora y quedan las sales residuales en el medio que originalmente contiene el líquido (Tchonanoglous, 2000).

2.2.4.1.3. Sólidos en suspensión: Es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas intensamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez esto señala que cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez y a diferencia de los sólidos disueltos, estos pueden separarse con mayor o menor grado de dificultad por causas mecánicas como son la sedimentación y la filtración (Tchonanoglous, 2000).

2.2.4.1.4. Turbidez: Es la destreza que tiene la materia finamente fraccionada o en estado coloidal de dispersar la luz que muestran en el agua y sus unidades son NTU's (Nephelometric Turbidity Units). Este parámetro es de suma importancia no solo porque es una característica de pureza en el agua a consumir sino también interfiere en procesos de tratamiento de las aguas como es en la desinfección con agentes químicos o con radiación ultravioleta, reduciendo la efectividad biocida de éstos lo cual representa un riesgo en el consumidor (APHA, 1995). Se manifiesta que cuanto más sólidos en suspensión haya en el agua más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez (Montero & Agurto, 2009).

2.2.4.1.5. Temperatura: Es un parámetro físico de valiosa importancia para los ecosistemas hidráulicos, pese a que no es parte de las características de calidad del agua potable. Cuando la temperatura sube, baja la concentración de oxígeno disuelto y si las aguas son defectuosas en oxígeno esto puede ocasionar la muerte de especies acuáticas, especialmente peces (Yepes, 2004). Este parámetro influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica y la

cantidad de OD, afecta las propiedades físicas y químicas del agua y tienen gran influencia sobre los organismos acuáticos, cambiando sus hábitos alimenticios, reproductivos y sus tasas metabólicas, así como también afecta la velocidad del reciclado de los nutrientes en un sistema acuático (GWW, 2005).

2.2.4.2. Químicas

2.2.4.2.1. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios para obtener CO₂ y H₂O se determina midiendo el proceso de reducción de oxígeno disuelto en la muestra de agua manteniendo la temperatura a 20 °C en un periodo de 5 días. Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua (APHA, 1995). En tanto DBO₅ es la cantidad total de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable (CAN, 2005). Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas sobre los cuerpos receptores (Montero & Agurto, 2009).

2.2.4.2.2. Nitratos

En los nitratos está presente en anión NO_3^- , el nitrógeno en estado de oxidación +5 se encuentra en el centro de un triángulo formado por los tres oxígenos. Los nitratos componen parte de los nutrientes esenciales para muchos organismos autótrofos o fotosintéticos y en este sentido, su presencia en el agua puede ocasionar fenómenos de eutrofización en ríos y lagos ello significaría que ocurriría un crecimiento desmedido de algunas especies vegetales que cubren con un manto vegetal la superficie del agua deteniendo de esta forma su oxigenación natural (Salazar, 2015). También son obtenidos a partir de aguas de desecho descargadas directamente y de sistemas sépticos en mal funcionamiento, estos muchas veces son situados junto a pozos de agua, pudiendo contaminar el agua subterránea con nitratos, los cuales en niveles altos consiguen causar una condición llamada *metemoglobinemia* (Mitchell, Stapp & Bixby, 1991).

2.2.4.2.3. Fosfatos

Son nutrientes para las plantas ya que tienen aplicaciones industriales diversas y como fertilizantes. Los vertidos de PO_4^{3-} , a las aguas naturales pueden causar eutrofización. De la utilización de los fosfatos y nitratos presentes en la materia orgánica de la basura de los detergentes hechos a base fosfatos, ocurre el proceso eutrofización, ya que estos son lanzados a los ríos y lagos a consecuencia de esto sucede que cuando el nivel baja 2 mg/l, supone que todos los animales han muerto y hay significativa elevación de la DBO (Salazar, 2015). De igual manera el fosfato orgánico es parte de las plantas y animales y se adhiere a materia orgánica compuesta de plantas y animales vivos, ambos son los responsables de la presencia de algas y plantas acuáticas grandes (Mitchell, Stapp & Bixby, 1991) y se menciona que las masas de agua con altos niveles de fosfatos generalmente tienen altos niveles de DBO_5 debido a las bacterias que consumen desechos de las plantas y posteriormente a los niveles bajos de OD (Montero & Agurto, 2009).

2.2.4.2.4. Potencial de Hidrogeniones (pH)

Comprueba el grado de acidez o alcalinidad (basicidad) (Montero & Agurto, 2009). Es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática e indica que habitualmente el agua natural tiene un cierto carácter básico con unos valores de pH correspondidos entre 6.5 a 8.5 (Fuquene, 2013). De igual forma el pH es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua para ello es recomendable la medición “*in situ*”, de modo que no se modifique los equilibrios iónicos. Debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes cambia cuando es llevado al laboratorio (APHA, 1995). Además, depende de la concentración de anhídrido carbónico, consecuencia de la mineralización de las sales presente en el agua (SENAMHI, 2007).

2.2.4.2.5. Oxígeno disuelto (OD)

La concentración del O_2 en el agua, depende de la temperatura del agua y de la presión parcial del O_2 en la atmósfera, se deduce que la agrupación del O_2 en agua a 25 °C es 8.32 mg/l. ello indica que el OD es la cantidad de oxígeno que

esta disuelto en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. Generalmente un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad de lo contrario si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir o pueden ser vulnerables a enfermedades y parásitos (APHA, 1995). Asimismo, señala que el nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua (Montero & Agurto, 2009). A su vez el OD debe medirse “*in situ*” ya que las concentraciones pueden cambiar en un corto tiempo, para realizar mediciones muy exactas, se debe considerar el método de electrodo de membrana, un adecuado nivel de OD es necesario para una buena calidad de agua (Aguirre, 2014).

2.2.4.3. Biológicas

Grupo coliforme son especies bacterianas que tienen ciertas características en común e importancia relevante como indicadores de contaminación de agua, ya que están asociados a fuentes de patógenos (Montero & Agurto, 2009).

2.2.4.3.1. Coliformes totales

Los coliformes totales son un grupo de microorganismos que comprende varios géneros de la familia *Enterobacteriaceae*. Este grupo de microorganismos se encuentra abundantemente difundido en la naturaleza, agua y suelo, además hábitat normal del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente sus características morfológicas son bacilos gramnegativos, aerobios o anaerobios facultativos, oxidasa negativos, no esporógenas (Rivera, 2010). Pueden desarrollarse en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos con propiedades similares de inhibición del crecimiento, estas bacterias son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas en tu tiempo máximo de 48 horas (Soler, 2006; Ecofluidos ingenieros S.A. 2012).

2.2.4.3.2. Coliformes termotolerantes

Son un subgrupo de los coliformes totales, capaces de fermentar la lactosa a 44,5 °C con producción de ácido y gas, están formados principalmente por *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Escherichia coli*, se caracterizan por soportar

temperaturas hasta 45 °C, comprende un grupo muy reducido de microorganismos, entre los que se destaca *Escherichia coli*, siendo el más reconocido representante de contaminación de calidad de agua (Suarez, 2002). Esta bacteria ocurre de manera natural en el aparato digestivo humano y ayuda en la digestión de los alimentos y por sí sola no es patógena, sin embargo, asociada con otros organismos patógenos, causan complicaciones en la salud humana (Cardona, 2003).

2.2.4.3.3. *Escherichia coli*

Escherichia coli se caracteriza por ser una bacteria gramnegativa, capaz de fermentar la lactosa a una temperatura entre 44 °C y 44,5 °C y son capaces de producir indol a partir de triptófano (Puerta & Mateos, 2010). Esta bacteria tiene un origen específicamente fecal, pues está siempre presente en grandes cantidades en las heces de los seres vivos de sangre caliente. Desde hace tiempo se reconoce que los organismos del grupo coliformes son un buen indicador microbiano de la calidad del agua y si se halla la presencia de *Escherichia coli* en muestras de agua, indica la existencia de fallas en la eficacia de tratamiento de aguas, en la integridad del sistema de tratamiento y por tanto evidencia de contaminación de diferentes orígenes: suelo, superficies de agua dulce y tracto digestivo (Chávez, 2002). Esta bacteria se encuentra en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en sedimentos del fondo (Ecofluidos ingenieros S.A. 2012).

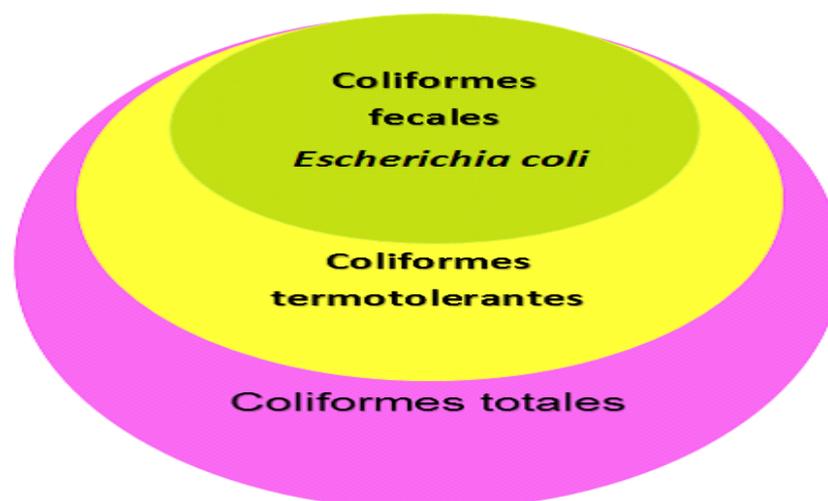


Figura 1. Relación entre coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Adaptado de (Curso sobre métodos bacteriológicos para el análisis de agua potable, 2000).

2.2.4.3.4. Género *Klebsiella*

El género *Klebsiella* está constituido por *Klebsiella pneumoniae* es la especie de mayor relevancia clínica, compuesto por bacterias gramnegativas de la familia *Enterobacteriaceae*, que desempeñan un significativo papel como causa de las enfermedades infecciosas oportunistas. El género fue llamado así en honor a Edwin Klebs, un microbiólogo alemán de finales del siglo XIX. El bacilo conocido como *Klebsiella pneumoniae* también fue descrito por Karl Friedländer (Chávez, 2002). Son fermentadoras de lactosa e indol negativas, la mayoría produce colonias sumamente mucoides en placas debido a la producción de una cápsula de polisacárido cuantioso y todas son inmóviles (Puerta & Mateos, 2010).

Klebsiella pneumoniae, dentro de este género bacteriano, está implicada especialmente en infecciones nosocomiales y es el agente causal de infecciones del tracto urinario, neumonías, sepsis, infecciones de tejidos blandos, e infecciones de herida quirúrgica. Produce alrededor del 1% de las neumonías bacterianas y suele causar condensación hemorrágica extensa del pulmón (Chávez, 2002).

2.2.4.3.5. Género *Citrobacter*

El género *Citrobacter*, originalmente comprendía dos especies: *Citrobacter freundii* y *Citrobacter koseri* (también llamado *Citrobacter diversus* durante algún tiempo) pero con el avance de la Biología Molecular quedó integrado por 11 especies. Estas especies no sólo pueden separarse por diferencias en su material genético, sino que también pueden utilizarse algunas pruebas bioquímicas para identificarlas (Murray, 2006).

Los miembros del género *Citrobacter* se denominan así por su capacidad para usar citrato como su única fuente de carbono y se diferencian por su capacidad para convertir el triptófano en indol, fermentar la lactosa y utilizar malonato. *C. freundii* produce H₂S de ahí que pueda confundirse con *Salmonella*. El lugar de origen más frecuente de los cultivos de *Citrobacter* es el tracto urinario y a menudo es asociado a un catéter insertado. Además, las cepas de *Citrobacter*

están implicadas en infecciones intra abdominales, infecciones de tejidos blandos y osteomielitis (Puerta-García, 2010).

Algunas de ellas son patógenas oportunistas en el hospital y en menor medida en la comunidad y producen infecciones urinarias, infecciones del tracto respiratorio e infecciones de heridas principalmente en adultos mayores de 65 años. Estas infecciones son polimicrobianas entre el 50 y el 60% y se asocian a altas tasas de mortalidad (18 - 50%) o internaciones prolongadas (Murray, 2006).

2.2.5. Análisis microbiológico de aguas

En el análisis microbiológico de las aguas no se buscan directamente las bacterias o virus patógenos, sino algunas bacterias indicadoras de contaminación como heces fecales existen diversas técnicas de análisis microbiológico que permiten detectar la presencia de ciertos microorganismos indicadores de contaminación tales como el método de filtración por membrana, la técnica del NMP o fermentación en tubos múltiples, los cuales son utilizados como control de calidad de agua donde se requiere procesar un gran número de muestras (Vargas, 2000).

2.2.6. Índice de Calidad de Agua

El Índice de Calidad del Agua indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como un valor del agua pura. Así, el agua altamente contaminada tendrá un ICA = 0, en tanto que el agua en excelentes condiciones el valor del ICA = 100. El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” (Water Quality Index) que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en español se conoce como: Índice de Calidad del Agua (ICA). Se desarrolló, por primera vez en 1970 es una metodología para crear un índice de calidad de agua debido a la necesidad de implantar un método uniforme que pudiera medir la calidad del agua. Índice puede ser aplicado a cualquier cuerpo de agua donde los objetivos hayan sido probados (Brown, 1970). Asimismo, ICA consiste en simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (Sandoval, 2008).

Tabla 1. Estructura de cálculo del Índice de Calidad de Agua propuesta por Brown, 1970.

Índice de British Columbia	Ecuación	Observaciones
CCM – WQI (Canadá) DWQI (EU)	$ICA = 100 - \sqrt{F1 + F2 + F3} / 1.732$ El divisor 1.732 normaliza el resultado entre un rango entre 0 y 100, donde 0 representa la peor calidad de agua y 100 representa la mejor calidad de agua.	El índice incorpora tres elementos: <ul style="list-style-type: none"> - Alcance (F1): porcentaje de parámetros que exceden la norma. - Frecuencia (F2): porcentaje de pruebas individuales de cada parámetro que excede la norma. - Amplitud (F3): magnitud en la que excede la norma cada parámetro que no cumple.

Fuente: (Brown, 1970)

2.3. Marco conceptual

Agua: Es el compuesto formado por 2 átomos de hidrógeno (H) y 1 de oxígeno (O₂) cuya fórmula química es H₂O (Rojas, 2002).

Antropógenas: Sustancias producidas por la acción humana (Arce & Tomasini, 2000).

Bacterias: Nombre que reciben los organismos unicelulares y microscópicos, que carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular (Arce & Tomasini, 2000).

Calidad bacteriológica del agua: Se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que, por su presencia puedan señalar la posible existencia de otros, tales como los coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella* (Rojas, 2002).

Calidad físico-química del agua: Se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (Rojas, 2002).

Coliformes fecales: Organismos termotolerantes de crecimiento aeróbico, ya sea a 35 °C ± 1 °C o 37 °C ± 1 °C en un medio de cultivo lactosado con producción de ácido y gas dentro de un periodo de 48 horas (Arce & Tomasini, 2000).

Contaminación: Alteración de las características físicas, químicas o biológicas del agua, resultante de la incorporación deliberada o accidental en la misma de productos o residuos que afecten los usos del agua, de modo que produzcan daños a la salud del hombre deteriorando su bienestar (Arellano & Guzmán, 2011).

Contaminante: Sustancia que altera la pureza o naturaleza de un elemento, tal como aire, agua o suelo (Arce & Tomasini, 2000).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es una medida de la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica de una muestra de agua, por medio de una población microbiana heterogénea. La información obtenida en la prueba corresponde a la materia orgánica biodegradable (Hungler, 2000).

Escherichia coli: Son bacilos gramnegativos, no esporulados, móviles, es habitante normal del intestino humano, es utilizado como indicador de contaminación fecal de aguas (EMAPA, 2012).

Índice de calidad del agua: Es un valor numérico calculado a partir de los parámetros más representativos de la calidad del agua relacionados al uso de un cuerpo de agua (Vergara, 2001).

Microorganismo: Ser vivo que sólo se puede observar utilizando microscopios ópticos o electrónicos (Arce & Tomasini, 2000).

Número Más Probable: Método cuantitativo para estimar la concentración de bacterias presentes en el agua, mediante la inoculación de una serie de tubos en concentraciones decimales decrecientes de la muestra, en un medio de cultivo adecuado, los cuales se incuban en condiciones de tiempo y temperatura determinados (APHA, 2005).

Parámetros: Son tanto composiciones físicas químicas y microbiológicas (Eyssautier, 2006).

Sólidos disueltos totales: Comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua (Ecofluidos ingenieros S.A. 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El área de estudio comprendió las Islas flotantes los Uros del lago Titicaca, ubicados en la bahía de la ciudad de Puno, departamento de Puno, a 3810 msnm, geográficamente las Islas están comprendidas entre las coordenadas: LS 15° 49'40'' (Latitud Sur) LO 70° 0'57'' (Longitud Oeste) la Isla Suma Balsa; LS 15° 49'10'' LO 69° 58'10'' la Isla Tupir Marka; LS 15° 49'2'' LO 69° 58'27'' la Isla Summa Willjta; LS 15° 48'39'' LO 69° 58'23'' la Isla Suma Uro; LS 15° 48'39'' LO 69° 58'23 la Isla Titora (datos obtenidos con GPS marca ETREX 20).

Se analizaron aguas del lago obtenidas de las áreas aledañas a las islas en el laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA Puno y los análisis físico-químicos en el Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

3.2. Tipo de estudio

El estudio fue de tipo descriptivo, analítico y prospectivo en la determinación de parámetros microbiológicos y físico-químicos de las aguas de consumo humano de la población Uros del lago Titicaca en un tiempo determinado.

3.3. Tamaño de muestra

Se obtuvieron 5 muestras de agua en 5 puntos de muestreo con 3 repeticiones correspondiente a 5 islas de los Uros realizados durante los meses de mayo a julio del 2016.

