

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MONITOREO Y EVALUACION DEL CUERPO DE AGUA DE LA
BAHIA INTERIOR DE PUNO - LAGO TITICACA”**

TESIS

PRESENTADO POR:

FREDY EDGAR CALLATA TAPIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Puno - Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

“MONITOREO Y EVALUACION DEL CUERPO DE AGUA DE LA
BAHIA INTERIOR DE PUNO - LAGO TITICACA”TESIS PRESENTADO POR:
FREDY EDGAR CALLATA TAPIAPARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO:

PRESIDENTE

:


M.Sc. Roberto Alfaro Alejo

PRIMER JURADO

:


M.Sc. José Antonio Mamani Gomez

SEGUNDO JURADO

:

DIRECTOR DE TESIS

:


M.Sc. Percy Arturo Ginez Choque

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. Bernardo Pio Coloma Paxi

TEMA: ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE

ÁREA: ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

DEDICATORIA

A mí protector **JEHOVÁ, mi Dios**. Supremo artífice y creador, que guía mis pasos y me brinda la sabiduría necesaria para escoger el camino que me llevara a su encuentro.

Con todo mi cariño y mi amor para mis padres Tomás Callata Vilca y Tomasa Tapia Barrantes, por su abnegado cariño, constancia y sacrificio, por inculcarme sentimientos de honestidad, trabajo y deseos de superación, que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano siempre en las buenas y en las malas, que estoy seguro que los llevaré en mi corazón a lo largo de mi existencia. Quiero que sepan que lo que he logrado hubiera sido imposible de alcanzar sino tuviera la suerte de tenerlos. A ustedes Por siempre mil gracias.

No puede quedar por fuera de esta dedicatoria, mí querida esposa Ana, por su amor, comprensión y permanente apoyo en la consecución de este trabajo de investigación.

F.E.C.T

AGRADECIMIENTO

Podría escribir innumerables páginas de agradecimiento nombrando a todas las personas que de alguna u otra manera formaron parte de esta maravillosa etapa de mi vida.

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y a todos los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haber contribuido en nuestra formación profesional y sembrar la semilla del desarrollo, progreso y superación, para ponerla al servicio de la sociedad.

Mis más sinceros agradecimientos al M.Sc. Percy Arturo Ginez, director de esta Tesis, especialista en Ingeniería Ambiental, quien con su comprensión, orientación y asesoría y sobre todo por su amistad brindada, supo apoyarme de forma decisiva para la culminación de este trabajo de investigación.

Al M.Sc. Bernardo Pio Coloma Paxi, un especial agradecimiento por compartir sus conocimientos e impartir consejos de mucha utilidad, persona a la cual le debo su ayuda incondicional al aportar con sus ideas y experiencia para la culminación de este trabajo.

Agradezco a los miembros del jurado, M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, M.Sc. Roberto Alfaro Alejo y M.Sc. José A. Mamani Gómez, por sus orientaciones al trabajo de investigación, sin la cual el presente trabajo de investigación no habría alcanzado los resultados obtenidos.

A todos mis amigos y compañeros que de una u otra forma me brindaron su apoyo para ir sorteando los obstáculos en el camino del aprendizaje.

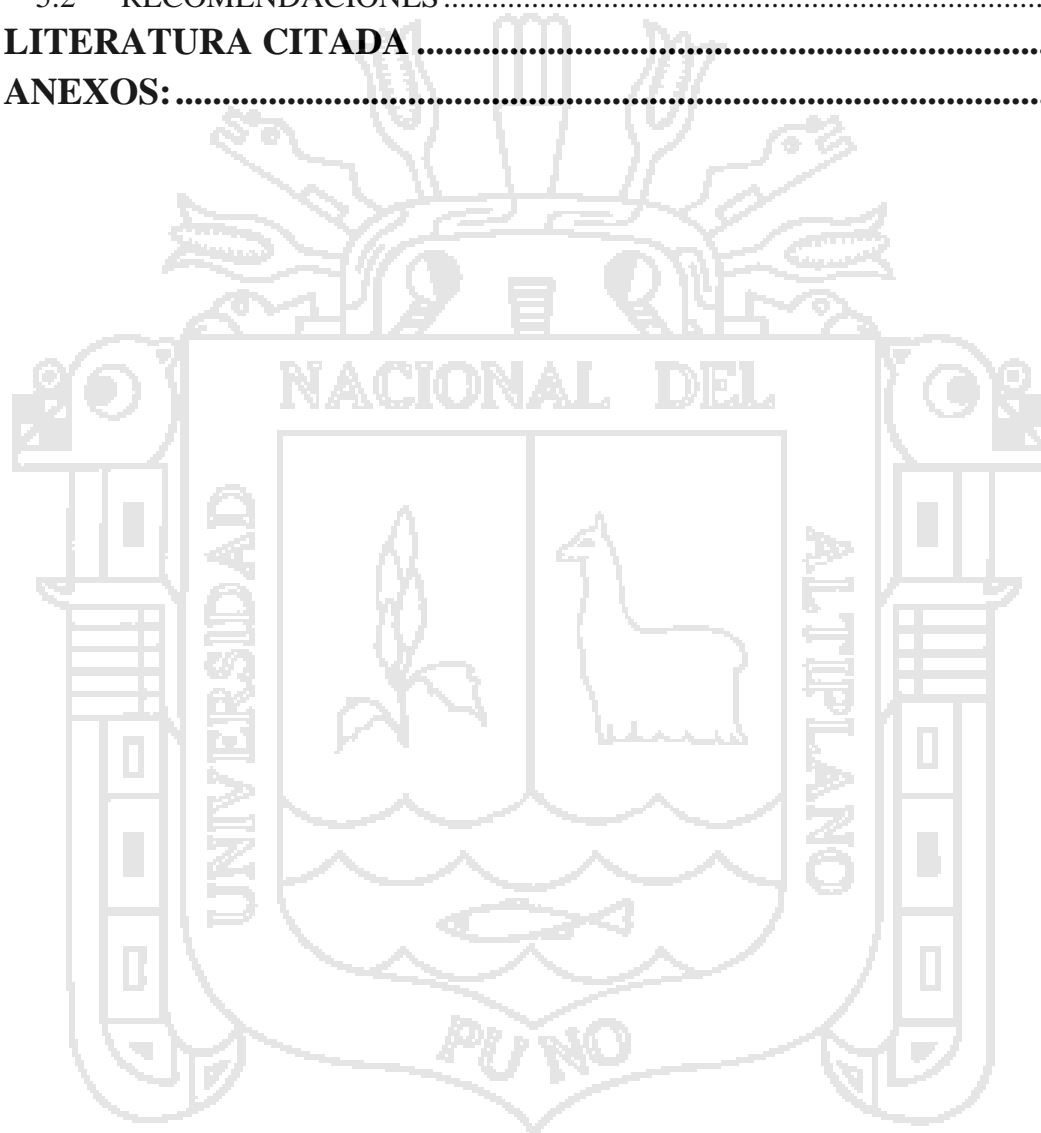
F.E.C.T.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
 CAPITULO I	
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION..... 1	
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 ANTECEDENTES.....	3
1.4 JUSTIFICACION	8
1.5 OBJETIVOS	9
1.5.1 Objetivo general.....	9
1.5.2 Objetivos específicos	9
 CAPITULO II	
II. MARCO TEORICO 10	
2.1 MONITOREO.....	10
2.2 EVALUACIÓN.....	11
2.2.1 Evaluación de la calidad del agua.....	11
2.3 LAGOS	12
2.3.1 PROPIEDADES DEL LAGO	13
2.4 CONTAMINACION AMBIENTAL.....	15
2.4.1 Contaminación de las aguas.....	17
2.4.2 Principales contaminantes del agua	19
2.5 CARACTERISTICAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA.....	21
2.5.1 Características físicas.....	21
2.5.2 Características químicas	24
2.5.3 Características biológicas	32

2.6	EUTROFIZACION.....	32
2.6.1	La eutrofización como proceso.....	35
2.6.2	Medidas para evitar la eutrofización.....	36
2.7	SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA SIG.....	36
2.7.1	Aplicaciones de los SIG.....	38
2.7.2	Componentes de un S.I.G.	39
2.7.3	Modelo de datos espaciales en un SIG	41
2.7.4	Ventajas y requerimientos de un SIG	42
2.7.5	Interpolación	42
2.8	MARCO NORMATIVO.....	46
2.8.1	La Constitución Política del Perú (promulgada el 29/12/1993)	46
2.8.2	Ley de los Recursos Hídricos (Ley N° 29338)	47
2.8.3	Ley General De Salud (Ley N° 26842 del 20/07/1997).....	48
2.8.4	Ley Orgánica de la Municipalidades (Ley N° 27972 del 27/05/2003)	48
2.8.5	Estándares Nacionales	49
2.8.6	Estándares Internacionales.....	49
CAPITULO III		
III. MATERIALES Y METODOS.....		51
3.1	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	51
3.1.1	Localización.....	51
3.1.2	Extensión y características morfométricas	51
3.2	MATERIALES UTILIZADOS.....	54
3.2.1	Materiales de campo	54
3.2.2	Materiales de laboratorio	54
3.2.3	Materiales y equipos de gabinete.....	55
3.2.4	Materiales cartográficos.....	55
3.3	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	56
3.3.1	Objetivo 1	56
3.3.2	Objetivo 2	59
3.3.3	Objetivo 3	61
3.3.4	Método estadístico	62
3.3.5	Representación gráfica de los resultados	63
CAPITULO IV		
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		64
4.1	RESULTADOS POR OBJETIVOS.....	65

4.1.1	Objetivo 1	65
4.1.2	Objetivo 2	86
4.1.3	Objetivo 3	91
CAPITULO V		
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 109		
5.1	CONCLUSIONES	109
5.2	RECOMENDACIONES	111
LITERATURA CITADA..... 112		
ANEXOS:..... 120		



INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1: Tipo de muestra según los parámetros	5
Cuadro N° 2: Guías para la calidad del agua recreativa – Canadá.....	49
Cuadro N° 3: Concentraciones aprobadas de E. Coli en aguas de uso público en los EUA.....	50
Cuadro N° 4: Resultados de la temperatura superficial de las aguas de la bahía interior de Puno entre las estaciones de muestreo.	65
Cuadro N° 5: Valores de la transparencia al disco Secchi en las aguas de la bahía interior de Puno	68
Cuadro N° 6: Resultados de la conductividad eléctrica a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo ..	71
Cuadro N° 7: Valores de la turbiedad del agua en la bahía interior de Puno entre las estaciones de monitoreo	72
Cuadro N° 8: Valores de potencial de hidrogeno (pH) en las aguas de la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo	74
Cuadro N° 9: Resultados de oxígeno disuelto a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo	75
Cuadro N° 10: Resultados de los sólidos disueltos totales (STD) a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno.....	77
Cuadro N° 11: Resultados de DBO ₅ a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo	79
Cuadro N° 12: Clasificación general de la calidad del agua según la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	81
Cuadro N° 13: Resultados de DQO a nivel superficial de la columna de agua de la bahía interior de Puno, en las estaciones de muestreo	82
Cuadro N° 14: Valores de la concentración de fosfatos a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno.....	83
Cuadro N° 15: Valores de los niveles de los nitratos a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo ..	85
Cuadro N° 16: Resultados de la concentración de coliformes fecales a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno	87
Cuadro N° 17: Resultados de análisis de coliformes totales a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno.....	88
Cuadro N° 18: Resultados de análisis de coliformes termotolerantes a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno	90
Cuadro N° 19: Resultados de parámetros de calidad ambiental del agua de la bahía interior de Puno – Lago Titicaca.....	107

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Mapa conceptual de las diversas causas que pueden originar la eutrofización de un lago o laguna.....	35
Figura 2: Ejemplo de SIG.....	37
Figura 3: Modelo de datos ráster y vectorial.....	41
Figura 4: Modelo IDW de interpolación.....	43
Figura 5: Modelo Spline de Interpolación.....	44
Figura 6: Modelo Kriging de Interpolación.....	45
Figura 7: Modelo TIN de interpolación.....	46
Figura 8: Ubicación del área de estudio.....	53
Figura 9: Proceso metodológico general de la investigación.....	61
Figura 10: Flujograma para zonificar las áreas más afectadas con el SIG.....	62
Figura 11: Comportamiento de la temperatura superficial (°C) en las aguas de la bahía interior de Puno entre las estaciones de muestreo.....	66
Figura 12: Comportamiento de los niveles de la transparencia al disco Secchi en la bahía interior de Puno.....	68
Figura 13: Transparencia del agua en la bahía interior de Puno.....	70
Figura 14: Comportamiento de la conductividad eléctrica a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo.....	71
Figura 15: Comportamiento de la turbiedad superficial en las aguas de la bahía interior de Puno entre las estaciones de muestreo.....	73
Figura 16: Comportamiento de potencia de hidrogeno (pH) en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	74
Figura 17: Comportamiento de oxígeno disuelto (OD) en las estaciones de muestreo - bahía interior de Puno.....	76
Figura 18: Comportamiento de los sólidos disueltos totales (STD) en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	78
Figura 19: Comportamiento de la DBO ₅ en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	80
Figura 20: Comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO) en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	83
Figura 21: Comportamiento de fosfatos en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	84
Figura 22: Comportamiento de nitratos a nivel superficial en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	86
Figura 23: Comportamiento de la concentración de coliformes fecales en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	87
Figura 24: Comportamiento de Coliformes totales a nivel superficial en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.....	89

Figura 25: Comportamiento de coliformes termotolerantes a nivel superficial en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno	90
Figura 26: Mapa de zonificación de la temperatura del agua en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.	92
Figura 27: Mapa de distribución del pH a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno	93
Figura 28: Mapa de distribución de la conductividad eléctrica a nivel superficial en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.	94
Figura 29: Mapa de zonificación de la turbiedad del agua en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.	95
Figura 30: Mapa de distribución del contenido de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.....	96
Figura 31: Mapa de contenido de sólidos disueltos totales en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.....	97
Figura 32: Mapa de distribución de DBO ₅ en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca	98
Figura 33: Mapa de distribución de los niveles de DQO en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca	99
Figura 34: Mapa de concentración de fosfatos en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca	100
Figura 35: Mapa de distribución de los niveles de nitratos en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.....	102
Figura 36: Mapa de distribución de concentración bacteriológica de coliformes fecales en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.	103
Figura 37: Mapa de distribución de concentración bacteriológica de coliformes totales en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.....	104
Figura 38: Mapa de distribución del contenido bacteriológico de coliformes termotolerantes en las aguas de la bahía interior de Puno	105
Figura 39: Localización de la zona crítica en la bahía interior de Puno.....	108

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Panel Fotográfico	121
Anexo 02. Ficha de toma de datos de campo	131
Anexo 03: Cuadro de valores de los principales parámetros físico, químicos y bacteriológicos de las aguas de la bahía interior de Puno, entre las estaciones de Muestreo	134
Anexo 04: Mapa base de microcuencas de ciudad de Puno.....	136
Anexo 05: Mapa temático de Puntos de monitoreo en la bahía interior de Puno - Lago Titicaca.....	138
Anexo 06: Mapas temáticos de distribución de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las aguas de la bahía interior de Puno.....	140
Anexo 07: Normas legales-estándares de calidad ambiental DS-002-2008-MINAM. (Categoría 1: Poblacional y recreacional y Categoría 4: Conservación del medio ambiente acuático	154
Anexo 08: Certificado de análisis físico, químico y microbiológico de agua de la bahía interior de Puno-Lago Titicaca, en las 07 estaciones de muestreo	159

LISTA DE ABREVIATURAS

ACDI	: Agencia Canadiense para el Desarrollo
APHA	: American Public Health Association
BIP	: Bahía Interior de Puno
CEPIS	: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente
CHONFA	: Carbono, Hidrogeno, Oxígeno. Nitrógeno, Azufre.
CIESE	: Instituto de Tecnología de Stevens
CIIMSA	: Comité Institucional para el Mejoramiento de la Salud Ambiental
CMARN	: Código del medio Ambiente y Recursos Naturales
CYTED	: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
° C	: Grados Celsius
DBO5	: Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
DS	: Decreto Supremo
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
EDAR	: Estaciones Depuradas de Aguas Residuales
EMSAPUNO	: Empresa Municipal de Saneamiento Básico Puno
EPA	: Agencia De Protección Ambiental
EUA	: Estados Unidos de América
F	: Fosforo
FAO	: Organizaciones de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
ICA-NSF	: Índice de Calidad de Agua de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos.
JICA	: Agencia de Cooperación Técnica Japonesa
LGA	: Ley General de las Aguas
MINAM	: Ministerio del Ambiente

MINCETUR	: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo
N	: Nitrógeno
NMP/100ml	: Numero Más Probable por 100 mililitros
NTU	: Unidad de Turbiedad nefelométrica
mg/l	: Miligramos Por Litro De Solución
OD	: Oxígeno Disuelto
OECD	: Organismo Para La Cooperación Económica y Desarrollo - Paris
OMS	: Organización Mundial de la Salud
PELT	: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca
pH	: Potencial de Hidrogeniones
RNT	: Reserva Nacional del Titicaca
SDT	: Sólidos Disueltos Totales
SIG	: Sistema de Información Geográfica
TOC	: Carbón Orgánico Total
UBS	: Universidad British de Canadá
UNA	: Universidad Nacional del Altiplano
UNAM	: Universidad Nacional Autónoma de México
UNICEF	: Fondo de Naciones Unidas para la Infancia
UTM	: Universal Transversal De Mercator
NMP/100ml	: Número Más Probable En 100 MI

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la Bahía Interior de Puno a 3810 m.s.n.m., teniendo como objetivo evaluar el estado actual de la calidad ambiental del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno, mediante las características físico y químicas (temperatura, transparencia, pH, conductividad eléctrica, turbiedad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, DBO₅, DQO, fosfatos y nitratos), como también mediante las características microbiológicas (coliformes fecales, coliformes totales y coliformes termotolerantes) en las aguas de la bahía interior de Puno, las mismas que son zonificadas con el ArcGIS 10.2 para tener las áreas más afectadas por el ingreso de aguas residuales a esta importante zona del Lago Titicaca. Esta investigación se llevó a cabo en 07 estaciones de muestreo de modo que se cubrió toda el área de estudio. Los parámetros de temperatura, transparencia, conductividad eléctrica y pH, fueron determinados a nivel superficial de la columna de agua en forma directa mediante instrumentos de campo y como también en el laboratorio, mientras que los análisis de OD, STD, DBO₅, DQO, fosfatos, nitritos, coliformes fecales, coliformes totales y coliformes termotolerantes, se realizaron por métodos estándar en el laboratorio. Llegando a un resultado de que, la temperatura del agua tuvo valores entre 13 y 15.60 °C, la transparencia llegó hasta 0.81 m, el pH del agua en la superficie tuvo valores entre 8.86 a 9.63 unidades de pH, la conductividad eléctrica 1901 μS/cm, la turbiedad 43 NTU, el oxígeno disuelto presentó valores de 2.10 a 3.28 mg/l, los sólidos disueltos totales 953 mg/l, la DBO₅ 205 mg/l, DQO hasta 514 mg/l, para nitratos 2.085 mg/l y fosfatos 0.333 mg/l. Para los parámetros bacteriológicos de coliformes fecales 2900 NMP/100 ml, coliformes totales 11000 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 1900 NMP/100 ml. De los resultados obtenidos para los parámetros indicadores de contaminación (OD, pH, Sólidos disueltos totales, DBO₅, y coliformes fecales y totales) al ser comparados con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua; excedieron grandemente lo recomendado, y también se ha identificado mediante las mapas temáticas que la zona más crítica en la bahía interior de Puno, corresponde zonas cercanas a la isla Espinar y Muelle de Puno.

Palabras Claves: Evaluación, Agua, Bahía Interior de Puno, Contaminación.

ABSTRACT

The research was conducted in the Interior of Puno Bay at 3810 meters, aiming at assessing the current state of the environmental quality of the water body of the inner bay of Puno, by the physical and chemical characteristics (temperature, transparency, pH, electrical conductivity, turbidity, dissolved oxygen, total dissolved solids, BOD 5, COD, phosphates and nitrates), as well as by the microbiological characteristics (fecal coliforms, total coliforms and fecal coliforms) in the waters of the inner bay of Puno, the same they are zoned with ArcGIS 10.2 to have the areas most affected by the inflow of wastewater to this important area of Lake Titicaca. This research just took in 07 sampling stations so that the entire study area was covered. The parameters of temperature, transparency, electrical conductivity and pH were measured at the surface level of the water column directly through field instruments and also in the laboratory, while the analysis of OD, STD, BOD 5, COD, phosphates, nitrates, fecal coliforms, total coliforms and fecal coliforms were performed by standard laboratory methods. Reaching a result that the water temperature had values between 13 and 15.60 ° C, transparency reached 0.81 m, the pH of the water on the surface had values between 8.86 to 9.63 pH units, electrical conductivity 1901 S / cm, 43 NTU turbidity, dissolved oxygen showed values of 2.10 to 3.28 mg / l total dissolved solids 953 mg / l, BOD5 205 mg / l to 514 mg COD / l to 2,085 mg nitrate / l phosphate 0.333 mg / l. For bacteriological parameters of fecal coliform 2900 NMP / 100 ml, 11000 total coliforms MPN / 100 ml and 1900 thermotolerant coliform MPN / 100 ml. From the results obtained for indicators of pollution parameters (DO, pH, total dissolved solids, BOD 5, and total and fecal coliforms) when compared with the national environmental quality standards for water; greatly exceeded recommended, and has also been identified by the thematic maps that the most critical area in the inner bay of Puno, corresponds areas near the island Espinar and Pier Puno.

Words key: Evaluation, Inner Bay of Puno, pollution.

CAPITULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.1 INTRODUCCION

Según Tyler, (2002). El agua es el elemento más abundante del planeta, los océanos y mares representan el 97% del agua y el restante que es el 3% se reparten en lagos y ríos. Esta cantidad de agua dulce es muy pequeña y fundamental para la vida animal y vegetal, además el agua es indispensable para la supervivencia de todos los organismos vivos del planeta y cada vez más es apreciado, tanto para su uso doméstico, industrial y agrícola. Su escasez sobre todo en las ciudades, la sitúan como prioridad vital para el desarrollo de las poblaciones.

Al descargar cualquier tipo de agua residual doméstica, industrial o de agricultura en un cuerpo de agua, se producen cambios en él, al igual que el vertimiento de basuras a orillas de éstos, ocasionando diversos efectos tales como; olor desagradable, incremento o descenso de temperatura, estas condiciones del agua, traen como consecuencia la alteración de especies que habitan en el cuerpo receptor, la fauna acuática se asfixia por falta de oxígeno y además pueden causar diversas enfermedades. La basura contiene restos orgánicos e inorgánicos, que no se descomponen o al descomponerse producen sustancias tóxicas de impacto negativo al ecosistema.

La materia orgánica de los residuos domésticos y de ciertos procesos industriales, tales como la elaboración de alimentos, papel y fibra sintética son considerados altamente tóxicos, muchas veces se sedimentan y cubren el fondo de los ríos y lagos, causando perjuicios y migraciones de las poblaciones bentónicas. Otras veces se fertilizan las aguas con fosfato y nitrato originando los fenómenos de eutrofización que son difíciles de controlar. (Solorzano, 1989).

En la bahía interior de Puno principalmente desembocan las aguas residuales generados por la población de la ciudad de Puno, a causa del crecimiento poblacional y el desarrollo industrial que han dado lugar a que aparezcan desechos más complejos, difíciles de tratarlos y controlarlos, e inclusive de identificar su presencia en el agua. Lo cual genera muchos problemas de salud y contaminación ambiental de la flora y fauna, que se agrava cada día más y más.

En función de lo expuesto anteriormente, la presente investigación se evalúa el estado de la calidad ambiental del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno en base a datos de monitoreo de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, las mismas son interpolados en el programa ArcGIS 10.2, que generan mapas temáticos de modelación que visualizan la concentración de contaminantes en el cuerpo de agua de la bahía interior de Puno.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde hace tiempo se ha observado que el deterioro de la contaminación del agua, está creciendo vertiginosamente en gran parte del mundo (mares, lagos y ríos), están siendo contaminadas por el hombre, pero con mayor crecimiento en el Perú. (Ocola y Flores, 2007).

Este fenómeno también es evidente en la bahía interior de Puno, donde se observa que la contaminación del agua, comienza del vertimiento de aguas residuales provenientes de la aglomeración urbana, desagües domésticos, comerciales, industriales, agrícolas y ganaderas, como también de los desechos orgánicos con alta carga orgánica, material de erosión de las microcuencas; y que a consecuencia de esto se inicia el crecimiento descontrolado de lenteja de agua, que absorbe a los nutrientes y

que impiden el paso de la luz solar al fondo de las aguas y que a través de éste se deteriora la calidad del agua, como también la pérdida de la fauna y la flora acuática, aspectos que empeoran las condiciones de vida de las especies que allí habitan, así como su valor estético y su preservación.

Así mismo, cabe indicar que, también, el problema se agrava en las temporadas de lluvias, cuando la basura de la ciudad es arrastrada hacia las aguas de la bahía, debido al inadecuado sistema de drenaje pluvial, y hay que considerar también que las algas no son el único problema ecológico en el Lago Titicaca, pues en otras zonas de esta gigantesca masa de agua de 8,400 km², las empresas mineras arrojan relaves (escoria y desechos) que contribuyen al deterioro de la calidad del agua y que matan la flora y fauna del Lago Titicaca.

En función de lo expuesto anteriormente, el ambiente acuático en la bahía interior de Puno requiere de un urgente tratamiento para la recuperación y regeneración de su biodiversidad, que cubre aproximadamente un área de 17 km² que representa el 0.02% de todo el área del Lago Titicaca.

Al concluir la presente investigación, me permitiré a responder la siguiente interrogante:

Problema general

¿Cómo es la situación actual y grado de contaminación en la bahía interior de Puno, debido a los vertimientos de aguas residuales?

1.3 ANTECEDENTES

Hablar de la contaminación de la bahía interior de Puno, no es hablar de un problema reciente, sino de un problema de más de tres décadas. Para evaluar y tener una idea de magnitud del problema ambiental que representa la contaminación y consecuentemente la eutrofización, es necesario conocer los referentes históricos tanto en calidad y gestión, ya que ello permitirá objetivamente tener una idea de la problemática de la contaminación que viene avanzando día tras día en la bahía interior de Puno.

Los trabajos de investigación relacionados con la contaminación, eutrofización y monitoreos de la bahía interior de Puno, no son muchos, las investigaciones realizadas desde la década de los 80s; el más antiguo, de acuerdo a la información revisada, se remonta a 1979, estudio realizado por la FAO, no precisamente relacionado con la contaminación, sino más bien con la pesquería del Lago Titicaca, pero a pesar de ello, sobre la base de la experiencia del equipo de investigadores, destacó la necesidad apremiante de estudiar la problemática de la contaminación; es decir, que hace 35 años que se dió, probablemente, la primera voz de alerta, aun cuando por definición, el problema de contaminación se generó con los primeros asentamientos humanos en la época de la colonia.

Según Sarmiento, (1984). Quien realiza uno de los primeros estudios para determinar la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en la bahía de Puno, determinándose que la concentración de fósforo era de 113.90 mg/l, nitratos 249.40 mg/l y amonio 774.64 mg/l; y Mollocondo, (1985). Realiza similar trabajo, y reportó 59,61 mg/l de nitratos, 450.76 mg/l de amonio y 142.01 mg/l de fósforo, los cuales eran las mejores evidencias del problema de contaminación y eutrofización. Ambos estudios coincidieron que las aguas de la bahía interior de Puno se encontraban en proceso de acelerado de eutrofización, considerando que los niveles de fósforo encontrados, superaron los recomendados por Wetzel (1981) de 30 – 100 ug/l.

Pero el estudio sistemático de la contaminación, quizá el más completo y valioso hasta 1992, a través de un programa de investigación entre la Universidad British Columbia de Canadá (UBS – Canadá), 1991. en convenio con la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (UNA), evaluó y sistematizó toda la información disponible hasta ese entonces, llegándose a determinar que la zona más afectada en todo el Lago Titicaca correspondía a la bahía interior de Puno, donde una población de más de 90,000 habitantes alteraba la calidad de las aguas, reportando concentraciones de 4.63 mg/l de fósforo, 18.86 mg/l de nitratos y 44.14 mg/l de amonio, que se pueden considerar elevados y concluye que dicho ecosistema presenta severos síntomas de contaminación orgánica y alteración del ecosistema de la fauna y flora acuática, liderado por los Doctores T.G Northcote, D. Levy y M.S Greaven de la UBC – Canadá y el Doctor P. Morales de la UNA – Puno, y auspiciado por la Agencia Canadiense para el Desarrollo

(ACDI). Dichos autores diseñaron e implementaron un plan de monitoreo ambiental de la bahía interior de Puno, para evaluar el comportamiento en el espacio y tiempo de los parámetros físicos y químicos.

A consecuencia de la descarga de aguas residuales tratadas y no tratadas en la bahía interior de Puno y el crecimiento descontrolado de la planta flotante Lemna sp conocida como la lenteja de agua. El Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT, 1999), con asesoramiento de la Agencia de Cooperación Técnica Japonesa (JICA), empezó a realizar estudios de calidad del agua de la bahía Interior de Puno a partir del mes de enero de 1999. El cual tuvo como objetivo del estudio la evaluación de la calidad del agua de la bahía interior de Puno y recomendar medidas para evitar su contaminación.

Para lo cual realizó determinaciones del agua residual cruda que ingresa a la laguna de estabilización y a la salida de la primera y segunda laguna. A su vez analizaron muestras de agua de tres buzones que se encuentran en el centro de la ciudad de Puno. Y en la bahía interior de Puno se tomaron 24 muestras, 12 de ellas a 20% de profundidad y las restantes a 80% de profundidad. Y en el mismo punto de muestreo, se han determinado los parámetros según el tipo de muestra tal como se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1: Tipo de muestra según los parámetros

PARAMETROS	BUZONE DE DESAGUE	LAGUNAS ESTABILIZACION	CANALES DRENAJE	AGUA BAHIA INTERIOR	SEDIMENTO BAHIA INTERIOR
Temperatura	x	X	x	x	X
Transparencia				x	
pH	x	X	x	x	
Potencial Redox					X
Oxígeno Disuelto	x	X	x	x	
Caudal		X	x		
Sólidos Suspendidos	x	X	x	x	X
DBO5*	x	X	x	x	X
DQO**	x	X	x	x	X
Sólidos Fijos					X
Sólidos Volátiles					X
Nitrógeno Amoniacal	x	X	x	x	
Nitratos, Nitritos	x	X	x	x	
Nitrógeno Total	x	X	x	x	X
Fosfatos			x	x	
Fósforo Total	x	X	x	x	X
Coliformes Totales	x	X	x	x	

* Demanda Bioquímica de Oxígeno

** Demanda Química de Oxígeno

Teniendo como resultado los valores de los parámetros nitrógeno total en muestras de la bahía interior de Puno se encuentran entre 1 y 5 mg/L y de fósforo total están en el rango de 0.1 y 1.5 mg/L. los valores de estos parámetros son mayores en muestras de agua que se encuentran a 80% de profundidad que las muestras al 20%. Según resultados preliminares del estudio de acuerdo a los niveles de fósforo y nitrógeno total en las muestras de agua de la bahía interior de Puno, se categoriza ésta como bahía eutrofizada.

Según PELT, (2001). Menciona que, la medida con disco Secchi, en enero y julio, demostraron que la transparencia del agua de la bahía interior de Puno era de (1.20-2.2m) era mucho menor que la bahía exterior. A mediados de octubre las medidas de transparencia no presentaban valores mínimos a 2m registrando a 200 m de la orilla y a 500 m al sur del muelle, desde febrero hasta principios de abril, la zona de aguas con una transparencia moderadamente alta (>2) disminuía paulatinamente, al mismo tiempo que una región de baja transparencia se extendía (<1). Desde finales de abril hasta finales de mayo, el agua de transparencia intermedia (1- <2) se extendió por gran parte de la bahía.

El Comité Institucional para el Mejoramiento de la Salud Ambiental (CIIMSA), de Puno, indica que, en el año 2002, la ciudad de Puno contaba con 120,000 habitantes y que se producen 70 TM/día de residuos sólidos; el nivel de cobertura de recojo alcanza el 58%, principalmente en el área urbana y 42% en la zona urbano – marginal. (CIIMSA, 2004).

Y en el año 2003, la Municipalidad Provincial de Puno – División de Saneamiento Ambiental indica que la producción diaria de residuos sólidos es de 70 TM y que la cobertura de recojo es de 80%. Lo que indica que gran cantidad de residuos sólidos tienen como lugar de vertimiento final a la bahía interior de Puno, ya sea llevado directamente por pobladores de la zona baja o transportados por la lluvia, cuando éstas se presentan. (MINCETUR, 2003).

Según Angles, (2007). En su estudio sobre los parámetros físicos químicos de la bahía interior de Puno para determinar el nivel de contaminación, menciona que la DBO5 para las aguas de la superficie y de profundidad fueron de 1.31 mg/l y 1.11 mg/l

como valores promedio respectivamente, también se observó que los puntos de muestreo ubicados a 100 m de la orilla muestran los valores más altos de DBO5 de agua, esto debido a la cercanía a las orillas donde existe un mayor nivel de contaminación.