Para lo cual se consideró la toma de muestra simple teniendo en consideración el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales” del Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental-DIGESA. y la ley N° 17752. El muestreo se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2. Número de repeticiones y puntos de muestreo de las islas flotantes los Uros, mayo a julio del 2016.

N° de muestra	Zonas	Repeticiones			Total
		mayo	junio	julio	
PM1	Isla Suma Balsa	1	1	1	3
PM2	Isla Tupir Marka	1	1	1	3
PM3	Isla Summa Willjta	1	1	1	3
PM4	Isla Suma Uro	1	1	1	3
PM5	Isla Totora	1	1	1	3
TOTAL		5	5	5	15

Fuente: Elaboración propia

Los puntos de muestreo fueron: (PM1) Isla Suma Balsa, (PM2) Isla Tupir Marka, (PM3) Isla Summa Willjta, (PM4) Isla Suma Uro y (PM5) Isla Totora como se muestra en la figura 2:

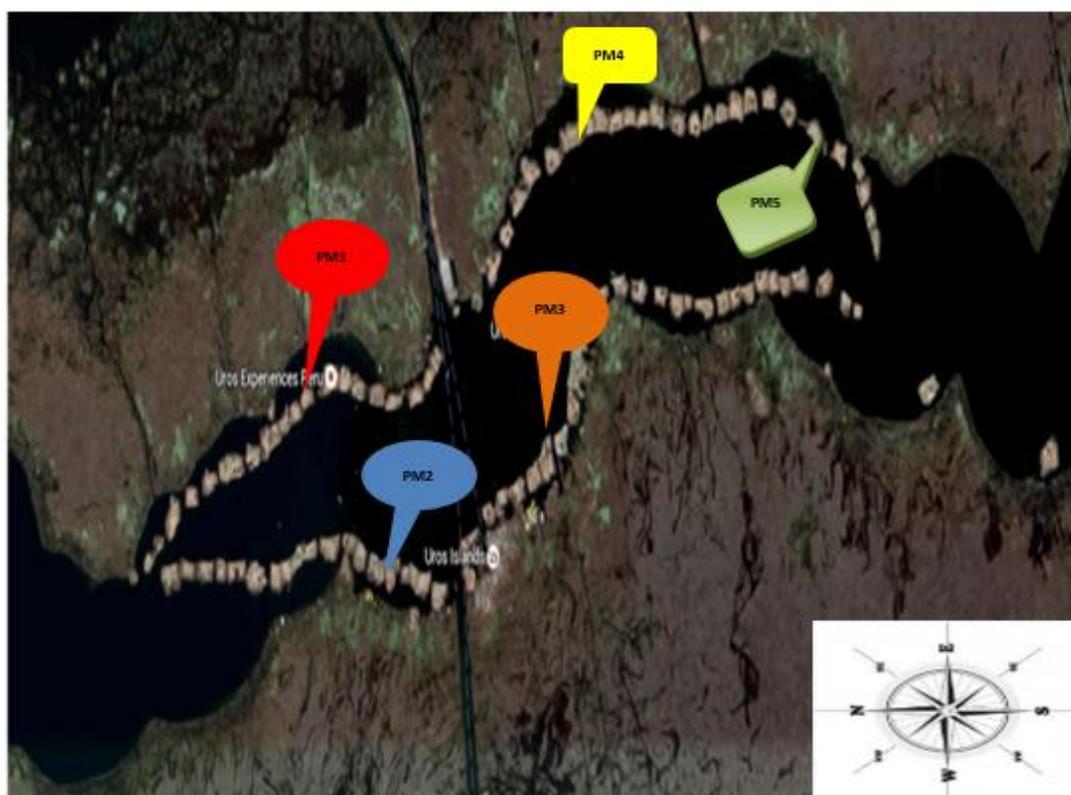


Figura 2. Puntos de muestreo en la zona de influencia en el río Wily Uros Tomado de (Google Earth 2016).

3.4. Materiales y Método

3.4.1. Material experimental

Agua de los alrededores de las islas flotantes los Uros.

3.5. Metodología

3.5.1. Determinar los índices de bacterias coliformes totales, fecales y termotolerantes en aguas de consumo humano de los pobladores de las islas flotantes los Uros.

3.5.1.1. Preparación de Materiales

En el laboratorio se esterilizó todo el material a utilizarse (tubos de ensayo, probeta, pipeta, matraz y placas Petri, todo cubierto con papel Kraft) para lo cual utilizamos la estufa de esterilización (marca L-MIN, modelo: LP-310) a una temperatura de 180 °C.

Se prepararon los medios de cultivo estériles en autoclave, caldo lactosado, caldo verde brillante bilis, agar EMB, medios bioquímicos, se trabajó a condiciones de esterilidad con los medios de bioseguridad e indumentaria de contención.

3.5.1.2. Toma de Muestra

Según Protocolo Nacional para el monitoreo de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales (MINAGRI, 2016 con Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) el método de toma de muestra para este efecto, se guió mediante el protocolo establecido para agua potable y residual. La recolección de muestras de agua se realizó entre 8:00 am a 9:00 am y en cada salida para realizar el correspondiente muestreo se colectaron 5 muestras.

- Para la toma de muestra de agua utilizamos los frascos de vidrio de boca ancha de 1000ml previamente esterilizados.

- La técnica utilizada fue la toma manual sumergiendo los frascos de vidrio a una profundidad de 20 cm hasta llenarla completamente (Anexo figura 24).

- Luego de retirar la muestra de agua conteniendo en el frasco (Anexo figura 25), inmediatamente se secaron con papel toalla y lo tapamos.
- A la muestra obtenida en el frasco se colocó la correspondiente etiqueta rotulada con número de muestra, fecha y nombre de la zona de muestreo, la recolección de muestra de agua fue de (1000 ml).
- Las muestras de agua se transportaron en un cooler a 4 °C para su conservación (Anexo figura 28) y se trasladó de inmediato a los laboratorios para los respectivos análisis.

3.5.1.3. Método microbiológico para la determinación de coliformes totales, fecales y termotolerantes

3.5.1.3.1. Método Número Más Probable (NMP) para coliformes totales (APHA-AWWA-WEF, 2005)

Fundamento

NMP es el cálculo de la densidad probable de bacterias coliformes en la combinación de resultados positivos y negativos obtenidos en cada dilución. La determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número Más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un máximo de 48 horas, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, test presuntivo y test confirmativo.

A. Método I: Test presuntivo:

La prueba presuntiva es el cultivo de microorganismos capaces de metabolizar la lactosa, permitiendo recuperar todas las bacterias que se encuentran presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar la lactosa como fuente de carbono. Para iniciar a preparar el medio utilizamos la indumentaria de contención, el caldo lactosado se preparó pesando en la balanza analítica la cantidad requerida de lactosa y en una probeta se midió la cantidad de agua destilada a utilizar. Luego se llevó en un matraz a la cocinilla hasta un punto de ebullición para homogenizarla (Anexo figura 29) en seguida se adicionó al matraz el indicador rojo de fenol, posterior a ello colocamos los tubos de ensayo en la gradilla

portatubos para distribuir la lactosa y finalmente se trasladó al autoclave por 15 minutos para que quede libre de contaminación (Anexo figura 30).

Procedimiento

Dilución de muestras.

- Se preparó 3 tubos de ensayo con caldo lactosado doble concentración con un volumen de 10 ml cada uno y 6 tubos de ensayo en un volumen de 10 ml cada tubo conteniendo un tubito Durham invertido e indicador, estériles.
- La inoculación de la muestra de agua; previamente se homogenizó y se obtuvo una muestra de 10 ml y se inoculó en 3 tubos de caldo lactosado de doble concentración para obtener la dilución 10^{-1} o (1:10), 1 ml de muestra de agua en 3 tubos de caldo lactosado simple concentración para la dilución 10^{-2} o (1:100) y en los 3 tubos restantes se inoculó en volumen de 0.1 ml de la muestra de agua obteniendo la dilución de 10^{-3} o (1:1000) (Anexo figura 31).
- Los tubos inoculados se agitaron suavemente para obtener una mezcla uniforme.
- Se colocaron en una gradilla portatubos cubriéndolos con papel Kraft, se llevaron a la estufa de incubación a 37 °C por 24 a 48 horas (Anexo figura 32).
- Transcurrido el tiempo, se observaron los tubos para su lectura e interpretación.

Interpretación

En los tubos donde no se observó crecimiento microbiano y/o presencia de gas, se consideró como negativo.

Se calificó como positivo en los tubos donde hubo fermentación de la lactosa y presencia de gas (Anexo figura 33). En seguida se anotó los resultados para luego realizar el análisis de Test confirmativo para coliformes totales.

B. Método II: Test confirmativo:

Se utilizó el medio de cultivo caldo verde brillante bilis lactosa (CVBB) preparados en tubos de ensayo con tubito Durham invertido (Anexo figura 34), que permite desarrollar en forma selectiva los coliformes totales capaces de utilizar bilis y fermentar la lactosa.

Procedimiento:

De los tubos de caldo lactosado positivo con una pipeta estéril se obtuvo 1 ml y se inoculó en los tubos que contenían caldo verde brillante bilis.

Se agitan suavemente los tubos inoculados para su homogenización.

Se llevaron a la estufa de incubación durante 24 hasta un máximo de 48 horas a una temperatura de 37 °C.

Transcurrido las 48 horas se procedió a realizar la lectura y se observó turbidez y presencia de gas, se consideró positivo a los tubos que presentaron las características mencionadas para hacer el cálculo del método NMP.

- El cálculo de la densidad de coliformes totales se basó en la combinación de los resultados positivos y negativos, contabilizando los tubos y luego cotejados con la tabla del NMP; para el cálculo de microorganismos coliformes en 100 ml de muestra, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Valor de la tabla del NMP}}{10} \times 100 = \text{NMP}/100 \text{ ml}$$

3.5.1.3.2. Método Número Más Probable para Coliformes fecales (*Escherichia coli*) (APHA-AWWA-WEF, 2005)

La determinación del número más probable de microorganismos coliformes fecales (*E. coli*) se realizó a partir de los tubos positivos de la prueba confirmativa con la finalidad de aislar selectivamente el organismo *Escherichia coli* indicador de contaminación fecal.

Test de aislamiento para confirmar presencia de coliformes fecales

Prueba que consiste en aislar coliformes fecales a partir de cada uno de los tubos que resultaron positivos, estos de la prueba presuntiva y confirmativa (Anexo figura 34 y 36), en condiciones de esterilidad, a partir del cultivo confirmativo, utilizamos un asa de kolle en aro, se obtuvo una asada y se sembró en la superficie del agar Eosin Metil Blue (EMB) mediante la técnica de agotamiento (Anexo figura 37), las placas sembradas se incubaron a temperatura de 37 °C.

Pasado el tiempo se realizó la lectura donde el crecimiento típico fue el desarrollo de colonias oscuras con color verde brillante metálico (Anexo figura 38), los cuales se consideraron como positivos, para su confirmación se llevaron a las pruebas diferenciales o bioquímicas.

3.5.1.3.3. Metodología para pruebas bioquímicas (INS, 2001)

Se realiza a partir de colonias típicas desarrolladas en el medio EMB.

Consiste en la incubación de colonias en medios diferenciales para su identificación: TSI, LIA, Citrato de Simmons e Indol o caldo peptonado (Anexo figura 39).

La lectura se realizó pasando las 48 horas, como resultado aislamos a la bacteria *Escherichia coli* (Anexo figura 40) y el género *Citrobacter* (Anexo figura 41).

A. TSI (Triple Sugar Iron) Agar hierro tres azúcares (INS, 2001)

La inoculación en el medio TSI contenido en el tubo de ensayo se realizó obteniendo en condiciones de esterilidad una colonia típica en el asa de kolle en punta y se introdujo en el agar hasta el fondo, realizando 2 punturas uno delante y otra atrás y en la superficie una estría simple.

Los tubos inoculados se incuban a temperatura de 37 °C por 24 a 48 horas para luego realizar las lecturas utilizando las tablas de identificación.

La interpretación se realizó observando el cambio de color del medio y presencia de gas, si ha virado a color amarillo es lactosa positivo (+).

B. LIA (Lisina Iron Agar) Agar lisina hierro (INS, 2001)

La inoculación en el medio LIA contenido en el tubo de ensayo se realizó obteniendo en condiciones de esterilidad una colonia típica en el asa de kolle en punta y se introdujo en el agar hasta el fondo, realizando 1 puntura hasta el fondo y en la superficie una estría simple.

Los tubos inoculados se incuban a temperatura de 37 °C por 24 a 48 horas para luego realizar las lecturas utilizando las tablas de identificación.

La interpretación se realizó observando el cambio de color del medio, si ha virado a color rojizo es positivo (+).

C. Citrato de Simmons (CS) (INS, 2001)

La inoculación en el medio CITRATO DE SIMMONS contenido en el tubo de ensayo se realizó obteniendo en condiciones de esterilidad una colonia típica en el asa de kolle en punta realizando en la superficie una estría simple.

Los tubos inoculados se incuban a temperatura de 37 °C por 24 a 48 horas para luego realizar las lecturas utilizando las tablas de identificación.

La interpretación se realizó observando el cambio de color del medio, si ha virado a color azul es positivo (+).

D. Indol (INS, 2001)

La inoculación en el medio INDOL contenido en el tubo de ensayo se realizó obteniendo en condiciones de esterilidad una colonia típica en el asa de kolle en punta realizando un movimiento homogenizándolo en el caldo.

Los tubos inoculados se incuban a temperatura de 37 °C por 24 a 48 horas para luego realizar las lecturas utilizando las tablas de identificación.

La interpretación se realizó añadiendo al medio dos gotas del Reactivo de Kovac y en la superficie del medio se observó la formación de un anillo de color fucsia característico de esta prueba, indicándonos como positivo (+).

3.5.1.3.4. NMP para coliformes termotolerantes

Se siguió la misma metodología detallada anteriormente para coliformes, con la diferencia que los cultivos se incubaron a una temperatura de 45 °C, dándonos como resultado final negativo, porque no hubo ningún tipo de crecimiento microbiano.



Figura 3. Toma de muestras en la zona de la Isla Suma Uro en el mes de mayo 2016
Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Determinar los parámetros físicos: Temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y químicos: pH, nitratos, fosfatos, DBO₅ y OD dentro del área de influencia de las islas flotantes los Uros.

La metodología empleada para cada parámetro físico-químico, se basó en (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd ed. 2012).

3.5.2.1. Parámetros físicos

3.5.2.1.1. Temperatura y Sólidos Disueltos Totales

Se utilizó los métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales, 2012. Se tomó una muestra de 100 ml en un vaso de precipitado, se agitó bien la muestra, luego se enjuagó el electrodo del multiparamétrico (Anexo figura 43), y se sumergió directamente en el vaso de precipitado, después se esperó que el equipo realice la medida y luego se hizo la lectura correspondiente del dato.

3.5.2.1.2. Turbidez

Se utilizó el método Nefelométrico considerado dentro de los métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales, 2012. Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia de idénticas condiciones. Se agita cuidadosamente la muestra. Esperar hasta que desaparezcan las burbujas de aire, y verter en la celda de Turbidímetro (Anexo

figura 44). La lectura se hace directamente en la escala del aparato calibrado adecuado.

3.5.2.2. Parámetros químicos:

3.5.1.2.1. Potencial de hidrogeniones (pH)

Se utilizó el método electrométrico considerado dentro de los métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales, 2012. Se preparó una muestra de 100 ml en un vaso de precipitado, se calibró el Potenciómetro (Anexo figura 42), con un electrodo indicador utilizando los tampones del National Institute Standards and Technology (NIST) de 4.00 ± 0.02 y 10.00 ± 0.02 , y se colocó la sonda con el electrodo luego se presionó medir y se esperó a que la sonda reconozca la muestra hasta que alcance la estabilidad y luego se efectivizó la lectura.

3.5.1.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se utilizó el método normalizado para análisis de aguas y aguas residuales, 2012. Se preparó diluciones para las muestras que se requerían.

Se introdujo una varilla agitadora (imán) en el interior del biómetro. Se añadió el inhibidor de la nitrificación en una proporción equivalente a 20 gotas de la disolución de alliltiourea por litro de muestra. Se puso dos perlitas de NaOH en la cápsula diseñada a tal efecto. Se añadió un volumen de muestra determinado en el biómetro. El volumen a utilizar depende del rango de DBO esperado, y está especificado en las instrucciones de uso del biómetro. Se colocó la cápsula conteniendo NaOH sobre la parte superior del biómetro, una vez que la muestra estuvo estable y no se observaron burbujas de aire. Se cerró el biómetro con el correspondiente tapón-registrador, y se puso la lectura a cero. Se introdujo el biómetro en la cámara incubadora a 20 °C y se encendió la base de agitación magnética. Se mantuvo la agitación suave constante durante todo el ensayo. Se realizó la lectura a los cinco días, siguiendo el procedimiento de lectura de la casa fabricante del biómetro, mediante el método OXITOP (Anexo figura 45).

3.5.1.2.3. Nitratos

Se utilizó el método de reducción de cadmio; rango de 0 a 30.0 mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$ considerado dentro de métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales, 2012.

Se programó el equipo para la especie de interés y ajustó el largo de onda de máxima absorción, 400 nm. Luego se llenó una celda con 25 ml de muestra y otra celda con 25 ml de agua desionizada. Añadimos el contenido de un sobre del reactivo NitraVer 5 a cada celda. Agitamos por un periodo de un minuto. Se dejó reposar por un periodo de cinco (5) minutos para la reacción. Se colocó la celda que contiene el agua desionizada (blanco) en el instrumento, cerramos la compuerta. Presionamos ZERO, el instrumento debe leer 0 mg/l. Colocamos la celda que contiene la muestra en el instrumento. Se presionó READ. Procedemos con la lectura la concentración de nitrato, en mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$ (Anexo figura 46 y 47 respectivamente).