Según Samboni *et al* (2007), menciona que el ICA – NSF (Índice de Calidad de Agua de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos), que actualmente es utilizado para supervisar la calidad de los ríos y lagos, seleccionaron que los variables de mayor importancia: OD, Coliformes fecales, pH, DBO5, SDT, NO₃-N, fosfatos, temperatura y turbidez. En la mayoría de los casos los variables más empleados para la valoración física – químico del agua a partir de indicadores son el pH, OD, DBO5, una especie de nitrógeno como nitratos o amonio, fosforo total y solidos suspendidos totales. La DQO es una variable más amplia para evaluar la contaminación de origen orgánico e inorgánico, además de uso de esta variable amplía la gama de usos de ciertos indicadores.

Durante los años 2007 y 2008 utilizaron con creatividad e ingenio un equipo mecanizado especialmente habilitado, compuesto por una retroexcavadora de brazo largo, un casillero de compuertas y un lon laín de 1 km de longitud. La Autoridad del Lago Titicaca (ALT) realizó una remoción y retiró 42 mil m³ de lenteja de agua. Dejando limpia la bahía interior de Puno de una proliferación nociva, es decir del manto verde que deterioró su calidad ambiental en los últimos cuarenta años.

En el año 2009 se procedió a la instalación de un sistema de aireación compuesto por cinco oxigenadores industriales para la inyección de aire u oxígeno en el agua, mediante este sistema se aporta oxígeno para lograr una mezcla de agua con los lodos sin generar turbulencias y los sólidos se mantienen en suspensión gracias a la corriente producida por los aireadores que consiguen un elevado rendimiento de nitrificación y desnitrificación.

En el 2010 la tecnología se extiende a las lagunas de oxidación de El Espinar con la instalación inicial de dos oxigenadores industriales para atacar directamente uno de los puntos focales del tratamiento de aguas servidas que provienen de la ciudad de Puno, mediante un convenio suscrito entre la ALT y EMSAPUNO. En ese contexto

resulta grato para la Autoridad del Lago Titicaca (ALT) haber recibido el reconocimiento de la principal entidad técnica para los servicios de agua, alcantarillado y desagües de Puno, pero sin embargo habiendo realizado estos estudios sobre esta contaminación de la bahía interior de Puno, sigue avanzando.

Paredes, (2013). Reporta que la calidad fisicoquímica del agua de la zona de captación Chimu del Lago Titicaca destinada para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Puno, en sus tres captaciones registran datos por debajo de los Estándares Nacionales Ambientales de Calidad de Agua, la temperatura promedio es de 15.7 °C, con un valor mínimo de 14°C y máximo de 18°C; el pH promedio es de 8.42 que oscilan de 8.03 a 8.85; la demanda química de oxígeno (DQO) es de 8.27 mg/l, según este parámetro; las aguas cumplen con los ECAs, por lo tanto son aptos para el abastecimiento de agua potable con un tratamiento convencional, encontrándose por debajo de los límites definidos (20 mg/l) para una calidad de categoría I, tipo A2.

1.4 JUSTIFICACION

El Lago Titicaca es el lago navegable a mayor altura del mundo, que se reconoce como un ecosistema de vital importancia ya que en él se encuentran importantes recursos acuáticos que están siendo afectados por los procesos de contaminación. Y las autoridades por mucho que ponen su voluntad no consiguen aplacar este problema que viene avanzando día tras día, por lo que se está generando pérdidas importantes de la vida acuática en la bahía interior de Puno, la cual representa una serie amenaza para el abastecimiento de primera necesidad, poniendo en riesgo el bienestar y la existencia de la vida acuática en la bahía.

Lo anterior muestra un problema ambiental y social que debe ser atendida para evitar mayores impactos y posiblemente daños irreversibles, ello justifica el desarrollo de la presente investigación, necesarios de conocer el estado de la calidad ambiental del agua de la bahía interior de Puno y el grado de contaminación mediante los datos de monitoreo de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. En vista de que resulte un instrumento de gestión al problema grave de la contaminación para la intervención por los gobiernos locales, regionales y nacionales en materia de manejo, conservación y

restauración. Las que requieren con urgencia una solución de esta importante zona del Lago Titicaca.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Evaluar el estado de la calidad ambiental del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno, en base a los parámetros de campo y resultados de los análisis de las muestras de agua de la bahía interior de Puno.

1.5.2 Objetivos específicos

- a. Evaluar la concentración de las características físico y químicas de las aguas de la bahía interior de Puno.
- b. Evaluar la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de la bahía interior de Puno.
- c. Zonificar las áreas más afectadas por las descargas de aguas residuales con el SIG.

CAPITULO II

II. MARCO TEORICO

2.1 MONITOREO

Según Lead (1998), define que el monitoreo es el procedimiento continuo de observación, de medición, y evaluación de las acciones del proyecto en forma objetiva, con el fin de identificar impactos ambientales y aplicar las medidas de control ambiental en el momento y en el lugar apropiado. La información recopilada es de importancia para temas de investigación y para prevenir impactos ambientales de proyectos que ocasionen o perjudiquen el recurso natural y al medio ambiente.

Por otro lado Arellano (2011). Con la finalidad de mejorar la calidad del agua, es necesario realizar un buen monitoreo de los contaminantes, ya que éste es primordial en cualquier programa de control, nos ayuda a determinar dónde, cuáles son y en qué concentraciones se encuentran los contaminantes, así como para determinar la efectividad de los programas.

Existen dos áreas básicas donde el monitoreo actual tiene lugar en el ambiente y en la fuente. Los contaminantes en el ambiente se encuentran en forma diluida. En la fuente de emisión, ya sea estacionaria o móvil, se encuentran más concentrados, y en la medida que se van moviendo de la fuente, se van diluyendo más.

El monitoreo también nos ayuda a visualizar la tendencia de la calidad del agua todo el tiempo. Con esto se conforma una base de datos que nos puede ayudar a desarrollar modelos matemáticos que después nos ayudan a predecir el curso que tomará la concentración de los contaminantes, y que nos servirán para predecir o

identificar los episodios potenciales de altas concentraciones de contaminantes, para responder a situaciones de emergencia. También nos permite realizar investigaciones científicas, encontrando la correlación de altas concentraciones de un contaminante determinado con sus efectos a la salud humana y al medio ambiente.

2.2 EVALUACIÓN

Según Correa (2008), indica que evaluar consiste en realizar un número de mediciones y análisis de los parámetros, normas y métodos pre-establecidos que permiten un control y manejo adecuado del proceso acciones de supervisión, inspección, vigilancia y control con el propósito de prevenir, mantener, corregir, mejorar y optimizar los procesos individuales en la calidad del agua (bofedales, ríos, lagos, etc.).

Por otro lado Romero (2001), indica que para la evaluación de los diferentes características de agua contaminada se deben seguir los métodos normales o estándares, además una caracterización acertada del agua residual que requiera una técnica apropiada de muestreo que asegure resultados representativos, en general para que la muestra sea representativa, se prefieren sitios de muestreo con flujo turbulento donde el agua residual este bien mezclada. Sin embargo el sitio de muestreo debe seleccionarse de acuerdo con cada problema individual.

2.2.1 Evaluación de la calidad del agua

Según la OMS (2009), señala que, la evaluación de la calidad del agua es un estudio técnico, que determina las características organolépticas, físicas, químicas y biológicas del agua en sistemas de abastecimiento público, redes de suministro, drenajes municipales o industriales, descargas de aguas residuales, cuerpos receptores, canales y vasos de captación, etc. Se identifican los factores que inciden en la calidad del agua y se comparan sus características con valores de referencia y límites establecidos en la legislación.

UNICEF, (1999). Precisa que la evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud.

2.3 LAGOS

Según Alva, (2010). El lago es aquella masa de agua permanente y relativamente extensa, más o menos profunda, depositada en una depresión del terreno y sin comunicación con las aguas oceánicas.

Ramírez, (2011). Los lagos, igual que los ríos, han sido de gran importancia para la humanidad. Estas grandes masas de agua que se encuentran almacenadas en las depresiones de la corteza terrestre, las cuales se alimentan principalmente de las precipitaciones y de las corrientes superficiales. La mayor parte de los lagos son de agua dulce, sin embargo también existen lagos salinos, debido a que fueron mares.

2.3.1 Importancia de los lagos

Según Ramírez, (2011). Los lagos son de gran importancia regional, gracias a estos el clima de los lugares cercanos se regula, además son una fuente de alimentación para la fauna de la región y representan una reserva de agua para el riego de cosechas, así como para consumo humano.

Por otro lado Tyler, (2002). Los ecólogos clasifican los lagos por el contenido de sus nutrientes y por su productividad primaria. Los que tienen pocas existencias de nutrientes vegetales se llaman **oligotróficos** u **oligotrofos** (mal alimentados). Con frecuencia esta clase de lagos son profundos y tienen riberas escarpadas. Por lo habitual, poseen aguas cristalinas y pequeñas poblaciones de fitoplancton y peces. Dado su limitado nivel de nutrientes, su productividad primaria neta es muy baja.

Con el tiempo, el sedimento, el material orgánico y los nutrientes inorgánicos llegan a casi todos a los lagos oligotróficos, y las plantas crecen y se descomponen formando sedimentos en el fondo. Los lagos que contienen las grandes existencias de nutrientes que necesitan los productores se llaman **eutróficos** o **eutrofos** (bien alimentados), por lo habitual son poco profundos y su agua es muy turbia, de tono café

o verde. Debido a sus altos niveles de nutrientes, su productividad primaria neta es muy elevada.

Las entradas de nutrientes de la atmósfera y de las zonas urbanas y agrícolas cercanas, derivadas de las actividades humanas, aceleran la eutrofización de los lagos, en un proceso llamado eutrofización cultural, que muchas veces introduce una cantidad excesiva de nutrientes a los lagos, los cuales se describen como hipereutróficos.

2.3.1 PROPIEDADES DEL LAGO

2.3.1.1 Estratificación: las capas de los lagos

Según Margalef, (1983). El agua de los lagos tiende a formar capas o estratos dependiendo de la temperatura y la profundidad a que se encuentre. Generalmente el agua de la superficie se encuentra a una temperatura mayor que el agua del fondo. Se puede decir que hay tres capas, la superficial, una intermedia y la del fondo. Cuando el clima cambia y entra el invierno el agua que está en la superficie se enfría y se hunde, haciendo que el agua caliente que estaba en el fondo salga a la superficie. Al mezclarse el agua ocurre una inversión térmica.

2.3.1.2 Oxígeno

La presencia de oxígeno en el agua del lago, determina donde se pueden encontrar los peces y el plancton. Cuando el oxígeno está presente en todas las profundidades los seres vivos se encuentran distribuidos en todo el lago. Durante el verano, cuando los estratos están más marcados se encuentran poco o nada de oxígeno en la capa del fondo, y los seres vivos deben subir para poder sobrevivir. Cuando ocurre la inversión térmica el recambio de agua hace que se vuelva a oxigenar el agua del fondo. Cuando los niveles de oxígeno son muy bajos. Los peces y los otros organismos acuáticos, morirán. (Margalef, 1983).

Cada lago tiene su demanda bioquímica de oxígeno que, sin quererlo, puede causar que los peces se vuelvan vulnerables a enfermedades y se mueran, la demanda bioquímica de oxígeno cambia como consecuencia de:

- Contaminación
- Sobreabundancia de alga, que limita el paso de la luz a través del agua.
- Desechos orgánicos de algas, plantas y peces muertos.
- Crecimiento de bacterias anaeróbicas que liberan gases tóxicos.

2.3.1.3 Nutrientes

Según Gil, (2001). Los compuestos nutritivos esenciales para el crecimiento de algas y otros microorganismos vivos, son el nitrógeno y el fósforo. El aporte artificial de estos nutrientes en los lagos es debido a la actividad agrícola, urbana e industrial. El aumento del nitrógeno total es debido a la incorporación de las descargas de proteínas animales y vegetales, el aumento de las descargas de fosforo es debido al rápido crecimiento demográfico (desechos, pérdida de los bosques y pavimentación); la industrialización (procesos alimenticios y preparación de ácido fosfórico) y la intensificación de la agricultura.

Las plantas y las algas requieren de fósforo y nitrógeno para su crecimiento. La concentración de éstas sustancias en el agua y los sedimentos, regulan la cantidad total de plantas y algas que pueden crecer. En la mayoría de los lagos, el fósforo es escaso y cuando se encuentra en abundancia provoca un crecimiento acelerado de las algas. Este exceso de fósforo proviene de otras fuentes. Bajo ciertas condiciones, especialmente cuando hay poco oxígeno en el agua del fondo, se libera fósforo de los sedimentos al agua superior. Como resultado las algas abundan, reduciendo la claridad del agua y la penetración de la luz (Margalef, 1983).

2.3.1.4 Algas

Según Arellano, (2001). Las algas son organismos microscópicos parecidos a las bacterias, son autótrofas y contienen clorofila. Cuando son muy numerosas le dan un color, olor y sabor desagradable al agua.

Las algas microscópicas se encuentran diluidas en toda el agua donde hay luz y se dominan en su conjunto plancton y no suelen ser visibles, a menos que estén en

abundantes cantidades, en cuyo caso le dan al agua un color verdoso. Son una fuente de alimento y energía para los peces y otros organismos que habitan en el lago. Sin embargo, inhiben el crecimiento de otras plantas, vuelven turbia el agua, tapan la luz del sol y contribuyen a la falta de oxígeno y muerte de los peces, provocando problemas en el sabor y olor del agua y los peces. (Margalef, 1983).

Las algas verde – azules son la causa primaria del desagradable sabor y olor del agua. Esto se puede reducir disminuyendo los nutrientes que producen el sobre - crecimiento de algas, para esto se utiliza el sulfato de aluminio y la aireación que produce un recambio en las capas del agua y lleva las algas verde - azules al fondo del lago, donde ya no reciben luz y mueren.

El exceso de algas produce grandes masas de residuos desagradables de color verde que flotan en la superficie y producen mal olor. La frecuente aparición de brotes de algas indica que los niveles de nutrientes especialmente de fósforo, están muy altos. (Windmills, 2003)

2.3.1.5 Sedimentación

El aire y el agua mueven la tierra de la cuenca hacia el lago. La tierra se vá al fondo, sedimentándose, y se reduce la profundidad como parte del llenado natural del lago. Sin embargo, la sedimentación es acelerada grandemente por las actividades humanas que dejan la tierra expuesta sin vegetación por periodos prolongados. La tierra se torna vulnerable a la erosión cuando quedan pendientes deforestadas como resultado del desarrollo urbanístico y las actividades agrícolas cerca del lago o de los ríos de la cuenca. La sedimentación está íntimamente asociada con la eutrofización. (Clean Flo.)

2.4 CONTAMINACION AMBIENTAL

Según Calixto, (2011). Indica que, la contaminación ambiental siempre ha existido y en la actualidad se ha convertido en una problemática cotidiana, sobre todo de los habitantes de las grandes urbes. Dicha problemática revela elevados índices de contaminación no sólo a escalas local y regional; ahora se desplaza tan rápidamente que su alcance es global, por lo que con frecuencia se observan los efectos adversos en el

ambiente y la salud. Los efectos más graves de contaminación se presentan cuando se integran al ambiente sustancias (naturales o sintéticas) y sobrepasa la capacidad de los ecosistemas para que puedan ser asimilados o degradadas.

Según Lucila, (2012). Se llama “contaminación ambiental” a la presencia, introducción o acumulación de sustancias, organismos y formas de energía que no pertenecen a un ambiente o que sobrepasan los límites de éste, que en cualquiera de sus estados físicos y químicos al incorporarse o actuar en la atmósfera, suelos o agua causan desequilibrios en la salud y daños reales en el medio ambiente.

Según Arellano, (2011). La contaminación ambiental se define como la presencia de sustancias, energía u organismos extraños en un ambiente determinado en cantidades, tiempo y condiciones tales, que causen desequilibrio ecológico.

Como ejemplo de contaminación podemos mencionar la presencia de diversas sustancias líquidas que se vierten en lagos, ríos y océanos, etc. O los residuos sólidos provenientes de las ciudades que se depositan en diversas áreas donde causan severos daños al suelo y el agua.

En el caso de la energía contaminante, podemos mencionar como ejemplo ilustrativo el vertido de aguas residuales con altas temperaturas a un lago, río, o laguna, pues el aumento de la temperatura del agua, provoca que se escape el oxígeno disuelto en la misma, lo que impide que los peces y demás animales que habitan este ecosistema se asfixien.

Es necesario aclarar que la contaminación también depende del lugar, el tiempo, el tipo de contaminante y la cantidad en que éste se encuentre. Las causas principales son las actividades humanas o antropogénicas, en particular las productivas, por ejemplo las relacionadas con la generación de energía eléctrica, incluyendo la explotación de los recursos naturales no renovables, como el petróleo o diversos minerales, el transporte, la industria en general o la agricultura. (Lucila H, 2012).

2.4.1 Contaminación de las aguas

Según Gil, (2005). La contaminación del agua es la adición de materia extraña que deteriora la calidad del agua. Es la presencia de elementos, sustancias o energías en concentración o niveles no deseados. La calidad es la propiedad del agua – de sus usos actuales y/o potenciales, que le permite seguir siendo útil, da de beber al hombre y a los animales, sustenta toda la vida marina, sirve para irrigar la tierra, y toda recreación.

Por otro lado James, (2009). La contaminación de las aguas es la que se realiza a través de los residuos industriales y los desagües de las ciudades que son arrojados a los ríos, lagos y mares, también los detergentes empleados en las distintas labores domésticas e industriales, por contener sustancias químicas, causan la extinción de seres vivos en el agua. Se dice que la principal fuente de contaminación de los mares es el petróleo.

2.4.1.1 Tipos de contaminación

Según Arellano, (2011). Existen diversas clasificaciones de la contaminación, las más importantes son:

1. Por su origen
2. Por el tipo de contaminante

1. Por su origen se clasifica en dos tipos:

- Contaminación natural
- Contaminación antropogénicas

a) Contaminación natural

Esta es la contaminación debida a fenómenos naturales, como la erosión y las erupciones volcánicas y está relacionada con la composición de suelos, aguas y los componentes de algunos alimentos. Esta clase de contaminación no es tan grave como la antropogénica.

b) Contaminación antropogénica

Es la generada por la actividad del hombre y es más grave por su naturaleza y la gran variedad de contaminantes generados. Dichas actividades son las industriales, mineras, agropecuarios, artesanales y domésticas.

2. Por el tipo de contaminante se clasifica en:

- a) Contaminación biológica
- b) Contaminación física
- c) Contaminación química.

a) Contaminación biológica

Esta contaminación se presenta cuando un microorganismo (virus, hongo o bacterias) se encuentra en un ambiente que no le corresponde y causa daños a los demás organismos que lo habitan. Con frecuencia, este tipo de contaminación es provocado a las deficiencias de los servicios de saneamiento como drenajes y alcantarillados, abastecimiento de agua potable, sistemas de tratamiento de aguas negras, o debida a malos hábitos higiénicos.

Sin embargo, la contaminación biológica es relativamente de fácil prevención y control, ya que si se llevan a cabo las medidas de recolección oportuna y adecuada de la basura, su confinamiento en lugares acondicionados para tal fin; campañas de educación para la salud, se podrán prevenir muchas de las enfermedades debidas a esta fuente.

b) Contaminación Física

Esta contaminación es la provocada por agentes físicos como las radiaciones ionizantes, energía nuclear. Ruido, presiones extremas, calor y vibraciones. Se presenta tanto en ambientes cerrados como los laborales y como en abiertos, y éstos últimos provocan daños a la población en general.

Una característica de este tipo de contaminación es que en ocasiones sus efectos pueden presentarse a largo plazo, como es el caso del ruido, que después de que una

persona está expuesta a este agente de manera permanente y prolongada, presentará problemas en su sistema auditivo como sordera. También provoca muerte de flora y fauna, cáncer y mutaciones entre otros.

c) Contaminación química

La contaminación química es la provocada por diferentes sustancias de uso industrial y doméstico, que se encuentran dispersas en el ambiente. Puede considerarse a este tipo como el más grave de los tres, pues a dichas sustancias las podemos encontrar en los tres estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso) y por lo tanto pueden depositarse en el agua, suelo y aire, y por esta razón pueden entrar más fácilmente en los organismos vivos. También pueden incorporarse de manera fácil a los ciclos bioquímicos, provocando de esta forma daños severos en el ambiente.

Según Prieto, (2004). La contaminación es el daño o alteración del agua por efecto de productos extraños. Las aguas de lluvias, las aguas de los ríos, lagos y aún de los mares son contaminadas por los gases residuales, por los desechos de los lugares habitados, fábricas y ciudades, etc.

2.4.2 Principales contaminantes del agua

Según Sans, (2000). Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes grupos.

2.4.3.1 Microorganismos Patógenos

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastrointestinales diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo los niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas, por esto, un buen índice para medir a salubridad de las aguas, en lo que se refiere estos microorganismos, es el número de bacterias

Coliformes presentes en el agua. La OMS recomienda que en el agua para beber 0 colonias de Coliformes por 100ml de agua.

2.4.3.2 Desechos Orgánicos

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, animales, aves, insectos, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con el consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Para lo cual se necesita buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en agua o la DBO_5 (demanda biológica de oxígeno).

La materia orgánica (MO), representa la parte más importante de la contaminación, aquella que agota el oxígeno disuelto (OD), en la masa de agua, ríos, lagos, bahías, etc. En agua residual (AR), de composición típica, cerca del 70% de sólidos suspendidos (SS), y el 45-50% de los sólidos fijos o filtrados (SF), son MO. La materia orgánica está compuesta de carbono, hidrogeno, oxígeno, elementos comunes a todos los compuestos orgánicos, junto con el nitrógeno en algunos casos. También están presentes a menudo otros compuestos como el fósforo, azufre, hierro, etc.

2.4.3.3 Sustancias Químicas inorgánicas o Compuestos tóxicos

Estos compuestos, tienen la misma problemática que los metales pesados, y algunos de ellos, tales como la plata, cobre, boro, cianuros, cromatos, cromo, plomo, y arsénico, son tóxicos en alguna medida para los microorganismos y, por lo tanto, pueden interferir en los procesos de depuración biológica.

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua. (Girbau, 2002).

2.4.3.4 Nutrientes Vegetales Inorgánicos

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las algas.

Cuando estas algas y otros vegetales mueran, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de los otros seres vivos. El resultado es un agua mal oliente e inutilizable.

Los principales nutrientes acuáticos son el nitrógeno, el fósforo y el carbono. Un agua residual que los contenga, y se vierta sin tratar, puede producir un crecimiento de una vida acuática no deseada así como la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

2.4.3.5 Compuestos Orgánicos

Muchas moléculas orgánicas como el petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. Acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos periodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

2.4.3.6 Sedimentos y Materiales Suspendedos

Cuando los sólidos en suspensión de un agua residual se vierten en lechos de ríos, lagos, etc., conducen al desarrollo de depósitos de fangos y aumentan las condiciones anaerobias de vertido. (Sans, 2000).

2.5 CARACTERISTICAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA

2.5.1 Características físicas

2.5.1.1 Color

El color es la impresión ocular producida por las materias en el agua. Precisa distinguir el color aparente del color verdadero. El primero resulta ligado a la turbiedad. El color verdadero depende de las sustancias minerales disueltas, especialmente sales de hierro y manganeso y materias coloidales de naturaleza orgánica. El agua debe ser

incolora, a pesar de que en grandes masas toma una coloración azulada, a veces verdosa. En la coloración influyen, además de la presencia de sales minerales en disolución y materiales coloidales, las algas microscópicas, tierras arcillosas, residuos industriales y putrefacción de materias orgánicas. (Unda, 1969).

El color verdadero del agua se acostumbra medir conjuntamente con el pH, pues la intensidad del color depende del pH; normalmente el color aumenta con el aumento del pH. Se determina el color por comparación con colores patrones según la escala de platino-cobalto, que toma como unidad de color producido por 1 mg de platino (en la forma de ion cloroplatinado) por litro de agua. (Unda, 1969).

2.5.1.2 Temperatura

Según Fuentes, (2002). Indica que, la temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así también afecta como las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. Antes de discutir la naturaleza de dichas interacciones, es necesario una distinción entre los conceptos de temperatura y calor. La distinción entre estos dos conceptos es a menudo confusa, llevándonos a intercambiarlos erróneamente. El término calor implica energía transferida desde un cuerpo o sistema hacia un ambiente inmediato o viceversa.

El flujo de energía procede siempre de un área de mayor concentración a un área de menor concentración, en conformidad con la segunda ley de termodinámica. Del otro lado, la temperatura es un parámetro que nos revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca el transferimiento de calor.

2.5.1.3 Turbiedad

Según Palao, (2010). La turbiedad es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a la presencia de materias en suspensión finamente divididas: arcillas, limos, granos de sílice, materia orgánica, etc. La apreciación de la abundancia de estas materias mide el grado de turbidez. La turbidez es tanto mayor cuanto mayor es la contaminación del agua, por lo que es un indicador de interés en el control de la eficacia

de los procesos de depuración. Las medidas de turbidez se realizan utilizando el efecto Tyndall, la opacidad (ley de absorción de Beer – Lambert).

Según el manual de laboratorio de análisis de aguas. Los valores de turbiedad sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua, su filtrabilidad y consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua. La turbiedad principalmente, reduce la penetración de la luz. Esto reduce la tasa de producción y disminuye la comida para los peces.

La transparencia de una masa natural de agua es un factor decisivo para la calidad y productividad de los ecosistemas que contienen, ya que las aguas turbias impiden la penetración de la luz, y con ello disminuye la incorporación de oxígeno disuelto por la fotosíntesis que realizan los productores primarios (Chávez, 2002).

2.5.1.4 Olor

Según Unda, F. 1969. El olor es una impresión producida por el olfato, por las materias volátiles contenidas en el agua. Los olores de las aguas naturales se clasifican en cuatro grupos:

- Olores producidos por materias orgánicas naturales descompuestas: estos olores se dividen en olor vegetal u olor producido por la putrefacción de materia orgánica. La mayor parte del olor vegetal del agua superficial lo causa la vegetación coloidal. El olor a tierra es originado por partículas muy finas de materia orgánica y barro. Las aguas contaminadas pueden tener olor muy desagradable, dependiendo del estado y avance de la descomposición de la materia.
- Olores causados por organismos vivos: la producción de este olor se debe en gran parte a las algas y otros microorganismos, y afecta a grandes masas de agua. En muchos casos se debe al aceite y sustancias que ellas producen.
- Olores causados por gases o combinación de ellos: la presencia de gases, tales como amoníaco, que se forma en la descomposición de la proteína; el

hidrogeno sulfuroso que resulta de la descomposición de los descompuestos orgánicos con azufre y otros gases, añaden al agua sabor y olores desagradables.

- Olores causados por residuos industriales: ciertas sales y residuos industriales pueden dar al agua olor y sabor desagradable, en especial los fenoles o compuestos fenólicos que le dan olor y sabor a yodoformo.

2.5.2 Características químicas

2.5.2.1 Potencial de hidrogeno (pH)

El potencial de hidrógeno es una medida de la actividad del ion hidrogeno. En las aguas naturales es una medida del equilibrio ácido – base, dado por las diferentes compuestos disueltos, sales y gases. El principal sistema para regular el pH en los sistemas naturales es el compuesto por carbonatos, bicarbonatos y ácido carbónico. (EPA, 1998)

Según Hurtate, (1995). El pH es influenciado por las condiciones climáticas, hidrológicas y por las actividades de organismos acuáticos. Es un parámetro importante de la calidad del agua porque el intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de vida biológica es muy estrecho y crítico. Es un factor clave en el crecimiento de organismos, debido a que la mayoría no toleran niveles de pH por encima de 9.5 o por debajo de 4.

2.5.2.2 Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes que caracteriza la calidad de las aguas superficiales sean ríos, lagos o lagunas; su concentración depende principalmente de la altitud, la temperatura del agua y del tipo de cuerpo de agua; su importancia radica en la función que cumple en el mantenimiento de la vida acuática en general, (Palao, 2010).

Según APHA (American Public Health Association. 1999). La cantidad de oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de contaminación. Este

depende de la temperatura del agua y de la presión atmosférica; la concentración de oxígeno disuelto disminuye a medida que la temperatura del agua aumenta.

El origen del oxígeno disuelto en el agua es debido a las turbulencias de este medio en la interface aire-agua, y la producción fotosintética. La solubilidad del oxígeno en el agua se debe a varios factores, en particular a la temperatura, a la presión atmosférica y a la salinidad. Cuando la temperatura se eleva, el contenido de oxígeno disminuye en razón de su pequeña solubilidad, pero también a causa del consumo aumentado por los seres vivos y las bacterias que se multiplican. Estas modificaciones pueden ocasionar gusto y olores desagradables. En las canalizaciones metálicas, un contenido inferior a 5 mg/l de oxígeno ocasionaría la corrosión de la misma (Chávez, 2002).

Si el oxígeno disuelto no se recupera en un ecosistema, se favorecen los procesos anaeróbicos los cuales son responsables de la descomposición de la materia orgánica y la formación de malos olores (Metcalf, 1998).

Por otro lado Merck, (1991). Si los nutrientes disueltos entran en el agua a una tasa tal que el oxígeno disuelto se gaste más rápido de lo que se puede reponer, el agua se desoxigena. Al cesar los rápidos procesos de purificación, los contaminantes orgánicos se acumulan en el agua, produciéndose por procesos anaeróbicos sustancias mal olientes.

Por otro lado, Stevens Institute of Technology, CIESE. (2003) señalan que, a veces, el agua se supersatura con oxígeno debido a que el agua se mueve rápidamente. Esto generalmente dura un periodo corto de tiempo, pero puede ser dañino para los peces y otros organismos acuáticos. Los valores del porcentaje de saturación del OD de 80 – 120% se consideran excelente y los valores menores al 60% o superiores a 25% se consideran malos.

Wetzel (1981), indica que, todos los animales y la mayor parte de las plantas requieren de oxígeno para su metabolismo, los animales acuáticos usan el oxígeno disuelto presente en el agua en el que viven. Por tanto el oxígeno es el parámetro más importante para los lagos, además del agua misma sus propiedades de solubilidad y

distribución son muy importantes para comprender el comportamiento, crecimiento fisiológico y distribución de los organismos acuáticos.

2.5.2.3 Demanda química de oxígeno (DQO)

Se define como la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación mediante oxidantes químicos, de los constituyentes orgánicos del agua. El grado de oxidación dependerá, del tipo de sustancias presentes, pH, temperatura, tiempo de reacción, presencia de catalizador, etc. (Schwoerbel, 1995).

La medida de la DQO es una estimación de materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros). Es un test particularmente útil para apreciar el funcionamiento de las estaciones depuradoras, y muchos venidos industriales. La DQO es función de las características de los compuestos presentes, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación, etc. (Seoáñez, C. 2000).

Según APHA (American Public Health Association, 1991). La demanda química de oxígeno es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. Y la determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. (Merck, 1991). La DQO es usada a menudo como una medida de contaminación de aguas residuales y aguas naturales. Otros valores analíticos relacionados son DBO, carbón orgánico total (TOC) y la demanda de oxígeno total.

2.5.2.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La DBO₅ es la cantidad medida de oxígeno que requieren microorganismos aclimatados para degradar biológicamente la materia orgánica del agua. La DBO₅ es el parámetro más importante en el control de la contaminación, como una base para estimar, este dato se utiliza como una medida de la contaminación orgánica, como una base para estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos. (Metcalf y Eddy 1998). Existen diversas

variantes de la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno y la más frecuente es la determinación de DBO₅ a los cinco días.

Según Fernández, (2005). La DBO representa la cantidad de oxígeno disuelto que se consume en un agua residual durante 5 días a 20 °C por efecto de la oxidación biológica de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual. La oxidación se efectúa por los propios microorganismos presentes en el agua. Es decir, reproduce el consumo de oxígeno que se ocasionará con este vertido en el medio natural. Las aguas residuales urbanas presentan valores de DBO que oscilan entre 100 y 300 mg/l.

Por otro lado, La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para la degradación bioquímica de los componentes orgánicos por la acción de microorganismos, en condiciones aeróbicas. La determinación de la DBO es una prueba empírica en la que se utilizan procedimientos estandarizados de laboratorio para determinar los requerimientos relativos de oxígeno de aguas residuales y contaminadas. La prueba tiene su aplicación más extendida en la determinación de las cargas residuales en las instalaciones de tratamiento y en la evaluación de la eficacia de extracción de la DBO de tales sistemas de tratamiento. (Manual de laboratorio de análisis de aguas AMSCLA).

2.5.2.5 Fosfatos

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales; actualmente es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas. Las algas requieren para su crecimiento de fósforo y consecuentemente, un exceso de fósforo produce un desarrollo exorbitante de algas, el cual es causa de condiciones inadecuadas para ciertos usos benéficos del agua. El fósforo existe en el agua de varias formas; dichas formas se han clasificado de distintas maneras, de acuerdo con los métodos de su determinación. (Manual de laboratorio de análisis de aguas AMSCLA).

La diversidad de formas de fosfatos se introduce en los ríos y lagos por una gran variedad de fuentes. Las causas más frecuentes las constituyen las descargas fecales, los

detergentes con aditivos de fosfatos y los fertilizantes agrícolas. Cuando se producen descargas de fósforo que superan la capacidad amortiguadora, la cantidad de fosfato disuelta disponible constituye generalmente el nutriente que inicia el proceso de eutrofización. La Organización Mundial de Salud ha establecido un límite máximo permisible en agua potable de 1 300mg/l Herrera K. (2003). El fosforo como fosfato es un nutriente de los microorganismos en el tratamiento biológico de aguas residuales. (Fernández, 2005).

Carranza, (2001). Afirma que, el fósforo se presenta en el agua natural y residual en varias formas, comúnmente son clasificadas como Ortofosfatos, fosfatos condensados y orgánicos. Estas formas de fosfatos pueden presentarse en forma soluble, en partículas de detritos o en los cuerpos de organismos acuáticos. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en procesos biológicos, por ello la importancia de las aguas servidas y residuos de alimentos, también pueden formarse a partir de ortofosfatos en proceso de tratamiento biológico o por acción de organismos acuáticos en aguas receptoras.

2.5.2.6 Fósforo total

Herrera, (2003). El fósforo total es un indicativo de la reserva de combustible eutrófico. Su medición conjuntamente con los fosfatos permite predecir un aumento de la eutrofización o el inicio de un proceso de depuración. Para que un cuerpo de agua sea clasificado como eutrófico debe tener una concentración de fósforo total dentro del siguiente rango: 20 – 100mg/l.

2.5.2.7 Nutrientes

a. Nitratos y Nitritos

El nitrato se presenta generalmente como trazas en el agua de superficie, pero puede alcanzar niveles elevados en las subterráneas. El nitrato se encuentra sólo en pequeñas cantidades en las aguas residuales domesticas recientes, pero en el diluyente de las plantas de tratamiento biológico nitrificante, el nitrato puede encontrarse en concentraciones de hasta 30 mg de nitrato como nitrógeno/L. es un nutriente esencial

para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento. (APHA, 1999).

Fuentes, (2002). Afirma que, en la naturaleza, las distintas formas de nitrógeno se encuentran relacionadas. Las bacterias y las plantas son las responsables de la producción de proteínas (nitrógeno orgánico) a partir de compuestos inorgánicos. Las proteínas son degradadas por las bacterias o amoníaco, que es oxidado a nitrito y nitrato. Ambos pueden convertirse nuevamente en nitrógeno por acción bacteriana, completándose el ciclo. Los nitritos y nitratos se reportan separadamente.

Miranda, (2010). Indica que, los animales y los humanos utilizan proteínas de plantas para su subsistencia. Los compuestos de nitrógeno no utilizados son arrojados en los excrementos, estos y la materia remanente de animales muertos y plantas, son convertidas en amoníaco por las bacterias. En condiciones anaerobias los nitratos son reducidos a nitritos y estos a gas nitrógeno por bacterias. El proceso se conoce con el nombre de desnitrificación y se supone que ocurre en dos pasos sucesivos (reducción inicial de los nitratos a nitritos y la de estos a nitrógeno gaseoso).

Camargo, (2005). Afirma que, los niveles máximos de nitrato recomendados están entre 2.9 y 3.6 mg/L con el fin de asegurar la protección de la fauna acuática tanto continental como marina y un nivel máxima más restrictivo de 2 mg/L para proteger aquellas especies más sensibles.

Metcalf y Eddy, (1998). Afirma que, la presencia de nitratos en el agua es indicativo de contaminación de carácter fecal reciente. En aguas superficiales, bien oxigenadas. El nivel de nitrito no debe superar a 0.1 mg/L.

Prat, (1999). Indican que, la concentración de aguas superficiales es muy baja, pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas debido a la contaminación de aguas residuales industriales y domésticas.

Así mismo, también el mismo autor afirma que, los valores de nitritos entre 0.1 y 0.9 mg/L pueden presentar problemas de toxicidad dependiendo del pH y los valores por encima de 1 mg/L son totalmente tóxicos y representan un impedimento para el

desarrollo de la vida piscícola y un establecimiento de un ecosistema fluvial en buenas condiciones.

2.5.2.8 Nitrógeno total

La química del nitrógeno es compleja debido a los varios estados de valencia que puede asumir este elemento y al hecho de que los cambios en la valencia pueden ser afectados por organismos vivos.

Las formas de mayor interés son: nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos, nitrógeno de nitratos y nitrógeno orgánico. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir los organismos.

En programas de control de contaminación de ríos y lagos, es necesario conocer los valores de las formas de nitrógeno en forma de nitratos. El nitrógeno en forma de nitratos, por una parte, es uno de los elementos esenciales para el crecimiento de algas y por otra parte, en forma de nitrógeno orgánico, causa una demanda de oxígeno al ser oxidado por las bacterias nitrificantes, reduciendo los niveles de oxígeno disuelto. En aguas residuales el contenido de nitrógeno total es de 20 – 70mg/l. mientras que en ríos y en aguas sin contaminación fuerte es de 0.1 – 3 mg/l. (Unda, 1969).

2.5.2.9 Conductividad eléctrica

Goyenola, (2007). Afirma que, al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través del cual fluye el agua (cuenca).

Fuentes, (2002). Indica que, la conductividad es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental. Las soluciones de

la mayoría de los compuestos inorgánicos (ej. Aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato) son relativamente buenos conductores.

Según el Manual de laboratorio de análisis de aguas de Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlan, La conductividad del agua es una expresión de su habilidad para trasportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo que cualquier cambio en la totalidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad.

Por otro lado, Fernández *et al*, (2005). Para medir la conductividad del agua, se mide con un aparato llamado conductímetro, el cual se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que la conductividad está estrechamente relacionada con la temperatura.

Esparza, (1995). Señala que, en aguas residuales domésticas, la conductividad puede demostrar el grado de degradación de las características del servicio de abastecimiento del lugar.

2.5.2.10 Sólidos totales

Este es uno de los parámetros más importantes de gran importancia en sus diferentes formas: materia flotante, suspendida, coloidal y disuelta, se clasifican por el tamaño de sus partículas encontradas en el agua: Sólidos totales, sólidos disueltos o filtrables, sólidos sedimentables y sólidos volátiles (Ramos *et al*, 2003).

Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido. (Fernández *et al*, 2005).

2.5.3 Características biológicas

2.5.3.1 Coliformes Fecales

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2000). Manifiesta que, coliformes fecales y *E. coli* son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces, causan diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían presentar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con síntomas inmunológicos gravemente comprendidos.

CYTED, señala que, el grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los coliformes: son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades. Permanecen en más tiempo en el agua que las bacterias patógenas. Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.

Madigan *et al.*, (1997). Afirma que, los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes totales presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran caso exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua.

2.6 EUTROFIZACION

Según Seoáñez, (2000). Sin nutrientes (nitrógeno, Fosforo) la vida en los ríos, lagos y mares no podría durar, por lo que inicialmente la entrada de nutrientes en él es imprescindible, pues produce múltiples efectos beneficiosos y, entre ellos, incrementa la

pesca, sin embargo, el exceso de nutrientes en el medio acuático da lugar a un superabundado o eutrofización que representa un serio problema de contaminación.

Aunque este fenómeno es bastante común, y a veces irreversible en lagos y embalses, en las aguas marinas, dado el volumen de estas, los compuestos minerales y orgánicos de fósforo y nitrógeno en exceso procedentes de diversas fuentes (detergentes, aguas de escorrentía, etc.), desencadenan un aumento de fitoplancton y cambios de especies, tanto en el zooplancton como en el necton y bentos.

La explosión inicial de vida que sucede a la entrada de nutrientes en exceso, va seguida al poco tiempo de muerte masiva, y cuando mueren, los organismos se hunden y se descomponen por la acción de las bacterias aerobias del fondo, que acaban por desoxigenar el medio acuático, estableciendo condiciones muy difíciles para los demás seres que necesitan respirar el oxígeno disuelto. El detrito microscópico que resulta durante el proceso de eutrofización forma una espuma de fondo, constituyendo el alimento de varias especies, hasta que el oxígeno se agota y el medio se vuelve anóxico.

Por otro lado. UNAM, afirma que, la eutrofización es un proceso dinámico que puede ser continuo y, dependiendo de su grado de contaminación, las aguas pueden ir desde oligotróficas (aguas con bajos niveles de materia orgánica, buenos niveles de oxígeno disuelto y poca contaminación bacterial), hasta aguas hipertróficas (aguas oscuras, ricas en nutrientes, con bajos niveles de oxígeno y alta actividad microbiana, que expiden fuertes valores), estas últimas aguas están contaminadas y degradadas que prácticamente no permiten el desarrollo de la vida acuática, si el exceso de nutrientes sigue fluyendo hacia los cuerpos de agua, las bacterias anaerobias predominan en ellos y quedan putrefactos, debido a la producción de ácido sulfhídrico y metano durante el proceso de descomposición de la materia orgánica

OECD, (1982). Aunque a menudo se confunde el término eutrofización con la contaminación, conceptualmente ambas denominaciones son distintas. La palabra eutrofización proviene de la palabra eutrofia, la cual a su vez procede del adjetivo alemán “eutrophe” y se refiere a un cuerpo de agua “rico en nutrientes”. Desde este punto de vista, la eutrofización se define como el enriquecimiento de las aguas

(generalmente de un lago) con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por eliminación o mineralización total dentro del ecosistema.

Escobar, (2006). La eutrofización es el enriquecimiento excesivo del agua en determinados nutrientes (fósforo y nitrógeno), originando el crecimiento de las algas. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores, dándoles un aspecto nauseabundo y disminuyendo drásticamente la calidad del agua.

El proceso de putrefacción consume gran cantidad de oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. Los vertidos humanos aceleran el proceso de eutrofización hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización son:

- Los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos.
- Los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

Wetzel, (1981). Afirma que, cuando un lago ha alcanzado un grave estado de eutrofización, se producen agregaciones, masivas, que incrementan la turbidez y disminuyen la transparencia.

La eutrofización se refiere a toda esta serie de sucesos que comienzan con el enriquecimiento de nutrientes, el crecimiento y la muerte de fitoplancton, la acumulación de detritos, el aumento de bacterias y, finalmente el agotamiento del oxígeno y la sofocación de los organismos que lo requieren. Así, las masas eutróficas de agua se caracterizan por una riqueza de nutrientes que sustentan el crecimiento abundante de fitoplancton y quizá de otras plantas acuáticas superficiales. Debajo de esta capa superficial, la presencia de vegetación disminuye o incluso desaparece por culpa del oscurecimiento y en el fondo se acumulan detritos. (Tyler, 1994).

2.6.1 La eutrofización como proceso

La eutrofización, en las etapas iniciales, se caracteriza por la proliferación de macrófitos y algas, cuya biomasa está en función de la carga de nutrientes, y esta a su vez de las características geológicas de las cuencas de drenaje y de los ecosistemas adyacentes, como las ciudades. La eutrofización, en esta fase inicial, puede ser considerada beneficiosa, mientras en los niveles más avanzados como la hipertrofia, es muy perjudicial y ocasiona una alteración severa de la estructura ecológica, puede provocar que muchas especies de flora y fauna de importancia económica y ecológica, se extingan para dar paso a otras de menor importancia como las algas verde y verde-azuladas, consideradas perjudiciales. (Tyler, 1994).

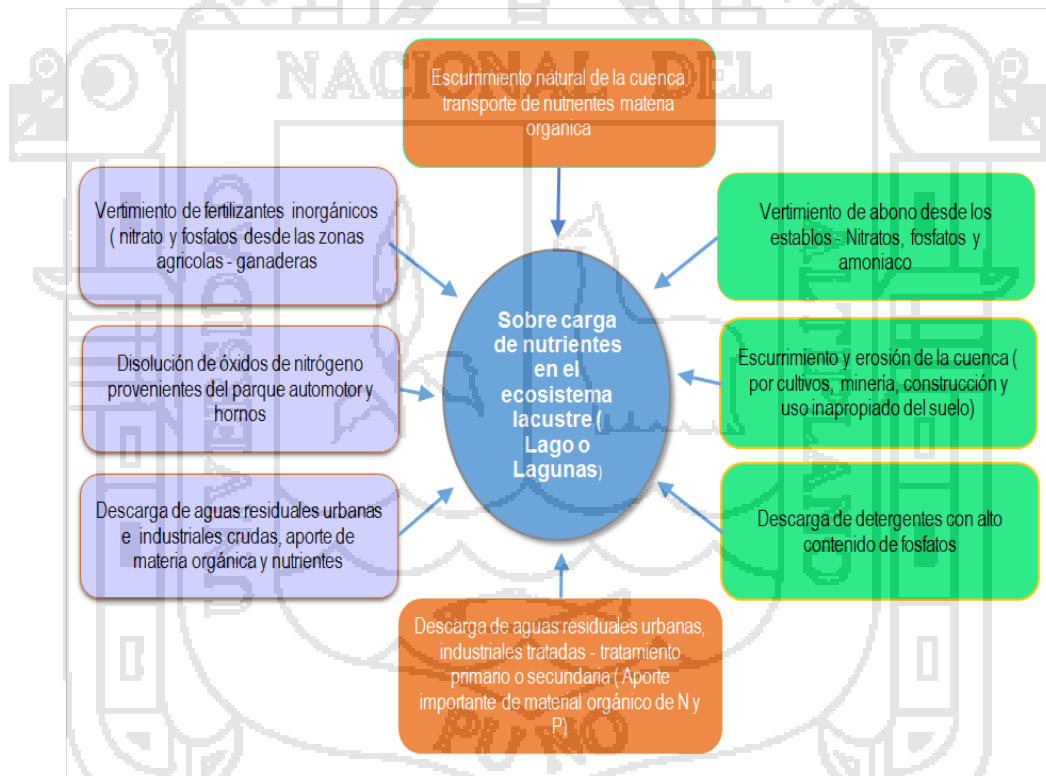


Figura 1: Mapa conceptual de las diversas causas que pueden originar la eutrofización de un lago o laguna.

Fuente: Adaptado de Tyler, (1994).

2.6.2 Medidas para evitar la eutrofización

Como hemos visto anteriormente, según Fontúrbel, (2005). La eutrofización es el enriquecimiento excesivo del agua en terminados nutrientes (fósforo y Nitrógeno) originando el crecimiento de las algas. El problema está en el que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores, dándoles un aspecto nauseabundo y disminuyendo drásticamente su calidad del agua y la modificación de la biología del ecosistema (algas, macrofitos y peces); por tanto, el enriquecimiento por aporte y acumulación de nutrientes constituyen la causa principal de eutrofización.

Lo más eficaz para luchar contra este tipo de contaminación es disminuir la cantidad de fosfatos y nitratos en los vertidos, usando detergentes con baja proporción de fosfatos, empleando menor cantidad detergentes, no abonando en exceso los campos, usando los desechos agrícolas y ganaderos como fertilizantes, en vez de verterlos, etc. En concreto:

- Tratar las aguas residuales en PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales) que incluyan tratamientos biológicos y químicos que eliminan el fósforo y el nitrógeno.
- Almacenar adecuadamente el estiércol que se usa en la agricultura
- Usar los fertilizantes más eficientemente.
- Cambiar las prácticas de cultivo a otras menos contaminadas.

2.7 SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA SIG

Según Orduña, (2007). Es un conjunto de “hardware”, “software”, dato geográfico y personal capacitado, organizados para capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica. Un SIG es una base de datos espacial.

Es realmente complejo explicar el concepto de S.I.G. y no hay un consenso a la hora de definir un S.I.G., debido a que integra dentro de un mismo concepto tanto los componentes como las funciones. Asimismo, existen otras muchas definiciones de S.I.G., algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones; pero todas coinciden en que se trata de un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas del conocimiento.

Como “Sistema de Información” se entiende la unión de la información y herramientas informáticas (programas o software) para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es espacialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio.

La base de un S.I.G. es, por tanto, una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diversas variables (formato ráster), o bien capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad del sistema.

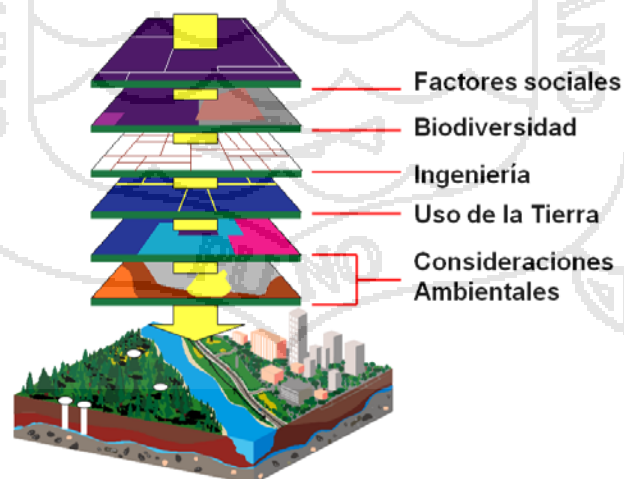


Figura 2: Ejemplo de SIG.

Fuente: Orduña, (2007).

2.7.1 Aplicaciones de los SIG

Según Orduña, (2007). Un Sistema de Información Geográfica es una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos. Por tanto, cualquier actividad relacionada con el espacio, puede beneficiarse del trabajo con S.I.G. Entre las aplicaciones más usuales destacan:

- **Científicas:** ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio, desarrollo de modelos empíricos, modelización cartográfica, modelos dinámicos y teledetección.
- **Gestión:** cartografía automática, información pública, catastro, planificación física, ordenación territorial, planificación urbana, estudios de impacto ambiental, evaluación de recursos y seguimiento de actuaciones.
- **Empresarial:** marketing, estrategias de distribución, planificación de transportes y localización óptima.

Aunque, todas estas disciplinas utilicen los S.I.G. para resolver cuestiones distintas, todas realizan y ejecutan tareas comunes, siendo estas:

Organización de datos: almacenar datos con el fin de sustituir una mapoteca analógica (mapas físicos en papel) por una mapoteca digital (mapas en el ordenador) posee ventajas obvias, entre las cuales pueden ser citadas una reducción en el espacio físico; el fin del deterioro de los productos en papel; la rápida recuperación de los datos; la posibilidad de producir copias sin pérdida de calidad; y otras más.

Visualización de datos: la posibilidad de seleccionar los niveles de información deseados; de acuerdo con el contexto, permite acoplar los mapas temáticos elegidos superándose cualquier producto en papel. La capacidad de análisis del ojo humano, a pesar de estar subestimada, es esencial en un estudio que implica información espacial.

Producción de mapas: en general los S.I.G. poseen herramientas completas para la producción de mapas, siendo bastante simples la inclusión de rejillas de coordenadas, escala gráfica y numérica, leyenda, flecha norte y textos diversos, siendo

mucho más indicados para la cartografía que los simples sistemas C.A.D. (Computer-Aided Design).

Consulta espacial: posiblemente la función más importante de los S.I.G es la posibilidad de preguntar cuáles son las propiedades de un determinado objeto, o en qué lugares tienen tales propiedades. La interacción entre el usuario y los datos se convierte en dinámica y extremadamente poderosa.

Análisis espacial: consiste en el uso de un conjunto de técnicas de combinación entre los niveles de información (capas), con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones dentro de los datos que quedaban anteriormente ocultos al analista. Es una manera de inferir significado a partir del cruce de los datos.

Previsión: uno de los propósitos de los S.I.G. es el de verificación de escenarios, modificando los parámetros para evaluar cómo los eventos, naturales o no, ocurrirían si las condiciones fuesen diferentes, obteniendo un conocimiento más general de los objetos o el área en estudio.

Creación de modelos: la capacidad de almacenamiento, recuperación y análisis de datos espaciales convierte a los S.I.G. en plataformas ideales para el desarrollo y aplicación de modelos distribuidos espacialmente, y para la validación de escenarios hipotéticos.

2.7.2 Componentes de un S.I.G.

Orduña, (2007). Los componentes necesarios para llevar a cabo las tareas de un S.I.G. son los siguientes:

Usuarios: Las tecnologías S.I.G. son de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desfasa y se maneja erróneamente, y el hardware y el software no se manipulan con todo su potencial.

Software: Los programas S.I.G. proporcionan las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Los componentes principales del software S.I.G. son:

- Sistema de manejo de base de datos.
- Una interface gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas.
- Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Actualmente la mayoría de los proveedores de software S.I.G. distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en muchos formatos distintos.

Hardware: Los S.I.G. funcionan en un amplio rango de tipos de ordenadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red. Esta organización requiere de hardware específico para cumplir con las necesidades de cada aplicación.

Datos: El componente más importante para un S.I.G. es la información. Se requieren buenos datos de soporte para que el S.I.G. pueda resolver los problemas y contestar a las preguntas de la forma más acertada posible. La consecución de buenos datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del S.I.G., y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener, organizar y manejar los datos debe ser política de la organización.

Métodos: Para que un S.I.G. tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y en unas reglas de actividad definidas, que son los modelos y las prácticas operativas exclusivas en cada organización.

2.7.3 Modelo de datos espaciales en un SIG

2.7.3.1 Modelo vectorial

La estructura del vector de datos es una abstracción del mundo real donde los datos de posición se representan en formas de coordenadas. En los datos vectoriales, las unidades básicas de información espacial son puntos, líneas y polígonos. Cada una de estas unidades está compuesta simplemente como una serie de uno o más puntos de coordenadas. (Puerta, 2011).

2.7.3.2 Modelo Raster

La estructura ráster consiste en la representación de nuestro mundo real o la representación de este en una grilla compuesta de celdas (pixel). Esta serie de datos ráster, basados en celdas, está orientado para representar fenómenos tradicionalmente geográficos que varían continuamente en el espacio, como la elevación, inclinación o precipitación. Pero además pueden ser utilizadas para representar tipos de información menos tradicionales, tales como densidad de población, comportamiento del consumidor y otras características demográficas. Achuy (2006).



Figura 3: Modelo de datos ráster y vectorial.

Fuente: Achuy, (2006).

2.7.4 Ventajas y requerimientos de un SIG

Según Silva, (2004). Las principales ventajas y requerimientos de un SIG son los siguientes:

- Los SIG posibilitan la integración de fuentes diversas tales como elementos cartográficos, datos estadísticos, base de datos tradicionales, fotografías aéreas e imágenes satelitales.
- Posibilidad de una gran variedad de modelados cartográficos con una mínima inversión de tiempo y dinero.
- Los modelos conceptuales pueden ser probados rápidamente y repetidas veces facilitando su evaluación.
- Los análisis de modificaciones pueden ser ejecutados eficientemente.
- La adquisición, procesamiento, análisis, modelados y los procesos de tomas de decisiones son integrados en un contexto común de flujo de información.
- Capacidad de manejar grandes y heterogéneas bases de datos referenciados especialmente.
- Capacidad de las bases de datos para responder a preguntas respecto de la existencia, localización y propiedades de una amplia gama de objetos espaciales.
- Eficiencia en el manejo de preguntas y respuestas, de manera que el sistema sea lo más interactivo posible.
- Flexibilidad y adaptabilidad a las diferentes necesidades de múltiples usuarios.

2.7.5 Interpolación

Achuy, (2006). Interpolación es un procedimiento matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una locación precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región. A la predicción del valor de un atributo en lugares fuera de la región cubierta por las observaciones se le llama extrapolación. Se utiliza interpolación para transformar un número finito de observaciones, obtenidas en base a ubicaciones geográficas precisas, a un espacio

continuo de manera que el patrón espacial presentado por las observaciones puntuales pueda ser comparado con los patrones espaciales de otras variables bajo consideración.

- La interpolación es necesaria:
- Cuando la superficie rasterizada (GRID) tiene una resolución que es diferente de la resolución pedida.
- Cuando una superficie continua es representada por un modelo que es diferente al necesitado.
- Cuando los datos no cubren toda la región de interés de estudio.

2.7.5.1 Clases de Métodos de Interpolación

a) IDW “Inverse Distance Weighted” (Ponderación por Distancia)

El método IDW combina el concepto de vecindad entre sitios con disponibilidad de datos con un cambio gradual de las superficies definidas con una tendencia. Se supone que el valor del atributo Z en una posición donde el valor del atributo no es conocido es un promedio de los valores de sus vecinos pero donde los vecinos más cercanos tienen más peso o importancia que los más alejados. (FAO, 2003).

Inverse Distance Weighted

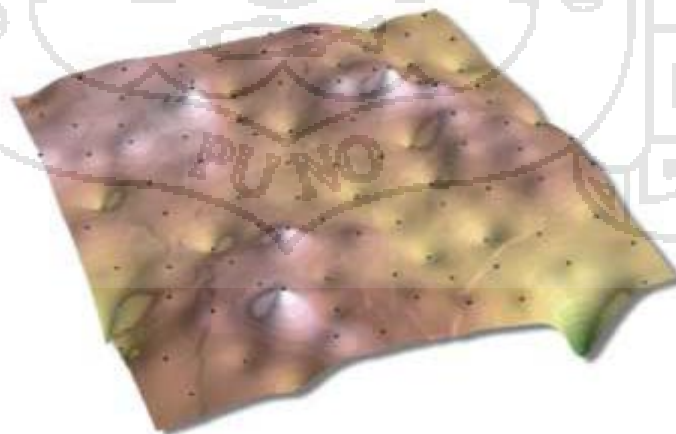


Figura 4: Modelo IDW de interpolación.

Fuente: Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables

b) Splines

La idea de la interpolación segmentaria o por Spline, es que en vez de usar un solo polinomio para interpolar los datos, podemos usar segmentos de polinomios y unirlos de la mejor forma posible para formar nuestro polinomio de interpolación.



Figura 5: Modelo Spline de Interpolación.

Fuente: Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables

c) Kriging

Este método pertenece al grupo de los métodos geo-estadísticos ya que describe la correlación tanto espacial como temporal entre los valores de un atributo. Tradicionalmente se ha utilizado en las llamadas geo-ciencias (geofísica, hidrogeología, etc.), sin embargo, sus principios se aplican cada vez más en una amplia variedad de campos científicos como pesquerías, silvicultura, ingeniería civil, procesamiento de imágenes, cartografía, meteorología, etc. (FAO, 2003).

La Geo-estadística asume que los datos están correlacionados y que la continuidad se puede establecer para puntos, bloques o volúmenes. Por lo tanto, en esta disciplina, se utiliza el concepto de variable regional que describe fenómenos con una distribución geográfica y con una cierta continuidad espacial. Kriging es el método de cálculo de una variable regional en un punto, al interior de un área usando un criterio de minimización de la estimación de la varianza. Para ello se resuelve un conjunto de ecuaciones con

información presente en un gráfico denominado variograma y las distancias relativas entre los datos y la posición del punto, donde el valor interpolado es requerido. (FAO, 2003).

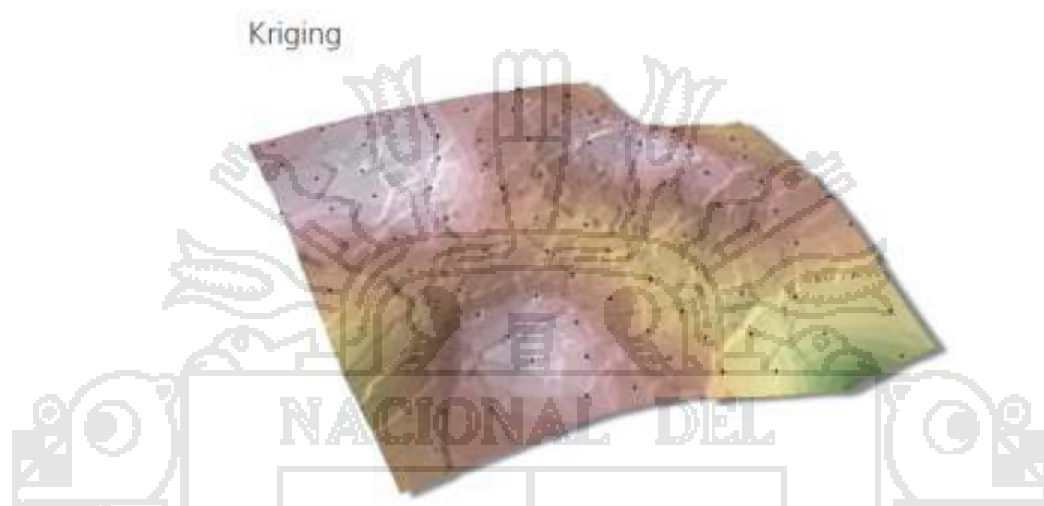


Figura 6: Modelo Kriging de Interpolación.

Fuente: Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables

d) Interpolación a partir de triángulos irregulares (TIN)

El modelo TIN surgió como una respuesta a la necesidad de buscar una estructura de datos alterna a la ráster utilizada hasta aquel momento para representar Modelos Digitales del Elevación (MDE) y a la insatisfacción por parte de los usuarios(as) con el software existente para crear isolíneas.

Esta estructura de datos se compone de un conjunto de triángulos irregulares adosados y que suele identificarse por las siglas de su denominación inglesa: triangulated irregular network, TIN. Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales, y se adosan sobre el terreno formando un mosaico que puede adaptarse a la superficie con diferente grado de detalle, en función de la complejidad del relieve.

El relieve puede representarse eficazmente mediante triángulos adosados al terreno, cada uno de los cuales se adapta a una zona con características de pendiente similares. La estructura TIN permite incorporar datos auxiliares como líneas de inflexión, red hidrológica o zonas de altitud constante.

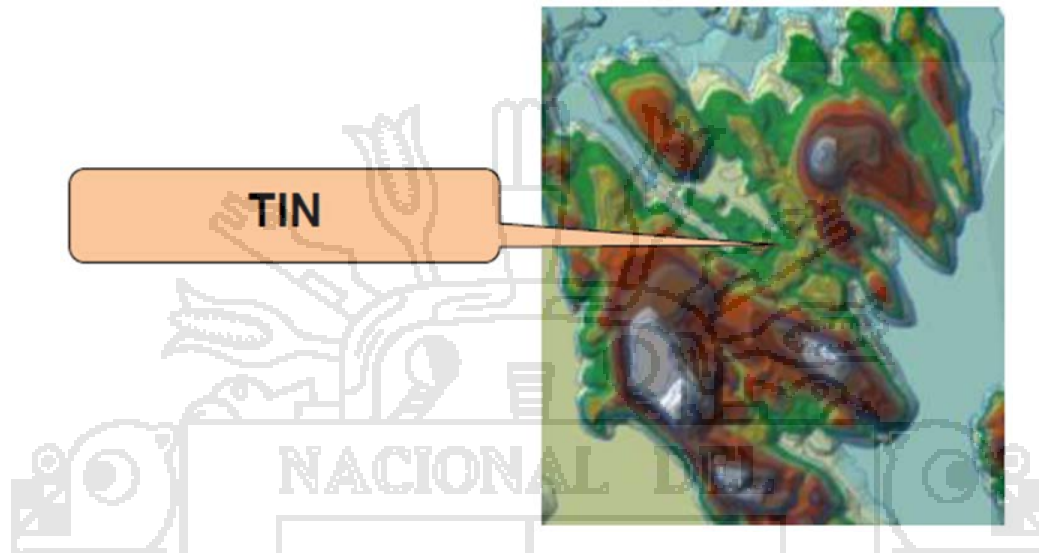


Figura 7: Modelo TIN de interpolación.

Fuente: Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables

2.8 MARCO NORMATIVO

2.8.1 La Constitución Política del Perú (promulgada el 29/12/1993)

El marco jurídico general en materia ambiental está integrado por la Constitución Política del Perú vigente desde 1993, norma de mayor jerarquía que rige a nuestro país y del cual se desprenden todas las leyes y por ende las normas ambientales y estándares nacionales de calidad ambiental del agua.

Según la constitución política del Perú promulgada el 29/12/1993, en su:

Artículo 2º; Establece el derecho que toda persona tiene a la paz, tranquilidad, al disfrute del tiempo libre, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 67º; establece que el estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

Sin embargo, en la práctica, directa o indirectamente, ninguno de ellos se cumple, seguramente que a estos comentarios saldrán los defensores de la Ley y dirán lo contrario, pero no se requieren explicaciones o extensas interpretaciones jurídicas ni enumerar cuantas normas ambientales tiene el Perú, solo basta observar la contaminación de nuestros ríos, de nuestros lagos, de nuestro mar y nos daremos cuenta que no se trata de cuantas normas ambientales tenga el país, sino cuantos de ellas se aplican en la práctica.

2.8.2 Ley de los Recursos Hídricos (Ley N° 29338)

La presente ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

Artículo 73°: Del título V (protección del agua) indica que, los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca.

Artículo 75°: indica sobre la protección del agua. La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios.

La autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

2.8.3 Ley General De Salud (Ley N° 26842 del 20/07/1997)

La salud de las personas está directamente relacionada con medio ambiente, con la contaminación del aire, el agua, del suelo, con la pobreza, etc., y también con las costumbres y con el nivel económico de las personas.

Artículo 104°: Establece la prohibición para realizar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, aire o suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

Artículo 107°: establece que la Autoridad de Salud vigilará el cumplimiento de las disposiciones referentes al abastecimiento de agua, alcantarillado, disposición de excretas, reuso de aguas servidas.