3.5.1.2.4. Fosfatos

Se utilizó el Método de ácido ascórbico; rango 0 a 2.50 mg/l PO_4^{3-} (Adaptación de Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

Se programó el equipo para la especie de interés y para ajustar el largo de onda de máxima absorción, 890 nm. Se llenó dos celdas con 25 ml de muestra cada una. Añadimos el contenido de un sobre del reactivo PhosVer 3 a una de las celdas. Se agitó por un periodo de un minuto. Luego dejamos reposar por un periodo de dos (2) minutos para la reacción. Se colocó la celda que NO contiene el PhosVer 3 (blanco) en el instrumento, cerramos la compuerta. Presionamos ZERO, el instrumento debe leer 0 mg/l. Colocar la celda que contiene la muestra con el PhosVer 3 en el instrumento. Presionar READ. Leer la concentración de fosfato, en mg/l PO_4^{3-} (Anexo figura 46 y 47 respectivamente).

3.5.1.2.5. Oxígeno Disuelto

Se utilizó 4500-0 G, se consideró métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales, 2012. Thermo Scientific Orion, calibrar con una solución

electrolítica la membrana del electrodo fino del oxímetro (Anexo figura 48), luego interaccionar con el aire o el ambiente presionar la tecla calibrar y quedara operativa para medir la concentración de oxígeno disuelto, mantener unos segundos durante la medición y esperar la estabilidad de la concentración luego proceder a la lectura directa de la concentración.

3.5.3 Evaluar el Índice de Calidad del Agua para consumo humano en las inmediaciones de las islas flotantes los Uros.

Parámetros considerados para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) según (Brown, 1970).

Para hallar el ICA se consideraron 9 parámetros como se menciona: Temperatura, Potencial de hidrogeniones, Sólidos disueltos totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Oxígeno disuelto, Turbiedad, Coliformes.

Para el cálculo del índice son necesarios tres factores:

F_1 = Alcance u objetivo

$$F_1 = \left(\frac{\text{Parámetros fallidos}}{\text{total de parámetros}} \right) \times 100$$

F_2 = Frecuencia

$$F_2 = \left(\frac{\text{Ensayos fallidos}}{\text{total de ensayos}} \right) \times 100$$

F_3 = Amplitud

$$\text{excursion}_i = \left(\frac{\text{Valores fallidos}}{\text{Valor normado}} \right) - 1$$

$$\text{excursion}_{ii} = \left(\frac{\text{Valor normado}}{\text{Valores fallidos}} \right) - 1$$

- Cálculo de la suma normalizada de excursiones:

$$nse = \sum_{i=1}^n \frac{\text{excursion}}{\text{total de ensayos}}$$

- Al final para el factor F_3 la fórmula es:

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01 nse + 0.01} \right)$$

*nse = suma normalizada de las excursiones. (Siglas en ingles).

- Fórmula para calcular ICA con los resultados de los tres factores:

$$ICA = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

El ICA, es un índice utilizado para calcular la calidad del agua, desde el punto de vista integral, considerando principalmente la condición del ecosistema en sí; más no su posibilidad para sus usos con fines de consumo humano.

3.6. Método estadístico

3.6.1. Diseño Completamente al Azar (DCA)

Para el estudio se aplicó diseño experimental bajo un análisis de varianza ANVA a Diseño Completamente al Azar (DCA), donde los tratamientos considerados para cada parámetro analizado fueron los puntos de muestreo en el río Wily, en inmediaciones de las islas flotantes los Uros, así como los meses. El modelo matemático se describe a continuación:

El modelo estadístico del Diseño Completamente al Azar es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

T_i = tratamientos (puntos de muestreo y meses).

Y_{ij} : Variable respuesta (coliformes NMP/100 ml, la temperatura en °C, el pH en unidades, la turbidez en NTU y los demás parámetros en mg/l).

μ : Media general.

e_{ij} : Efecto del error experimental que se asume normalmente e independientemente distribuido con media cero y varianza σ^2 . (Carvajal, 2013).

Para el caso en que las variables fueron discretas (Número Más Probable de coliformes totales, fecales y termotolerantes), se realizaron transformaciones al $\sqrt{x + 1}$, para posteriormente proceder al ANVA.

Para el caso de que se presentaron diferencias significativas en el ANVA, se utilizó la prueba de medias de Tuckey, a un nivel de confianza $\alpha = 0.05$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Número Más Probable (NMP) para coliformes totales, fecales y termotolerantes en aguas de consumo humano de los pobladores en las islas flotantes de los Uros.

Los resultados del análisis de agua de los alrededores de las 5 islas de los Uros del lago Titicaca mediante el método del Número Más Probable fueron como a continuación se detallan:

4.1.1. Coliformes Totales

Para coliformes totales según los puntos de muestreo tuvo valores similares, con un promedio general de 4424, 00 NMP/100 ml (Tabla 3), por lo cual no se encontró diferencias estadísticas significativas y esta fue corroborado con el ANVA ($P=0.777$) (Anexo tabla 25). Estos altos valores de coliformes totales evidencian una importante carga bacteriana en las aguas.

Tabla 3. Valores de los coliformes totales en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media \pm EE (NMP/100 ml)	ANVA ($\alpha = 0.05$)
PM1	3	4236,66 \pm 3402,10	a
PM2	3	4616,66 \pm 3215,37	a
PM3	3	1763,33 \pm 772,01	a
PM4	3	7476,66 \pm 3523,33	a
PM5	3	4026,66 \pm 3493,92	a
Total	15	4424,00 \pm 1258,62	

Fuente: Elaboración propia

Al confrontar estos valores con los ECAs (MINAM, 2017) en la Categoría 1 A-1 se aprecia que nuestros valores superan ampliamente lo establecido en la norma, ya que aguas con fines de consumo humano no deberían pasar para coliformes totales un valor de 50 NMP/100 ml, por lo tanto, estas aguas no son adecuadas en este parámetro para el consumo humano (Figura 4).

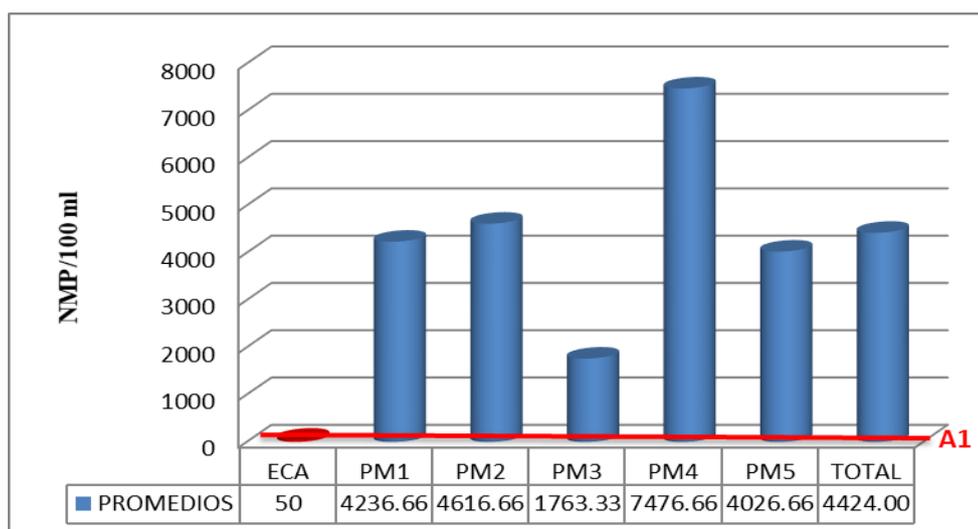


Figura 4. Promedios de coliformes totales según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

En cambio, con respecto a coliformes totales según los meses, si se evidenciaron diferencias significativas a través del ANVA y utilizando la prueba de medias de Tuckey ($P=0.018$) (Anexo tabla 26), siendo estadísticamente diferentes los valores de mayo, junio y julio (3416, 8858 y 998 NMP/100 ml respectivamente) (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de coliformes totales en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media ± EE (NMP/100 ml)	Tuckey ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	3416,00 ± 1933,15	b
Junio	5	8858,00 ± 2142,00	a
Julio	5	998,00 ± 452,29	c
Total	15	4424,00 ± 1258,62	

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que de acuerdo a meses del mismo modo supera los ECAs para la categoría 1 A-1, y los valores de coliformes totales varían en los 3 meses (Figura 5).

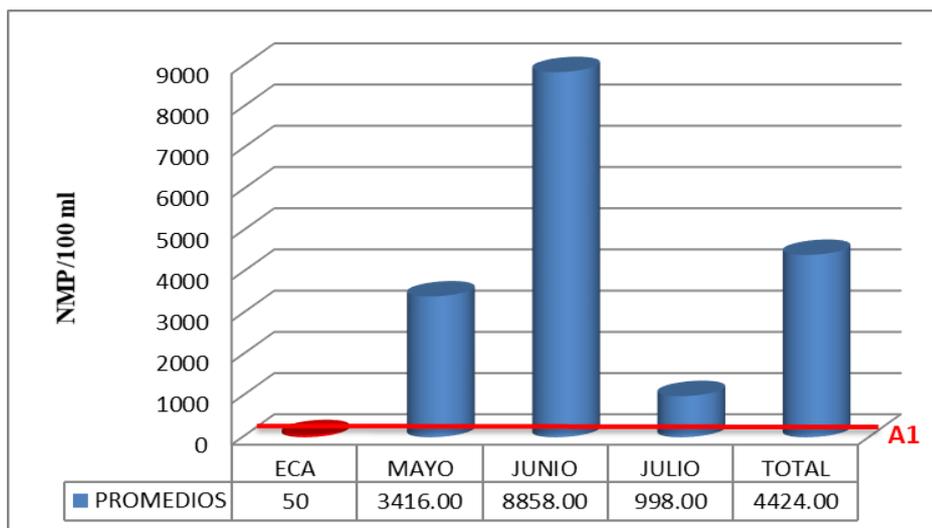


Figura 5. Promedios de coliformes totales según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación respecto a coliformes totales, son superiores a los reportados por Abad (2014), quien presentó rangos de 0 a 67,50 NMP/100 ml. Según Paredes (2013), obtuvo un valor de 115 UFC/100 ml. También Calsín (2016), afirma haber obtenido en aguas de pozos artesanales valor de: 378,16 UFC/100 ml. Del mismo modo a lo reportado por Quispe (2017), con un rango de 43,33 a 330 NMP/100 ml. Por otra parte, los valores del estudio realizado son inferiores a lo investigado por Flores (2014), cuyo valor fue de 7940 NMP/100 ml. Pero se asemeja al de Sotil (2017), que obtuvo valores entre 2100 a 11000 NMP/100 ml evaluando la contaminación de aguas cercanas a las ciudades de Iquitos, Pucallpa y Tarapoto. Por consiguiente, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue: 4424,00 NMP/100 ml, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros no son aptos para consumo humano (50 NMP/100 ml) (MINAM, 2017).

Esto resulta debido a que existe un gran número de contaminantes del agua que son causados por diferentes microorganismos patógenos como bacterias, parásitos, virus y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, etc. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por eso un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es determinar las bacterias coliformes presentes en el agua.

4.1.2 Coliformes fecales

En cuanto a coliformes fecales según los puntos de muestreo no hubo diferencias con excepción al PM2 que se manifestó con 0,00 NMP/100 ml, sin embargo, no afecta al promedio general que arrojó 27,33 NMP/100 ml (Tabla 5), por ende, no se encontró diferencias estadísticas significativas y esta fue comparada con el ANVA (P=0.109) (Anexo tabla 27).

Tabla 5. Valores de los coliformes fecales en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media ± EE (NMP/100 ml)	ANVA (α = 0.05)
PM1	3	20,00 ± 20,00	a
PM2	3	0,00 ± 0,00	a
PM3	3	30,00 ± 30,00	a
PM4	3	13,33 ± 13,33	a
PM5	3	73,33 ± 8,81	a
Total	15	27,33 ± 9,43	

Fuente: Elaboración propia

Al cotejar estos valores con los ECAs (MINAM, 2017) en la Categoría 1 A-1 se aprecia que nuestros valores superan considerablemente lo establecido en la norma, ya que aguas con fines de consumo humano no deberían superar para coliformes fecales un valor de 0 NMP/100 ml, por lo tanto, estas aguas no son adecuadas en este parámetro para el consumo humano. Estos altos valores de coliformes fecales evidencian una significativa carga bacteriana en las aguas (Figura 6).

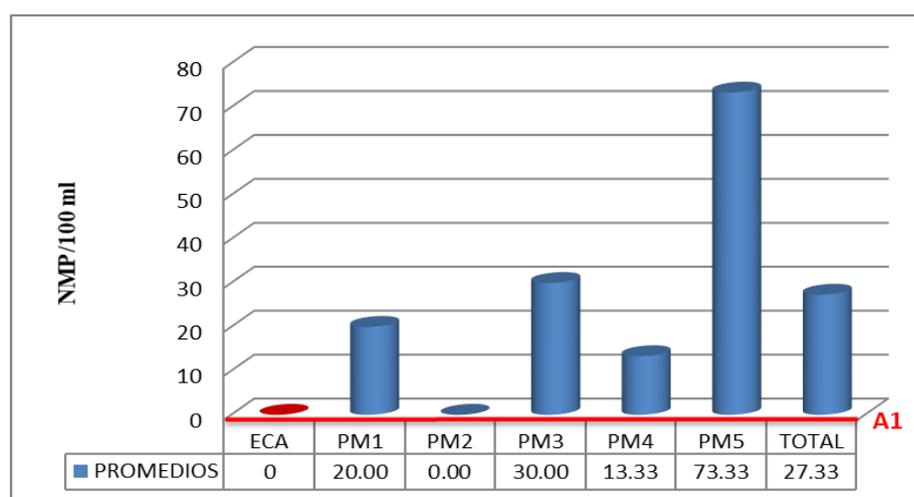


Figura 6. Promedios de coliformes fecales según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Con respecto a coliformes fecales según meses no se evidenciaron diferencias significativas a través del ANVA ($P=0.607$) (Anexo tabla 28), siendo estadísticamente similares los valores de mayo a julio respectivamente) (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de coliformes fecales en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media ± EE (NMP/100 ml)	ANVA ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	14,000 ± 14,00	a
Junio	5	30,000 ± 18,97	a
Julio	5	38,000 ± 17,43	a
Total	15	27,333 ± 9,43	

Fuente: Elaboración propia

Los valores de coliformes fecales en cuanto se refiere de acuerdo a meses, superan los ECAs, dándonos como promedio 27,33 NMP/100 ml (Figura 7).

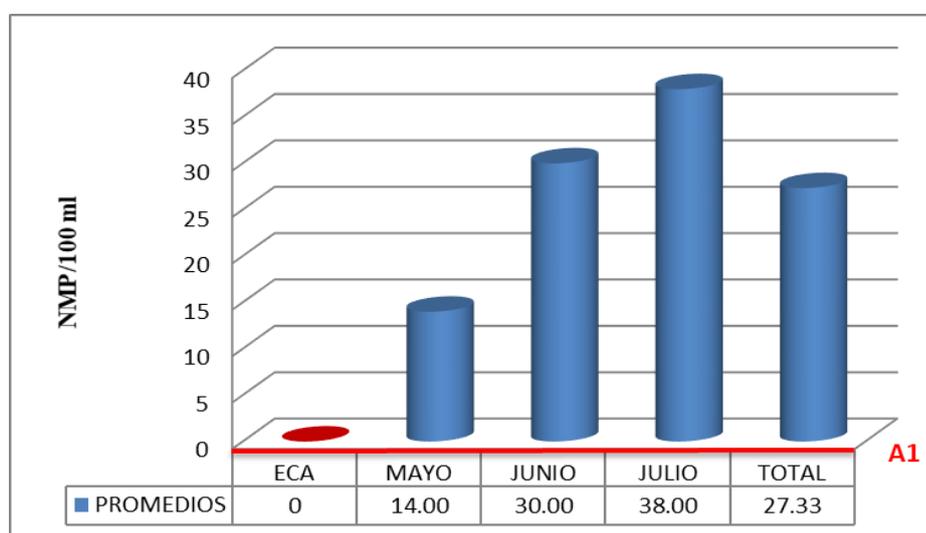


Figura 7. Promedios de coliformes fecales según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación con respecto a coliformes fecales, fue superior al reportado por Abad (2014), quien presentó valores de 0 a 18,75 NMP/100 ml. Pero fueron similares al estudio de (Paredes, 2013) quien reportó de 14 UFC/100 ml hasta un máximo de 72 UFC/100 ml. De igual manera al de Quispe (2017), que obtuvo un rango entre <3 NMP/100 ml a 30 NMP/100 ml. Sin embargo, son inferiores a los estudios reportados por Flores (2014), quien obtuvo valor de 48 NMP/100 ml. También Calsín (2016), obtuvo un valor de: 107,22 UFC/100 ml.

Por consiguiente, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 27,33 NMP/100 ml, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros tienen carga bacteriana no siendo apto para consumo humano en este parámetro (0 NMP/100 ml) (MINAM, 2017).

Debido a que son aguas no potabilizadas al realizar la interpretación comparando con los Estándares Nacionales resultó estar elevadas por encima de lo permisible, esto nos indica que existe contaminación biológica, cuya fuente principal es la actividad humana ya que realizan vertimientos de aguas residuales, materia orgánica (residuos de cocina, desechos), por ello hay presencia de material fecal producido por los mismos pobladores y, a consecuencia de ello existe una elevada presencia de coliformes fecales induciendo existencia de agentes patógenos como *Salmonella*, *Vibrio*, *Shigella*, *E. coli*, también virus, parásitos, que constituyen riesgo para la salud de los pobladores y los más vulnerables los niños ya que están en contacto constante con las aguas. Al consumir el agua cruda trae como consecuencia la enfermedad gastrointestinal.

Por comunicación verbal del Centro de Salud de Uros se sabe que existe una elevada prevalencia de parasitismo, seguido de enfermedades gastrointestinales.

Inicialmente planteamos la hipótesis de que las aguas que consumen los pobladores Uros, desde el punto de vista bacteriano superan los límites permisibles establecidos en los ECAs del Perú, en la Categoría 1 (A-1 para consumo humano) y efectivamente al realizar las evaluaciones se demostró que las cargas de coliformes fecales y totales de sus aguas exceden estos valores. Sin embargo, para la Categoría 4 (conservación del ambiente acuático), todavía es aceptable.