2.8.4 Ley Orgánica de la Municipalidades (Ley N° 27972 del 27/05/2003)

Esta es una ley reciente, que establece responsabilidades en materia ambiental en el ámbito de las municipalidades. Establece entre otras funciones generales, que las municipalidades deben realizar diversas acciones destinadas a proporcionar al ciudadano el ambiente adecuado para la satisfacción de sus necesidades vitales (Art. 10°, del Título Preliminar); asimismo, establece que las promueven el desarrollo integral, para viabilizar el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental.

El Art. 80° de saneamiento, salubridad y salud, indica que las municipalidades ejercen entre otras funciones específicas, las de regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial, regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes en la atmosfera y el medio ambiente.

2.8.5 Estándares Nacionales

2.8.5.1 Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua) – Perú

Para el presente trabajo de investigación debido a que las aguas de la bahía interior de Puno no son destinadas para la producción de agua potable, solo se ha considerado la categoría 04 sobre conservación del medio ambiente acuático del referido Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, que se observa claramente en el anexo 06.

2.8.6 Estándares Internacionales

Para el análisis de los datos, también se utilizaron algunos estándares internacionales sobre calidad del agua, en base a los parámetros evaluados, los estándares considerados se muestran a continuación:

a. Directrices de la Calidad de Agua Recreativas y Estética – Canadá:

Observamos en el Cuadro N° 03 los valores considerados para algunos de los parámetros evaluados en la presente investigación.

Cuadro N° 2: Guías para la calidad del agua recreativa – Canadá.

Parámetro	Guía
Microbiológico	
E. coli	No superar el valor 200 E. coli por litro
Fisicoquímico	
Transparencia	El disco Secchi se ve claramente mínimamente al 1.2 m.
pH	Cuando la capacidad de amortiguamiento es muy baja de 6.5 a 8.5; un rango de 5.0 a 9.0 es aceptable.

Fuente: Canadian Council of Ministers of the environment. 1999. Recreational Water quality guidelines and aesthetics.

b. Concentraciones aprobadas de E. coli en aguas de uso público en los EUA:

Hay gran diferencia entre los estándares de E. coli que un cuerpo de agua pueda tener dependiendo de su uso. La razón es que la mayoría de casos el agua para consumo humano es tratada a fin de eliminar bacterias y otros organismos patógenos (GWW 2010). El número máximo aproximado de E. colonias permitido por muestra de agua en playas recreativas en varios estados de los EUA (es decir número de colonias en 100 mililitros de agua) es:

Cuadro N° 3: Concentraciones aprobadas de E. Coli en aguas de uso público en los EUA.

Agua potable	0
Agua para consumo humano antes de tratamiento	2000
Área designada como playa recreativa	250
Área con uso moderado para natación	300
Área con poco uso para natación	400
Área con uso muy escaso para natación	600

Fuente: adaptado de (GWW, 2010).

La concentración de E. coli que se considera aceptada para el agua de “contacto de cuerpo entero” es de 2 a 6 unidades formadoras de colonias de E. coli por un mililitro de muestra de agua (200 a 600 en 100 ml de agua), dependiendo del uso y la frecuencia con que se tenga contacto con el cuerpo de agua al nadar. Estos valores se aplican en los meses de verano cuando las personas tienen más tendencia a ir a nadar en lugares públicos. Las concentraciones de E. coli permitidas en playas recreativas son mayores durante los meses de invierno. El informe completo de la US-EPA con los detalles de cómo se hizo el estudio para determinar estos criterios de calidad de agua para playas recreativas.

CAPITULO III

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1.1 Localización

La zona de estudio está localizada en toda el área de la bahía interior de Puno presentada en la figura 02, la que comprende un área total de 17.3 km², y que está ubicada a 15°51'11" latitud Sur, 70°02'08" longitud oeste a 3,810 m.s.n.m, que comprende por el lado Norte desde Uros Chulluni, Isla Esteves, Huaje y la UNA – Puno; por el lado Sur las Comunidades de Chimú y Aziruni; por el lado Este los Uros y la parte de la comunidad de Chimú y por el lado Oeste la Ciudad de Puno desde el barrio Vallecito hasta Chejona. En el Departamento, Provincia y Distrito de Puno.

3.1.2 Extensión y características morfométricas

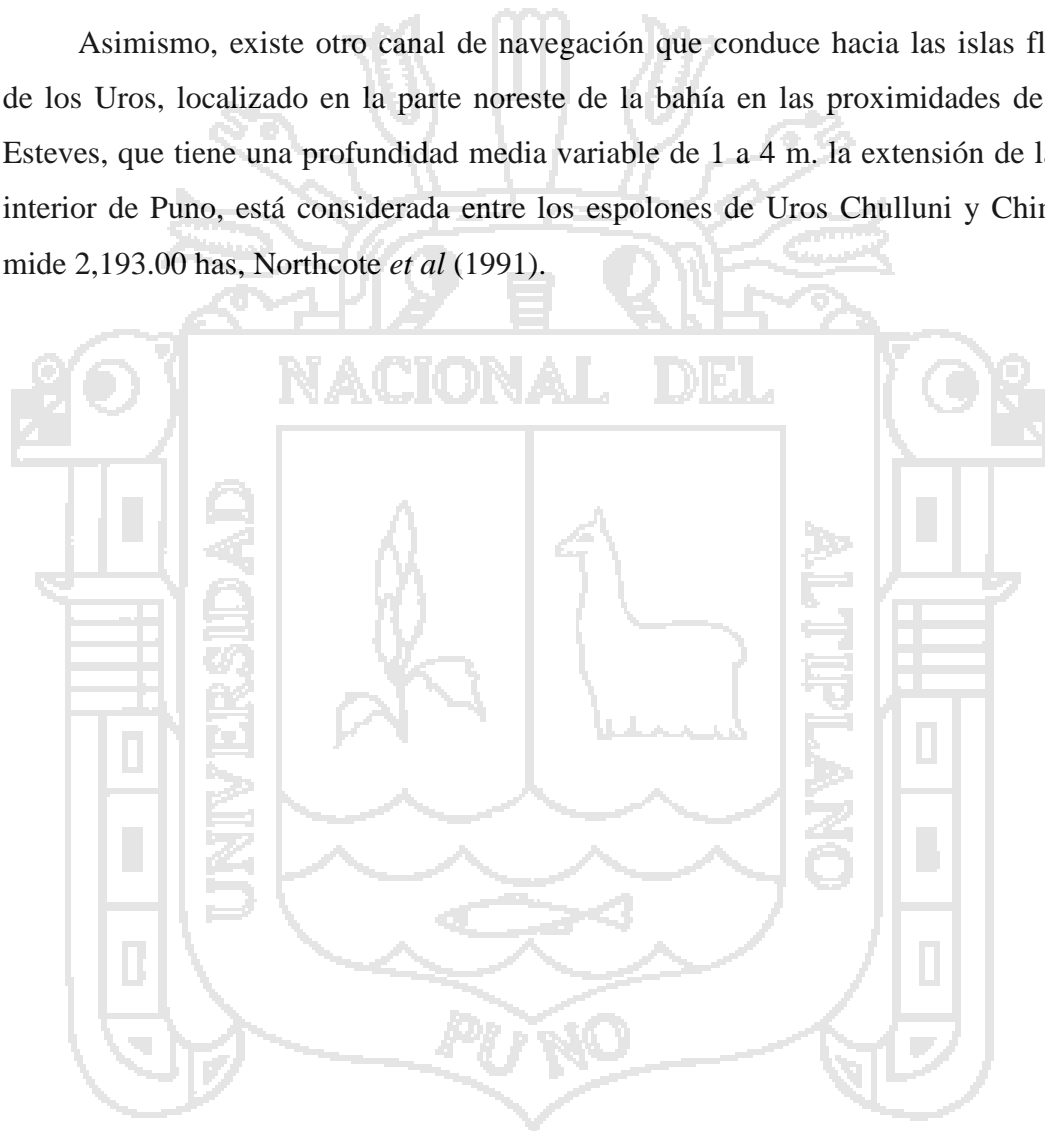
La bahía interior de Puno de 17,3 km² de extensión, es un espejo de agua de forma elíptica y mide 2,4 km de ancho desde Isla Esteves hasta la isla Espinar y una longitud de 3,5 km, desde el Puerto de Puno hasta la boca del canal hacia Chimú.

La profundidad máxima encontrada es de 7 a 8 metros y la profundidad promedio es de aproximadamente 2,4 m; el área de superficie menor a 2 m de profundidad

corresponde al 50% del área total de la bahía interior de Puno, sin tomar en cuenta la profundidad de la laguna confinada de la costanera de Puno.

Al este de la bahía el acceso se encuentra bloqueado por extensos totorales, dejando abierto un canal de aproximadamente 30 m de ancho, cerca de Chimu, que la une a la bahía exterior; éste canal tiene una profundidad de 6 a 7 m aproximadamente.

Asimismo, existe otro canal de navegación que conduce hacia las islas flotantes de los Uros, localizado en la parte noreste de la bahía en las proximidades de la Isla Esteves, que tiene una profundidad media variable de 1 a 4 m. la extensión de la bahía interior de Puno, está considerada entre los espolones de Uros Chulluni y Chimu que mide 2,193.00 has, Northcote *et al* (1991).



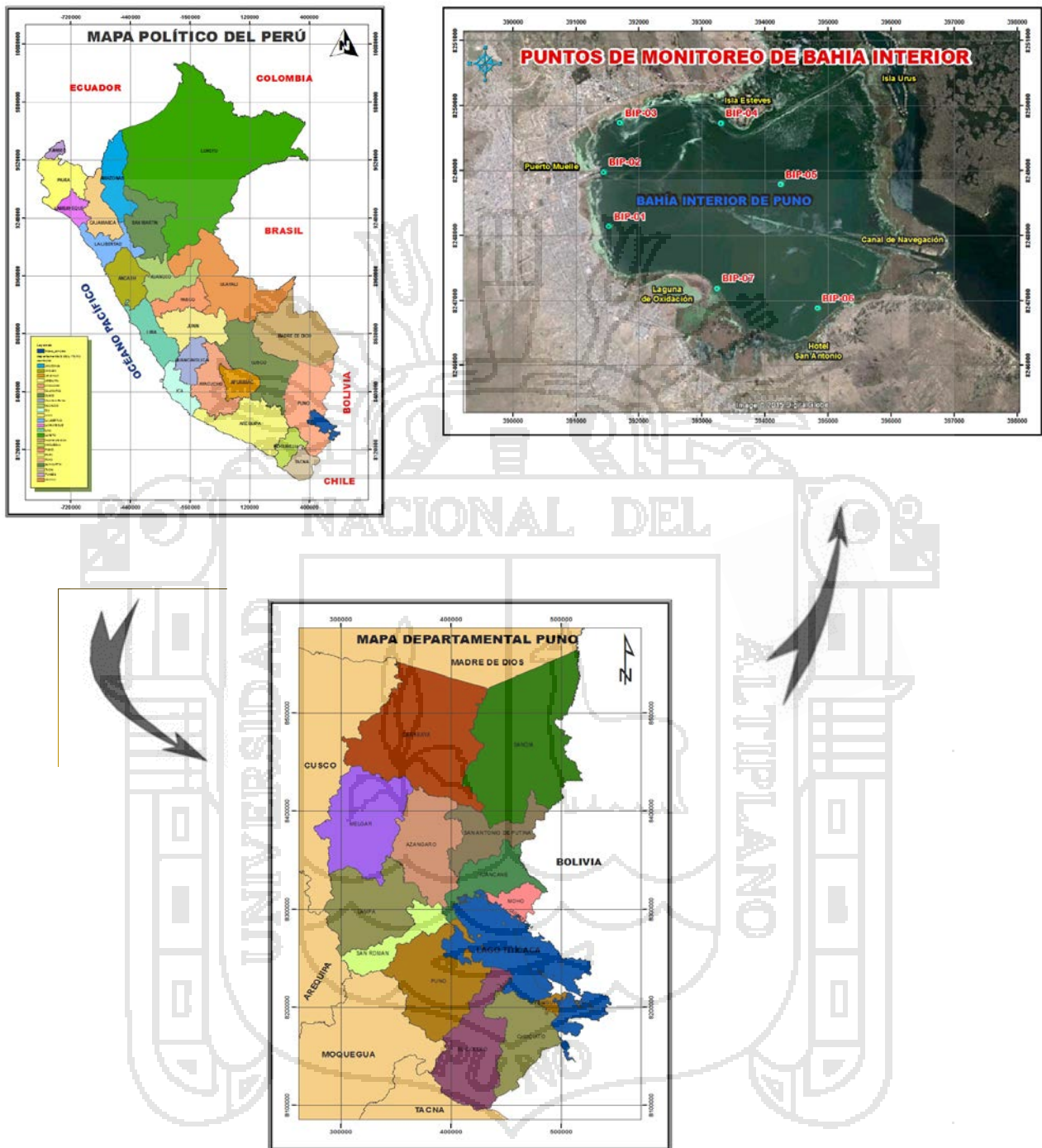


Figura 8: Ubicación del área de estudio.

3.2 MATERIALES UTILIZADOS

3.2.1 Materiales de campo

3.2.1.1 Para el monitoreo fisicoquímico

- GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin marca Etrex
- Disco de Secchi
- Medidor Multiparametro SevenGo marca METTLER TOLEDO.
- Medidor multiparametrico Combo pH & EC marca HANNA
- Cámara digital marca SONY
- Lancha con motor fuera de borda
- 14 Botellas de 625 ml
- Guantes de jebe
- Wincha de 10 m.
- Palo de 7m
- Cintas maski.
- Otros.

3.2.2 Materiales de laboratorio

A. Material de vidrio

- Bureta graduada
- Vaso precipitado de 50 ml
- Tubos de Durhan
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Frasco tapa rosca de vidrio de 500 ml
- Matraz de Erlenmeyer de 50 a 1000 ml

B. Equipos de laboratorio

- Un espectrofotómetro modelo Spectronic 21D modelo MILTON ROY
- Un potenciómetro marca Thermo Scientific modelo ORION STAR A211
- Medidor Multiparametro S7765 SensION5 marca HACH
- Medidor Multiparametro DRB 200 marca HACH
- Reactivos para nitratos
- Reactivos para fosfatos
- Una incubadora para análisis de DBO₅ Y DQO
- Otros

3.2.3 Materiales y equipos de gabinete

- 01 Laptop Core i7
- 01 impresora a color
- Papel bond A4 (80 gramos)
- Software Vectorial Arcgis 10.2
- Libreta de campo
- Lapicero/lápiz
- Fichas para toma de datos
- Otros.

3.2.4 Materiales cartográficos

- Cartas nacionales del instituto geográfico (I.G.N.) a escala 1:100,000
- Mapa del Perú por el I.G.N.
- Mapa físico político del departamento de Puno por el I.G.N., etc.

3.3 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó el método descriptivo y experimental, que permitió estudiar los niveles cuantitativos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las aguas de la bahía interior de Puno, las mismas que se desarrollaron utilizando la metodología por objetivos específicos que consistieron en dos etapas, que se detallan de la siguiente manera.

3.3.1 Objetivo 1: Evaluar la concentración de las características físico y químicas del agua de la bahía interior de Puno

Para el cumplimiento de este objetivo se aplicaron las siguientes herramientas metodológicas.

3.3.1.1 Monitoreo del agua

a. Ubicación de puntos de muestreo

Para el monitoreo de la calidad del agua de la bahía interior Puno, se realizó en una red conformado por 07 puntos de muestreo que fueron tomadas aleatoriamente, las mismas que fueron georeferenciadas utilizando el sistema de posicionamiento satelital (GPS) registrándose en coordenadas UTM y en el sistema WGS84. Tomando 14 muestras de agua de los 07 puntos de muestreo en horas de 5: 30 a.m. hasta las 8.00 a. m. de fecha 19 de enero del 2015.

b. Toma de muestra del agua de la bahía interior de Puno

Para la recolección de muestras de agua de la bahía interior de Puno, se tomó en cuenta aspectos importantes que se detallan de la siguiente manera:

1. Primeramente para evitar la contaminación se lavó 03 veces (ciudadadosamente) las botellas con agua del mismo sitio del que se tomó las muestras a analizar.
2. Luego se sumergieron unos 20 a 30 cm de profundidad para ser llenados completamente, mientras estaban sumergidas se evitó mover el fondo a fin de evitar la contaminación con sedimentos.

3. Posteriormente se golpearon suavemente los lados de la botella mientras estaban debajo del agua afín de hacer salir todas las burbujas adheridas en las paredes de la misma.
4. Luego se invirtió las botellas con la muestra para comprobar que no hayan quedado burbujas de aire en el interior, si una de las botellas (ó las dos) contenían aire en el interior, se repetía la toma de muestra. Una vez obtenida una muestra satisfactoria se procedió inmediatamente a tapar para luego etiquetarlos.

c. Identificación de las muestras de agua

Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras de agua extraídas de la bahía interior de Puno, se etiquetaron en cada recipiente; en la que se anotaron claramente con tinta a prueba la información siguiente:

- Localización o procedencia (lugar de recolección de la muestra)
- Numero de muestra (referido al orden de toma de muestra)
- Código de identificación (Punto y/o estación de muestreo)
- Fecha y hora de la toma de muestra
- Descripción del punto de muestreo
- Datos personales responsable del muestreo

Posteriormente, estos frascos fueron trasladados en el menor tiempo posible al laboratorio de control de la calidad del agua (UNA-Facultad de Ingeniería Química) y al laboratorio de Microbiología (Facultad de Ciencias Biológicas) para su respectivo análisis en laboratorio.

3.3.1.2 Determinación de los parámetros físicos y químicos

Para la determinación de los parámetros físicos y químicos, se utilizaron dos métodos, las que se detallan de la siguiente manera:

A. Método de campo

A.1 Transparencia del agua

La transparencia de las aguas de la bahía interior de Puno, se determinó mediante el uso de un disco Secchi de 20 cm de diámetro, dividido en cuadrantes pintados alternadamente de blanco y negro, atado a una cuerda con mediciones de 0.50 cm y un metro respectivamente, el cual tiene un peso en la parte media para permitir su hundimiento.

Para determinar el nivel de transparencia se deja caer el disco Secchi desde la superficie hasta la mayor profundidad donde el disco Secchi es todavía visible por la vista, tomando nota de esta profundidad es la transparencia del agua de dicho punto de muestreo.

B. Método de laboratorio

B.1 Temperatura

La medición de la temperatura se realizó con el medidor multiparamétrico SensION 5 marca HACH, el mismo que detecta de forma rápida y precisa el valor de la temperatura. El electrodo estará integrado en la carcasa y los valores de medición se ajustan gracias a la compensación de temperatura automática.

Primero se calibró el equipo para la medición de la temperatura luego se introdujo el electrodo en la muestra de agua y se procedió a anotar los resultados reportados por el equipo.

B.2 Determinación de la conductividad eléctrica

Se recolectaron las muestras de agua de los 07 puntos de muestreo, cada una en frascos de 625 ml. posteriormente se utilizó un pequeño matraz de 100 ml limpio y seco, al cual se le agrego 50ml de muestra de agua de la bahía interior. Inmediatamente se introdujo el electrodo del medidor multiparamétrico SensION 5 marca HACH hasta

que el equipo establezca la lectura. Una vez que se ha obtenido los datos se anotó en el registro de datos.

La lectura se realizó anotando los valores obtenidos con las cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor.

B.3 Potencial de hidrogeniones (pH)

La medición se realizó con el multiparamétrico ORION STAR A211 pH Meter, el mismo que detecta la forma rápida y precisa el valor del pH.

Se calibró en un volumen de 50 ml de muestra de agua, luego una calibrada el equipo. El electrodo de medición se colocó dentro de la primera muestra dejando que se establezca por al menos 1 minuto, posteriormente se realizó la lectura con precisiones de 0.1 unidades y 0.0001 unidades.

Se anotó el valor obtenido con cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor de pH-metro que se esté utilizando y al análisis que se esté realizando.

B.4 Determinación de oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, turbidez, DBO5, DQO, fosfatos, nitratos.

Para la determinación del oxígeno disuelto fueron analizadas por el laboratorista del control de calidad del agua, reportando que, para la determinación del oxígeno disuelto se utilizó el procedimiento del Kit (método de winkler modificado).

Los parámetros (Sólidos disueltos totales, Turbiedad, DBO5, DQO, Fosfatos y Nitritos), corresponden a los análisis de muestra de agua de la bahía interior de Puno de los 07 Puntos de Muestreo, los cuales fueron reportados una vez analizadas y posteriormente para su respectivo interpretación y evaluación.

3.3.2 Objetivo 2: Evaluar la concentración de los parámetros microbiológicos en las zonas de muestreo de la bahía interior de Puno

Para cumplir este objetivo se realizó lo siguiente:

3.3.2.1 Método bacteriológico

Para el análisis de muestras de agua de la bahía interior de Puno fueron llevadas al laboratorio de Microbiología de la facultad de Ciencias Biológicas para su respectivo análisis bacteriológica, posteriormente se reportaron que, los análisis microbiológicos (parámetros: coliformes fecales, totales y termotolerantes), se realizaron siguiendo las metodologías establecidas por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ciencias De Ambiente, Lima Perú, 1998) y APHA (American Public Health Association 19th) y Standares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas. Resolución Ministerial 246-2010, MINAM 2012-Lima). Luego de los reportes de laboratorio se pasó a la interpretación y evaluación de los resultados.



3.3.2.2 Metodología general de la investigación

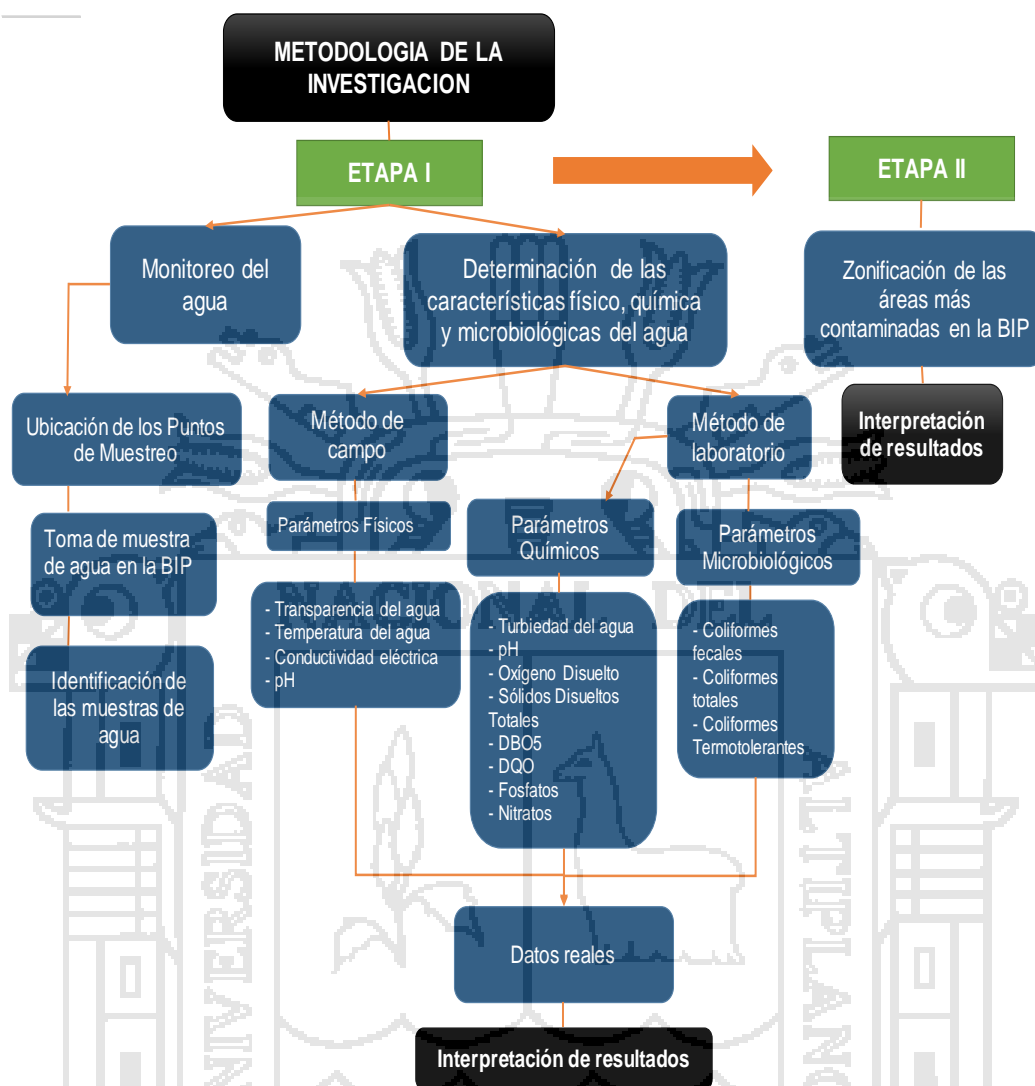


Figura 9: Proceso metodológico general de la investigación.

3.3.3 Objetivo 3: Zonificación de las áreas más afectadas por las descargas de aguas residuales con el SIG

Para determinar los puntos y/o áreas de mayor contaminación por aguas residuales, se ha realizado mapas temáticos utilizando el software ArcGIS 10.2, para lograr esto, se ha realizado un conjunto de procedimientos que se muestra en la figura 09. Esto permitió, luego, realizar un análisis e interpretación de las áreas que están siendo afectadas y su mayor concentración de contaminantes en las aguas de la bahía interior de Puno.

3.3.3.1 Metodología para la elaboración de mapas temáticos con el SIG

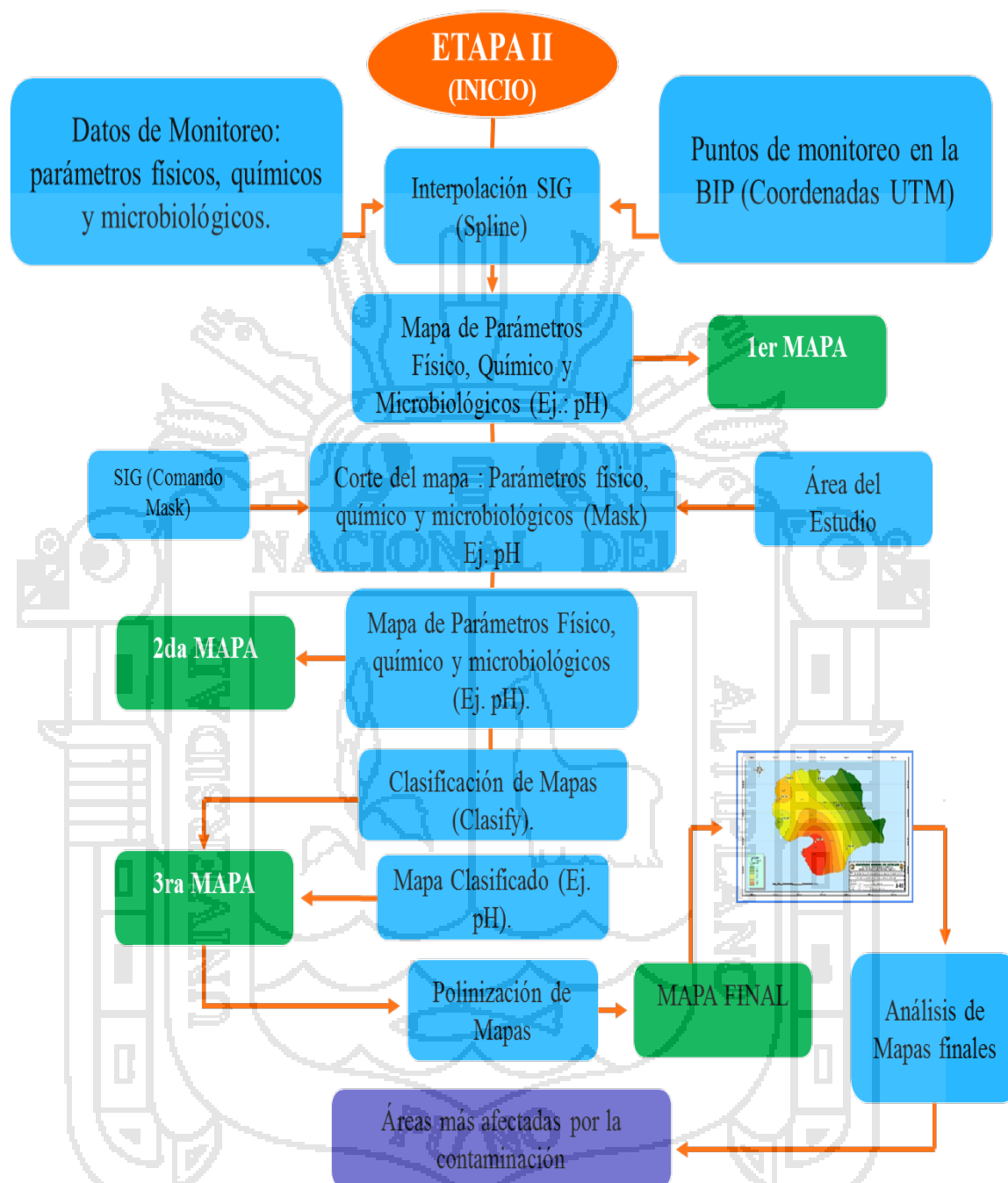


Figura 10: Flujograma para zonificar las áreas más afectadas con el SIG.

3.3.4 Método estadístico

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó medidas de tendencia central (promedio) y desviación estándar para cada elemento (Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos) en las aguas de la bahía interior de Puno, para determinar cuánto

pueden alejarse los valores respecto al promedio (media), se calcularon de la siguiente manera, por lo tanto es útil para buscar probabilidades de que un evento ocurra. Cuya fórmula es la siguiente.

3.3.4.1 Media aritmética o promedio:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{X} = promedio entre las estaciones de muestreo.

X1= parámetros fisicoquímicos o bacteriológicos.

n = número de repeticiones.

3.3.4.2 Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Donde:

S = desviación estándar (que nos indica cuánto pueden alejarse los valores respecto al promedio (media), por lo tanto es útil para buscar probabilidades de que un evento ocurra).

3.3.5 Representación gráfica de los resultados

Para la representación gráfica de los valores obtenidos de los parámetros físicos químicos y microbiológicos, se determinó mediante el uso Microsoft Office Excel 2013 (representación gráfica para cada uno de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos) y para la elaboración de mapas temáticos de áreas más contaminadas, se utilizó el Software ArcGis 10.2 (SIG), donde se muestra los procedimientos en la figura 10, que han sido interpolados a partir de datos de monitoreo en los puntos de muestreo, obteniéndose mapas temáticos que se observan más adelante.

CAPITULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El presente capítulo está estructurado básicamente en tres partes, de acuerdo al cumplimiento de cada objetivo planteado; En base a la información obtenida de campo y laboratorio, se realizó el presente trabajo de investigación sobre el estado de la calidad ambiental de las aguas de la bahía interior de Puno, de los cuales se elaboraron los cuadros, figuras y mapas temáticos de la concentración de los principales parámetros físico químicos y microbiológicos que contaminan el agua (Anexo 03 y Anexo 05), y que nos permitieron conocer las tendencias centrales y su interpretación en un contexto de la calidad ambiental del agua. Donde la primera parte trata sobre la evaluación de concentración de las características físico y químicas en las aguas de la bahía interior de Puno.

En la segunda parte trata sobre la concentración de los parámetros microbiológicos en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno, y se evalúan de acuerdo a las normas y estándares de la calidad ambiental del agua.

Para el tercer objetivo y última parte, se presenta mediante las mapas temáticas elaboradas con el programa ArcGIS 10.2, mediante una base de datos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, a fin de identificar cual vulnerable son las áreas más afectas y contaminadas por el efecto de la descarga de aguas residuales en la bahía interior de Puno.

4.1 RESULTADOS POR OBJETIVOS

4.1.1 Objetivo 1: Características físicas y químicas del agua

4.1.1.1 Temperatura del agua

Según Flores, R. 2007. Indica que es importante conocer la temperatura del cuerpo de agua, ya que este parámetro puede ayudar a predecir o confirmar otras condiciones del agua; donde este parámetro tiene influencia directa en otros factores de la calidad, tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la supervivencia de algunas especies acuáticas.

De acuerdo a las lecturas de la temperatura en las estaciones de monitoreo a nivel superficial de la columna de agua, la temperatura del agua osciló entre 13.0 y 15.6 °C, las cuales según Ocola, 2007. Las temperaturas elevadas implican la aceleración de la putrefacción, con la que aumenta la DBO y disminuye el oxígeno disuelto. Estas características de los valores obtenidos de la temperatura coinciden en la bahía interior de Puno. Las cuales se muestran en el siguiente cuadro N° 04.

Cuadro N° 4: Resultados de la temperatura superficial de las aguas de la bahía interior de Puno entre las estaciones de muestreo.

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES ECA-Cat 4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom.
Temperatura	°C	----	13.17	14.2	14.08	13	13	13.6	15.6	14

BIP: Bahía Interior de Puno.