4.2. Interpretación de resultados para los parámetros físico-químicos

Las muestras de aguas fueron obtenidas de los 5 puntos de muestreo PM1, PM2, PM3, PM4 y PM5, del área de influencia de las islas flotantes los Uros del lago Titicaca, luego se procedió a procesar en el Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano. Cuyos métodos están basados en el análisis instrumental regulado por los métodos (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012) y los resultados fueron como sigue:

4.2.1. Temperatura

La temperatura en los lugares evaluados, alcanzaron un promedio de 14,74 °C (Tabla 7), lo que indica que se trata de aguas relativamente templadas con valores algo superiores a la temperatura general del Titicaca que es de 12 °C. Según el ANVA no se presentaron diferencias significativas entre puntos de muestreo ($P=0.958$), lo que

expresa que los valores de este parámetro en el trayecto del río Wily son estadísticamente similares (Anexo tabla 29).

Tabla 7. Valores de temperatura en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media \pm EE ($^{\circ}$ C)	ANVA ($\alpha = 0.05$)
PM1	3	14,83 \pm 0.82	a
PM2	3	15,02 \pm 1.54	a
PM3	3	14,00 \pm 0.91	a
PM4	3	14,76 \pm 1.13	a
PM5	3	15,10 \pm 1.09	a
Total	15	14,74 \pm 0.44	

Fuente: Elaboración propia

La temperatura dentro de las inmediaciones de las islas en cuanto a puntos de muestreo obtuvo valor promedio de 14,74 $^{\circ}$ C (Figura 8).

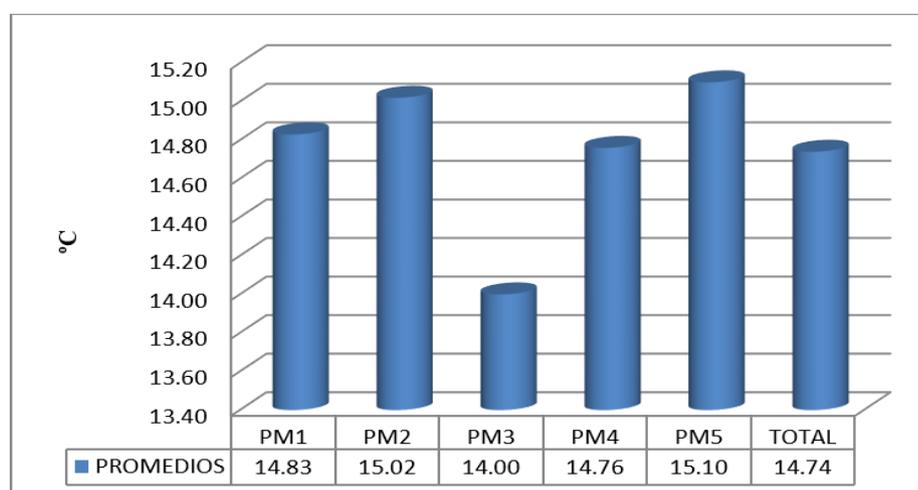


Figura 8. Promedios de temperatura según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

En cambio, con respecto a las variaciones de temperatura según los meses, si se evidenciaron diferencias significativas a través del ANVA y utilizando la prueba de medias de Tuckey ($P=0.00001$) (Anexo tabla 30), siendo estadísticamente similares los valores de mayo y junio (15,5 y 16,14 $^{\circ}$ C respectivamente), pero inferior en el mes de julio con un promedio de 12.58 $^{\circ}$ C (Tabla 8).

Tabla 8. Valores de temperatura en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media \pm EE ($^{\circ}$ C)	Tuckey ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	15,51 \pm 0.25	a
Junio	5	16,14 \pm 0,32	a
Julio	5	12,58 \pm 0,23	b
Total	15	14,74 \pm 0,44	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a meses la temperatura ha variado disminuyendo en el mes de julio que obtuvo valor promedio de 12,58 °C, mientras que en los meses de mayo y junio están próximos al promedio general que resultó 14,74 °C (Figura 9).

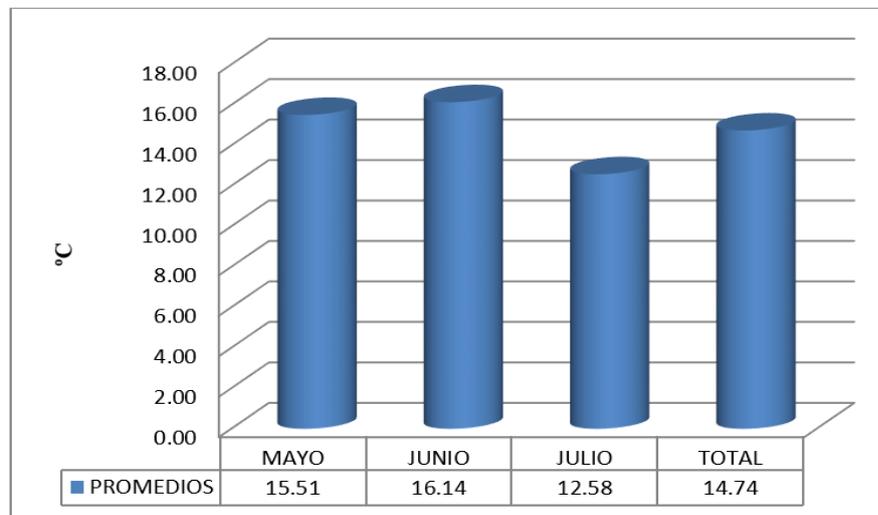


Figura 9. Promedios de temperatura según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados de la temperatura obtenidos en la investigación, fueron similares al estudio de Calsín (2016) quien reportó 14,49 °C. También es similar al estudio de Paredes (2013), que obtuvo un promedio de 15,7 °C, cuyo valor no está alejado al comportamiento que se obtuvo en este trabajo. Por otra parte, el estudio de la ANA (2014), encontró para la temperatura 17.5 °C, lo cual fue superior a nuestro estudio. Sin embargo, son inferiores a nuestro estudio, los trabajos realizados por (Abad, 2014) reportó que hubo variación de 8,29 °C a 10,88 °C. De igual manera Flores (2014), su promedio reportado fue de: 12,94 °C. Por último, Quispe (2017), obtuvo valores entre 8,70 °C a 10,36 °C.

Por lo tanto, se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos en nuestro trabajo sobre la temperatura el promedio fue de: 14,74 °C, se presume que estas aguas estuvieron templadas en los meses trabajados.

Si existiera una posible descarga de las aguas podría causar daño a la flora y fauna acuática, así como favorecer reacciones químicas secundarias, reducir los niveles de O₂ y acelerar el crecimiento de bacterias.

4.2.2. pH

Los valores de pH tuvieron un promedio general de 8,38 (Tabla 9) y entre puntos de muestreo no se evidenció diferencias estadísticas significativas, siendo en todo el

trayecto del río Wily similar en sus valores de pH y esto fue corroborado con el ANVA (P=0.955) (Anexo tabla 31). Estos valores son en general similares a los que tiene el lago Titicaca en general.

Tabla 9. Valores de pH en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media ± EE pH	ANVA (α = 0.05)
PM1	3	8,45 ± 0.27	a
PM2	3	8,30 ± 0.21	a
PM3	3	8,52 ± 0.35	a
PM4	3	8,31 ± 0.20	a
PM5	3	8,31 ± 0.23	a
Total	15	8,38 ± 010	

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la categoría 1 A-1 en las ECAs para aguas para consumo humano el valor de pH es de 6,5 - 8,5 cuyo promedio general resultó 8,38 la cual se encuentra dentro de la normativa.

Respecto a la categoría 4 el valor de pH es 6,5 - 9,0 también están dentro de los permisible (Figura 10).

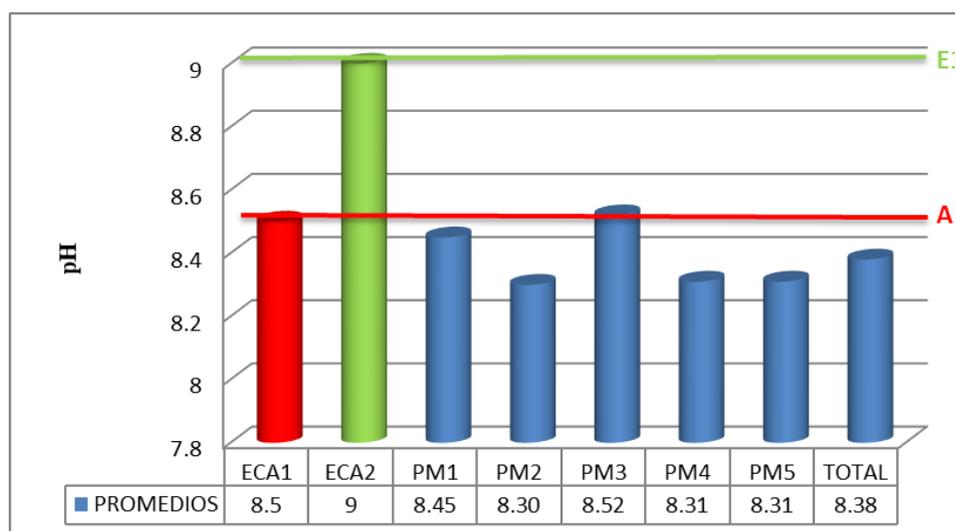


Figura 10. Promedios de pH según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los ECAs (MINAM, 2017) considera como valores límite de pH para la Categoría 1 A-1 (Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable) entre 6,5 a 8,5 y los valores de nuestro estudio se encuentran dentro de ese rango, por lo que se puede afirmar que para este factor dichas aguas son adecuadas para tal fin. En la Categoría 4 (Conservación del Ambiente Acuático - E1) los valores límite están entre 6,5 a 9; lo que implica que, en cuanto al pH, estas aguas son también adecuadas.

De acuerdo a meses el pH sí disminuyó significativamente lo cual fue corroborado con la prueba de medias de Tuckey ($P=0.002$) (Anexo tabla 32), en el mes de junio (7,98), siendo similares en los meses de mayo y julio (con 8,4 y 8,7 respectivamente) (Tabla 10).

Tabla 10. Valores de pH en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media \pm EE (pH)	Tuckey ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	8,41 \pm 0.18	a
Junio	5	7,98 \pm 0.05	b
Julio	5	8,73 \pm 0.01	a
Total	15	8,38 \pm 0.10	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a meses hubo una disminución de pH en el mes de junio con valor de 7,9 y siendo casi similares en los meses de mayo y julio, pero no implica porque se encuentra dentro de los ECAs, tanto para la categoría A-1 y E1.

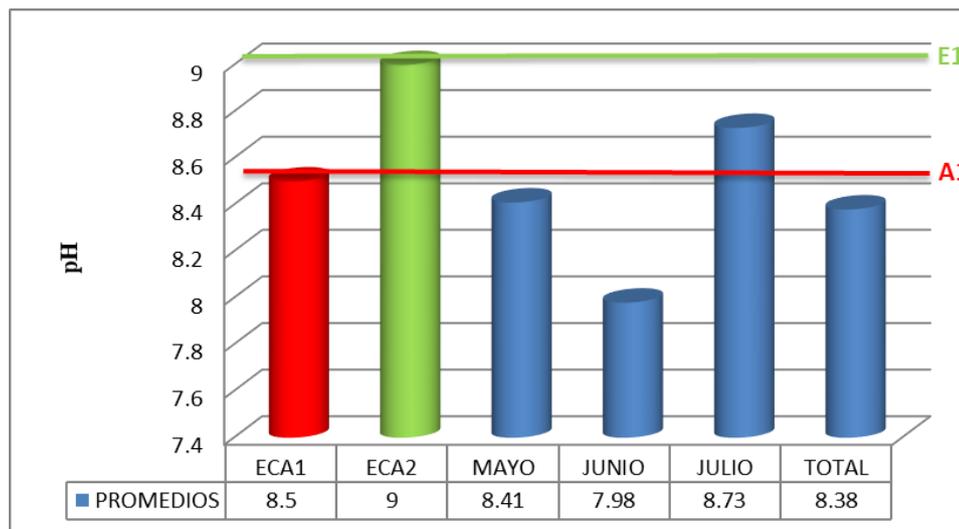


Figura 11. Promedios de pH según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación respecto a pH, fueron similares a los reportados por Paredes (2013), donde obtuvo valor promedio de 8,42 unidades de pH. De igual manera la ANA (2014), en un monitoreo anual de aguas del lago Titicaca encontró un potencial de hidrogeniones de 8,22. Por otra parte Abad (2014), obtuvo valores entre 7,54 a 8,14 pH. Asimismo, Quispe (2017), reportó valores entre 7,22 a 8,20 pH. Sin embargo, son ligeramente inferiores los reportados por Calsín (2016), que

fue de 7,39 pH. También Flores (2014), su resultado promedio fue de 7,50 pH. También Salazar (2015), en su estudio su pH osciló entre 7,31 y 7,78.

Por consiguiente, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 8,38 unidades de pH, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros se encuentran dentro de este parámetro (6,5 a 8,5 pH) (MINAM, 2017).

4.2.3. DBO₅:

Similarmente el DBO₅ en todos los puntos de muestreo tuvo valores similares, con un promedio general de 8,54 mg/l (Tabla 11), lo cual fue corroborado con el ANVA (P=0.194) (Anexo tabla 33). Estos altos valores de DBO₅ evidencian una importante carga orgánica en las aguas, producto probablemente de actividades de la población Uros o de sus desechos diversos.

Tabla 11. Valores de DBO₅ en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media ± EE (mg/l)	ANVA (α=0.05)
PM1	3	7,29 ± 0.89	a
PM2	3	10,67 ± 1.20	a
PM3	3	7,30 ± 1.47	a
PM4	3	8,36 ± 0.86	a
PM5	3	9,10 ± 0.43	a
Total	15	8,54 ± 0.52	

Valores con fondo rojo superan los límites establecidos de las ECAs para la Categoría 1 A-1

Fuente: Elaboración propia

Al confrontar estos valores con los ECAs (MINAM, 2017) en la Categoría 1 A-1 se aprecia que nuestros valores superan ampliamente lo establecido en la norma, ya que aguas con fines de consumo humano no deberían pasar una DBO₅ de 3 mg/l, por lo tanto, estas aguas no son adecuadas para el consumo humano (Figura 12).

Similarmente la Categoría 4 de los ECAs exige como límite 5 mg/l de DBO₅ y los valores encontrados en este estudio superan también lo establecido en esta categoría, por lo que se asume que con estos niveles de contaminación orgánica también se estaría afectando a otros organismos y componentes del ecosistema lacustre (Figura 12).

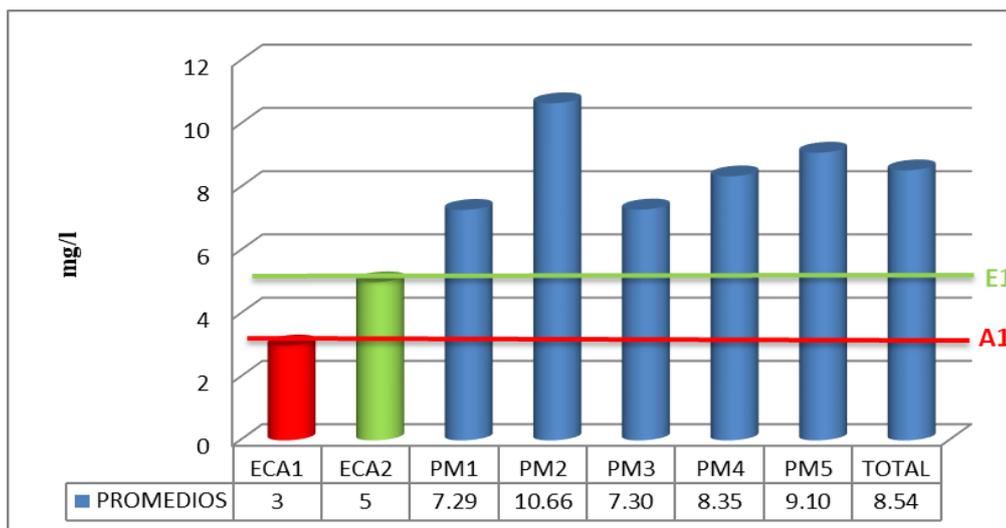


Figura 12. Promedios de DBO₅ según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Para el DBO₅ según meses no hubo diferencia significativa a través del ANVA (P=0.950) (Anexo tabla 34), siendo similares entre los meses de mayo a julio respectivamente (Tabla 12).

Tabla 12. Valores de DBO₅ en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media ± EE (mg/l)	ANVA (α = 0.05)
Mayo	5	8,34 ± 0,67	a
Junio	5	8,50 ± 1,50	a
Julio	5	8,78 ± 0,26	a
Total	15	8,54 ± 0,51	

Valores con fondo rojo superan los límites establecidos de las ECAs para la Categoría 1 A-1
 Fuente: Elaboración propia

En cuanto a meses, se puede apreciar que la DBO₅ se encuentra por encima de los límites permisibles, tanto para consumo humano 1 A-1 como también para la categoría 4 (Figura 13).