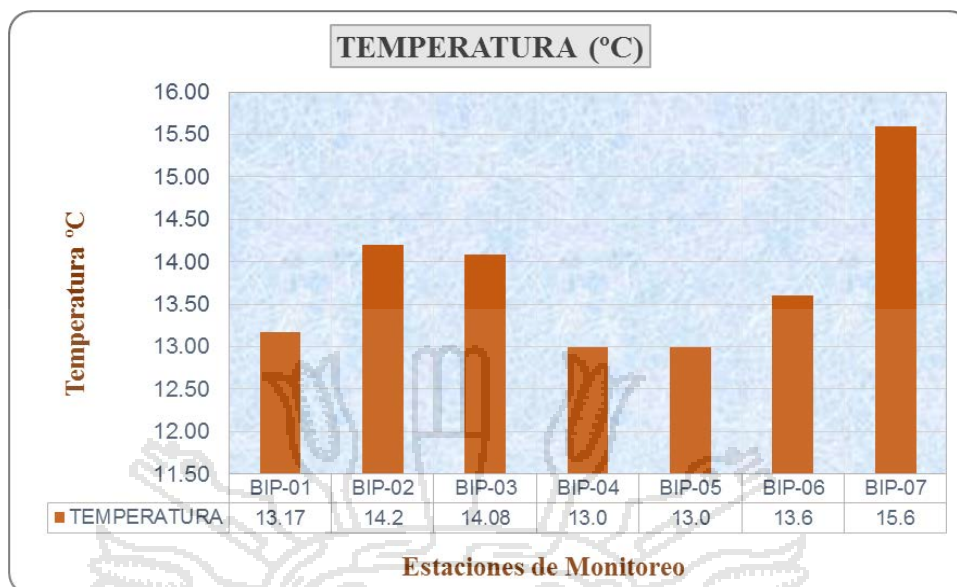


Figura 11: Comportamiento de la temperatura superficial (°C) en las aguas de la bahía interior de Puno entre las estaciones de muestreo.

En general como se observa en la Figura 10 y el cuadro N° 04; las temperaturas obtenidas para las aguas de la bahía interior de Puno en la presente investigación fluctuaron de 13 a 15.60 °C y con un promedio entre las estaciones de monitoreo de 14 °C. Registrándose las zonas con mayores temperaturas por las zonas de Isla Espinar (BIP-07), Muelle de Puno (BIP-02) y frente a las residencias universitarias (BIP-03), las mismas que se sitúan cerca a las orillas en una franja de aproximadamente 300 m., zona de mayor impacto por el efecto de las descargas de aguas residuales y pluviales con alto contenido de materia orgánica que se vierten por estas zonas, encontrándose los valores más altos de (14.2 a 15.6 °C).

Mientras que los valores más bajos se mantienen casi homogéneos entre las estaciones de frente al terminal terrestre y bancheros Rossi, isla Esteves, Isla Blanca y frente al muelle de Hotel San Antonio (BIP-01,BIP-04,BIP-05,BIP-06), esta observación puede ser atribuida principalmente a las condiciones climáticas de las horas de muestreo y la disminución de la temperatura por las zonas alejadas de la orilla de la bahía interior, probablemente obedece al enfriamiento más rápido, por efectos de las corrientes de aire que actúan sobre una superficie muy amplia y libre.

En relación a la temperatura, es necesario indicar que los resultados encontrados en la presente investigación, tenemos valores próximos a 18 °C a 20 °C como lo manifestado por Morales et al. (1989), para aguas poco profundas, y como menciona Northcote et al. (1991), esto ocasionaría que las tasas de producción y descomposición se incrementan en la parte interior de la bahía de Puno, como efecto del calor, durante la época húmeda.

Mientras que Mollocondo (1984) reportó un valor promedio de 13.14 °C a 2m y Pineda, D. (1999), registró 13.2 °C a 3m de profundidad, valores que se acercan al mínimo valor, hallado en el presente estudio, lo cual podría deberse a la diferencia en profundidades en las que fueron reportados los valores de los antecedentes.

4.1.1.2 Transparencia

Según los criterios de la OECD han considerado la transparencia como un indicador de eutrofización. Se trata de un objetivo de la calidad física del agua y expresa el grado de penetración de la luz en la columna de agua, factor indispensable para la fotosíntesis del fitoplancton y de los macrófitos sumergidos. En un lago limpio, la dispersión de la luz, en la columna de agua, alcanza varias decenas de metros por debajo de la superficie, lo cual, indica que el nivel de productividad biológica es muy bajo; mientras que un lago contaminado y eutrofizado, los niveles de transparencia son muy bajos.

Cualquier visitante que navegue por las aguas de la bahía interior de Puno, se dará cuenta que ya no son transparentes, sino más bien de color verde oscuro o verde amarillento, lo que hará suponer que está contaminada y eutrofizada.

En términos generales, las mediciones de la transparencia de la bahía interior de Puno, realizadas con el disco Secchi permitieron observar la diferencia de la transparencia del agua de la bahía interior de Puno, entre las zonas de monitoreo, las cuales se muestran en el cuadro N° 05.

Cuadro N° 5: Valores de la transparencia al disco Secchi en las aguas de la bahía interior de Puno

ESTACIONES	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07
Transparencia (m)	1.18	1.02	1.15	1.18	1.38	1.42	0.81
Profundidad (m)	6.72	6.82	4.14	2.35	2.66	2.76	1.89

BIP: Bahía Interior de Puno.

En el Cuadro N° 05, Los valores observados de la transparencia de las aguas de la bahía interior de Puno, oscilaron en un rango de 0.81 a 1.42 m de transparencia, considerados bajos, los mismos que indican que el cuerpo de agua está afectado por la eutrofización, donde las zonas más afectadas se localizan en las áreas cercanas a la orilla.

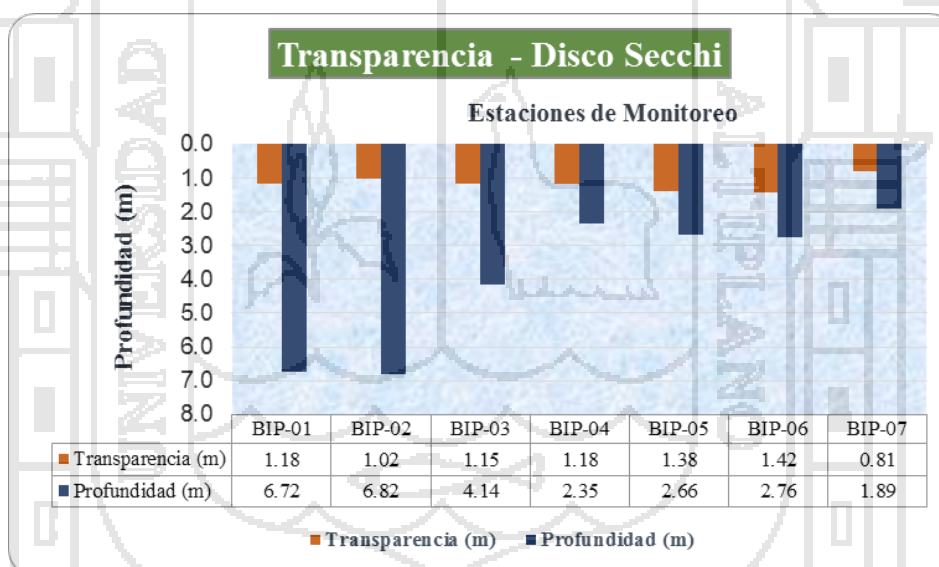


Figura 12: Comportamiento de los niveles de la transparencia al disco Secchi en la bahía interior de Puno

De la Figura 12, observamos que el nivel más bajo de transparencia del agua se presentó en la estación (BIP-07) con 0.81 m. de penetración de la luz en la columna de agua, esto puede ser atribuida que este punto se encuentra muy cercano a la desembocadura de las aguas de la laguna de oxidación de el Espinar, lo que indicaría que por esta zona se encuentran altos contenidos de materia orgánica en suspensión y en

proceso de descomposición. Y con respecto a los demás puntos, los valores de transparencia en las zonas del muelle de Puno (BIP-02), Terminal terrestre (BIP-01) y Frente a las residencias universitarias (BIP-03), Los valores de transparencia se encuentran casi homogéneas, registrándose valores de 1.18 a 1.15 m. de transparencia.

Y por otro lado, en las estaciones (BIP-05 y BIP-06), se observa mayor penetración de la luz en la columna de agua, presentando pequeñas variaciones con respecto a los puntos antes mencionados, los cuales oscilaron de 1.38 a 1.42 m, esto demuestra que por estas zonas existe poca presencia de material en suspensión que imposibiliten la visibilidad.

Los valores del cuadro anterior, muestran que la disminución de la transparencia en las aguas de la bahía interior de Puno en 24 años ha sido significativa. La información más antigua corresponde a la reportada por Northcote et al., en 1991.

También es necesario aclarar que, durante el trabajo de campo se observó que el agua de la bahía interior de Puno presentaba una coloración verdosa (ver figura 13), y altos contenidos de materia en suspensión, representada por lenteja de agua muerta en proceso de sedimentación; aspectos importantes que interfieren con la difusión de la luz a través de la columna de agua, donde las aguas de la bahía interior de Puno ser un cuerpo de agua de baja profundidad (1.5 a 7 m), esta debería llegar al fondo, favoreciendo el crecimiento de los macrófitos acuáticos sumergidos.

Los valores de transparencia hallados en el presente estudio denotan una baja transparencia lo cual se debería a la presencia de materiales suspendidos y biomasa fitoplanctónica, esto observable a simple vista por la coloración verdosa del agua de esta zona.



Figura 13: Transparencia del agua en la bahía interior de Puno

En relación a la transparencia del agua, en comparación con los estudios realizados por Northcote et al. (1991), la transparencia ha disminuido, ya que en su estudio reportó valores entre 1.2 a 2.2 m y en el presente trabajo de investigación los resultados se encuentran en un rango de 0.81 y 1.42 m de transparencia, sin embargo al comparar los valores mínimos podemos decir que existe una disminución de la transparencia en la bahía interior. Como menciona Wetzel (1981) cuando un lago ha alcanzado un grave estado de eutrofización, se producen agregaciones masivas, que incrementan la turbidez y disminuyen la transparencia. De esto, Margalef et. al. (1983), afirma que los cambios más notorios en lagos eutrofizados se notan en las comunidades de plantas acuáticas. El aumento de biomasa es uno de los cambios inmediatos observados.

4.1.1.3 Conductividad Eléctrica

Es la medida de la capacidad del agua para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en ella.

El parámetro que permitió determinar el contenido global de sales y conocer su aptitud para dejar circular libremente a las cargas eléctricas, fue evaluado mediante los valores de conductividad eléctrica a nivel superficial de la columna de agua, observándose para todas las estaciones de monitoreo y ubicados en la bahía interior de Puno, teniendo como valores que fluctuaron entre 1815 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1901 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y con un promedio de 1867 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre las estaciones de monitoreo, tal se observa en el cuadro N° 06.

Cuadro N° 6: Resultados de la conductividad eléctrica a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES ECA-Cat 4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom
C.E.	$\mu\text{S}/\text{cm}$	----	1880	1881	1878	1842	1815	1871	1901	1867

BIP: Bahía Interior de Puno.

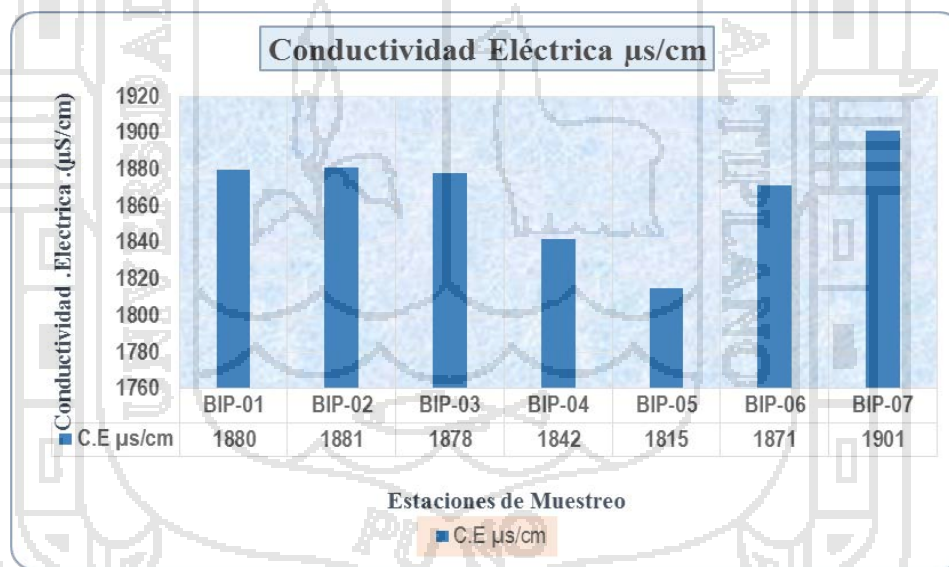


Figura 14: Comportamiento de la conductividad eléctrica a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo

De la figura 14 y cuadro N° 06 es posible concluir que existe una fluctuación moderada entre las estaciones de monitoreo y área de evaluación, notándose los valores más altos en las estaciones BIP-07, BIP-01, BIP-02 y BIP-03, y existiendo una variación descendente entre las estaciones BIP-04 y BIP-05; sin embargo no se observan grandes

cambios entre las estaciones. Lo cual indicaría, que los mayores cambios de conductividad no se dan a lo largo de un (24 horas) sino que están influenciados por las condiciones ambientales, ya que durante la época lluviosa (Enero, febrero y marzo) hay mayor disolución de sales. También podemos decir que, los valores registrados de conductividad eléctrica a nivel de la columna de agua en las estaciones de muestreo evidencian un alto contenido de sales disueltas en las aguas de la bahía interior de Puno.

4.1.1.4 Turbidez

El cuadro N° 07 muestra los resultados de la turbidez del agua de la bahía interior de Puno, registrándose valores de 7 a 43 NTU, y con un promedio entre las estaciones de monitoreo de 14 NTU, las cuales se presentan en el cuadro N° 08.

Cuadro N° 7: Valores de la turbiedad del agua en la bahía interior de Puno entre las estaciones de monitoreo

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES ECA-Cat 4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom.
Turbiedad	NTU	----	7	9	10	9	7	10	43	14

BIP: Bahía Interior de Puno.

De la figura 15 y cuadro N° 07, la turbiedad encontrada en la bahía interior de Puno, entre las estaciones muestreo, oscilaron en un rango de 7 a 43 NTU, registrándose que la turbiedad llega hasta un 43 NTU por la zona de isla Espinar (estación BIP-07), mientras que en los demás estaciones existe un descenso de la turbiedad, los cuales se registraron valores de 7 a 9 NTU. De esto podemos concluir, que el comportamiento de la turbiedad en el tiempo, puede ser influenciado por la temperatura del agua y por el alto contenido de materia suspendida por las zonas donde se registra los mayores valores.

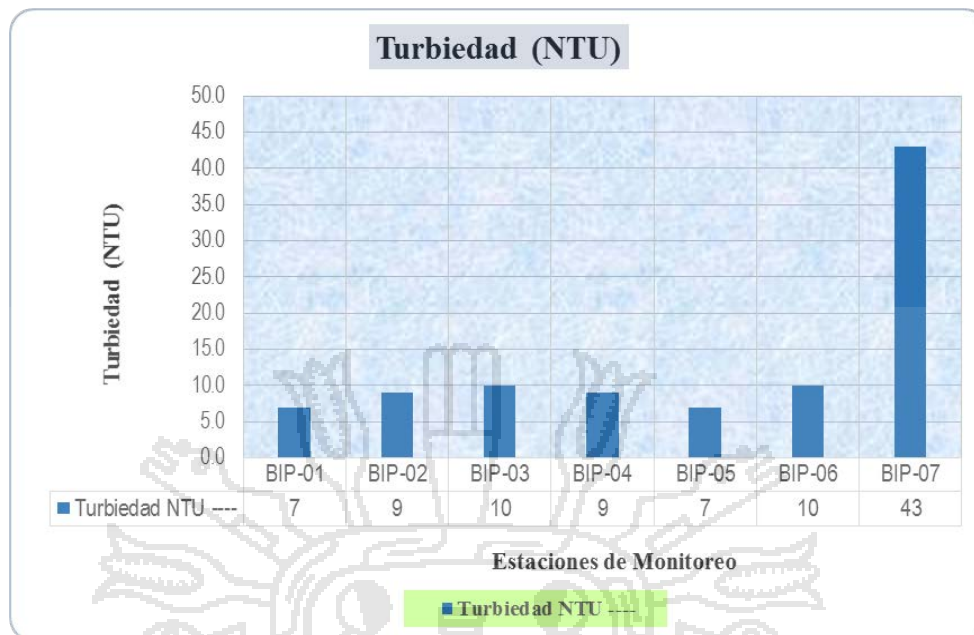


Figura 15: Comportamiento de la turbiedad superficial en las aguas de la bahía interior de Puno entre las estaciones de muestreo

4.1.1.5 Potencial de Hidrogeniones (pH)

La lectura del pH en los cuerpos de aguas superficiales es un buen indicador de la contaminación; el potencial de hidrogeno del agua medido en unidades de pH es muy importante debido a que es influido por factores bióticos, abióticos, y bioquímicos. El pH del agua está relacionado con la acidez o la alcalinidad, debida principalmente a la presencia de anhídrido carbónico, producida por la mineralización total de la materia orgánica.

Para el caso de la bahía interior de Puno, las comparar los valores de pH superaron los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM), el que nos indica, que el rango para pH es 6.5 a 8.5 unidades de pH Ver Cuadro 09.

Cuadro N° 8: Valores de potencial de hidrogeno (pH) en las aguas de la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES ECA-Cat 4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom.
pH	Und	6.5 - 8.5	8.91	9.63	9.07	9.02	8.86	8.88	8.65	9.0

BIP: Bahía Interior de Puno.

Del Cuadro N° 08 y la Figura 16, el pH en la bahía interior de Puno osciló en un rango de 8.65 a 9.63 unidades y con un promedio de 9 unidades de pH entre las estaciones de muestreo. lo que indicaría que el agua en los puntos de muestreo varían desde ligeramente básicas (BIP-07) hasta muy alcalinas, registrándose como valores máximos en los puntos BIP-02, BIP-03, BIP-04 y BIP-01, esto sería ocasionado debido a que la presencia de carbonatos en estos puntos es mucho mayor con respecto a los bicarbonatos. lo que hace que el pH se incremente progresivamente en estos puntos a diferencia de las demás estaciones.

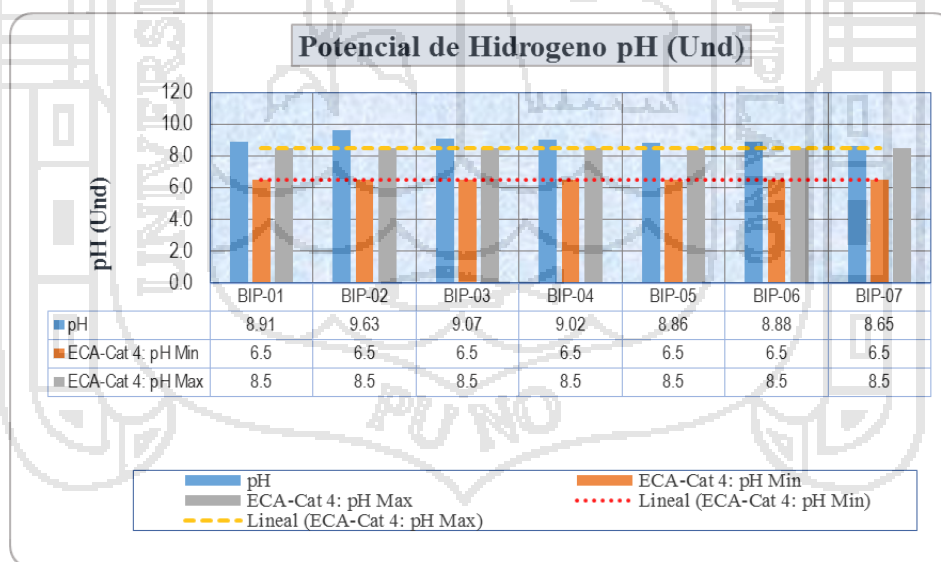


Figura 16: Comportamiento de potencia de hidrogeno (pH) en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

El pH del agua de la bahía interior de Puno en los puntos BIP-07, BIP-05 alcanzaron como valores mínimos hasta 8.65 unidades de pH para el punto BIP-07, esto puede

atribuirse a las condiciones climáticas y otros factores como la temperatura, oxígeno disuelto, aclimatación de las especies, debido a que en los meses de enero se presentan lluvias, habiendo mayores disoluciones de sustancias.

En relación con la presente investigación Ocola (2007), indica que, el valor promedio fue de 8.2 unidades de pH cerca de isla Espinar y 8.9 unidades de pH a la altura del Hospital regional Manuel Núñez Butrón, y Angles (2007) obtuvo como promedio 8.7 para la superficie. En el presente estudio, los valores hallados corroboran el estado de aguas alcalinas, sin embargo se registraron también valores próximos a 10.0 unidades de pH en algunas estaciones de muestreo, esto nos indicaría que sí aumentarían los niveles de pH en las aguas de la bahía interior de Puno. Podrían ocasionar problemas para los seres vivos, ya que como señala Fuentes (2002), las variaciones en pH pueden tener efectos marcados sobre cada uno de los niveles de organización de la materia viva, desde el nivel celular hasta el nivel de ecosistemas.

4.1.1.6 Oxígeno Disuelto (OD)

Según Ocola, J. 2007 menciona que, el oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes que caracteriza la calidad de las aguas superficiales sean ríos, lagos o lagunas; su concentración depende principalmente de la altitud, la temperatura del agua, salinidad, turbulencia del agua, presión atmosférica y el tipo del cuerpo de agua; su importancia radica en la función que cumple en el mantenimiento de la vida acuática en general, ya que es indispensable para la existencia de los diferentes seres vivos. En tal sentido los datos evaluados para las aguas de la bahía interior de Puno en las estaciones de muestreo se observan en el siguiente cuadro N° 09.

Cuadro N° 9: Resultados de oxígeno disuelto a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES ECA-Cat 4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	≥5	3.15	2.89	3.15	3.28	2.62	3.01	2.10	2.89

BIP: Bahía Interior de Puno.

Del cuadro N° 09 y la figura 17, los valores de oxígeno disuelto (OD) registrados para la bahía interior de Puno a nivel superficial de la columna de agua para todos los puntos de monitoreo y área de evaluación, se encuentran por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 4 (Conservación del medio ambiente acuático) teniendo como valor recomendado por las ECAs ≥ 5 mg/l, en ese sentido, los valores encontrados en los puntos de muestreo oscilaron en un rango de 2.10 a 3.28 mg/l con un promedio de 2.89 mg/l entre las estaciones de muestreo.

Según las observaciones de la figura 17, el comportamiento de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía interior, nos muestra una variación heterogénea, registrándose los mayores valores por las estaciones BIP-01, BIP-03 y BIP-04 con valores de 3.15, 3.15 y 3.28 mg/l respectivamente, y los menores valores por las estaciones BIP-02 y BIP-07; esto indicaría que los picos más bajos pueden haber sido producto del exceso de consumo de oxígeno en el proceso de descomposición de la materia orgánica y producto de la eutrofización, como también puede deberse al horario de muestreo y la degradación de la abundante materia orgánica que se encontraría por estas zonas.

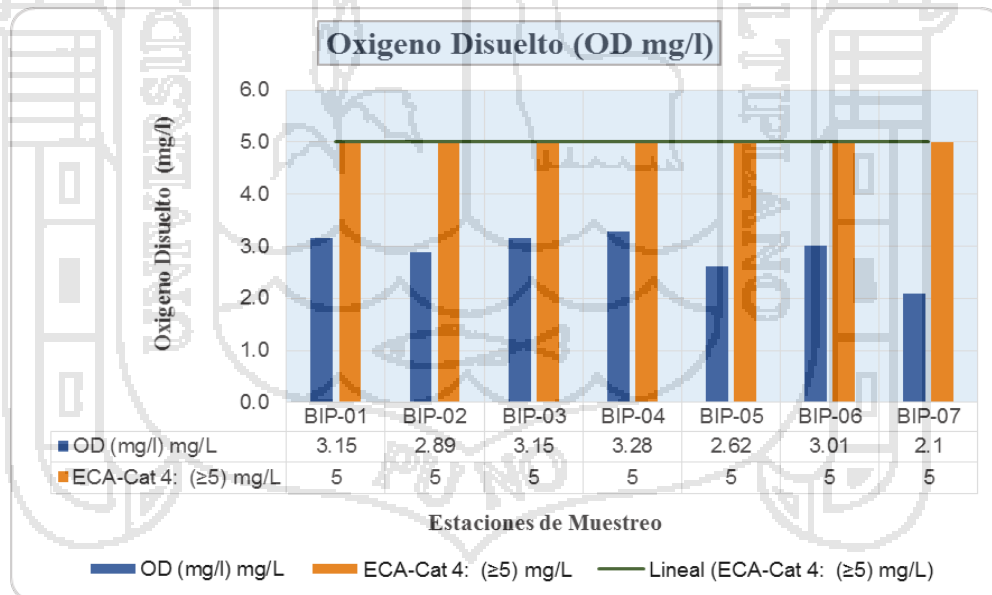


Figura 17: Comportamiento de oxígeno disuelto (OD) en las estaciones de muestreo - bahía interior de Puno

En relación con el oxígeno disuelto, Northcote et al. (1991), reportó durante la época de lluvias valores aproximados de oxígeno disuelto entre 2 y 8 mg/l, los cuales

muestran una disminución en comparación con los valores encontrados en la presente investigación (2.10 a 3.28 mg/l) y en los estudios de Angles 2006, reporta valores menores a los recomendados por las ECAs, encontrando a nivel superficial de la columna de agua 4.82 mg/l, esto indicaría que los picos más bajos pueden haber sido producto del exceso de consumo de oxígeno en el proceso descomposición de la materia orgánica y producto de la eutrofización. Esto es ratificado por Sarmiento (1984), que indica 3.9 mg/l de oxígeno disuelto, lo que evidencia la demanda bioquímica. Datos que se encuentran en la presente investigación cercanos al valor encontrado por Sarmiento.

4.1.1.7 Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Según Nápoles, J. 2008. Los sólidos disueltos totales (TDS) es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua que proporciona una indicación de la calidad química. Analíticamente se define como residuo filtrable total (en mg/l) y que están formados generalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, potasio, etc. Los cuales en la vida acuática pueden causar daño a las especies ictiológicas por abrasión o por asfixia. En tal sentido los datos evaluados se observan en el siguiente cuadro N° 10.

Cuadro N° 10: Resultados de los sólidos disueltos totales (STD) a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES ECA-Cat. 4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom.
SDT (mg/L)	mg/L	500	941	942	941	922	908	937	953	935

BIP: Bahía Interior de Puno.

Del cuadro N° 10 y de la figura 18, al comparar los valores obtenidos de sólidos disueltos totales de las muestras de agua de la bahía interior de Puno se encuentran muy por encima de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático del DS N° 002–2008–MINAM), en tal sentido:

De la figura 18, es posible concluir que existe una variación heterogénea entre las estaciones de monitoreo y área de evaluación, notándose los valores más altos por las estaciones de BIP-07 (sector de isla Espinar), BIP-01 (frente al terminal terrestre), BIP-02 (muelle de Puno) y BIP-03 (frente a las residencias universitarias); 935, 941, 942 y 941 mg/l respectivamente, esto puede ser atribuido a que por estas zonas existe la presencia de alta carga orgánica que afecta la penetración de la luz y adversamente la calidad del agua. Y los valores menores se registraron por las estaciones BIP-04, (cerca al muelle de Isla Esteves) y BIP-05 (Isla Blanca) que fluctuaron en un rango de 908 a 922 mg/L respectivamente y con un promedio de 935 mg/l entre las estaciones de muestreo, las cuales se pueden considerar que la presencia de contaminantes químicos y la concentración de sales se encuentran en elevada proporción por las zonas de muestreo. Y por lo tanto, demuestran que este cuerpo de agua se encuentra bajo una intensa actividad biológica producto de la contaminación y eutrofización.

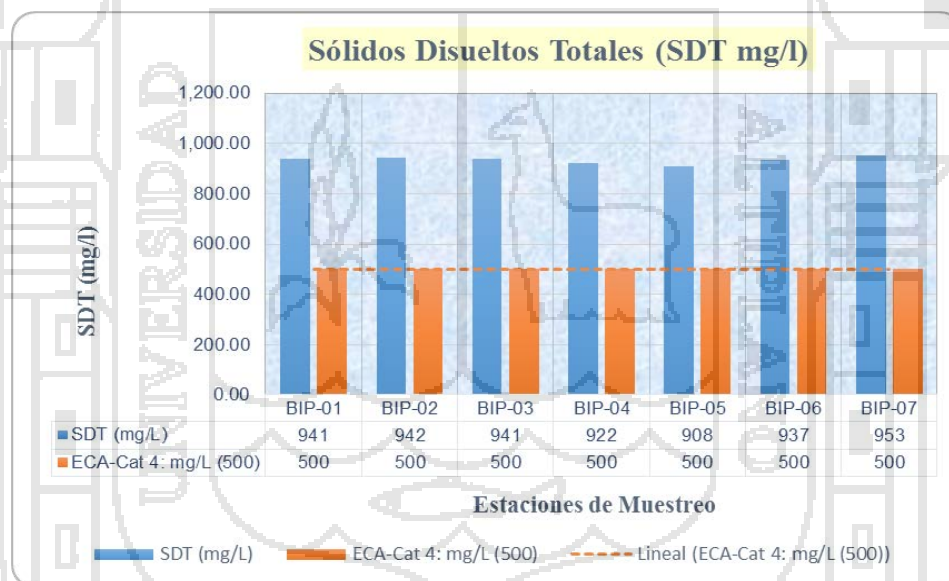


Figura 18: Comportamiento de los sólidos disueltos totales (STD) en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

4.1.1.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias (Romero, 2001). Donde diversos grupos de bacterias son

responsables de descomponer los desechos orgánicos que los que están formados por: carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, azufre (CHONFA).

En el caso de la bahía interior de Puno la DBO₅ proviene del vertimiento de aguas residuales urbanas crudas y sin tratamiento alguno por otras zonas. Cuando la DBO₅ llega a los ecosistemas acuáticos, las bacterias inician el proceso de descomposición de la materia orgánica. Cuando esto sucede, gran parte de oxígeno disuelto disponible en el agua lo consumen las bacterias aeróbicas, reduciendo la disponibilidad de oxígeno para otros organismos acuáticos que lo necesitan para vivir. Y por lo tanto, La DBO₅ es un buen indicador de la calidad general del agua y concretamente es un buen indicador de la contaminación orgánica. (Ocola y Flores, 2008).

De acuerdo a los análisis de muestras de agua en los 07 puntos de la bahía interior de Puno a nivel superficial de la columna de agua se elaboró el siguiente cuadro N° 11.

Cuadro N° 11: Resultados de DBO₅ a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo.

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES Eca-Cat. 4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom.
DBO ₅	mg/L	< 5	205.68	43.38	35.8	44.9	23.66	160.18	114.28	89.7

BIP: Bahía Interior de Puno.

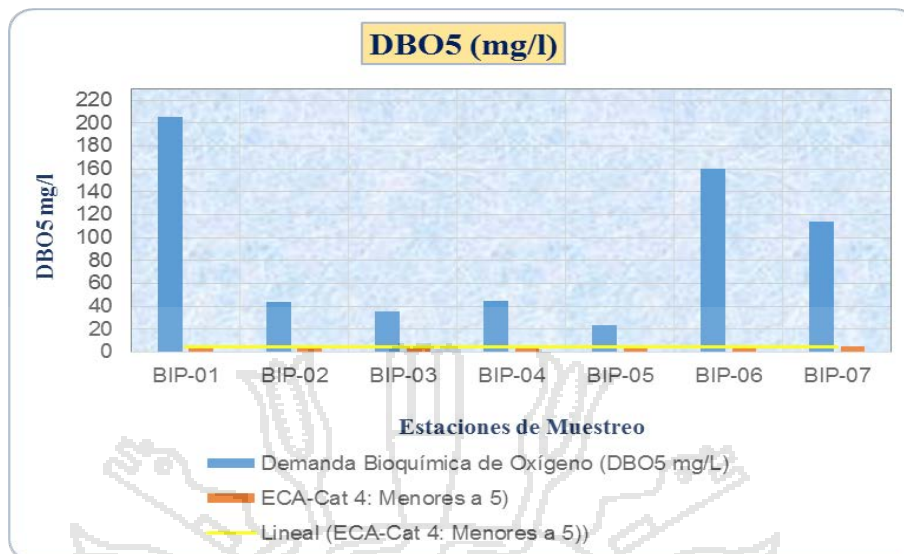


Figura 19: Comportamiento de la DBO₅ en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno.

De la figura 19 y cuadro N° 11, es posible concluir que existe una variación heterogenea entre las estaciones de muestreo y área de evaluación a nivel superficial de la columna de agua, valores que excedieron a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM), observándose claramente que los valores más altos se presentan por las estaciones BIP-01 (sector de frente al terminal terrestre), BIP-06 (frente al muelle del hotel San Antonio) y BIP-07 (al sur oeste de Isla Espinar), debido que, las causas principales que han ocasionado y ocasionan aún la bahía, son las aguas residuales crudas y deficientemente tratadas, las cuales son vertidas hacia el ecosistema en forma dispersa y constante, a través de varias emisores localizados en las orillas de la bahía y por el emisor de las lagunas de oxidación de el Espinar y como también hay que destacar que otra fuente interna importante de aporte de materia orgánica, es la lenteja de agua (*Lemna gibba*) que se localizan a orillas de la bahía interior.

Y también se ha determinado que conforme nos alejamos de la orilla, las concentraciones de DBO₅, disminuye notablemente en las estaciones BIP-05, por lo que es conveniente realizar monitoreos mensuales que contemplen los mismos protocolos de monitoreo, a fin de no variar o alterar la lectura de este indicador y así poder establecer las tendencias del comportamiento de la DBO₅.

Según los criterios de calificación establecidos por el Center for Improve Engineering and science Education – CIESE (Cuadro 13), para la calidad del agua desde el punto de vista de la DBO₅, las aguas de la bahía interior de Puno son clasificadas como aguas muy contaminadas, las cuales requieren de monitoreos permanentes para identificar las causas y las tendencias sobre ese tipo de comportamiento. Por lo tanto estos referentes de calidad, pueden ser útiles para la evaluación de la contaminación de las aguas de la bahía interior de Puno.

Cuadro N° 12: Clasificación general de la calidad del agua según la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Nivel DBO₅ (en mg/L)	CALIDAD DEL AGUA
1 - 2	Aguas muy limpias: escasa cantidad de materia orgánica presente en el agua.
3 - 5	Aguas limpias o aceptables requieren monitoreo temporales
6 - 30	Aguas contaminadas: generalmente indica que hay materia orgánica presente y que las bacterias están descomponiendo este desecho. Requieren monitoreos constantes.
100 a más	Aguas muy contaminadas: contiene alto contenido de desechos orgánicos.

Fuente: Adaptación de Stevens of Technolgy – Center for Improve Engineering and Science Education (CIESE – 2003).

4.1.1.9 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno indica la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no. En tal sentido, en el cuadro N° 13 se observan los resultados de análisis de muestras de agua de la bahía interior de Puno.

Cuadro N° 13: Resultados de DQO a nivel superficial de la columna de agua de la bahía interior de Puno, en las estaciones de muestreo

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES Eca-Cat.4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom
DQO	mg/L		514.2	108.45	89.49	112.24	59.15	400.44	285.7	224.24

BIP: Bahía Interior de Puno.

En lo que concierne a los resultados del laboratorio de análisis de la demanda química de oxígeno (DQO), en el presente estudio los valores más altos se registraron por las estaciones BIP-01, BIP-06 y BIP-07, y en las estaciones BIP-02, BIP-03, BIP-04 y BIP-05 se registraron como valores descendientes que fluctuaron en un rango 108 a 59.15 mg/l. de esto es posible concluir que, probablemente en éstas zonas hay presencia de biomasa de macrófitas, en donde la actividad biológica ha disminuido significativamente.

Y en lo que concierne estos valores obtenidos en las estaciones de muestreo, la demanda química de oxígeno (DQO) que al ser comparado con los estándares de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 1 (Poblacional y Recreacional – DS N° 002 – 2008 – MINAM). Los valores excedieron a los estándares en todos los puntos de muestro a nivel superficial de la columna de agua.

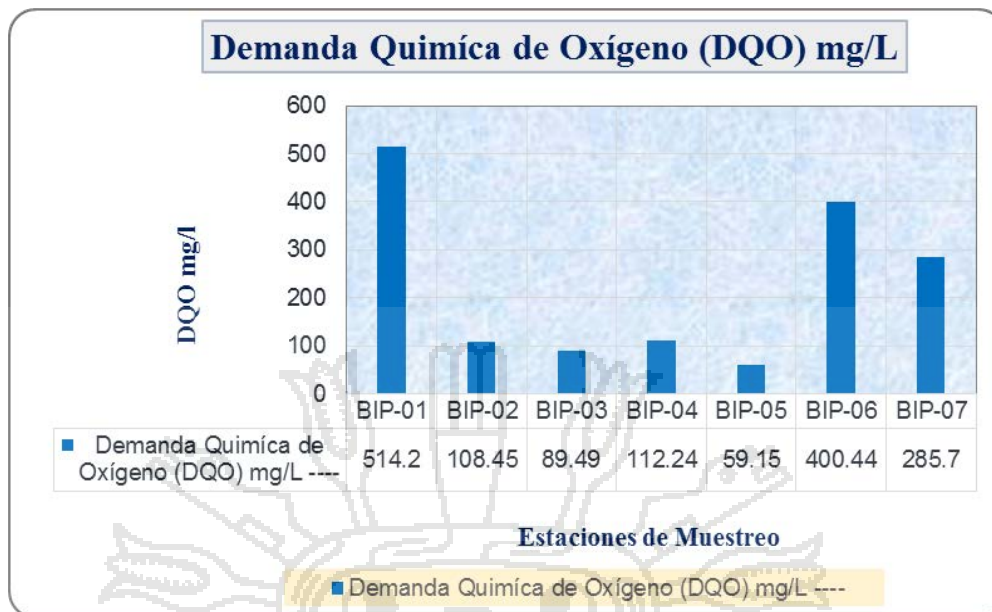


Figura 20: Comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO) en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

4.1.1.10 Fosfatos

El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales (ríos y lagos) en forma de fosfatos, pero su concentración depende de la naturaleza geológica de las cuencas y de las actividades antrópicas adyacentes. La mayor cantidad de fosfatos se encuentra en los fertilizantes, detergentes y llegan a los cuerpos de agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas residuales crudas. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son los principales nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas acuáticas en general. Cuando entra demasiado fósforo a los cuerpos de agua se produce la peligrosa Eutrofización. (Ocola, 2007).

En ese caso los valores de fosfato analizados en el laboratorio de muestras agua de la bahía interior de Puno se muestra claramente en el siguiente cuadro N° 14.

Cuadro N° 14: Valores de la concentración de fosfatos a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES Eca-Cat.4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom
Fosfatos como PO4-3	mg/L	0.4	0.302	0.321	0.324	0.289	0.333	0.321	0.302	0.313

Del cuadro N° 14 y la figura 21, las concentraciones de fosfato a nivel superficial de la columna de agua en las estaciones de muestreo, mostró valores por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM), para todas las estaciones. Según estos reportes, los valores de fosfato se dieron casi similares en todas las estaciones de muestreo, esto se atribuye que, las concentraciones de fosfatos probablemente se encuentren en menores cantidades por la superficie del agua, lo que afirmaría que los mayores niveles de fosfatos se encuentren a profundidad de la columna de agua.

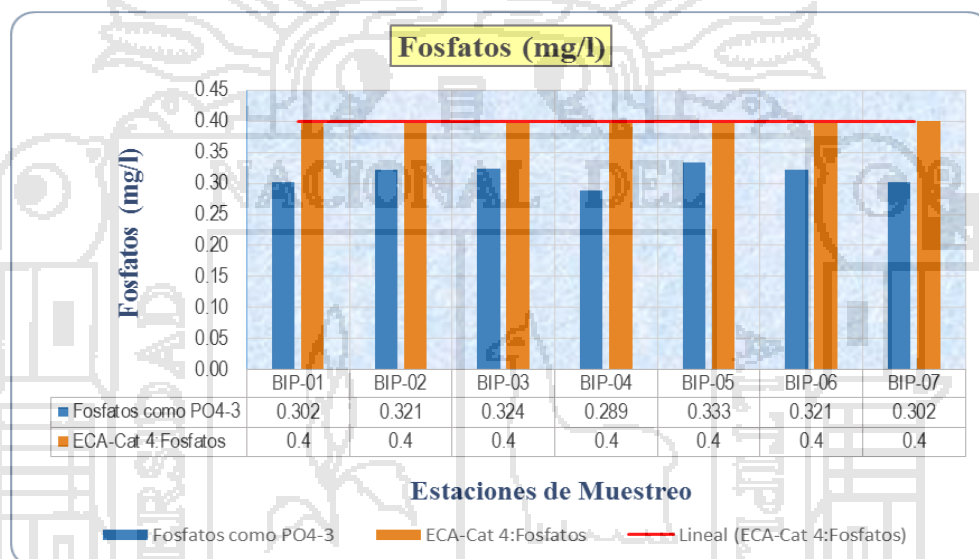


Figura 21: Comportamiento de fosfatos en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

En relación con los registros obtenidos para fosfatos, Angles (2007), registró 1.01 mg/l, el valor que al ser comparado con los valores del presente estudio (0.333 mg/l) se nota un ligero cambio y disminución en las aguas de la bahía interior de Puno. Ante esta situación es recomendable realizar investigaciones integrales que permitan determinar las causas y las tendencias del comportamiento de este indicador.

4.1.1.11 Nitratos

La presencia de nitratos proviene de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales como también urbanos. También hay contaminación proveniente de su uso como abonos y

fertilizantes. En tal sentido los resultados para el valor de nitratos de las aguas de la bahía interior de Puno se muestran en el cuadro N° 15.

Cuadro N° 15: Valores de los niveles de los nitratos a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, entre las estaciones de muestreo

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES Eca-Cat.4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom
Nitratos	mg/L	5	2.083	1.055	1.052	1.068	1.038	2.056	2.085	1.49

BIP: Bahía Interior de Puno.

De la figura 22 y cuadro N° 15, observamos que las concentraciones de nitratos a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno, alcanzaron valores que fluctuaron entre 1.038 a 2.085 mg/l, registrándose los mayores niveles de nitratos para las estaciones BIP-01, BIP-06 y BIP-07; 2.085, 2.056 y 2.085 mg/l, esto probablemente se atribuye a la mayor intensidad de lluvias en el mes de enero y febrero, lo que ocasionaría un mayor arrastre de aguas residuales hacia las aguas de la bahía interior de Puno, mientras que en las otras estaciones como se observa en la figura 21, existe una disminución de las concentraciones de nitratos en los puntos (BIP-02, BIP-03, BIP-04 y BIP-05), y que al ser comparados los valores de nitratos con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 1 (Poblacional y recreacional) y categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático)- DS-N° 002-2008-MINAM, éstos se encuentran por debajo de los recomendados.

Es evidente, que este nivel ayuda a explicar el grado de acumulación de contaminantes orgánicos a través del tiempo.

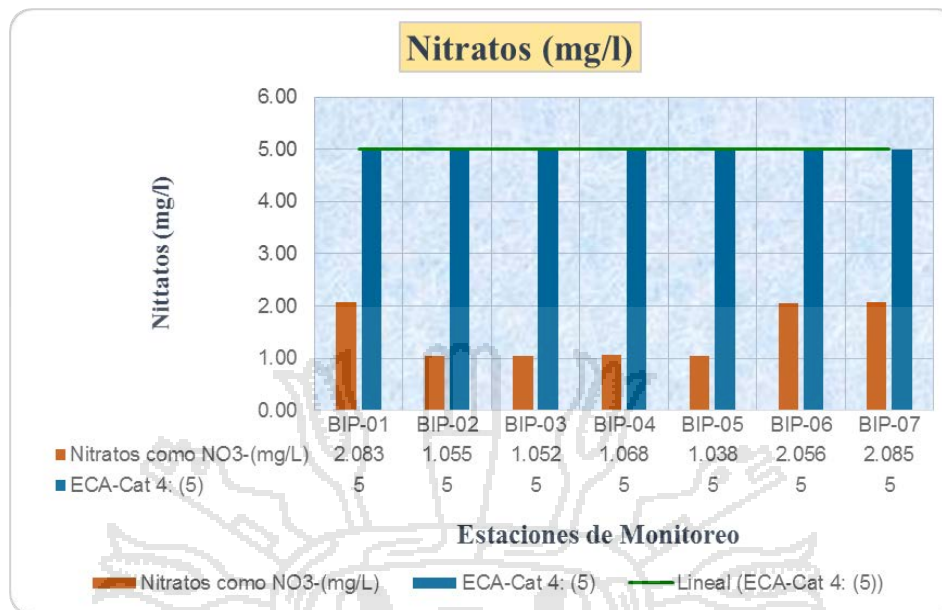


Figura 22: Comportamiento de nitratos a nivel superficial en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

En cuanto a la relación de nitratos en sus estudios de Sarmiento, A. (1984) reporta valores de nitratos para las aguas de la bahía interior de Puno un promedio de 0.43 mg/l y Angles reporta 58.51 mg/l, valores que al ser comparados en el presente estudio (2.085 mg/l) muestra una notable variación y disminución, dicha variación podría deberse a las distintas metodologías de muestreo, o a la diferencia de los horarios de toma de muestras.

Como menciona Camargo y Alonso, (2006), la fauna acuática más sensible puede verse afectada si es sometida niveles en torno a 10 mg/l de nitratos durante periodos prolongados de tiempo, estando las aguas de la bahía interior de Puno por debajo de este valor.

4.1.2 Objetivo 2: Concentración de los parámetros microbiológicos en las aguas de la bahía interior de Puno.

4.1.2.1 Coliformes fecales (NMP/100ml)

Los resultados para Coliformes fecales en cada una de las estaciones de muestreo en la bahía interior de Puno se muestran en el siguiente cuadro N° 16.

Cuadro N° 16: Resultados de la concentración de coliformes fecales a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES PERMISIBLES Eca-Cat.4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom.
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	----	2700	2000	2200	2000	1400	2000	2900	2171

BIP: Bahía Interior de Puno.

De la Figura 23 y el cuadro N° 16, las concentraciones de coliformes fecales en las aguas de la bahía interior de Puno a nivel superficial de la columna de agua, se registraron valores que oscilaron para todo el área de estudio entre 1400 a 2900 NMP/100ml, y con un promedio de 2171 NMP/100ml entre las estaciones de muestreo, valores que excedieron los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, desde la zona localizada frente a la Isla Espinar (BIP-07), Terminal Terrestre (BIP-01), Muelle de Puno(BIP-02), Frente a las residencias universitarias(BIP-03) e Isla Esteves (BIP-04), esto puede deberse que en enero y febrero se presentaron lluvias más intensas. Lo cual generaría la dispersión y arrastre de estos contaminantes del agua, por efectos de las corrientes de aire que actúan sobre una superficie muy amplia y libre.

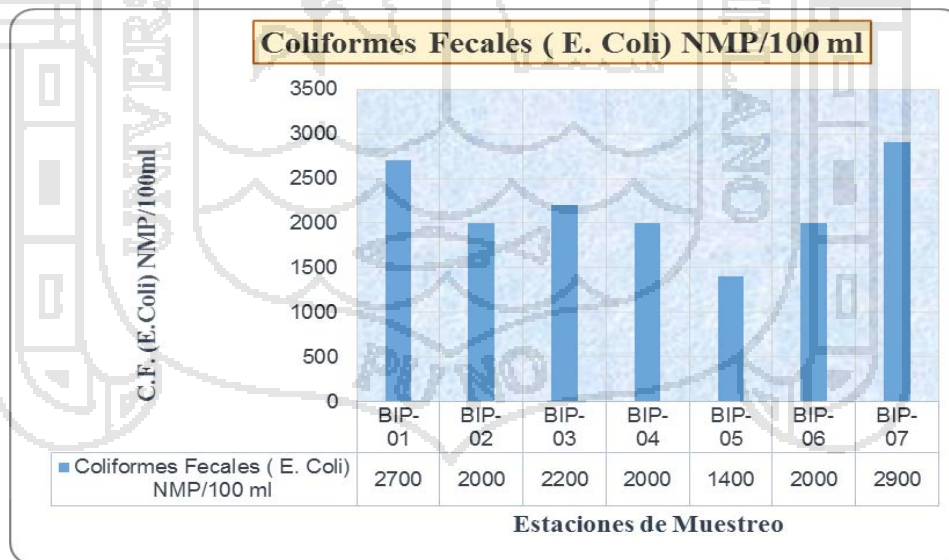


Figura 23: Comportamiento de la concentración de coliformes fecales en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

En relación con el comportamiento de coliformes fecales, es posible concluir que la mayor concentración de contaminantes bacteriológicos se encuentran por las zonas cercanos a la orilla de la bahía interior, debido a que las descargas de aguas residuales estarían ingresando sin tratamiento alguno por algunos emisores que se encontrarían por estas zonas, lo que provocaría el ingreso de un mayor volumen de escorrentía (aguas residuales + escorrentía urbana), y que a causa de esto estaría causando mayores niveles de concentraciones de coliformes fecales en estas zonas de la bahía interior de Puno.

Frente a esta situación, estos valores reportados 1400 – 2900 NMP/100ml, presentarían graves peligros para la población y la vida acuática en general.

4.1.2.2 Coliformes totales (NMP/100ml)

Los resultados son presentados en base a la información real que se ha obtenido durante el trabajo de análisis, se muestra en forma general en el cuadro N° 17.

Cuadro N° 17: Resultados de análisis de coliformes totales a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES Eca-Cat.4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2000	11000	9500	11000	9000	3400	8000	11000	8985.71

BIP: Bahía Interior de Puno.

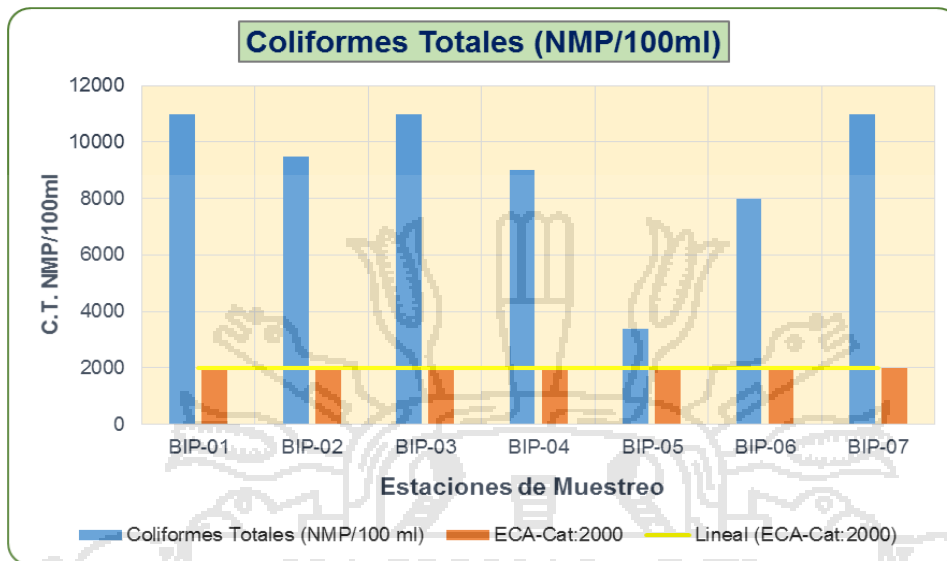


Figura 24: Comportamiento de Coliformes totales a nivel superficial en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

El cuadro N°17 y la figura 24, demuestran los valores de coliformes totales en las aguas de la bahía interior de Puno se encuentran muy por encima de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM), observándose en la figura 24, que los mayores valores se concentran por las cercanías a las orillas de la bahía interior frente al terminal terrestre (BIP-01), muelle de Puno (BIP-02), frente a la ciudad universitaria (BIP-03), frente al muelle de Isla Esteves (BIP-04) y frente a la Isla Espinar (BIP-07).

Mientras que los menores valores se concentraron por las zonas de Isla Blanca (BIP-05) y frente al hotel San Antonio (BIP-06), con concentraciones de 3400 y 8000 NMP/100ml respectivamente. De esto se puede decir que las áreas con mayor contaminación biológica se presentaban cerca por las orillas de la bahía interior, debido a que en estas zonas se descargan aguas residuales crudas por canales de desagüe que se vierten directamente a las aguas de la bahía interior. Por lo tanto estas zonas son de mayor peligro para la salud de la población, vida acuática, etc...

4.1.2.3 Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)

Los resultados son presentados en base a la información real que se ha obtenido durante el trabajo de análisis, se muestra en forma general en el cuadro N° 18.

Cuadro N° 18: Resultados de análisis de coliformes termotolerantes a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno.

ESTACIONES DE MUESTREO	Und	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES Eca-Cat.4	BIP-01	BIP-02	BIP-03	BIP-04	BIP-05	BIP-06	BIP-07	Prom
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	700	780	650	620	420	640	1900	815.71

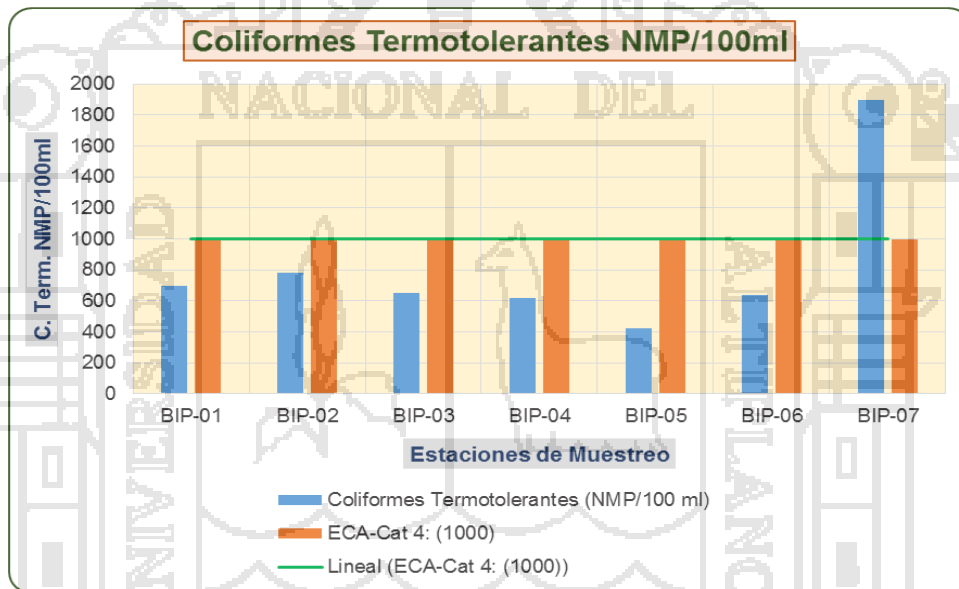


Figura 25: Comportamiento de coliformes termotolerantes a nivel superficial en las estaciones de muestreo – bahía interior de Puno

Del cuadro N° 18 y la figura 25, se observa que la concentración de coliformes termotolerantes en las aguas de la bahía interior de Puno, en las zonas de frente al Terminal terrestre (estación BIP-01), Muelle de Puno (estación BIP-02), frente a las residencias universitarias (estación BIP-03), frente al muelle de hotel libertador (estación BIP-04), Isla Blanca (BIP-05) y frente al muelle hotel San Antonio (BIP-06) se encuentran por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM), mientras que en la estación BIP-07 (isla Espinar), se observa

claramente que por esta zona la concentración de coliformes termotolerantes se eleva grandemente con respecto a los demás puntos, teniendo como concentración de hasta 1900 NMP/100ml, la cual excedió grandemente los estándares nacionales de calidad ambiental para agua antes mencionado.

En relación con los coliformes termotolerantes en la bahía interior de Puno, en sus estudios anteriores realizados por Sardiñas, et al., (2006), evaluaron que las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de la presa, el Cacao – Cotorro, Cuba, reportó concentraciones para coliformes termotolerantes entre el 10^3 y 10^4 UFC/ml, niveles superiores a los encontrados en el presente estudio, esto se debería a los diversos factores ambientales que hacen inhibir a bajas temperaturas a los microorganismos como en la temporada de lluvias y secas que existe en la región de Puno.

4.1.3 Objetivo 3: Zonificación de las áreas más afectadas por las descargas de aguas residuales urbanas en las aguas de la bahía interior de Puno

Para este objetivo se realizaron mapas temáticos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, considerados como indicadores de contaminación cuando pasan por alguna modificación que varía sus valores normales (temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, pH, DBO_5 , nutrientes y coliformes fecales), así mismo fueron evaluados su vulnerabilidad y comparados con algunos estándares nacionales de calidad ambiental para aguas e internacionales de la calidad de aguas.

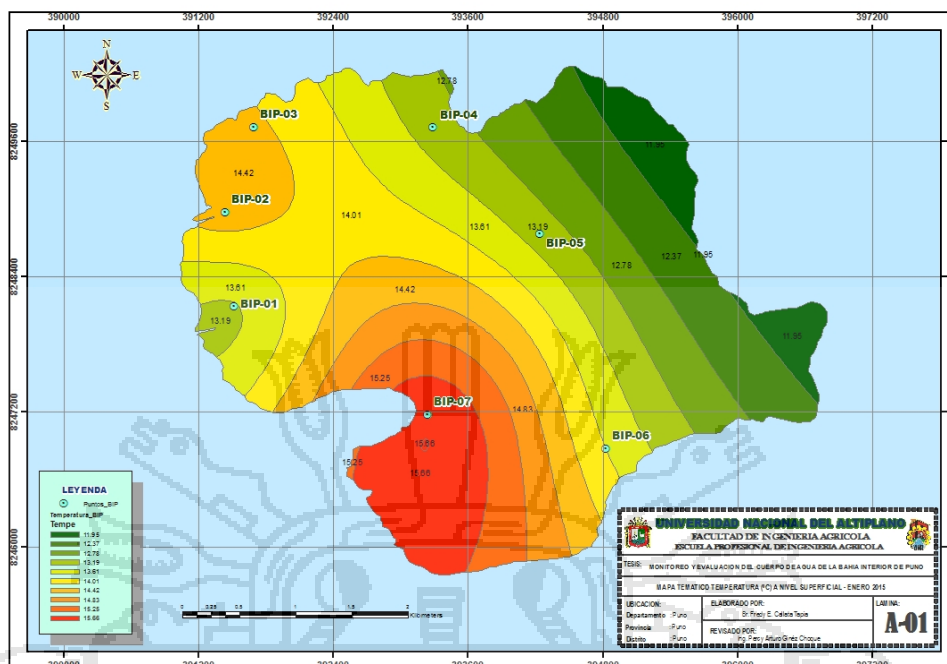


Figura 26: Mapa de zonificación de la temperatura del agua en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.

De la mapa de distribución de la temperatura a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno (Figura 26), en las estaciones de monitoreo y área de evaluación, se muestra una formación de núcleos con los valores más altos entre las estaciones y áreas, por la zona norte y sur del área de estudio y que avanza hacia las zonas céntricas de la bahía interior, Mientras que las zonas ubicadas al este de la bahía y a partir de la zona central del cuerpo de agua, la temperatura disminuye por debajo de 14.0 °C. Según éstas observaciones de la figura 26, la temperatura conforme nos alejamos de la orilla disminuye, lo cual nos indicaría que esta variación sería por el efecto de las descargas de aguas residuales y que obedece probablemente al enfriamiento más rápido, por efecto de las corrientes de aire que actúan sobre una superficie muy amplia y libre.

Además este parámetro juega un papel importante en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, tales como la respiración microbiana, la cual es responsable de muchos de los procesos de auto-purificación, en los cuerpos de aguas superficiales (Chapman, 1996). Por lo tanto, la temperatura debe ser uno de los indicadores básicos de la calidad del agua, ya que además su medición es sencilla y rápida.

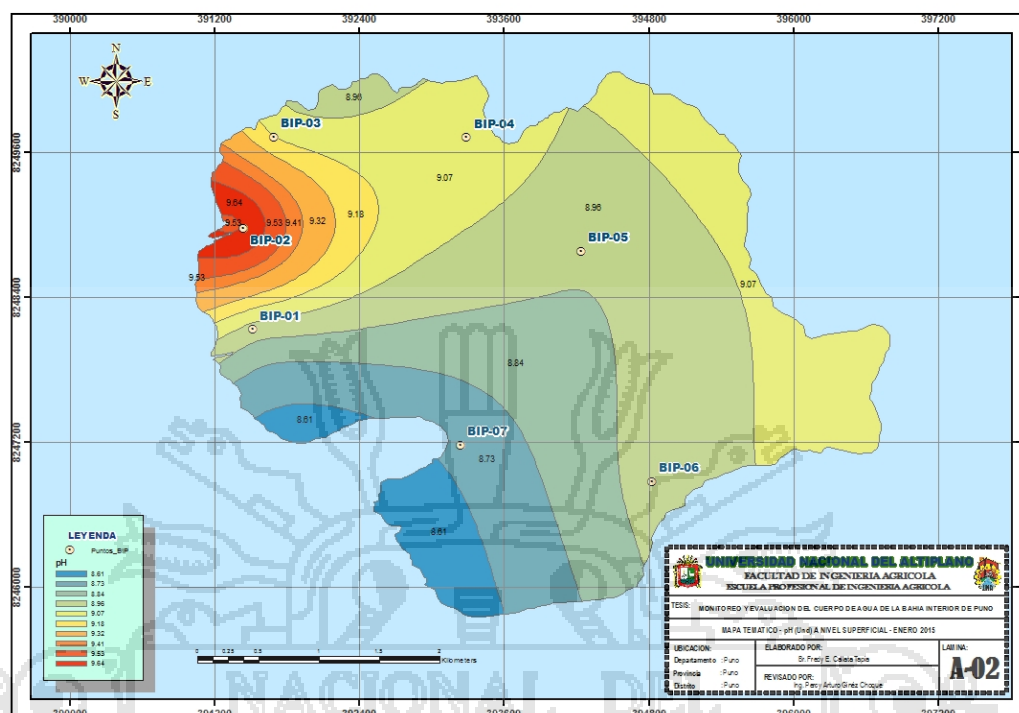


Figura 27: Mapa de distribución del pH a nivel superficial de la columna de agua en la bahía interior de Puno

De la mapa de distribución del potencial de hidrogeno del agua de la bahía interior de Puno (Figura 27), es posible concluir que existe una ligera fluctuación entre las estaciones de muestreo y área de estudio, observándose que las concentraciones de pH a nivel superficial de la columna de agua se acercan a 10 unidades de pH, como también se observa que hay mayores concentraciones por la zona de muelle de Puno (BIP-02), frente a las residencias universitarias (BIP-03) y frente al muelle de Isla Esteves. Lo cual probablemente se deba a una alta mineralización de materia orgánica en esta zona, lo que hace que el pH se incremente progresivamente en estas zonas a diferencia con las zonas al sur y la zona céntrica de la bahía interior que tienen concentraciones de 8.61 – 8.96 unidades de pH.

Y como menciona Ramos, F. 2006, en una escala de 14 grados, para lo cual un pH de 7 en el agua refleja neutralidad. Y para un pH de 7 para arriba representa alcalinidad y por debajo de 7 indica acidez. La alteración excesiva fuera de estos límites puede indicar contaminación del agua por algún desecho de tipo industrial. De esto podemos decir también que, las aguas de la bahía interior de Puno tienen aguas alcalinas que

superan los recomendados en toda el área de la bahía, los cuales podemos decir que están contaminadas.

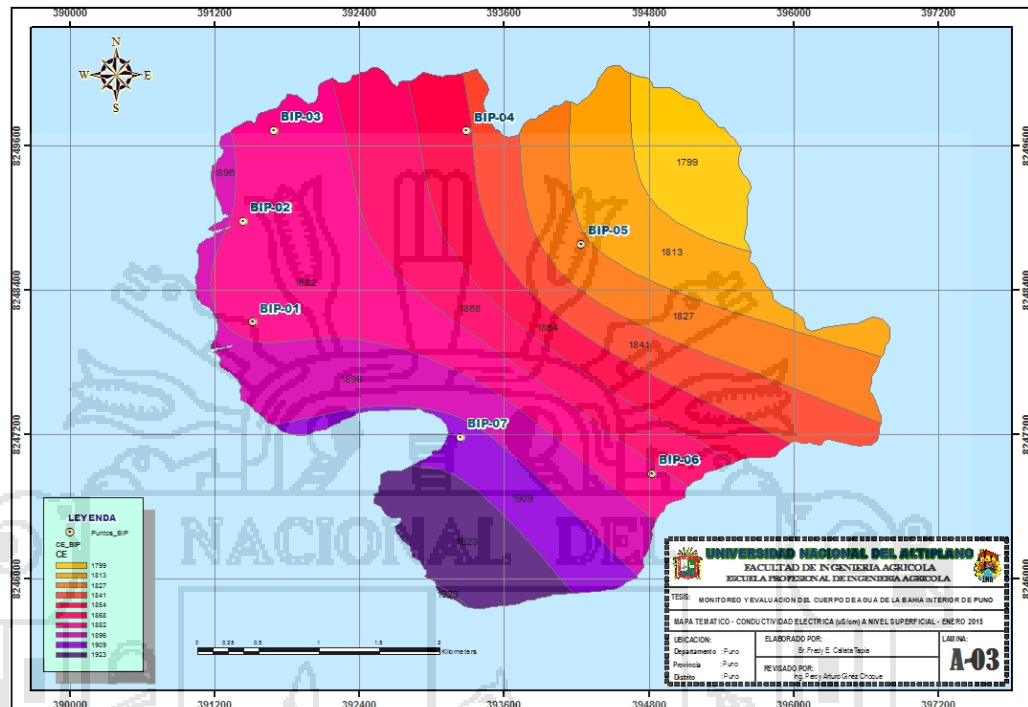


Figura 28: Mapa de distribución de la conductividad eléctrica a nivel superficial en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.