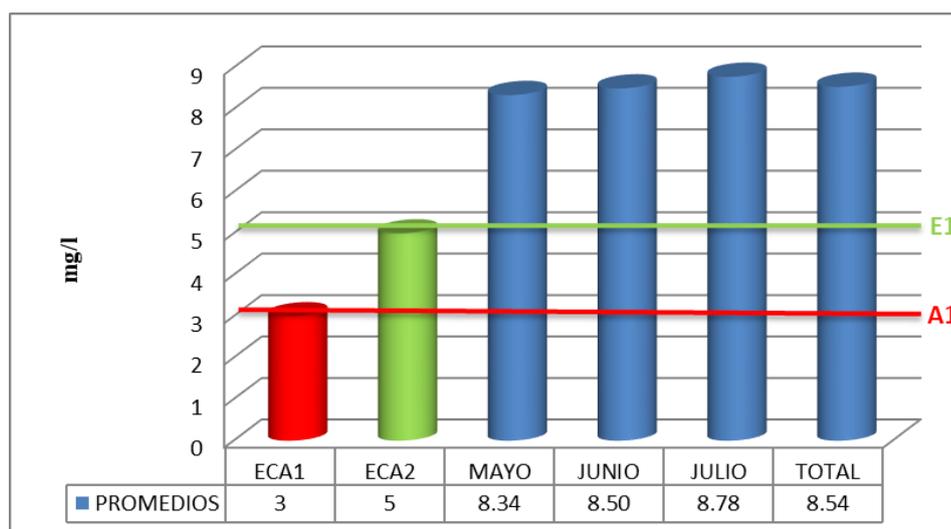


Figura 13. Promedios de DBO₅ según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación respecto a la DBO₅, fueron inferiores a los reportados por Flores (2014), cuyo resultado promedio fue de 26.56 mg/l. También Quispe (2016), su estudio realizado fue determinar el comportamiento del oxígeno disuelto y los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la Bahía Interior de Puno, en donde obtuvo resultado de 40 mg/l. Por otro lado, el IMARPE (2014), para este elemento reportó 5.06 mg/l.

Por lo tanto, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 8.54 mg/l de DBO₅, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros no son aptos para consumo humano (3 mg/l) (MINAM, 2017).

La DBO₅, debido a la alta presencia de materia orgánica natural que existe en las aguas, trae como consecuencia la presencia de agentes patógenos como bacterias, hongos, virus y parásitos, ya que son contaminantes biológicos que pueden afectar la salud humana, tanto a los pobladores de los Uros que están adaptados y los turistas que no están adaptados.

Estos pueden estar llegando a la bocatoma de agua potable en Chimu, y de ahí se distribuye a las ciudades, lo que implica un riesgo para la salud.

Por otro lado, la carga orgánica contribuirá al aceleramiento del proceso de eutroficación, con lo que habrá pérdida de oxígeno, lo que afectan a la biodiversidad y los recursos naturales como peces, anfibios, totora, llachos. Posteriormente dará lugar al

equilibrio en la cadena trófica, ya que muchos invertebrados de la cadena trófica serán afectados por la anoxia y por la presencia de organismos no deseados, como especies de cianofitas.

4.2.4. Nitratos

Para los valores de Nitratos se obtuvo un promedio general de 0,03 mg/l (Tabla 13), lo cual nos indica en el ANVA que no existe diferencia significativa entre puntos de muestreo (P=0.963) (Anexo tabla 35).

Tabla 13. Valores de nitratos en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media ± EE (mg/l)	ANVA (α = 0.05)
PM1	3	0,04 ± 0.02	a
PM2	3	0,03 ± 0.01	a
PM3	3	0,03 ± 0.02	a
PM4	3	0,04 ± 0.02	a
PM5	3	0,02 ± 0.01	a
Total	15	0,03 ± 0.00	

Fuente: Elaboración propia

Según este parámetro, las aguas de esta zona cumplen con la normativa de los ECAs, porque se encuentran debajo de los LMP que es de 50 mg/l para la calidad 1 A-1.

De tal forma para la categoría 4 (Conservación del ambiente acuático E1) el LMP es de 13 mg/l por lo que se encuentra dentro de los ECAs, lo cual permite utilizar para todo tipo de actividades (Figura 14).

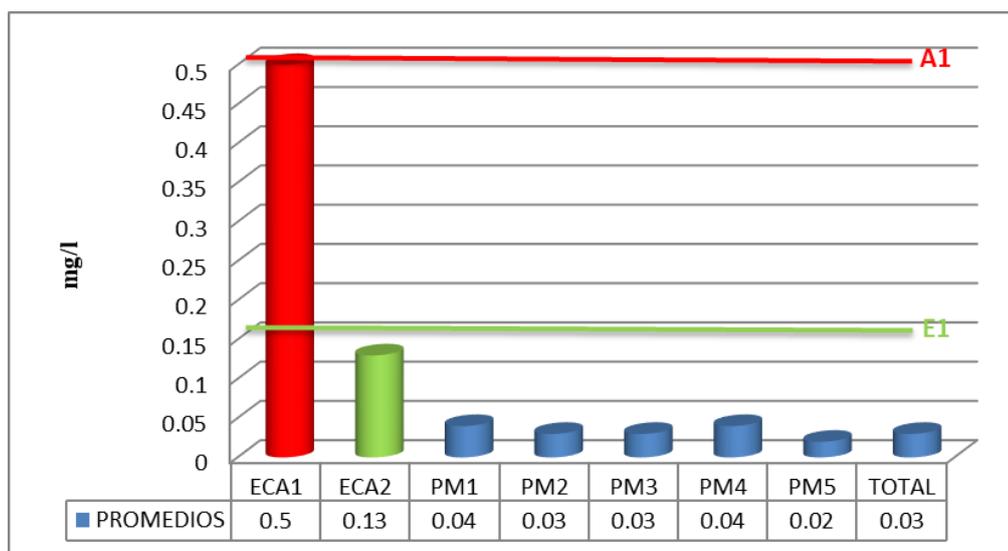


Figura 14. Promedios de nitratos según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

De acuerdo a meses el nitrato sí disminuyó significativamente, lo cual fue corroborado con el ANVA y utilizando la prueba de medias de Tuckey ($P=0.005$) (Anexo tabla 36), en el mes de mayo obteniendo un valor de (0,00 mg/l), siendo similares en los meses de junio y julio (con 0,06 y 0,04 respectivamente) (Tabla 14).

Tabla 14. Valores de nitratos en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media \pm EE (mg/l)	Tuckey ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	0,00 \pm 0,00	b
Junio	5	0,06 \pm 0,01	a
Julio	5	0,04 \pm 0,01	a
Total	15	0,03 \pm 0,00	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar para los nitratos de acuerdo a meses los resultados no superaron los ECAs, tanto para consumo humano como también conservación del ambiente acuático, pero sin embargo hubo diferencia estadística significativa (MINAM, 2017) (Figura 15).

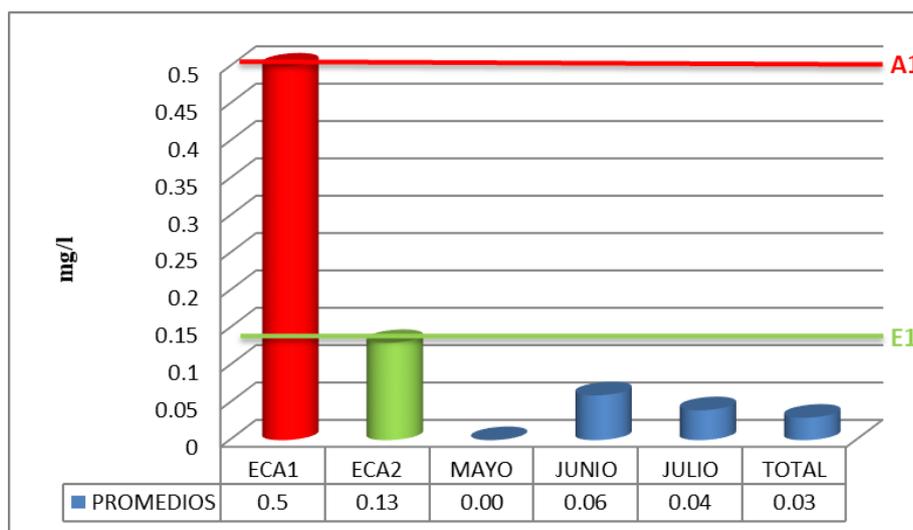


Figura 15. Promedios de nitratos según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación respecto a nitratos, fueron similares a los estudios de la ANA (2014), encontró en el único punto de monitoreo que tiene en el río Wily de 0.048 mg/l. Como también Flores (2014), obtuvo promedio de 0.09 mg/l. Por otra parte, la investigación realizada fue inferior a los reportados por Paredes (2013), valor de 2.94 mg/l. También Salazar (2015), demostró que fluctuó entre 1 y 7.1 mg/l. Asimismo Calsín (2016), dio como resultado 34.10 mg/l.

Por consiguiente, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 0.03 mg/l de nitrato, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros están dentro de este parámetro (50 mg/l) (MINAM, 2017).

4.2.5. Fosfatos

Los valores de fosfatos tuvieron un promedio general de 0,04 mg/l (Tabla 15) y entre puntos de muestreo no se evidenció diferencias estadísticas significativas según el ANVA (P=0.288), siendo en todo el trayecto del río Wily similar en sus valores de fosfatos (Anexo tabla 37).

Tabla 15. Valores de fosfatos en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media ± EE (mg/l)	ANVA (α = 0.05)
PM1	3	0,04 ± 0.01	a
PM2	3	0,04 ± 0.01	a
PM3	3	0,06 ± 0.00	a
PM4	3	0,06 ± 0.01	a
PM5	3	0,03 ± 0.00	a
Total	15	0,04 ± 0.00	

Fuente: Elaboración propia

Según este parámetro, las aguas cumplen con la Normativa de los ECAs, por lo tanto, son aptas para consumo humano ya que el límite evidenciado en el (MINAM, 2017) es de 0.1 mg/l para 1 A-1. En la Categoría 4 (Conservación del Ambiente Acuático - E1) el valor límite es 0,035 mg/l, lo que implica que, en cuanto a fosfatos, estas aguas están por encima de la normativa (Figura 16).

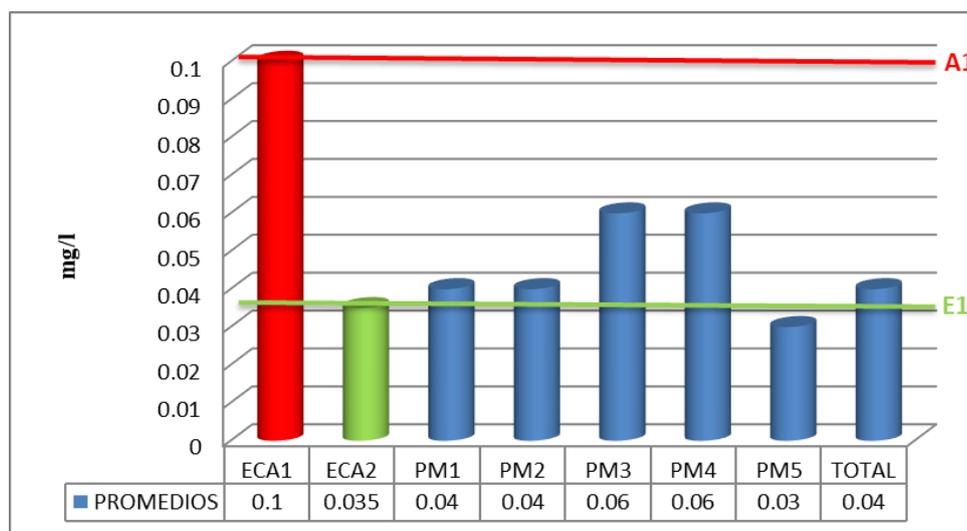


Figura 16. Promedios de fosfatos según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

De acuerdo a los meses para los fosfatos no muestran diferencias estadísticas significativas las cuales fueron corroboradas con el ANVA ($P=0.109$) (Anexo tabla 38), siendo similares entre los meses de mayo, junio y julio respectivamente (Tabla 16).

Tabla 16. Valores de fosfatos en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media \pm EE (mg/l)	ANVA ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	0,06 \pm 0,00	a
Junio	5	0,04 \pm 0,00	a
Julio	5	0,03 \pm 0,00	a
Total	15	0,04 \pm 0,00	

Fuente: Elaboración propia

Para fosfatos en cuanto a meses se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma (MINAM, 2017) para la categoría 1 A-1, sin embargo, para la categoría 4 (E1) éstos se ven por encima de la normativa (Figura 17).

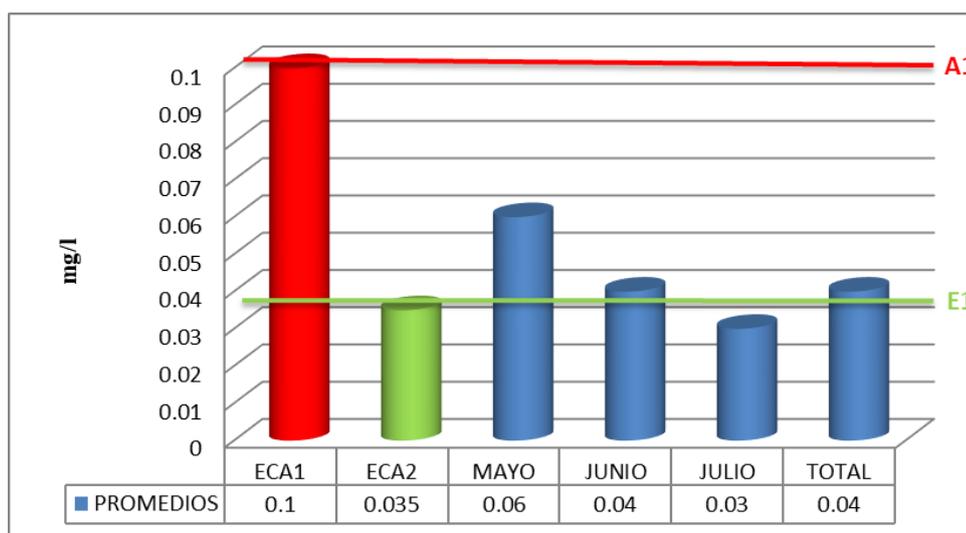


Figura 17. Promedios de fosfatos según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación respecto a fosfatos, fueron similares a los reportados por la ANA (2014), que obtuvieron valor de 0.039 mg/l. También Paredes (2013), determinó un valor de 0.08 mg/l. Sin embargo, nuestra investigación fue inferior al de Quispe (2016), quien reportó un valor de 1.216 mg/l.

Por lo tanto, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 0.04 mg/l de fosfatos, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros están dentro de este parámetro (0.1 mg/l), pero para la conservación del ambiente acuático se encuentra por encima de la normativa (MINAM, 2017).

Se presume que hubo un riesgo de incremento de alga en las aguas de las islas los Uros en el mes de mayo y una mínima proporción en el mes de junio, pero en el mes de julio bajó la presencia de algas.

4.2.6. Sólidos Disueltos Totales

En cuanto a los SDT en todos los puntos de muestreo tuvieron valores similares, con un promedio general de 1147,80 mg/l (Tabla 17), por lo tanto, no existe diferencia significativa entre puntos de muestreo, lo cual fue corroborado con el ANVA (P=0.994) (Anexo tabla 39).

Tabla 17. Valores de SDT en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media ± EE (mg/l)	ANVA (α = 0.05)
PM1	3	1125,33 ± 181,98	a
PM2	3	1113,33 ± 168,25	a
PM3	3	1163,33 ± 137,75	a
PM4	3	1130,33 ± 172,10	a
PM5	3	1206,66 ± 153,33	a
Total	15	1147,80 ± 62,42	

Valores con fondo rojo superan los límites establecidos de las ECAs para la Categoría 1 A-1

Fuente: Elaboración propia

Al confrontar estos valores con los ECAs (MINAM, 2017) en la Categoría 1 A-1 se aprecia que nuestros valores superan ampliamente lo establecido en la norma, ya que aguas con fines de consumo humano no deberían pasar los SDT de 1000 mg/l, por lo tanto, estas aguas no son adecuadas en este parámetro para el consumo humano (Figura 18).

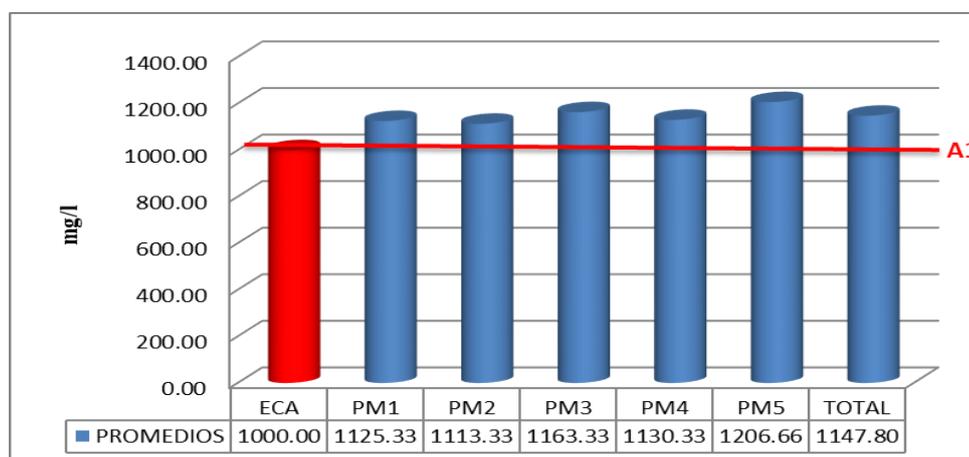


Figura 18. Promedios de SDT según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Para SDT entre meses si hubo diferencia estadística significativa lo cual fue corroborado con el ANVA y utilizando la prueba de medias de Tuckey ($P=0.00001$) (Anexo tabla 40), según la normativa de los ECAs para efectos de categoría 1 A-1 solo los resultados del mes de mayo (825,20 mg/l) estaría dentro de los valores teniendo en cuenta que la normativa es de 1000 mg/l, sin embargo, los meses junio y julio presentan un incremento de SDT (1276,20 mg/l y 1342 mg/l) (Tabla 18), que no cumple con (MINAM, 2017).

Tabla 18. Valores de SDT en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media ± EE (mg/l)	Tuckey ($\alpha =0.05$)
Mayo	5	825,20 ± 28,83	b
Junio	5	1276,20 ± 21,55	a
Julio	5	1342,00 ± 7,34	a
Total	15	1147,80 ± 62,42	

Valores con fondo rojo superan los límites establecidos de las ECAs para la Categoría 1 A-1

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la (Figura 19) el límite permisible para consumo humano es 1000 mg/l y nuestro promedio resultó 1147,80 mg/l.