De la mapa de distribución de conductividad eléctrica del agua de la bahía interior de Puno (Figura 28), en las estaciones de monitoreo y área de evaluación, se observa altos contenidos de conductividad eléctrica por las zonas de Isla Espinar (BIP-07) y al norte de la bahía interior. De esto es posible concluir que las aguas de la bahía interior cercanos a las orilla, probablemente se encuentran en un proceso de salinización debido por la degradación de la abundante concentración y degradación de materia orgánica que hay por estas zonas.

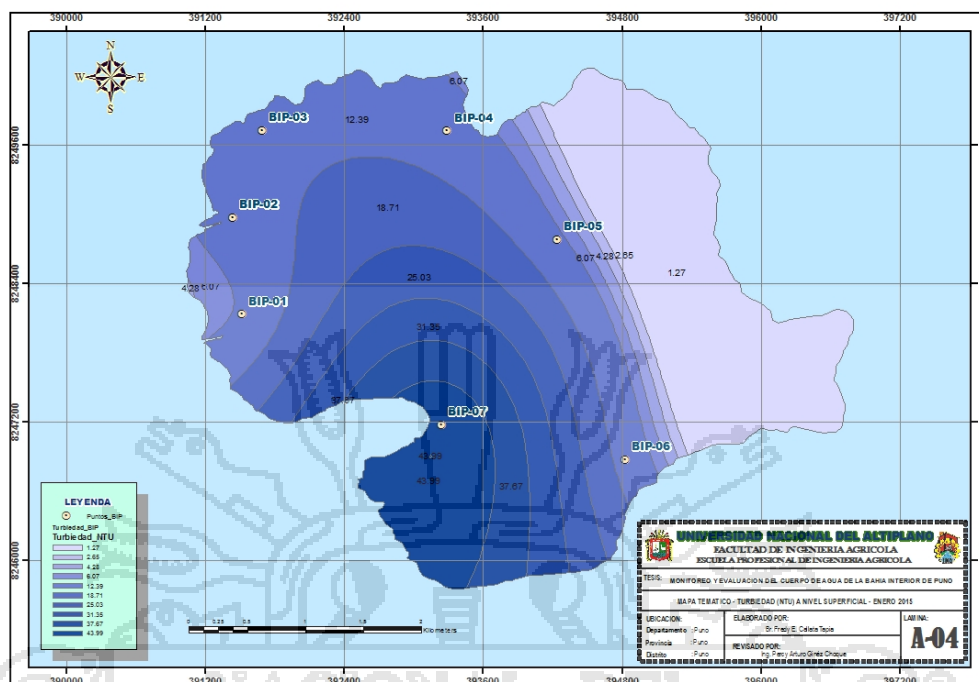


Figura 29: Mapa de zonificación de la turbiedad del agua en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.

En la figura 29 se representa en el mapa temático el comportamiento de la turbiedad de las aguas de la bahía interior de Puno entre las estaciones de monitoreo y área de evaluación, de esto se puede decir que, los valores de turbiedad encontrados en el cuerpo de agua son más altos por las zonas de la isla Espinar, banqueros Rossi, frente al terminal terrestre hasta el muelle de Puno. Este comportamiento en términos generales indica que, estas zonas se encuentran en un proceso de descomposición de materia orgánica, tienen mayor cantidad de materia en suspensión y que existe mayor arrastre de sedimentos por escorrentía superficial, por lo tanto estos deterioran la calidad del agua y producen malos olores en estas zonas.

Mientras que los valores de turbiedad disminuyen conforme nos alejamos de la orilla, por lo tanto, es necesario señalar que este aspecto no significa que ha disminuido la contaminación por las zonas lejanas a las orillas y por ende la eutrofización; ante esta situación es recomendable realizar investigaciones integrales que permitan determinar las causas y las tendencias del comportamiento de la turbidez del agua.

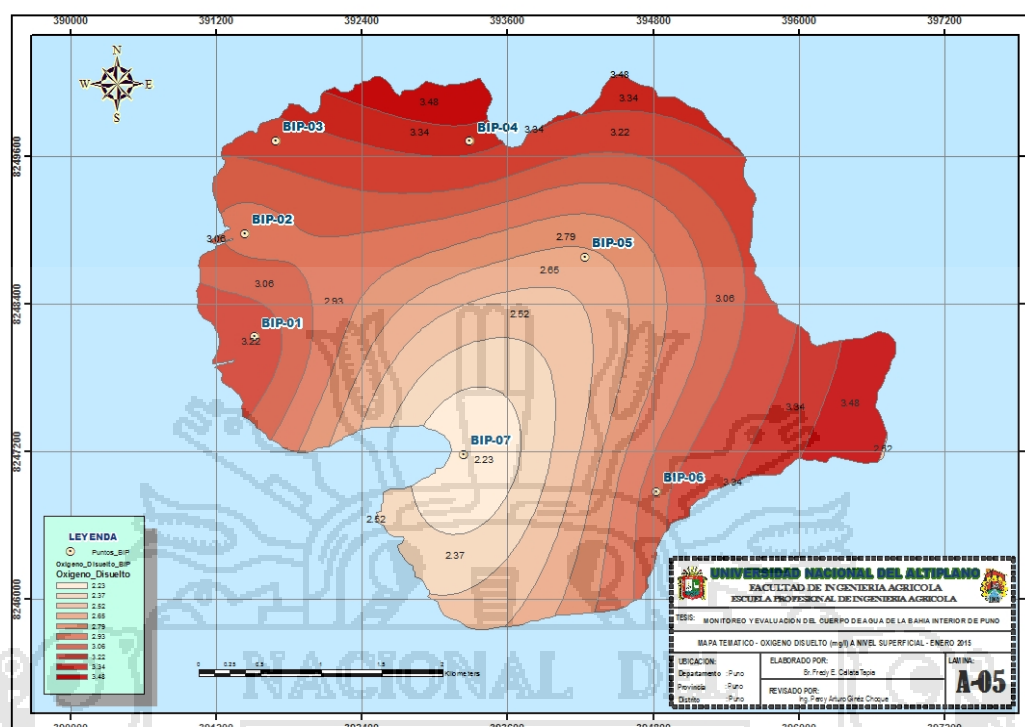


Figura 30: Mapa de distribución del contenido de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca

De la mapa de distribución del contenido de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía interior de Puno, (figura 30). Se observa que existe una amplia fluctuación entre las estaciones de monitoreo y área de evaluación, notándose una formación de núcleos con los valores mínimos por las zonas de isla Espinar, zona media y hacia el norte del área de estudio, lo que nos indicaría que los valores bajos pueden haber sido producto del exceso de consumo de oxígeno en el proceso de descomposición de la materia orgánica, por lo tanto se podría decir que existe la ausencia total de oxígeno disuelto por estas zonas y por ende conduce a la producción de malos olores como consecuencia de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica.

Como señalan Metcalf y Hedí, (1991). La insuficiencia del oxígeno disuelto en las aguas superficiales puede deberse a la presencia de una fuerte demanda de ese gas por parte de la materia orgánica, lo que originaría condiciones desfavorables en el ambiente acuático, principalmente para los peces y otras vidas que hay en el medio acuático.

Por otro lado es necesario señalar que, la cantidad de oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la contaminación, éste depende de la temperatura del agua y de la presión atmosférica; la concentración de oxígeno disuelto disminuye a medida que la temperatura aumenta, resultados que coinciden en el presente estudio.

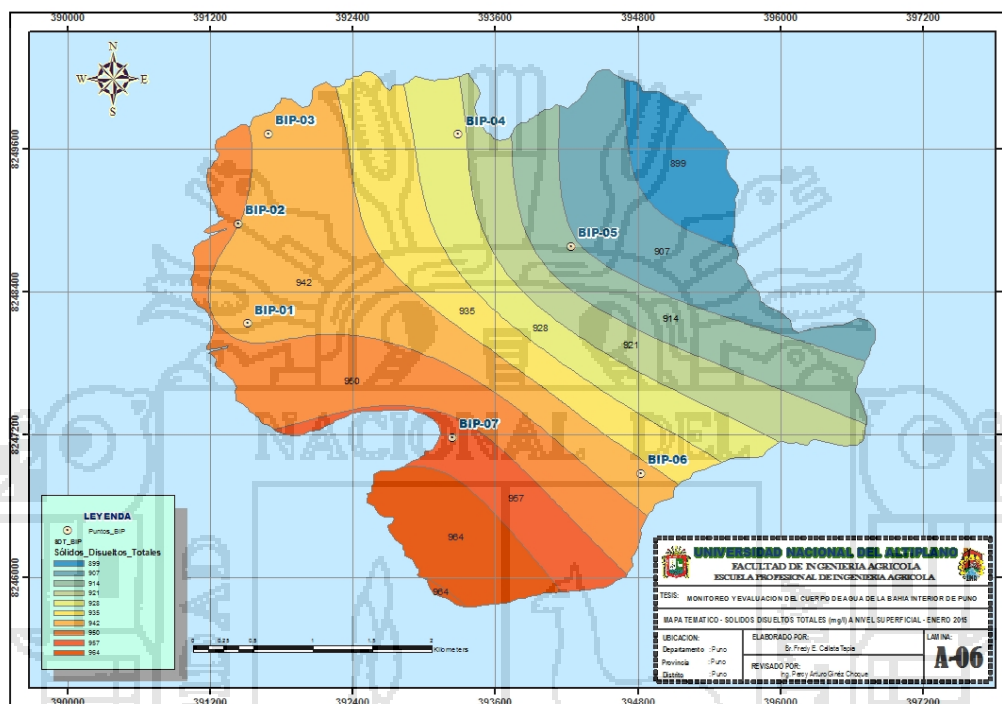


Figura 31: Mapa de contenido de sólidos disueltos totales en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca

De la mapa de distribución del contenido de sólidos disueltos totales en las aguas de la bahía interior de Puno, (figura 31). Se observa que existe una ligera fluctuación entre las estaciones de monitoreo y área de evaluación, notándose la presencia de altos contenidos de sólidos disueltos por las zonas cercanas a la orilla, frente a la ciudad universitaria, muelle de Puno, frente al terminal terrestre e isla Espinar. Estos resultados nos indicarían que este cuerpo de agua se encuentra bajo una intensa actividad biológica producto de la contaminación y eutrofización, y por consecuencia de esto se produce la interferencia de la penetración de la luz y presencia de altas concentraciones de turbiedad y que la vez se modifica la temperatura del cuerpo de agua, aspectos que pueden ser letales para las especies que habitan en el medio acuático.

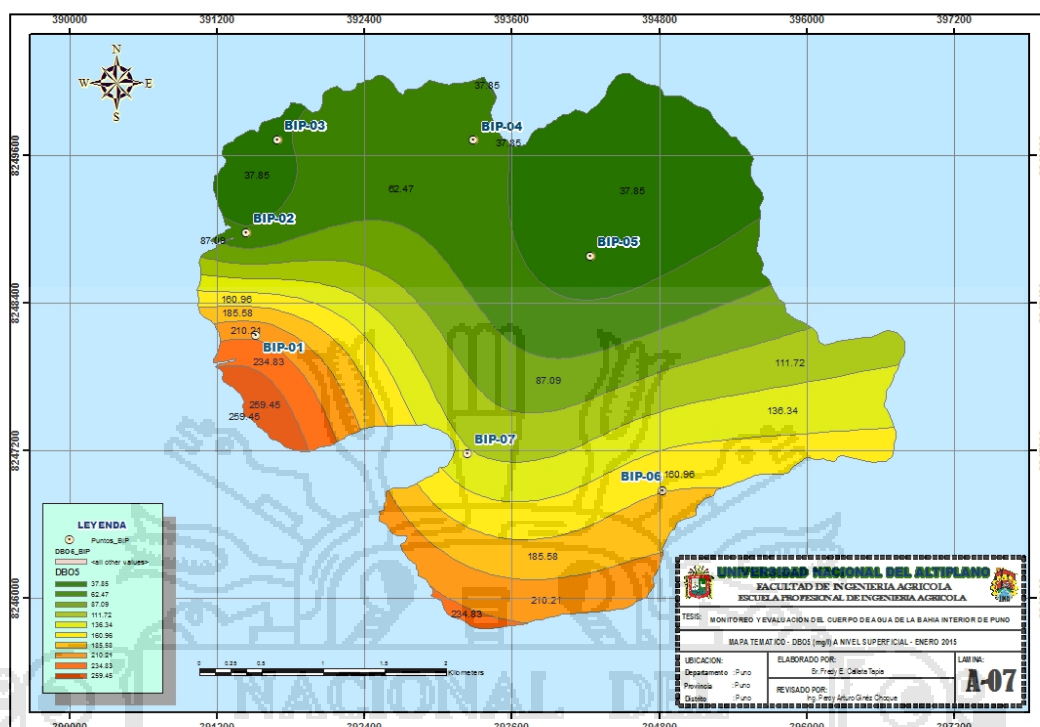


Figura 32: Mapa de distribución de DBO₅ en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca

Si observamos la figura 32, encontramos que las aguas de la bahía interior tienen concentraciones altas de DBO₅, las cuales se localizan claramente por las zonas de muelle de Puno, terminal terrestre, muelle Espinar y al sur de ésta, ya que estas zonas en la actualidad reciben descargas importantes de aguas residuales crudas a través de diversos emisores y que a causa de estos se deterioran la calidad de las aguas. Por lo tanto se puede decir que estas zonas son las de mayor impacto ambiental desde el punto de vista de la calidad ambiental del agua.

Y también se puede observar que conforme nos alejamos de la orilla, las concentraciones de la DBO₅, disminuye notablemente hasta concentraciones por debajo de 38 mg/l, en las zonas de isla blanca y cerca al canal de navegación, lo que indica diferencias notorias con la que demuestra la presencia y dispersión de la contaminación orgánica, por lo que es conveniente realizar monitoreos mensuales que contemplen los mismos protocolos de monitoreo, a fin de no variar o alterar la lectura de este indicador y así poder establecer las tendencias del comportamiento de la DBO₅ en esta importante zona del Lago Titicaca.

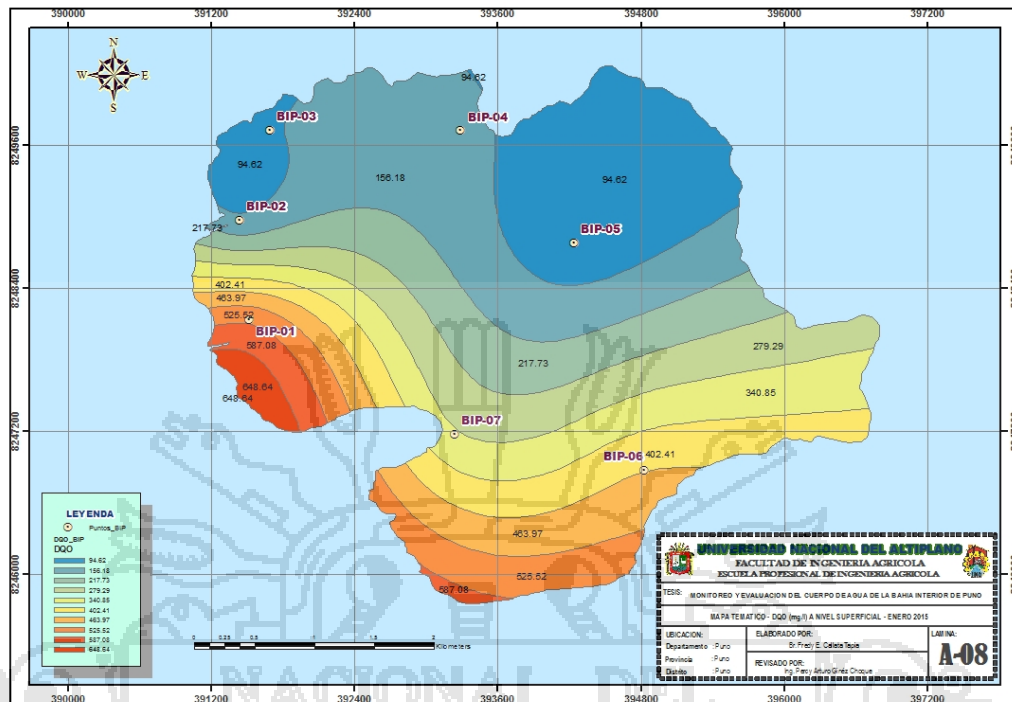


Figura 33: Mapa de distribución de los niveles de DQO en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca

Es necesario indicar que la demanda química de oxígeno, es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos.

De la figura 33, se observa también que las mayores concentraciones de demanda química de oxígeno (DQO), se localizan entre el muelle de Puno, terminal terrestre, zonas de isla Espinar y al sur de ésta, también se puede notar que parte de las zonas de frente a las residencias universitarias, San José, huaje, frente al muelle de Isla Esteves, muestran concentraciones de 158.16 mg/l. por lo que este comportamiento demuestra objetivamente la presencia y dispersión de la contaminación orgánica en la bahía interior y que deben ser monitoreados con frecuencia, ya que ello, permitirá evaluar el comportamiento de la contaminación a través del tiempo en toda el área de la bahía interior de Puno y sobre todo, advertir cualquier riesgo de contaminación.

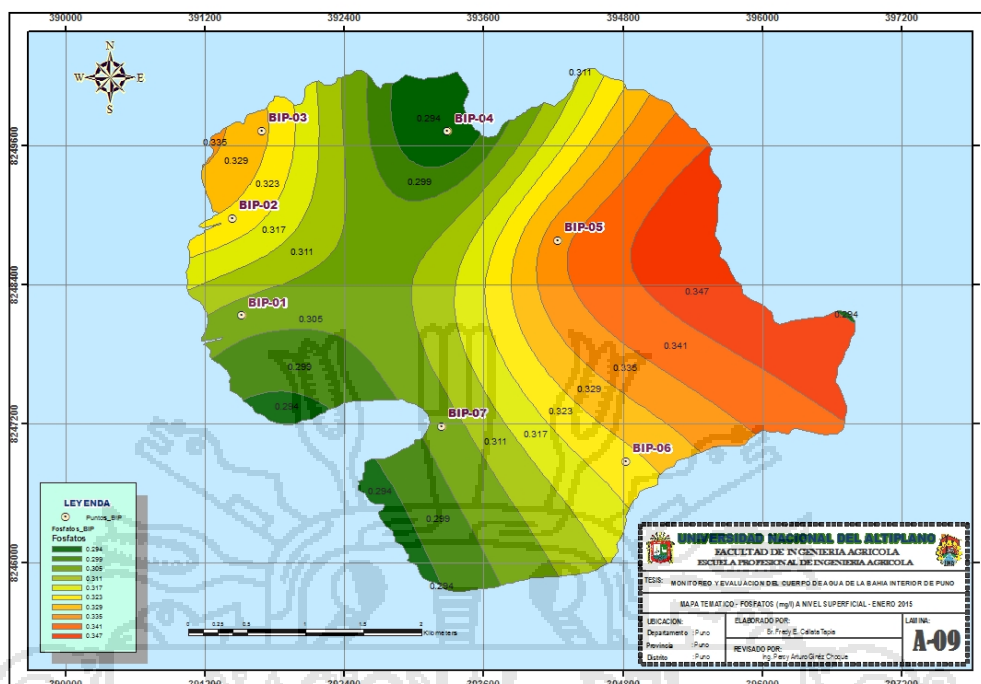


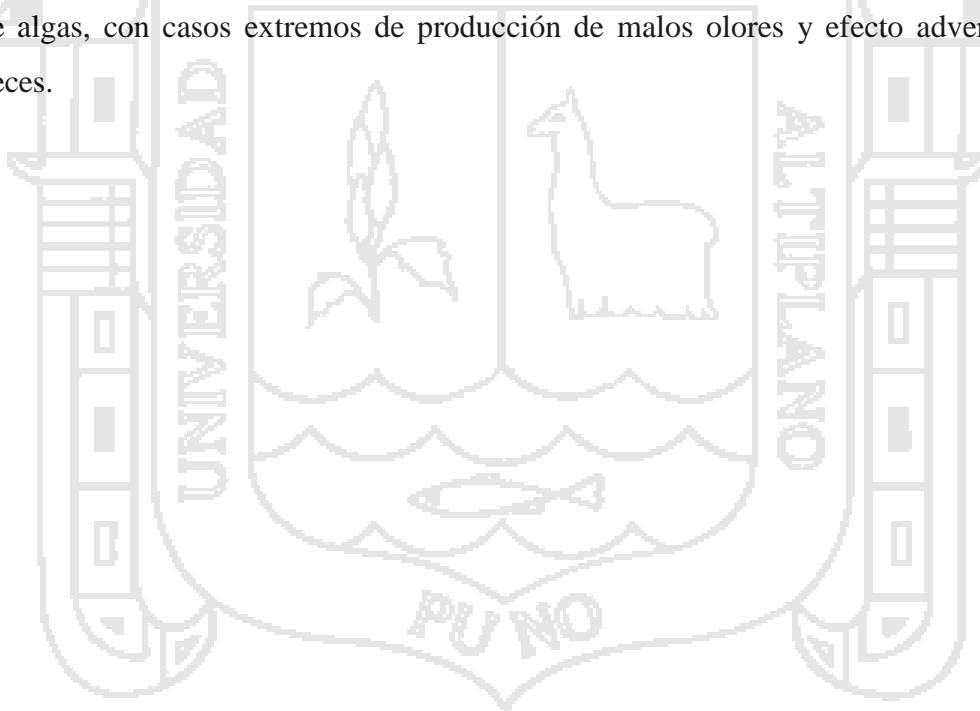
Figura 34: Mapa de concentración de fosfatos en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca

Es necesario saber que el fósforo generalmente está presente en las aguas naturales (ríos y lagos) en forma de fosfatos, pero su concentración depende de la naturaleza geológica de las cuencas y de las actividades antrópicas adyacentes. La mayor cantidad de fosfatos se encuentra en los fertilizantes, detergentes y llegan a los cuerpos de agua con el escurrimiento agrícola, de los desechos industriales y las descargas de aguas residuales crudas. Cuando entra demasiado fósforo a los cuerpos de agua. Se produce la peligrosa eutrofización (Ocola J. y Flores R, 2007).

En el caso de la bahía interior de Puno, con fines didácticos se ha considerado necesario realizar la zonificación ambiental de la distribución de fosfatos, para visualizar las zonas más afectadas en el ecosistema. En la figura 34, se observa claramente que las zonas críticas se localizan por las orillas del muelle de Puno y al norte de ésta, ya que estas zonas en la actualidad reciben descargas importantes de aguas residuales crudas a través de diversos emisores. Por lo tanto se puede decir que esta zona es la de mayor impacto ambiental desde el punto de vista de la eutrofización.

Las zonas consideradas moderadas se encuentran por lo general por las zonas de isla Esteves y zona media del área de estudio, y otro aspecto importante que se ha podido observar, la elevación de la concentración de fosfatos por las zonas de isla blanca, canal de navegación y frente a muelle de hotel San Antonio, donde los niveles de fosfato se encuentran cerca a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM), esto puede atribuirse como resultado del desplazamiento horizontal y dispersión de la contaminación, que probablemente sería ocasionado por las condiciones climáticas de las horas de muestreo.

Según estudios realizados por (Beltrán D, 2011). Reporta concentraciones leves por las zonas intermedias de la bahía y frente al muelle de isla Esteves, resultados que corroboran con el presente estudio. Y según Ocola J. 2007. Indica que, la descarga excesiva de fosfatos a cursos de agua puede dar lugar a un sobreabundante crecimiento de algas, con casos extremos de producción de malos olores y efecto adverso en los peces.



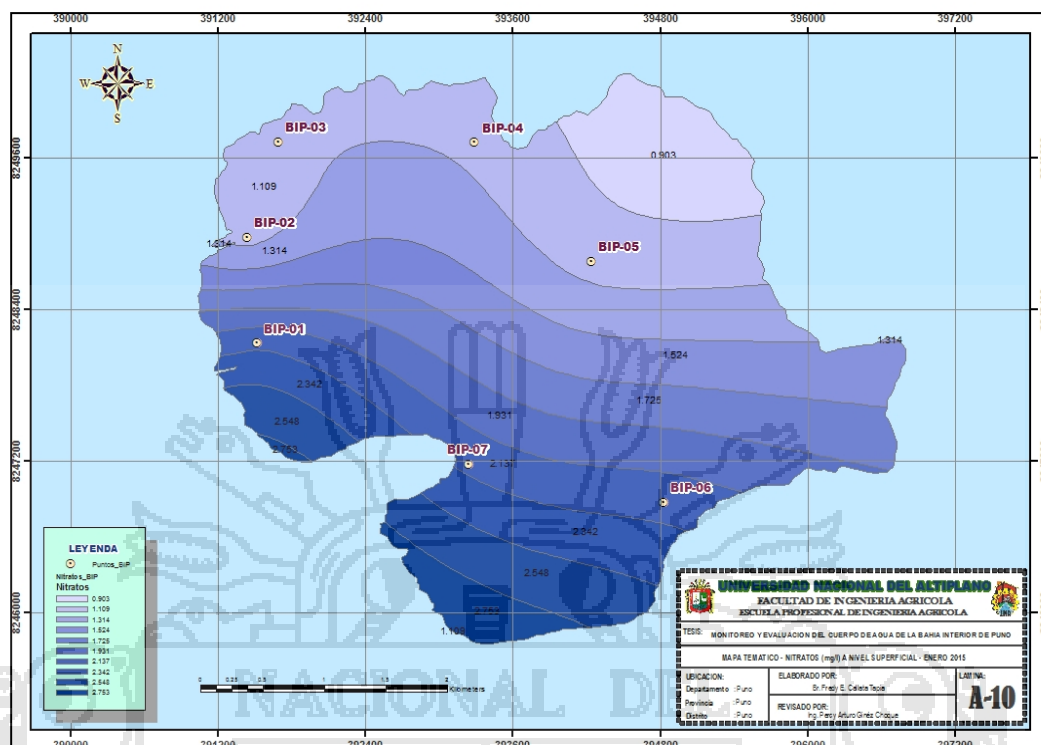


Figura 35: Mapa de distribución de los niveles de nitratos en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca

La presencia natural de nitratos y nitritos en el ambiente, es una consecuencia del ciclo del nitrógeno y es la principal forma como es aprovechada por el fitoplancton (García, M y Cañas, R 1994); aunque su concentración no es muy relevante en los estudios de eutrofización, su análisis es necesario para tener una idea del nivel de nitrificación en el ecosistema.

Desde el punto de vista de distribución de concentración de nitratos en las aguas de la bahía interior de Puno, en la figura 35 se aprecia que las mayores concentraciones de nitratos se encuentran en el área aledaña al efluente Espinar (BIP-07) y por las zonas de frente al terminal terrestre, muelle de Puno y zona intermedia de la bahía. Esto puede ser atribuida claramente que, existe un proceso de nitrificación en estas zonas. La fuente principal de nitratos, son las aguas residuales urbanas, y complementariamente, generado desde las fuentes internas, es decir, los sedimentos. Se observa también un descenso entre las estaciones de muestreo, observándose que la concentración de nitratos baja a medida que nos alejamos con respecto a la orilla. Esto puede atribuirse a

la mayor intensidad de lluvias durante el mes de enero, lo cual ocasionaría mayor arrastre de las aguas urbanas por los canales pluviales.

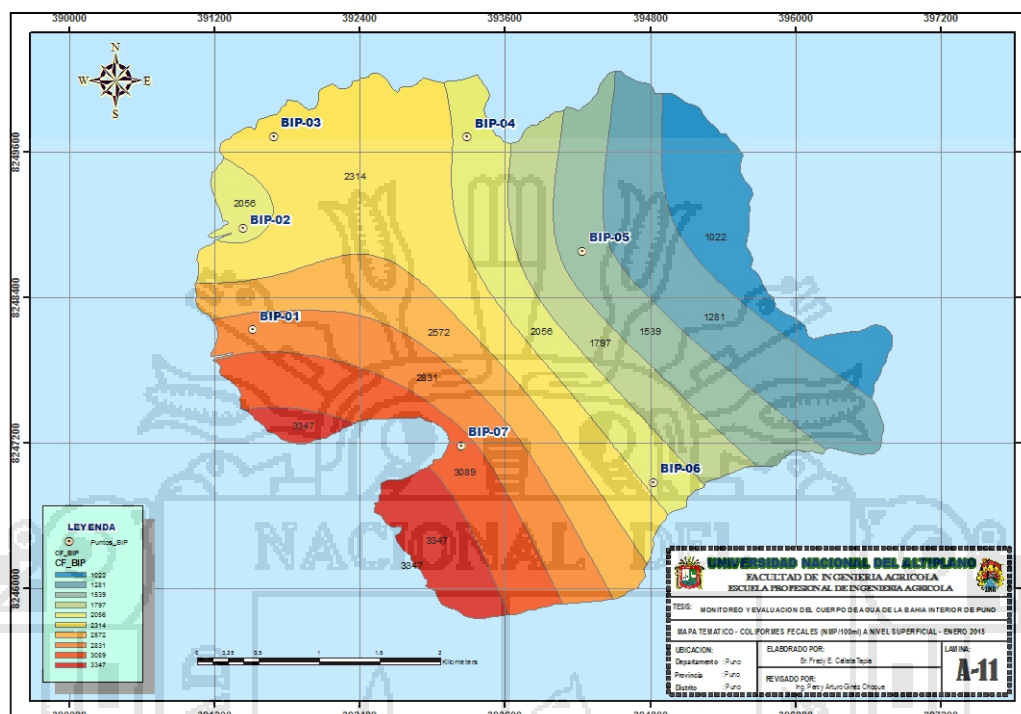


Figura 36: Mapa de distribución de concentración bacteriológica de coliformes fecales en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.

En la figura 36, se observa claramente la distribución de concentraciones de coliformes fecales en las aguas de la bahía interior de Puno, notándose las mayores concentraciones por las zonas más cercanas a la isla Espinar, frente al terminal terrestre, y al norte de ésta. Lo que indicaría que en estas zonas es donde se encuentra la mayor cantidad de estos indicadores de contaminación por aguas residuales domesticas con altos contenidos de materia fecal, también se puede observar en la figura 36 antes mencionada, que gran parte de ella se encuentra peligrosamente afectada por la contaminación biológica principalmente en las zonas de la orilla entre el muelle de Puno, frente a la ciudad universitaria y al oeste de ésta, zonas que se encuentra bajo una intensa presión de vertimiento de aguas residuales.

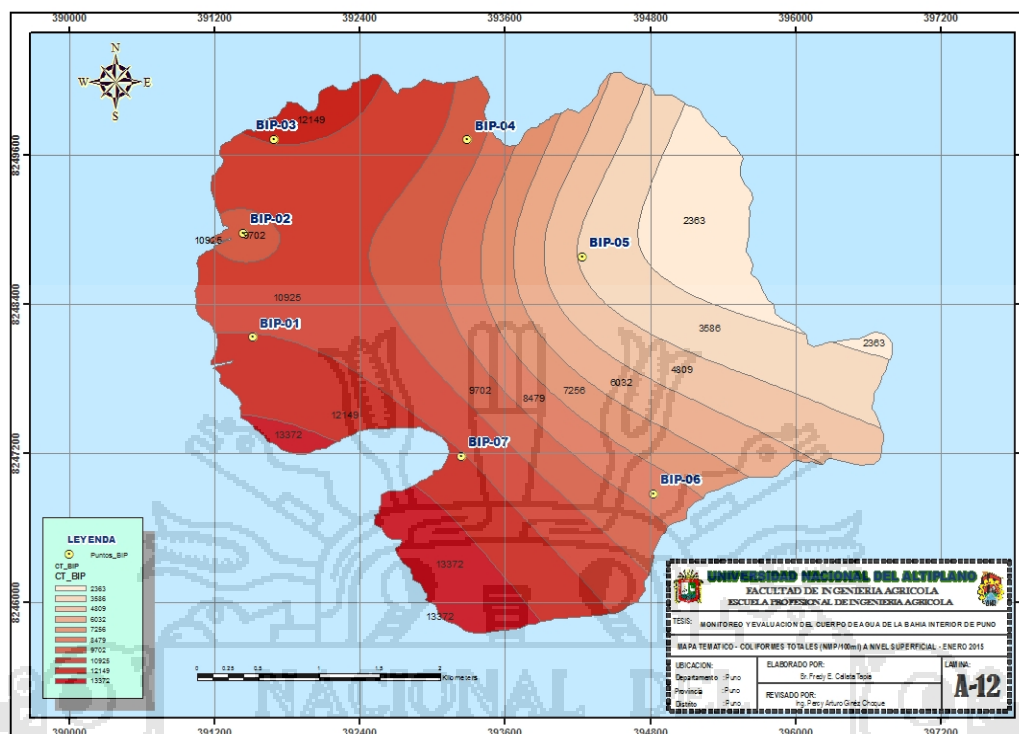


Figura 37: Mapa de distribución de concentración bacteriológica de coliformes totales en las aguas de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca.