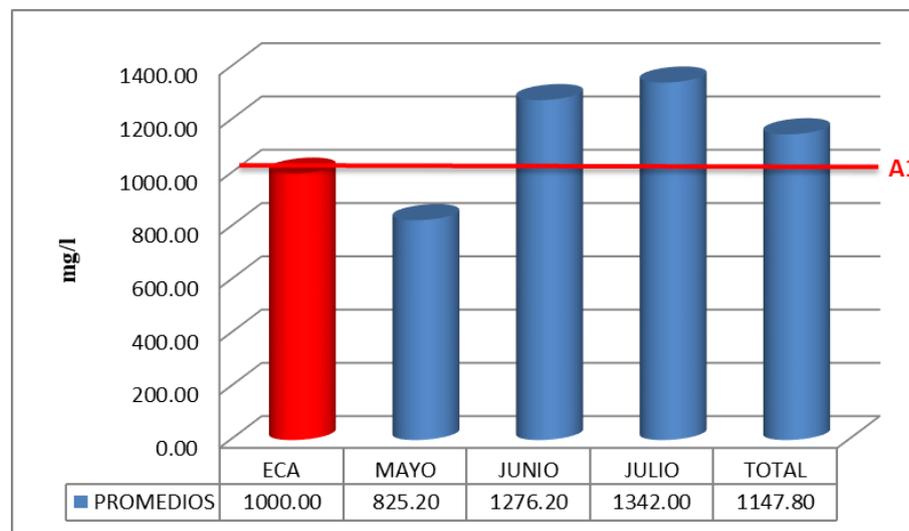


Figura 19. Promedios de SDT según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación con respecto a sólidos disueltos totales, fueron superiores a los estudios realizados por Abad (2014), quien obtuvo valores entre 43 mg/l a 152 mg/l. También Calsín (2016), reportó valor de 785.03 mg/l. Asimismo Quispe (2017), halló valores entre 23.46 mg/l a 108.19 mg/l. Además, Salazar (2015), obtuvo valores entre 499 y 594 mg/l. También Paredes (2013), obtuvo un promedio de

710 mg/l. De igual manera Flores (2014), reportó 553 mg/l. Por último, la ANA (2014), encontró 3.0 mg/l.

Por consiguiente, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 1147.80 mg/l de sólidos disueltos totales, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros no son aptos para consumo humano en este parámetro (1000 mg/l) (MINAM, 2017).

La presencia de SDT elevados en las islas los Uros en los meses de junio y julio fue debido a que se estuvo afectando la evaporación en la superficie del agua, haciendo que a los organismos fotosintéticos les sea muy difícil crecer por falta de entrada de luz al medio, por lo tanto, la flora viene siendo afectada.

La abundante presencia de sólidos disueltos es la causa de la abundante carga orgánica que ingresa a estas aguas. En el ecosistema afectará la transparencia, lo que dificultará el ingreso de rayos solares y por lo tanto en la fotosíntesis de las plantas sumergidas.

4.2.7. Oxígeno Disuelto

Con respecto al Oxígeno Disuelto los puntos de muestreo en su mayoría tuvieron valores similares a excepción del PM4, sin embargo, no afecta al promedio total, obteniendo un promedio general de 6,32 mg/l (Tabla 19), por lo tanto, no existe diferencia significativa entre puntos de muestreo, lo cual fue corroborado con el ANVA ($P=0.947$) (Anexo tabla 41).

Tabla 19. Valores de OD en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media \pm EE (mg/l)	ANVA ($\alpha = 0.05$)
PM1	3	6,43 \pm 1,40	a
PM2	3	6,07 \pm 0,88	a
PM3	3	6,43 \pm 0,23	a
PM4	3	5,87 \pm 0,90	a
PM5	3	6,80 \pm 0,30	a
Total	15	6,32 \pm 0,33	

Fuente: Elaboración propia

Al confrontar estos valores con los ECAs (MINAM, 2017) en la Categoría 1 A-1 se aprecia que nuestros valores se encuentran dentro de lo establecido en la norma, ya que aguas con fines de consumo humano deberían pasar el OD de ≥ 6 mg/l, por lo tanto, estas aguas son adecuadas en este parámetro.

En la Categoría 4 de los ECAs exige como límite ≥ 5 mg/l de OD y los valores encontrados en este estudio están ubicados dentro de lo establecido en esta categoría (Figura 20).

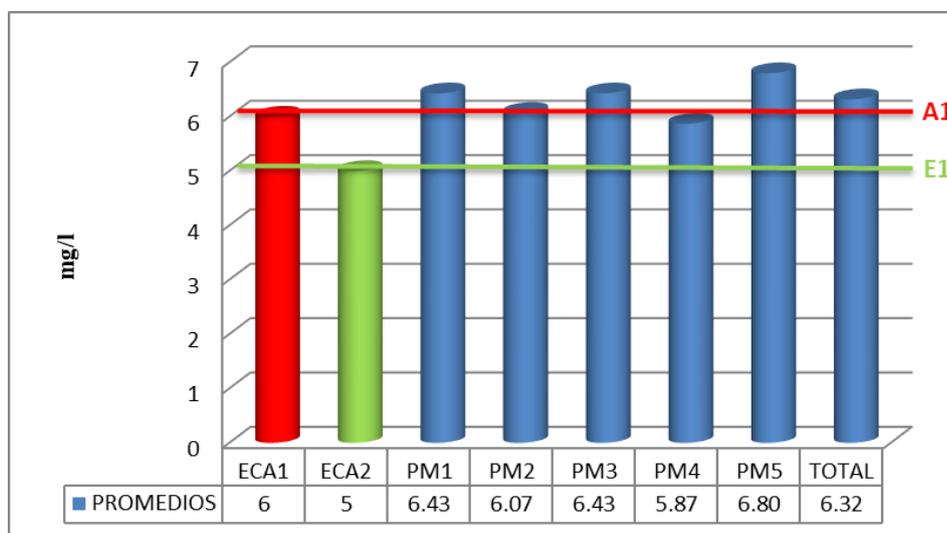


Figura 20. Promedios de OD según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

De acuerdo a meses el OD según el ANVA muestran diferencias estadísticas significativas lo cual fue corroborado con la prueba de medias de Tuckey ($P=0.012$) (Anexo tabla 42), siendo similares los meses de mayo y julio y mostrando diferencia en el mes de junio respectivamente (Tabla 20).

Tabla 20. Valores de OD en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media \pm EE (mg/l)	Tuckey ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	6,83 \pm 0,23	a
Junio	5	5,04 \pm 0,51	b
Julio	5	7,09 \pm 0,49	a
Total	15	6,32 \pm 0,33	

Valor con fondo rojo está por debajo de los límites establecidos de las ECAs para la Categoría 1 A-1

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a meses para este parámetro se obtuvo para el mes de junio promedio de 5,04 mg/l, resultando por debajo de los ECAs, sin embargo, no afecta al promedio general, mientras que los meses de mayo y julio si cumplen la normativa con 6,83 y 7,09 mg/l respectivamente (Figura 21).

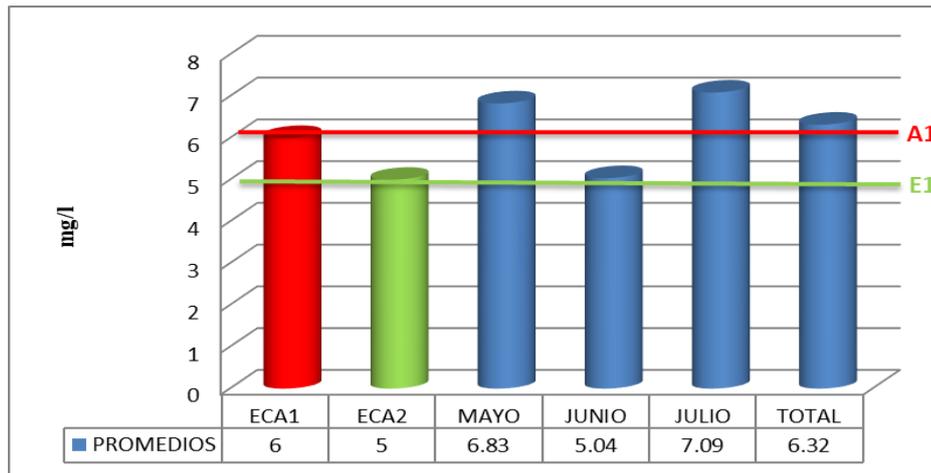


Figura 21. Promedios de OD según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación respecto al OD, fue superior al evaluado por la ANA (2014), quienes obtuvieron una concentración de 5.44 mg/l. Por otra parte, Quispe (2016) reportó 8.75 mg/l.

Por lo tanto, de acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 6.32 mg/l de OD, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros se encuentran dentro de este parámetro (≥ 6 mg/l) (MINAM, 2017).

Este parámetro juega un rol importante en la respiración microbiana y, es un indicador de la capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática.

4.2.8. Turbidez

La turbidez en los puntos de muestreo realizados, alcanzaron un promedio de 0,96 NTU (Tabla 21), lo que indica que están dentro de la normativa. Según el ANVA no hubo diferencias significativas entre puntos de muestreo ($P=0.615$), lo que expresa que los valores de este parámetro en el trayecto del río Wily son estadísticamente similares (Anexo tabla 43).

Tabla 21. Valores de Turbidez en cinco puntos de muestreo en inmediaciones de las islas flotantes Uros, río Wily del lago Titicaca, mayo a julio del 2016.

Zonas	N	Media \pm EE (NTU)	ANVA ($\alpha = 0.05$)
PM1	3	1,02 \pm 0,08	a
PM2	3	1,02 \pm 0,09	a
PM3	3	0,77 \pm 0,11	a
PM4	3	1,02 \pm 0,23	a
PM5	3	0,98 \pm 0,00	a
Total	15	0,96 \pm 0,05	

Fuente: Elaboración propia

Según este parámetro las aguas cumplen con la normativa de los ECAs, por lo tanto, las aguas están dentro del límite permisible, ya que presentó una turbiedad por debajo de LMP cuyo valor normado es 5 NTU para la categoría 1 A-1 (Figura 22).

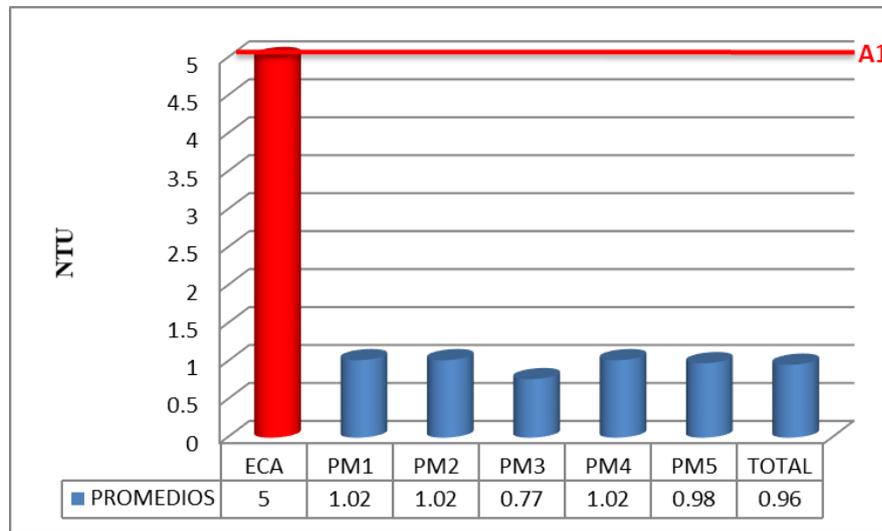


Figura 22. Promedios de NTU según puntos de muestreo de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

De acuerdo a meses la turbidez según el ANVA no muestra diferencias estadísticas significativas ($P=0.461$) (Anexo tabla 44), siendo similares entre los meses de mayo a julio respectivamente (Tabla 22).

Tabla 22. Valores de Turbidez en el río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Meses	N	Media \pm EE (NTU)	ANVA ($\alpha = 0.05$)
Mayo	5	0,92 \pm 0,02	a
Junio	5	1,06 \pm 0,12	a
Julio	5	0,90 \pm 0,11	a
Total	15	0,96 \pm 0,05	

Fuente: Elaboración propia

En este parámetro el resultado en cuanto a meses, se obtuvo como promedio general de 0,96 NTU, indicando que se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma (MINAM, 2017) (Figura 23).

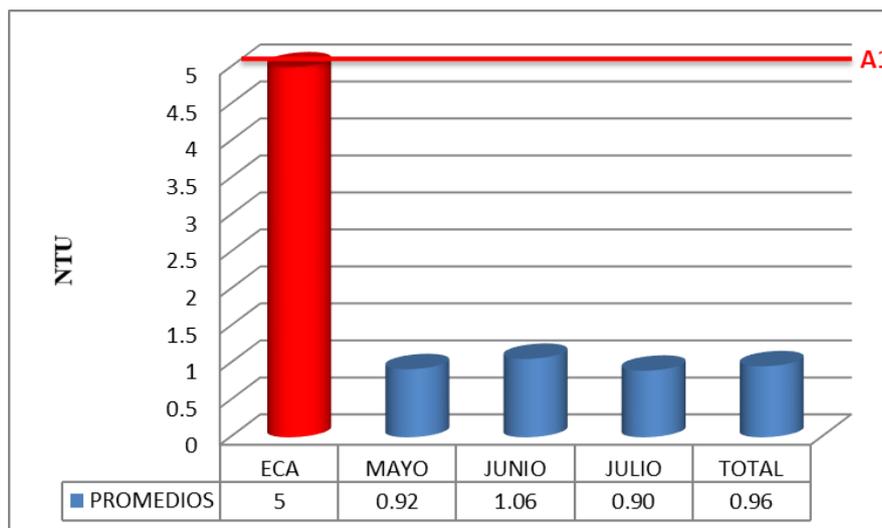


Figura 23. Promedios de NTU según meses de las Islas Flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Los resultados obtenidos en la investigación respecto a la turbiedad, fueron similares a los estudios realizados por Abad (2014), quien obtuvo valor entre 0.07 NTU a 0.76 NTU. Por otra parte, Paredes (2013), obtuvo un valor de 1.17 NTU. Sin embargo, nuestra investigación fue inferior a los reportados por Calsín (2016), quien reportó resultado de 2.15 NTU. Asimismo, Quispe (2017), reportó valores entre 3.83 NTU a 6.50 NTU.

De acuerdo a los análisis obtenidos en el estudio realizado el promedio fue de: 0,96 NTU, los cuales indican que las aguas de las islas flotantes los Uros se encuentran dentro de este parámetro (5 NTU) (MINAM, 2017).

La hipótesis que asumimos al inicio del estudio fue que todos los parámetros físico-químicos de las aguas de consumo, exceden también lo establecido por los ECAs; sin embargo, esto sólo se ha ratificado para algunos parámetros y en ciertos puntos de muestreo. Entre estos parámetros tenemos a la DBO₅ el cuál supera los límites en todos los puntos y meses y para las categorías 1 y 4, y en este caso la hipótesis fue cumplida. De forma similar para los contenidos de sólidos disueltos totales. En el resto de factores no se superaron los valores establecidos por la norma y para estos casos las hipótesis no se cumplieron.

4.3. Resultados de la evaluación del Índice de Calidad del Agua para consumo humano en las inmediaciones de las islas flotantes los Uros

Cálculo del ICA para el mes de mayo con datos obtenidos del monitoreo

Remplazando datos del mes de mayo se tiene:

Hallar F_1 :

$$F_1 = \left(\frac{2}{9}\right) \times 100 \quad F_1 = 22.2222$$

Hallar F_2 :

$$F_2 = \left(\frac{7}{45}\right) \times 100 \quad F_2 = 15.5555$$

Excursiones para el pH:

$$ex_i = \left(\frac{8.75}{8.5}\right) - 1 \dots ex_i = 0.0858$$

Excursiones para el DBO₅:

$$ex_i = \left(\frac{6.87}{3}\right) - 1 \dots ex_i = 8.6132$$

Cálculo de la sumatoria de excursiones:

$$nse = \frac{0.0858 + 8.6132}{45} \quad nse = 0.1933$$

Hallar F_3 :

$$F_3 = \left(\frac{0.1933}{0.01(0.1933) + 0.01}\right) \quad F_3 = 16.2437$$

Cálculo del ICA:

$$ICA = 100 - \left(\frac{\sqrt{(22.2222)^2 + (15.5555)^2 + (16.2437)^2}}{1.732}\right)$$

$$ICA = 81.7452$$

Cálculos del ICA para el mes de junio:

$$F_1 = 33.3333$$

$$F_2 = 28.8888$$

Excursión para el DBO₅:

$$Ex_i = 9.1666$$

Excursión para el SDT:

$$Ex_i = 1.381$$

Excursión para las islas Suma Balsa, Tupir Marka y Suma Uro de OD:

$$Ex_{ii} = 1.2827$$

Sumatoria de excursiones:

$$nse = 0.2629$$

$$F_3 = 20.8172$$

Cálculo del ICA:

$$ICA = 100 - \left(\frac{\sqrt{(33.3333)^2 + (28.8888)^2 + (20.8172)^2}}{1.732} \right)$$

$$ICA = 71.8388$$

Cálculos del ICA par el mes de julio:

$$F_1 = 44.4444$$

$$F_2 = 35.5555$$

Excursión para el pH:

$$Ex_i = 0.1401$$

Excursión para el DBO₅:

$$Ex_i = 9.6332$$

Excursión para el SDT:

$$Ex_i = 1.71$$

Excursión para el OD:

$$Ex_{ii} = 0.0810$$

Sumatoria de excursiones:

$$nse = 0.2569$$

$$F3 = 20.3888$$

Cálculo del ICA:

$$ICA = 100 - \left(\frac{\sqrt{(44.4444)^2 + (35.5555)^2 + (20.3888)^2}}{1.732} \right)$$

$$ICA = 65.0934$$

Los valores hallados para el Índice de Calidad del Agua fueron obtenidos por mes (Tabla 23).

Tabla 23. Resultado para cada mes y el promedio del ICA (mayo a julio del 2016).

Mes	Valor del ICA
mayo	81.74
junio	71.83
julio	65.09
Suma total	211.59
Promedio general	72.89

Fuente: Elaboración propia

Como se observa los resultados respecto al ICA tanto para los meses de mayo y junio se obtuvieron valores de 81.74 y 71.83 respectivamente, lo cual nos indica que son aguas de Buena calidad para los mencionados meses, sin embargo, en cuanto al mes de julio el valor disminuyó y fue de 65.09 ello significa que el ICA se encuentra en Regular calidad, fueron comparados con la tabla de Brown, 1970 (Tabla 24).

Tabla 24. Clasificación del “ICA” propuesto por (Brown, 1970).

Calidad del agua	Color	Valor de ICA
Excelente		91 – 100
Buena		71 – 90
Regular		51 – 70
Mala		26 – 50
Pésima		0 – 25

Los resultados obtenidos en la investigación respecto al ICA, fueron superiores al estudio de Quispe (2016), en su estudio realizado fue determinar el comportamiento del oxígeno disuelto y los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la Bahía Interior de Puno quien reportó para el ICA un valor de 65.61. También Monteagudo (2015), obtuvo un promedio de 70.16 y 54.14. Por otra parte (Laqui, *et al.* 2016), reportaron valores para el ICA de 66.50 (buena calidad) en el río San Antón y 16.2 (mala calidad) en el río Lunar de Oro, también 65.1 (buena calidad) en el río Umachiri y 24.5 (inadecuada calidad) en el río Ayaviri.

Sin embargo, en la investigación realizada se obtuvo para el mes de mayo y junio un ICA de 81.74 y 71.83, lo cual nos indicó que las aguas de las islas flotantes los Uros son de buena calidad tomando en cuenta para la categoría 4 conservación del ambiente acuático mas no para consumo humano. Para el mes de julio se obtuvo un ICA de 65.09 el cual nos indicó que es de Regular calidad.

Estas aguas de las islas los Uros, cuyo ICA resultó de buena calidad, son aptas para la vida silvestre y para la dinámica del ecosistema en general, pero con limitaciones para consumo humano.

En los lugares donde existe valores regulares o bajos para el ICA se debe a que están atravesando un proceso de degradación progresiva de las aguas, debido principalmente a los permanentes vertidos de aguas residuales inadecuadamente tratadas de los pobladores que habitan en dichas zonas.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación, concluimos lo siguiente:

- La carga bacteriana de coliformes totales en promedio resultó 4424,00 NPM/100 ml. Para coliformes fecales la carga bacteriana en promedio general fue 27,33 NPM/100 ml; corroborando con el ANVA y la prueba de medias de Tuckey se determinó que en algunos parámetros existe diferencia estadística significativa, de acuerdo a punto de muestreo y meses. En cuanto a coliformes termotolerantes no se evidenció la presencia de microorganismos.
- Los valores obtenidos para los análisis físicos en promedio fueron: Temperatura 14,74 °C; Sólidos Disueltos Totales 1147,80 mg/l y la Turbiedad 0.96 NTU. Respecto a los análisis químicos: pH 8,38; DBO₅ 8,54 mg/l; nitratos 0,03 mg/l; fosfatos 0,04 mg/l; Oxígeno Disuelto 6,32 mg/l. Corroborando con el ANVA y la prueba de medias de Tuckey se determinó que en algunos parámetros existe diferencia estadística significativa.
- Según los parámetros microbiológicos la calidad del agua de las islas flotantes los Uros, río Wily, no es apto para consumo humano (coliformes fecales presentan mayores a 0 NPM/100 ml según el ECA); sin embargo, de acuerdo al Índice de Calidad del Agua ICA los resultados indican que este ámbito tiene agua de buena calidad y regular calidad, pero ello considerando al lugar desde un punto de vista de calidad del ecosistema.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar los puntos de muestreo de las islas flotantes los Uros con el fin de abarcar la totalidad de islas, esto con la finalidad de determinar la calidad bacteriológica y físico-química de las aguas.
- Identificar los serotipos patógenos de *Escherichia coli* por constituir riesgo para la salud.
- Considerar en un nuevo estudio la evaluación de parámetros físico-químicos adicionales, en especial los nitritos, teniendo en cuenta que se trata de moléculas tóxicas e indicadoras de contaminación fecal reciente, que pueden tener efecto posterior a nivel del ecosistema, de la vida silvestre y la ictiofauna.
- Determinar la presencia de parásitos en las aguas de las islas los Uros por ser indicadores de calidad y riesgo para la salud de los pobladores, especialmente niños.
- Estudiar la presencia de las enfermedades gastrointestinales de los pobladores de las islas flotantes los Uros.
- A las autoridades de Salud, realizar charlas informativas sobre el riesgo del uso de aguas no tratadas o contaminadas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abad O, A. 2014. Calidad físico química y bacteriológica del agua de cinco manantiales del distrito de Jacas Chico Provincia de Yarowilca, Región Huánuco. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias biológicas. Universidad Nacional del Altiplano. 72 p.
- Aguirre, C. CA. 2009. Simulación numérica de la hidrodinámica del lago Titicaca, frente a las costas de la ciudad de Puno en el Perú. Para optar el grado académico de Magíster en Física con mención en Geofísica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Físicas. Unidad de Post Grado. 113 p.
- Aguirre, T.Y. 2014. Evaluación de la calidad de agua del Río Negro en la Provincia de Padre Abad. Aguaytía. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Ingeniería Ambiental. Tingo María - Perú. 120 p.
- APHA, 1995: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20.^a ed., Washington, D.C. (EE. UU.), American Public Health Association.
- APHA - AWWA - WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 th. Edición New York. 9 - 158. 9610 p.
- APHA - AWWA - WEF. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd edition. Washington. 1496 p.
- Arce, A.C. & Tomasini, A. 2000. Serie Autodidáctica de Medición de la Calidad del Agua. Comisión Nacional del Agua CNA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Arellano, J., & Guzmán, J. 2011. Ingeniería Ambiental. Alfa Omega. México: Grupo Editor S.A, de C.V.
- Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT). 2012. Taller de capacitación para recolección de muestras y medición "*in situ*" de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua con fines de monitoreo. Puno: ALT.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA). 2014. Evaluación de la calidad del agua del lago Titicaca Perú - Bolivia. 68 p.
- Brown, R. 1970. A water quality index - do we dare water and sewage works. Ojahio: Mcred.

- Calsín R.k. 2016. Calidad Física, Química y Bacteriológica Subterráneas de consumo humano en el Sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca, Puno - 2016. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Facultad de Ciencias Biológicas. 57 p.
- Cardona A. J. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Turrialba Costa Rica. 195 p.
- Carvajal R. G. 2013. Aplicaciones Prácticas para diseños de experimentos en sistemas agropecuarios tropicales. Corpoica. Bogotá D.C., Colombia. 53 p.
- COMUNIDAD ANDINA(CAN), 2005. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra. 31-45 p.
- Chang G. J. 2005. Limnología Capítulo 2. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. 25 p.
- Chávez O., Leiva T. & Corroto F. 2002. Aspectos Físicoquímicos, Bioquímicos y microbiológicos de la contaminación de aguas, índices e indicadores ambientales. Lima.
- Dejoux C., & Iltis, A. 1991. Eutrofización y problemas de polución. En Orstom - Hisbol. El Lago Titicaca: síntesis del conocimiento limnológico actual. La Paz.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD (DIGESA). Ministerio de Salud. 2011. Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima - Perú. 46 p.
- Ecofluidos Ingenieros S.A. FIODM. 2012. Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. Lima. 105 p.
- EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AMBATO (EMAPA). 2012. Datos obtenidos de registros, técnicas, materiales. Quito.
- Escobar M. F. 2004. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Académica de Ecuador. Programa de Estudios Étnicos. Manejo Sustentable de Recursos Naturales de la Reserva Nacional del Titicaca: el caso Jatun Isla de sector Ramis y la Isla Flotante los Uros de sector Puno. Quito. 234 p.
- Eyssautier, M. 2006. Metodología de la Investigación (Quinta ed.). México: Editorial Thomson.

- Flores Q, M. 2014. Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del Río Coata, Zona Potamal - Región Puno. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Facultad de Ciencias Biológicas. 69 p.
- Fuquene, Y. 2013. Sistemas de Abastecimiento de Agua. Módulo didáctico. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.
- GLOBAL WATER WATCH (GWW). 2005. Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria. Auburn, AL. 39 p.
- Hungler, P. (2000). Investigación Científica en Ciencias de la Salud (Sexta ed.). México: Mc Graw Hill.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (INS). 2001. Manual de Bacteriología; Reacciones Bioquímicas de Enterobacterias.
- Laqui V, W., Ramos P, C., Aragón G, L., Peláez G, J. & Laqui V, Y. 2016. Relación del tipo de uso del suelo y la calidad del agua superficial: Un caso de estudio en la región hidrográfica del Titicaca - Perú. XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. ANA & Universidad Agraria La Molina. Lima - Perú. 9 p.
- Larry W. Mays, 2002: Manual de sistemas de distribución de agua. Aravaca-Madrid.
- Mackay F. 2002. *Afrentándose a los Errores del Pasado Pueblos Indígenas y Áreas Protegidas: El Derecho a la Restitución de Tierras y Recursos*. Edición Programa para los Pueblos de los Bosques, ForestPeoplesProgramme. Reino Unido.
- PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES. 2016. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. San Isidro. 92 p.
- MINAM. 2017. Normas Legales, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua N° 004 - 2017 - MINAM, según la categoría A-1 “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”. La Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338. Lima.
- Mitchell, M; Stapp, W. & Bixby, K. 1991. Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Segunda Edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200 p.

- Monteagudo Q. 2015. Análisis comparativo de los índices de calidad de Agua de los ríos Lampa y Cabanillas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola. 96 p.
- Montero R, P. A. & Agurto R, KL. Instituto del Mar Peruano (IMARPE). 2009. Área de estudios ambientales. Recolección y conservación de muestras en campo después de originado algún daño o perjuicio obre un cuerpo de agua y su entorno. Tumbes-Perú. 18 p.
- Moreno O, H. 1953. Estudio Sobre La Definición Sobre Algunos Términos Geográficos I Lago y Laguna. Artículo Del Boletín De La Sociedad Geográfica De Colombia Números 2 Y 3 Volumen XI Segundo y Tercer Trimestre. 14 p.
- Murray, P. 2006. Microbiología Médica. Madrid.
- Northcote, P., Morales, D., Levy, Y. M., & Greaven, K. (1991). Contaminación en el Lago Titicaca, Perú: Capacitación, Investigación y Manejo. Carolina: University Princeton.
- Ocola, J., & Torres, A. 1997. Evaluación de la Eutrofización sobre el comportamiento de la flora acuática en la Bahía Interior de Puno. Lima.
- Ocola S, J. & Laqui V, W. 2017. ANA. Ministerio de Agricultura y Riego. Fuetes contaminantes en la cuenca del lago Titicaca. Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. 187 p.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2003. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Segunda Edición. Volumen 3. OMS. Ginebra. 255 p.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2004. Guías para la calidad del agua potable: recomendaciones. Tercera Edición. Volumen 1. OMS. Ginebra. 101 p.
- Pagador M, C., Ávalos S, O., Benavides C, E. & Quispe A, J. Autoridad Nacional del Agua. 2010. Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches. Volumen I. Lima. 415 p.
- Paredes M, A. 2013. Calidad Fisicoquímica y Biológica de agua en la zona de captación - Chimu 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.

- Universidad Nacional del AltiplanoPuno: Facultad de Ciencias Biológicas. 119 p.
- Puerta-García, A., & Mateos, F. 2010. Enterobacterias. Unidad de Enfermedades Infecciosas. Servicio de Medicina Interna. Albacete: Complejo Hospitalario Universitario de Albacete.
- Quispe C, D. 2017. Calidad Bacteriológica y Físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa - Melgar. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Puno: Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano. 85 p.
- Quispe L, M. 2016. Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Privada Norbert Wiener. Lima - Perú. 123 p.
- Revollo, M. *CASE REPORT: Management Issues in the Lake Titicaca and Lake Poopo system: Importance of developing a water budget*. Lakes and Reservoirs: Research and Management 6 (2001), 225.
- Rivera, P. 2010. Relación Coliformes fecales/estreptococos fecales, como indicador del origen de la contaminación fecal en cuerpos de agua urbano y rural de la Comuna de Temuco (Vol. 37). Temuco: Cien. Inv. Agr.
- Rojas, R. 2002. Guía para la Vigilancia de Control de Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS). 353 p.
- Sahuquillo HA. 2009. La importancia de las aguas subterráneas. X Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (A Correspondiente). Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. España.18 p.
- Salazar, C. 2015. Calidad Físicoquímica y Bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca. Tesis para optar en título profesional de Licenciado en Biología. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. 96 p.

- Sánchez R, S. 2006. Agua: un recurso escaso. Sevilla, España. 182.
- Sandoval F, E. 2008. Los índices de calidad de agua (ICA) y la calidad de las aguas.9.
- SERVICIO GEOLÓGICO DE LOS ESTADOS UNIDOS. (USGS, & EPA). 2004.
Retrieved noviembre 20, 2017, from La Ciencia del Agua :
<http://water.usgs.gov/gotita/earthswuse.html>
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (SENAMHI). 2007.
Monitoreo de la calidad del agua de los ríos en el Perú.
- Soler, L. J. 2006. Validación Secundaria del Método Número más Probable y recuento en placa profunda para coliformes totales y fecales en muestras de alimentos basada en la norma ISO NTC 17025. Tesis para optar el título de Microbióloga Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 153 p.
- Sotil F, H. D. 2017. Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (Coliformes totales y termotolerantes) en el lago Moronacocha. Tesis para optar el título de Licenciado en Ecología. Universidad Científica del Perú. San Juan-Perú. 69 p.
- Suárez, P. M. 2002. Tendencia actual del *Streptococo* como indicador de contaminación fecal. Rev Cubana Hig Epidemiol.
- Tchonanoglous, G. 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Santa Fe Bogotá: McGraw Hill.
- Torres P., Cruz C. & Patiño P. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 16 p.
- Vargas, C. 2000. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Environmental Protection Agency, OPS / CEPIS. Curso sobre métodos bacteriológicos para el análisis de Agua Potable. Lima.
- Vergara, M.S. 2001. Índices de calidad de agua como indicador de contaminación y su distribución espacio-temporal en el río Rocha. Tesis Maestría Profesional en Levantamiento de Recursos Hídricos, Manejo y Conservación de Cuencas. Bolivia, Universidad Mayor de San Simón. 64 p.
- Yepez, S. 2004. Caracterización Físico-química y Bacteriológica de la cuenca del río Coello. Tesis de grado. Tolima: Universidad de Tolima.

ANEXOS



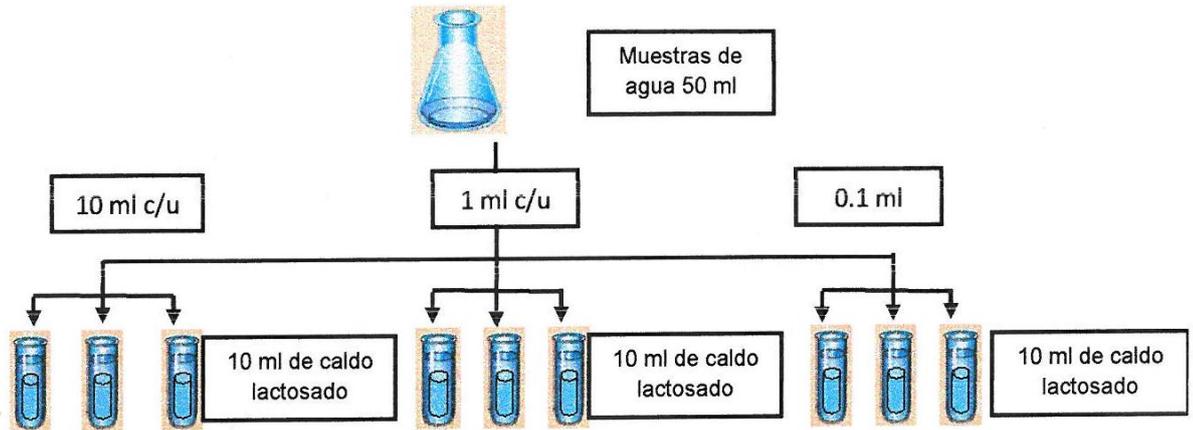
Anexo A. Tabla del Número más probable por 100 ml

Usando tres tubos sembrados cada uno con 10,1.0 y 0.1 ml de muestra

Tubos positivos			NMP	Tubos positivos			NMP
10 ml	1.0 ml	0.1 ml		10 ml	1.0 ml	0.1 ml	
0	0	1	3	2	0	0	9
0	0	2	6	2	0	1	14
0	0	3	9	2	0	2	20
0	1	0	3	2	0	3	26
0	1	1	6	2	1	0	15
0	1	2	9	2	1	1	20
0	1	3	12	2	1	2	27
0	2	0	6	2	1	3	34
0	2	1	9	2	2	0	21
0	2	2	12	2	2	1	28
0	2	3	16	2	2	2	35
0	3	0	9	2	2	3	42
0	3	1	13	2	3	0	29
0	3	2	16	2	3	1	36
0	3	3	19	2	3	2	44
1	0	0	4	2	3	3	53
1	0	1	7	3	0	0	23
1	0	2	11	3	0	1	29
1	0	3	15	3	0	2	64
1	1	0	7	3	0	3	95
1	1	1	11	3	1	0	43
1	1	2	15	3	1	1	75
1	1	3	19	3	1	2	120
1	2	0	11	3	1	3	160
1	2	1	15	3	2	0	93
1	2	2	20	3	2	1	150
1	2	3	24	3	2	2	210
1	3	0	16	3	2	3	290
1	3	1	20	3	3	0	240
1	3	2	24	3	3	1	460
1	3	3	29	3	3	2	1100
				3	3	3	1100 +

Anexo B. Flujograma del número más probable (NMP) para coliformes totales y fecales

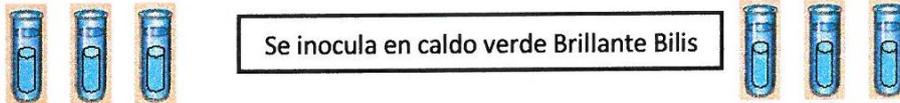
TEST PRESUNTIVO



Doble concentración
48 horas).

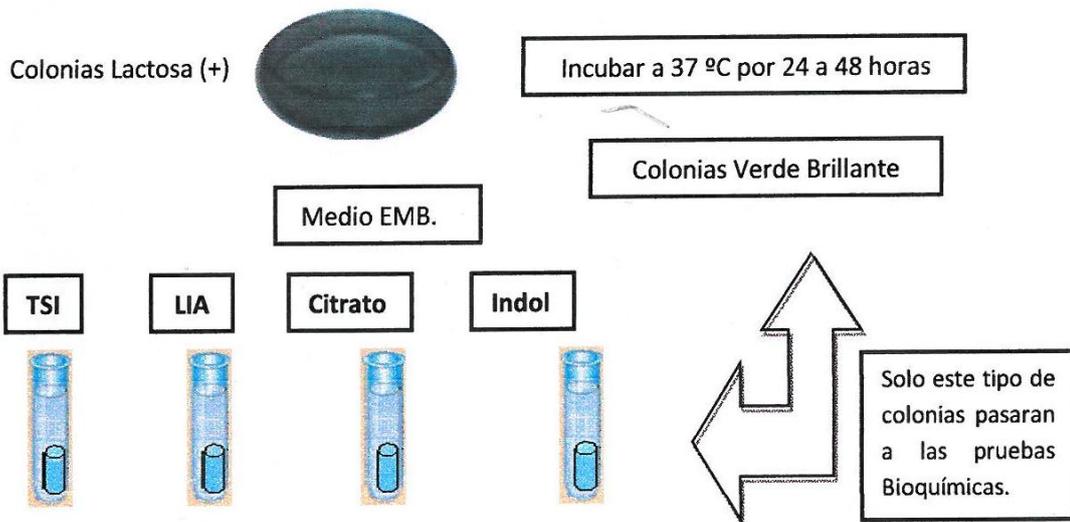
Simple concentración (incubar a 37 °C por 24 a

TEST CONFIRMATIVO.



TEST DE AISLAMIENTO.

De las muestras de gas positivo se inocularan en agar EMB.



Fuente: (Laura, 2009)

Anexo C. Normas legales

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  El Peruano
Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

 DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como 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, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional
a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales
a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales
a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos
- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifiquen dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de



recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua
Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Niquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₆ - C ₄₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
 (b) Después de la filtración simple.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FISICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^- -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniac Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N (NH_3 -N), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoniac (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

Tabla 25. Análisis de varianza en DCA para los valores de coliformes totales en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Entre grupos	49884026,667	4	12471006,667	0,441	0,777
Dentro de grupos	282782333,333	10	28278233,33		
Total	322666360,000	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Análisis de varianza (ANVA) de coliformes totales del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	162069480,000	2	81034740,000	5,700	0,018
Error	170596880,000	12	14216406,667		
Total	322666360,000	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Análisis de varianza en DCA para los valores de coliformes fecales en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Entre grupos	9360,000	4	2340,000	2,507	0,109
Dentro de grupos	9333,333	10	933,333		
Total	18693,333	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Análisis de varianza (ANVA) de coliformes fecales del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	1493,333	2	746,667	0,521	0,607
Error	17200,000	12	1433,333		
Total	18693,333	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Análisis de varianza en DCA para los valores de temperatura en inmediaciones de las islas flotantes uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	2,300	4	0,575	0,151	0,958
Error	38,177	10	3,818		
Total	40,477	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Análisis de varianza (ANVA) de la temperatura del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	36,123	2	18,062	49,780	0,000
Error	4,354	12	0,363		
Total	40,477	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Análisis de varianza en DCA para los valores de pH en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	0,129	4	0,032	0,158	0,955
Error	2,044	10	0,204		
Total	2,173	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Análisis de varianza (ANVA) del pH del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	1,416	2	0,708	11,225	0,002
Error	0,757	12	0,063		
Total	2,173	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Análisis de varianza en DCA para los valores de DBO₅ en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	23,910	4	5,977	1,862	0,194
Error	32,095	10	3,209		
Total	56,004	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Análisis de varianza (ANVA) del DBO₅ del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	0,480	2	0,004	0,052	0,950
Error	55,524	12	0,000		
Total	56,004	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Análisis de varianza en DCA para los valores de nitratos en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	0,001	4	0,000	0,141	0,963
Error	0,013	10	0,001		
Total	0,014	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Análisis de varianza (ANVA) de nitratos del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	0,008	2	0,004	8,727	0,005
Error	0,006	12	0,000		
Total	0,014	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Análisis de varianza en DCA para los valores de fosfatos en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	0,002	4	0,001	1,449	0,288
Error	0,004	10	0,000		
Total	0,006	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Análisis de varianza (ANVA) de fosfatos del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	0,002	2	0,001	2,677	0,109
Error	0,004	12	0,000		
Total	0,006	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Análisis de varianza en DCA para los valores de SDT en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	17113,067	4	4278,267	0,053	0,994
Error	801241,333	10	80124,133		
Total	818354,400	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Análisis de varianza (ANVA) de SDT del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	791354,800	2	395677,400	175,859	0,000
Error	26999,600	12	2249,967		
Total	818354,400	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Análisis de varianza en DCA para los valores de OD en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	1,545	4	0,386	0,173	0,947
Error	22,357	10	2,236		
Total	23,902	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Análisis de varianza (ANVA) de OD del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	12,498	2	6,249	6,575	0,012
Error	11,404	12	0,950		
Total	23,902	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Análisis de varianza en DCA para los valores de Turbidez en inmediaciones de las islas flotantes Uros, mayo a julio del 2016.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Puntos muestreo	0,142	4	0,036	0,690	0,615
Error	0,515	10	0,052		
Total	0,658	14			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Análisis de varianza (ANVA) de Turbidez del río Wily, inmediaciones de las islas flotantes Uros, de acuerdo a meses (mayo a julio del 2016).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Meses	0,080	2	0,040	0,827	0,461
Error	0,578	12	0,048		
Total	0,658	14			

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Toma de muestra isla Suma Balsa en Uros, mayo a julio 2016.



Figura 25. Toma de muestra Isla Summa Willjta en Uros, mayo a julio 2016



Figura 26. Lectura “*in situ*” con el oxímetro Termoficher Orion en la isla los Uros, mayo a julio 2016.



Figura 27. Lectura “*in situ*” termómetro digital en la isla los Uros, mayo a julio 2016.



Figura 28. Muestras tomadas para procesar en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Facultad Ciencias Biológicas, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 29. Preparación de medios de cultivo en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Facultad Ciencias Biológicas, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 30. Muestras esterilizadas en autoclave realizado en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos y Biotecnología, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 31. Inoculación de muestra de agua al caldo lactosado para determinar coliformes totales en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016



Figura 32. Incubación de muestras a 37°C por 48 horas en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 33. Prueba presuntiva para análisis de coliformes en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 34. Prueba confirmativa (Caldo Verde Brillante Bilis) en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 35. Siembra en Medio EMB en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 36. Prueba presuntiva de análisis de agua en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 37. Siembra para confirmar coliformes fecales en medio EMB en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 38. Lectura prueba confirmativa de coliformes fecales en medio EMB en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016



Figura 39. Medios bioquímicos para identificación de bacterias en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 40. Identificación de la especie *Escherichia coli* analizado mediante las pruebas bioquímicas en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, julio 2016.



Figura 41. Identificación del género *Citrobacter* mediante pruebas bioquímicas en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, UNA Puno, julio 2016.



Figura 42. Potenciómetro para medir pH en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016



Figura 43. Multiparamétrico para medir SDT en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.

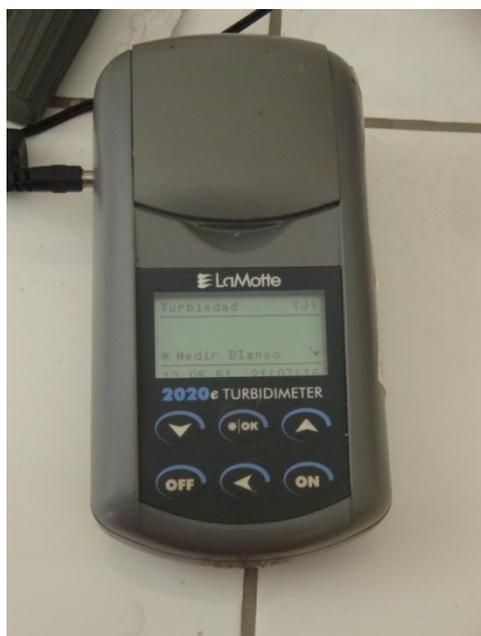


Figura 44. Lectura con Turbidímetro para determinar la turbiedad del agua en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016



Figura 45. Método OXITOP para determinar DBO₅ procesado en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 46. Espectrofotómetro para análisis, nitratos y fosfatos en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 47. Titulador automático para nitratos y fosfatos en el Megalaboratorio UNA Puno, mayo a julio 2016.



Figura 48. Oxímetro para determinar OD en las islas los Uros a partir de mayo a julio 2016.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 Vicerrectorado de Investigación
 Oficina Universitaria de Investigación
 Megalaboratorio de Investigación Ambiental-Suelos y Aguas
 Espectroscopia ICP - Microscopia Electrónica de Rayos X



INFORME DE ANALISIS N° 318-JUN2

ASUNTO ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO: AGUA DEL LAGO TITICACA (SUPERFICIAL)

PROCEDENCIA : CPT UROS CHULLUNI - Puno
 LUGAR : Uros - Puno
 INTERESADO : Gina Lizbeth Hallasi Puntaca
 MOTIVO : Análisis físico químico agua
 MUESTREO : 11/05/16
 ANÁLISIS : 12/05/16 – 18/05/16
 MUESTRA TOMADA : Por el interesado y ha sido recepcionada en laboratorio en un Frasco de vidrio de 1000 ml (10:20) am

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	MI	M2	M3	M.4	M5	Unidad de medida
T° Temperatura	15.5	16.07	14.6	15.8	15.6	°C
Potencial de hidrogeniones	8.75	8.16	8.98	8.09	8.11	pH
DBO₅	6.87	10.0	7.90	7.07	9.0	mg ^{-L}
Nitratos (NO₃⁻)	0.003	0.005	0.0025	0.0035	0.0061	mg ^{-L}
Fosfatos (PO₄³⁻)	0.064	0.070	0.058	0.075	0.050	mg ^{-L}
Sólidos disueltos totales	765	780	890	791	900	mg ^{-L}
Oxígeno Disuelto	7.06	6.25	6.80	7.58	6.50	mg ^{-L}
Turbidez	0.87	0.99	0.95	0.85	0.98	NTU

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los resultados obtenidos de la muestra son validados con las NTP, EPA y Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 14th edition -1975 -20th edition -2005 APHA-AWWA-WPCF.

NOTA:

- El presente Informe de Ensayos, sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, el laboratorio, no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- Este Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

Puno, 02 Junio del 2016



M.Sc. Martin Choque Yucra
 Analista Ambiental
 Megalaboratorio UNA - Puno

Ciudad Universitaria - Teléfono (051) 599430 Anexo 31102



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 Vicerrectorado de Investigación
 Oficina Universitaria de Investigación
 Megalaboratorio de Investigación Ambiental-Suelos y Aguas
 Espectroscopia ICP - Microscopia Electrónica de Rayos X



INFORME DE ANÁLISIS N° 325-JUL7

ASUNTO ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO: AGUA DEL LAGO TITICACA (SUPERFICIAL)

PROCEDENCIA : CPT UROS CHULLUNI - Puno
 LUGAR : Uros - Puno
 INTERESADO : Gina Lizbeth Hallasi Puntaca
 MOTIVO : Análisis físico químico agua
 MUESTREO : 13/06/16
 ANÁLISIS : 14/06/16 20/06/16
 MUESTRA TOMADA : Por el interesado y ha sido recepcionada en laboratorio en un Frasco de vidrio de 1000 ml (11:05) am

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

CARACTERÍSTICAS					
Color	Tranparente	Transparente	Transparente	Transparente	
Olor	Característico	Característico	Característico	Característico	
Sabor	Insipido	Insípido	Insípido	Insípido	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	M1	M2	M3	M4	Unidad de medida
T° Temperatura	15.8	17	15.2	16	°C
pH	7.90	8.03	7.83	8.13	pH
DBO₅	60	130	45	100	mg ^{-L}
Nitratos (NO₃⁻)	0.09	0.06	0.02	0.08	mg ^{-L}
Fosfatos (PO₄³⁻)	0.045	0.030	0.058	0.075	mg ^{-L}
Sólidos disueltos totales	1 261	1 240	1 270	1 250	mg ^{-L}
Oxígeno Disuelto	3.74	4.46	6.00	4.5	mg ^{-L}
Turbidez	1.18	0.87	0.82	1.48	NTU

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los resultados obtenidos de la muestra son validados con las NTP: ECA y Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 14th edition -1975 -20th edition -2005 APHA-AWWA-WPCF.

NOTA:

- El presente Informe de Ensayos, sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, el laboratorio, no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- Este Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

Puno, 05 Julio del 2016



M.Sc. Martin Choque Yuca
 Analista Ambiental
 Megalaboratorio UNA - Puno



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 Vicerrectorado de Investigación
 Oficina Universitaria de Investigación
 Megalaboratorio de Investigación Ambiental-Suelos y Aguas
 Espectroscopia ICP - Microscopia Electrónica de Rayos X



INFORME DE ANÁLISIS N° 331-AGO16

ASUNTO ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO: AGUA DEL LAGO TITICACA (SUPERFICIAL)

PROCEDENCIA : CPT UROS CHULLUNI - Puno
 LUGAR : Uros - Puno
 INTERESADO : Gina Lizbeth Hallasi Puntaca
 MOTIVO : Análisis físico químico agua
 MUESTREO : 20/07/16
 ANÁLISIS : 20/07/16 – 15/08/16
 MUESTRA TOMADA : Por el interesado y ha sido recepcionada en laboratorio en un Frasco de vidrio de 1000 ml (10:00 am)

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	M1	M2	M3	M4	M5	Unidad de medida
T° Temperatura	13.2	12	12.2	12.5	13	°C
Potencial de hidrogeniones	8.72	8.71	8.77	8.72	8.77	pH
Potencial Redox (εh)	-74.2	-74.5	-77.6	-74.9	-76.9	mV
Conductividad Eléctrica CE	1886	1882	1899	1938	1944	μS/cm
DBO₅	90	90	95	80	84	mg ^{-L}
Nitratos (NO₃⁻)	0.030	0.025	0.082	0.05	0.02	mg ^{-L}
Fosfatos (PO₄³⁻)	0.028	0.033	0.073	0.032	0.022	mg ^{-L}
Sólidos disueltos	1350	1320	1330	1350	1360	mg ^{-L}
Oxígeno Disuelto	8.50	7.50	6.50	5.55	7.40	mg ^{-L}
Turbidez	1.03	1.21	0.05	0.73	0.99	NTU

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los resultados obtenidos de la muestra son validados con las NTP: ECA y Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 14th edition -1975 -20th edition -2005 APHA-AIWWA-WPCF.

NOTA:

- El presente Informe de Ensayos, sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, el laboratorio, no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- Este Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

Puno, 16 Agosto del 2016



M.Sc. Martin Choque Yucra
 Analista Ambiental
 Megalaboratorio UNA - Puno

Ciudad Universitaria - Teléfono (051) 599430 Anexo 31102



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS

CONSTANCIA

LA JEFE DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (UNA) PUNO HACE CONSTAR QUE:

Que la Srta Br. GINA LIZBETH HALLASI PUNTACA, egresada de la Facultad de Ciencias Biológicas, a realizado el análisis bacteriológico de 15 muestras de aguas del Lago Titicaca, zona de las Islas de los Uros, durante los meses de Mayo a Julio del 2016, como parte de investigación de su Proyecto de tesis intitulado: "DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y FISICO-QUÍMICOS DE LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO EN LAS ISLAS FLOTANTES UROS DEL LAGO TITICACA"

Los análisis bacteriológicos fueron realizados bajo la supervisión de esta jefatura.

Se expide el presente para los fines convenientes.

Puno, 12 de Diciembre del 2017.


EVA LAURA CHAUCA
M.Sc. EVA LAURA CHAUCA
Docente Principal D.E. FCCBB-UNA
COLBIOP N° 905
JEFE DE LABORATORIO





Universidad Nacional del Altiplano - Puno

Vicerrectorado de Investigación
Megalaboratorio de Investigación Ambiental-Suelos y Aguas
Espectroscopia ICP - Microscopia Electrónica de Rayos X



"Año del diálogo y la Reconciliación Nacional"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, JEFE (e) "MEGALABORATORIO AMBIENTAL DE INVESTIGACIÓN DE LA UNA - PUNO"

HACE CONSTAR:

Que la señorita estudiante, **Gina Lizbeth, HALLASI PUNTACA**, identificado con DNI N° 45720369, egresada de la facultad de Ciencias Biológicas, de la UNA-PUNO, ha realizado el trabajo de investigación titulado **DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS FÍSICO QUÍMICOS DE LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO EN LAS ISLAS FLOTANTES UROS DEL LAGO TITICACA**. Ha realizado análisis fisicoquímico (nitratos fosforo y DBO₅ año 2016).

Por lo cual se expide el presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que estime por conveniente.

Puno, 27 marzo del 2018.




Dr. Cs. Martin Choque Yucra
Analista Ambiental
Megalaboratorio UNA-Puno

Ciudad Universitaria - Teléfono (051) 599430 Anexo 31102