De la figura 37, se observa que las áreas con mayor contaminación biológica se presentaban frente a la ciudad universitaria, muelle de Puno, frente al muelle de banqueros Rossi y por las zonas cercanas de isla Espinar, mientras que por las zonas al oeste de ésta conforme nos alejamos de la orilla, las concentraciones de coliformes totales van disminuyendo, por lo tanto, es necesario señalar que este aspecto no significa que ha disminuido la contaminación por las zonas lejanas a las orillas; ante esta situación es recomendable realizar investigaciones integrales que permitan determinar las causas y las tendencias del comportamiento de éstos indicadores que contaminan las aguas de la bahía interior de Puno.

Así como indica Metcalf y Eddy, (1995). Entre los indicadores más comunes presentes en las aguas residuales y contaminadas son los organismos coliformes, ya que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. El tracto intestinal humano contiene innumerables bacterias con forma de bastoncillos, conocidas como organismos coliformes. Aparte de otras clases de bacterias, cada persona evacua de 100 000 a 400

000 millones de organismos coliformes cada día, razón por la que se considera que a presencia de estos puede ser un buen indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que su ausencia, constituye un indicador de que al agua está libre de organismos que pueden causar enfermedades.

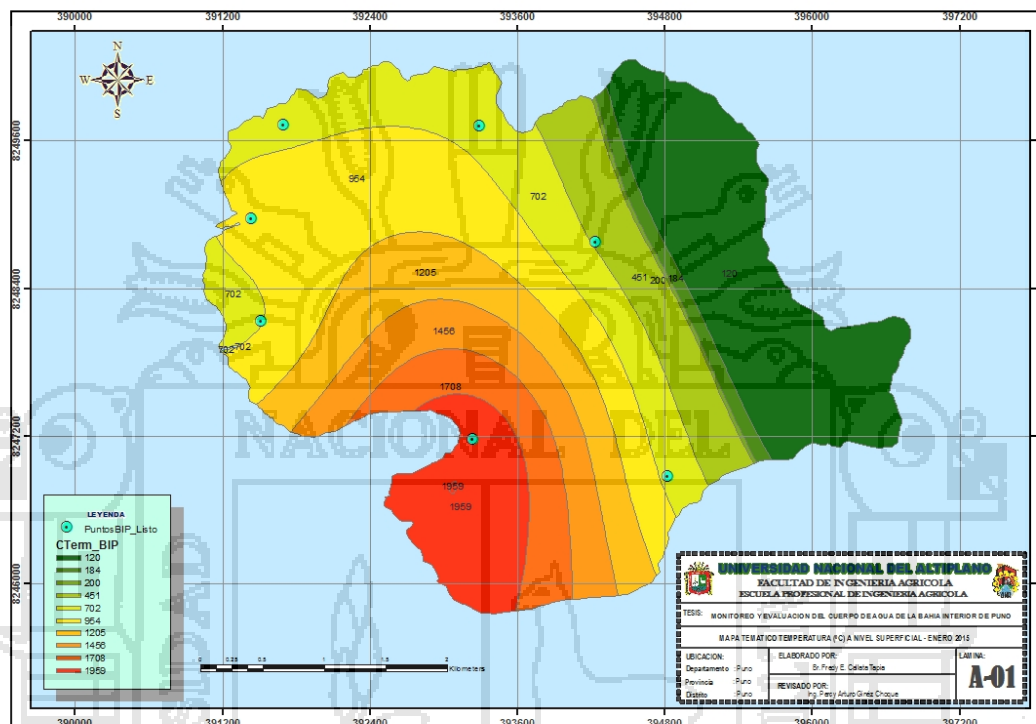


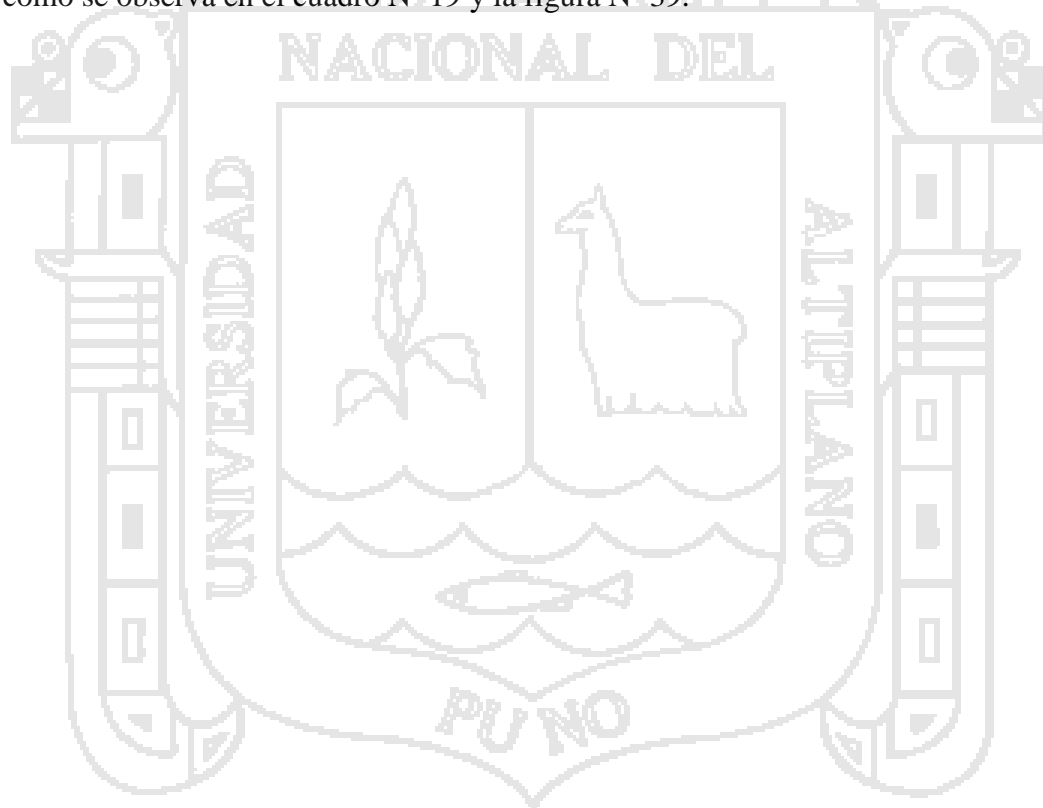
Figura 38: Mapa de distribución del contenido bacteriológico de coliformes termotolerantes en las aguas de la bahía interior de Puno

De la mapa de distribución del contenido de coliformes termotolerantes en las aguas de la bahía interior de Puno, (figura 38). Se observa que existe una ligera fluctuación entre las estaciones de monitoreo y área de evaluación, notándose la presencia de altos contenidos de coliformes termotolerantes por la zona de isla Espinar, frente al terminal terrestre y zona media de la bahía. Mientras que las áreas que tienen contenidos de coliformes termotolerantes por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM), se concentran por la zona del muelle de Puno, frente a las residencias universitarias, isla Esteves y hacia la bahía exterior., notando el efecto en algo positivo en estas zonas.

Por lo tanto, en relación con este `parámetro, las aguas de la bahía interior de Puno constituyen un gran riesgo para la salud de todos aquellos que estén en contacto con ella. Contienen un gran número de coliformes fecales y totales, así como huevos y otros estadios de desarrollo de los parásitos intestinales.

4.1.3.1 Determinación de la zona de mayor contaminación a través de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en la bahía interior de Puno.

Para identificar a la zona más crítica de la bahía interior de Puno por contaminación de aguas residuales urbanas, se ha realizado una comparación con los estándares de calidad ambiental nacionales para agua, tomando en cuenta la categoría 4 “conservación del medio ambiente acuático y algunos estándares internacionales”, como se observa en el cuadro N° 19 y la figura N° 39.



Cuadro N° 19: Resultados de parámetros de calidad ambiental del agua de la bahía interior de Puno – Lago Titicaca

FECHA(S) Y HORA DE MONITOREO		ECA- Agua: Categoría 4 "Lagunas y Lagos"	19/01/2015							Prom.	Desv.Est.	
N° PARAMETRO	CODIGO UND		5:45am	6:10am	6:20am	6:45am	6:59am	7:20am	7:45am			
1	T°		13.17	14.20	14.08	13.00	13.00	13.00	13.60	15.60	13.81	0.93
2	Potencial de Hidrógeno (pH)	6,5-8,5 (a)	8.91	9.63	9.07	9.02	8.86	8.88	8.88	8.65	9.00	0.31
3	Conductividad Eléctrica	----	1880	1881	1878	1842	1815	1871	1871	1901	1866.86	28.83
4	Turbiedad	----	7	9	10	9	7	10	10	43	13.57	13.04
5	Oxígeno Disuelto (OD)	≥5 (a)	3.15	2.89	3.15	3.28	2.62	3.01	3.01	2.10	2.89	0.41
6	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	500 (a)	941	942	941	922	908	937	937	953	934.86	14.98
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<5 (a)	205.68	43.38	35.80	44.90	23.66	160.18	160.18	114.28	89.70	71.23
8	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	50 (b)	514.20	108.45	89.49	112.24	59.15	400.44	400.44	285.70	224.24	178.07
9	Fosfatos como PO4-3	0,4 (a)	0.302	0.321	0.324	0.289	0.333	0.321	0.321	0.302	0.31	0.02
10	Nitratos como NO3-	5 (a)	2.083	1.055	1.052	1.068	1.038	2.056	2.056	2.085	1.49	0.55
11	Coliformes Totales	2000 (a)	11000	9500	11000	9000	3400	8000	8000	11000	8985.71	2726.68
12	Coliformes Termotolerantes	1000 (a)	700	780	650	620	420	640	640	1900	815.71	490.51
13	Coliformes Fecales (E. Coli)	----	2700	2000	2200	2000	1400	2000	2000	2900	2171	499.05

BIP: Bahía Interior de Puno.

(a) Categoría 4: conservación del medio ambiente acuático. Decreto supremo N° 002-2008-MINAM. Aprueban estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para aguas. Estándares de Calidad ambiental.

(b) Categoría 1: poblacional y recreacional. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECAs) para aguas.

(c) Para área designada como playa recreativa, del reporta de la agencia de protección ambiental de los EEUU 1986: Ambient Water Quality Criteria for Bacteria. U.S.E.P.A., Washington, D.C., EPA 440/5-84-002.

 : Mayor al ECA para Agua/No cumple el ECA.

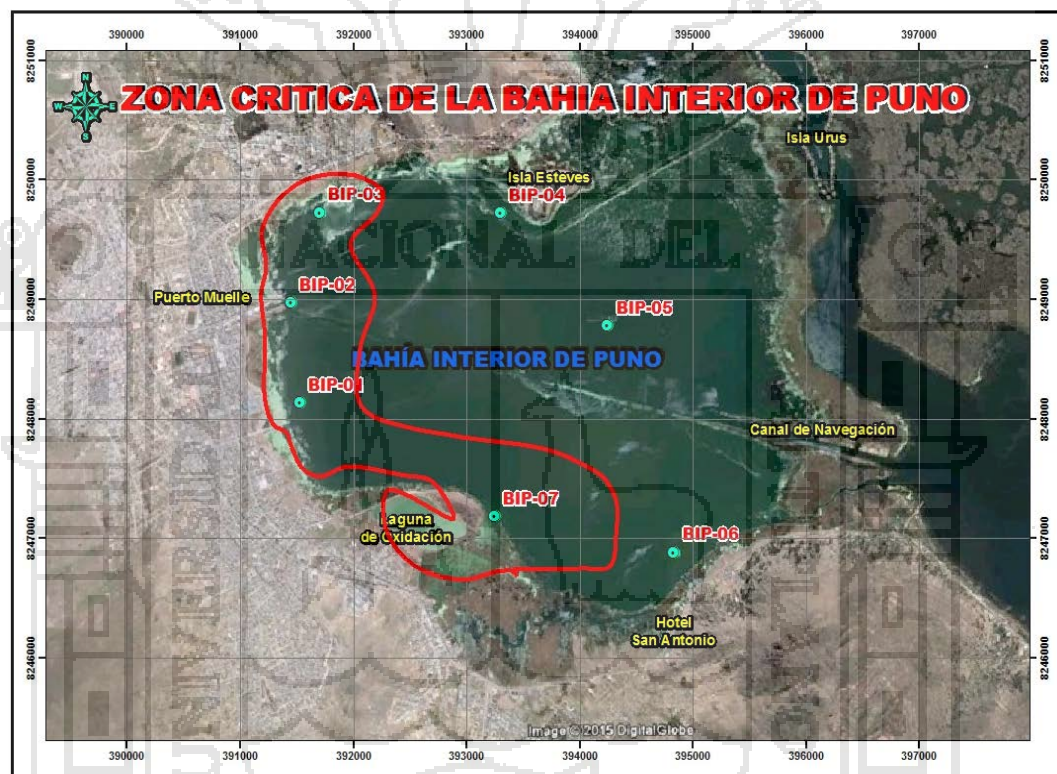


Figura 39: Localización de la zona crítica en la bahía interior de Puno

Según la figura N° 39, podemos decir que las zonas más críticas en la bahía interior de Puno, se localizan por las orillas y áreas cercanas a la isla Espinar.

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se ha realizado el monitoreo y evaluación del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno. Basándonos en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, pudiéndose determinar que:

- La temperatura llegó 15.60 °C como máximo y como mínimo 13 °C por las zonas céntricas de la bahía interior de Puno, la transparencia del agua encontrada fue de 0.81 por la zona de isla Espinar. Lo cual indicaría que la penetración de la luz para realizar fotosíntesis es moderadamente baja, por lo que podemos decir que son aguas eutrofizadas, la conductividad eléctrica del agua a nivel superficial llegó hasta 1901 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por la zona de Isla Espinar. También se determinó que la turbiedad del agua se encontraba en un rango de 7 a 43 NTU, lo cual nos indicarían que las aguas de la BIP, tienen altos contenidos de materia en suspensión.
- El pH a nivel superficial de la columna de agua mostró valores que fluctuaron entre 8.65 a 9.63 Und de pH. De estos valores decimos que la bahía interior de Puno contiene aguas con pH alcalino. El oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo y área de evaluación, se registraron los mínimos valores que fluctuaron entre 2.10 a 3.28 mg/l, con los valores mínimos hacia las cercanías de Isla Espinar. El parámetro solidos disueltos totales mostró valores altos en las zonas norte, sur y media del área de estudio, valores que fluctuaron 908 y 953 mg/l.

todos estos que al ser comparados se encuentran muy por encima de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002 – 2008 – MINAM).

- La demanda bioquímica de oxígeno a nivel superficial de la columna de agua mostró valores altos por la zona de frente al terminal terrestre, y para la demanda química de oxígeno se registraron valores que llegaron hasta 514 mg/l. mientras que, para los nutrientes a nivel superficial de la columna de agua, teniendo para fosfatos valores que oscilaron entre 0.333 y 0.289 mg/l y para nitratos los datos fluctuaron entre 1.052 y 2.085 mg/l, estos dos últimos parámetros se encuentran por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático - DS N° 002-2008-MINAM).
- Las concentraciones de coliformes fecales registrados llegaron hasta 2900 NMP/100ml por la zona de Isla Espinar, y para coliformes totales como valor máximo se registró por la misma zona y muelle de Puno con 11000 NMP/100ml, datos excedieron grandemente a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y 1900 NMP/100ml para coliformes termotolerantes. De esto podemos decir que, estos valores nos indican que estas zonas contienen abundantes descargas de aguas residuales con materia fecal, por lo que podemos decir que estas aguas se encuentran muy contaminadas por la descarga directa de aguas residuales y que a causa de esto no son aptas para la vida acuática ni recreación.
- En cuanto a la zonificación, según los resultados para los parámetros físicos químicos y biológicos que contaminan el agua (oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, pH, coliformes totales, coliformes fecales, DBO₅, fosfatos y nitratos), se ha identificado que la zona más crítica en la bahía interior de Puno corresponde a las zonas más cercanas a la Isla Espinar y Muelle de Puno.

5.2 RECOMENDACIONES

Los resultados del trabajo de investigación permiten recomendar lo siguiente:

- Se recomienda tomar mayor énfasis y profundizar más sobre éste tipo de investigaciones por la creciente contaminación del agua en la bahía interior de Puno, para dar solución a esta problemática que viene avanzando día tras día.
- Monitorear periódicamente las aguas de la bahía interior y exterior de Puno, para determinar la variación de los parámetros físico, químico y bacteriológico en la época seca y lluviosa. las que nos permitirán tener una base de datos actualizadas y nos permita plantear alternativas de solución.
- Los trabajos de investigación deben de realizarse en todas las áreas que estén relacionadas con la contaminación del agua, suelo y aire.
- Se deben plantear soluciones en la zona de isla Espinar, ya que es la zona que muestra los niveles más críticos de contaminación por aguas residuales urbanos, por lo que se deben hacer mejores estudios que permitan mitigar los impactos que la planta de tratamiento colapsada está ocasionando deterioros al medio ambiente. Así mismo, es urgente implementar una planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Puno.

LITERATURA CITADA

- Achuy, J. 2006. Sistemas de Información Geográfica. Lima, PE. Editorial grupo Universitario, 321 p.
- AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON - JICA, 2000. Estudio Para el Control de la Contaminación del Agua de la Bahía Interior de Puno en el Lago Titicaca en la República del Perú.
- AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA). 2000. Condiciones de Calidad de Agua en Estados Unidos. EPA: Disponible en: <http://www.epa.gov/305b/>
- Alva, W. 2010. Geografía General. Editorial San Marcos. 727 p.
- Angles, J. 2007. Evaluación de los parámetros físicos químicos de la Bahía Interior de Puno para determinar el nivel de contaminación. Tesis para optar el Título de licenciado en Biología, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas. Puno, PE. 97 p.
- APHA (American Public Health Association). 1999. Standart Methods for the examination of wáter and wastewater. 20° Edition. 1134 p.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2007. Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos. 34 p.
- Arellano, J. y Guzmán, J. 2011. Ingeniería Ambiental. Primera Edición Alfaomega Grupo Editor S.A, de C.V., México. 184 p.
- Beltrán, D. 2011. Condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas de la bahía interior de Puno. Tesis pregrado, Facultad de Ciencias Biológicas UNA-Puno-PE. 124 p.
- Calixto, R. 2011. Horizontes por descubrir en educación ambiental. México, UPN. 167 p.

- Camargo, J.A. 2005. Alonso, A. and Salamanca, A. 2005. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*.1255 p.
- Camargo, J.A. and Alonso, A. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environmental International*. P. 32., 831-849
- Carranza, R. 2001. Medio Ambiente: Problemas y Soluciones. Edición Consultoría Carranza, Vicerrectorado de investigación. Universidad Nacional Del Callao. El Callao, PE.
- Chapman, D. 1996. Wáter Quality Assessment. A guide to use of biota, sediments and wáter in environmental monitoring. 2 ed. London, UNESCO/WHO/UNEP. 626 p.
- Chávez, A. 2002. Aspectos Físico-Químicos, Bioquímicos y microbiológicos de la contaminación de aguas, índices e indicadores ambientales, 2-50 p.
- CIESE, 2003. ESTUDIO INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA. STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. Libreta de campo para las pruebas en las muestras de agua. Disponible en: <http://www.K12science.org/curriculum/diproj/es/>
- CLEAN-FLO. Improve wáter quality improve in lakes, ponds, rivers and reservoirs us inversión, oxygenation and aeration with buffered alum phosphate precipitant. Disponible en <http://www.clean-flo.com/restoration/lakes.htm>
- Correa, R.G. 2008. Evaluación y monitoreo de sistemas de lagunas de estabilización del Municipio de Antioquia, Colombia Trabajo de Investigación, Título de Magister en Ingeniería Sanitaria Universidad de Antioquia departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Maestría en Ingeniería Medellín.
- CYTED – PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO. Red iberoamericana de potabilización y Depuración del Agua. Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos

avanzados de aguas residuales domésticas. Capítulo 20: indicadores de Contaminación fecal en aguas. Disponible en: [http://Tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf.] Consultada en setiembre de 2014.

Escobar, L. 2006. Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas. Revista Eure (Vol. XXXII, N° 96), p.73-98. Santiago de Chile.

Esparza, C.M. (1995). Procedimientos Simplificados de Análisis Químico de Aguas Residuales. Editorial Iberoamérica – México.

Fernández, J. et al. 2005. Manual de Fito - depuración. España. 143p. (p. 13-22).

Flores, R.C.; Herrera, R.L.; Hernández, V.D. 2012. Ecología y Medio Ambiente. Editorial Progreso S.A. de C.V. México 207 p.

Florez, R., y Ocola, J. 2007. Contaminación y Gestión Ambiental de la Bahía Interior de Puno – Lago Titicaca: Realidad Crítica y Aportes. Primera Edición. Puno-Perú. 297 p.

Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). 1999. Manual sobre directrices técnicas sobre agua, medio ambiente y saneamiento – Núm. 7, NY, Estados Unidos de América.

Fontúrbel, R. 2005. Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titicaca – Bolivia. Ecología Aplicada., 135-141 p.

Fuentes, F. y Massol - Deya A. 2002. Manual de Laboratorios: Ecología y Microorganismos. Disponible en: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/>

García, M y Cañas, R., 1994. Nitratos, Nitritos y compuestos de N-nitroso.

Gil IP. 2001. Comparación y cuantificación de Coliformes totales, Coliformes fecales y Escherichia coli, en siete microcuencas del lago Amatitlán: Chanquin, El Frutal,

- Guadrón, San Lucas, Zacatal y Zanjón la Palin, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de Graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia), 53 p.
- Gil Rodríguez, M. 2005. Procesos de descontaminación de aguas. Cálculos avanzados informatizados. International Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. Madrid – España. 261 p.
- Girbau García. 2002. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. Masón.
- Goyenola, 2007. Guía para la utilización de la Valijas Viajeras – Conductividad. Red Mapsa. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/105302193/Conduct-IV-i-Dad>. Consultada en setiembre del 2014.
- Herrera, K. 2003. Indicadores biológicos de la calidad del agua del Rio Polochic y de la integridad biológica del lago de Izabal. Guatemala: universidad del Valle Guatemala, (Tesis de graduación. Facultad de Ciencias y Humanidades Departamento de Biología) 96 p.
- Hurtate, D. 1995. Comparación de algunos parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las micro-cuencas Pansalic y Pancocha en época seca y lluviosa. Guatemala: USAC, (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 67 p.
- James, R. 2009. La contaminación ambiental como delito, aspectos sustantivos y procesales. Jurista Editores E.I.R.L. Primera Edición Lima, PE. 277p. p.26-28.
- Leal J. y Rodríguez F.E, 1998. Guía para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local, Editorial centro de Bartolomé de las casas, Cusco, PE.
- Lucila, H. R., Calixto, R.F.; Verónica D.H. 2012. Educación ambiental y el cambio de actitud en la población ante la conservación del medio ambiente.

- Madigan, M.; Martinku, J. y Parker, J. 1997. Biología de los microorganismos. Prentice Hall. Madrid. Octava Edición.
- Manual de Laboratorio de Análisis de Aguas de Autoridad Para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán.
- Margalef, R. 1983. Limnología, Instituto Mexicano de Tecnología de Agua, Centro de Consulta del Agua. Edición Omega, S.A., Barcelona. 1001p. (p.667-701).
- Mari, R. 2010. Protocolo para el monitoreo de la calidad de aguas continentales superficiales. Lima, PE. 51 p.
- Medrano, W. 2001. Evaluación de la calidad de aguas residuales de la planta de tratamiento de Alba Rancho (SEMAPA) con fines de riego. Tesis de Maestría en Levantamiento de Recursos hídricos “Manejo y conservación de cuencas), Cochabamba-Bolivia.
- Merck, 1991. Aquamerck laboratory, for wáter analysis. Alemania: (p.1-37).
- Metcalf y Eddy. 1998. Ingeniería de Aguas Residuales, 3ra Edición. Editorial McGraw-Hill.
- Miranda, N., Hall, K.J., Northcote, T.G., Hinojosa, A.A., Sarmiento, A., & Mollocondo, M.H. 1989. Effects of eutrophication on chemical conditions. In: Pollution in Lake Titicaca, Perú: training, Research and management (Edition. T.G.Northcote, S.P. Morales, D.A. Levy & M.S. Greaven), Westwater Research Centre, University of British Columbia, Vancouver, Canadá. p. 33-56.
- Miranda, N. 2010. Tecnología de aguas: Tratamiento y Control de calidad. 3ra Edición. Econocopy. Puno, PE.
- Mollocondo, H. 1985. Determinación de nutrientes, nitrógeno y fósforos relacionados con los parámetros abióticos de la bahía interior de Puno. Puno, PE. 145 p.
- Napoles, J., y Abalos, A. 2008. Biorremediación de ecosistemas contaminados con xenobioticos.

- Northcote T., Morales P., Levy D. y Greaven M. 1991. Contaminación en el Lago Titicaca, Capacitación, Investigación y Manejo. Westwater Research centre, Univerddad British Columbia de Canadá. 227 p.
- Ocola, S. J. y Torres, C.J. 1997. Evaluación de la eutrofización sobre el comportamiento de la flora acuática en la bahía interior de Puno.
- OECD, 1982. Eutrophication: monitoring assessment and control. Organism for Economic Co-operation and Development. Paris.
- Orduña, F. 2007. Aplicaciones de software SIG: ArcGIS 9.2. Lección 1: Introducción a ArcGIS Desktop. UNIGIS Girona. 9º Ed. España. Universitat de Girona.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION – FAO. 2003, Manual curso análisis espacial Arcview 8.2.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD – OMS. 2009. Guidelines for Safe Recreational Water Enviroments. Volume 1: Coastal and fresh waters (Aguas costeras y aguas Dulces). Version electrónica: http://www.who.int/wáter_sanition_health/bathing/es/
- Palao, L. 2010. Informe Final de investigación: Descontaminación de la Bahía Interior de Puno con Biotecnología Microorganismos eficaces (EM) Responsabilidad Social y Acción Comunitaria. Puno, PE. 149 p.
- Paredes, A. 2013. Calidad Físico química 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 presentada para optar el título de licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Biológicas. Puno, PE. 118 p.
- Pesson, P. 1979. La contaminación de las aguas continentales. Editorial Mundi prensa. Madrid – España.

- Pineda, D. 1999. Influencia de la eutrofización en la distribución espacial de ictiofauna en la bahía interior de Puno. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. UNA-Puno-Perú.
- Prat, N.; Munné, A.; Rieradevall, M.; Sola, C. y Bonada, N. 1999. La qualitat ecológica del Llobregat, el Besos, el Foix i la tordera. Informe 1997. Estudis de la qualitat ecológica dels rius. Area de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 154 p.
- Prieto, J. 2004. El Agua: Sus formas, efectos, Abastecimientos, Usos, Daños, Control y Conservación. 2da Edición Bogotá: Ecoe Ediciones 380 p. (p.71 – 78).
- PELT (PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL DEL LAGO TITICACA). 1999. Diagnóstico ambiental de la bahía interior de Puno.
- PELT (PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL DEL LAGO TITICACA). 2001. Monitoreo de la contaminación y eutrofización de la bahía interior y exterior de Puno.
- Puerta, R., Rengifo, J., Bravo, N. 2011. Manual de ArcGIS Básico 10. Universidad Nacional Agraria de la Selva-Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María, PE. 148 p.
- Ramírez, H.; Ruiz, A.; Chaparro.; Olmos, R.; Gerónimo, L. 2011. Geografía General: Un enfoque interactivo para bachilleres. 2da. Edición. Grupo Editorial Patria. México. 302 p.
- Ramos, F. 2006. Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del Puerto de San José. Guatemala. 97 p.
- Romero, J. 2001. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá

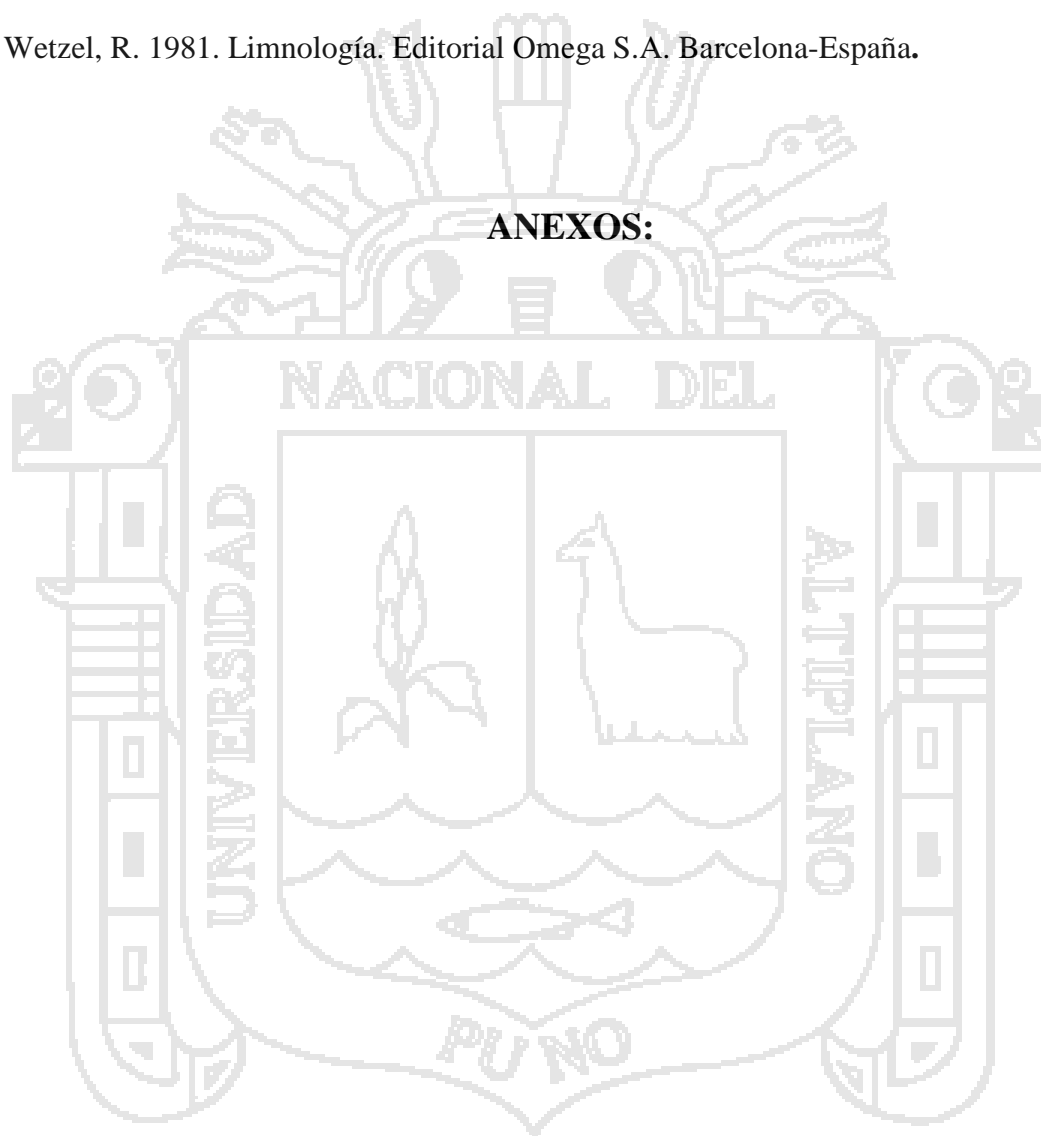
- Samboni, N. Carbajal, Y. y Escobar, J. 2007. Revisión de Parámetros físicos químicos como indicadores de calidad y contaminación de agua. Rev. Ingeniería e investigación Vol. 37 núm. 3. 195 p.
- Sans Fonfría R. y Joan de Pablo R. 2000. Ingeniería Ambiental. Contaminación y Tratamientos, Barcelona - España. 570 p.
- Sardiñas P, O., Chirroles Rubalcacaba, S., Fernández Novo, M., Hernández Rodríguez, Y., & Pérez Cabrera, A. 2006. Evaluación Fisicoquímica y Microbiología del agua de la presa El Cacao, Cotorro-Cuba. Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 202-206 p.
- Sarmiento, A. 1984. Determinación de nutrientes: nitrógeno y Fosforo en la bahía interior de Puno. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Ciencias Biológicas. UNA, Puno, PE.
- Schwoerbel, J. 1995. Métodos de hidrobiología. Haering F J, trad. España (p.14-309).
- Seoáñez, C. 2000. Manual de contaminación marina y restauración del litoral; contaminación, accidentes y catástrofes, agresiones a las costas y soluciones, el turismo de costa, la pesca, la ordenación y la gestión del litoral. Ediciones Mundi – Prensa, Madrid - Barcelona – México. 559p. (p.141-143).
- Silva, R. 2004. Cartografía. Serie: Biblioteca del Guadaparque. Ministerio de Agricultura Instituto Nacional de Recursos Naturales Perú. 110 p.
- Solorzano, C.L. 1989. Métodos de análisis químico utilizado en el Curso latinoamericano de Post-Grado. (Instrumentación de análisis químico de agentes contaminantes en el mar). Boletín 7-1
- Tyler M, Jr. 2002. Ecología y Medio Ambiente: Introducción a la Ciencia Ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta Tierra. 7ª Edición. Madrid. Thomson editores. 458 p.

UNAM. Contaminación del agua. Contaminación por detergentes. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. [http://www.sagangea.org/hojared_AGUA/paginas/Cagua.html]

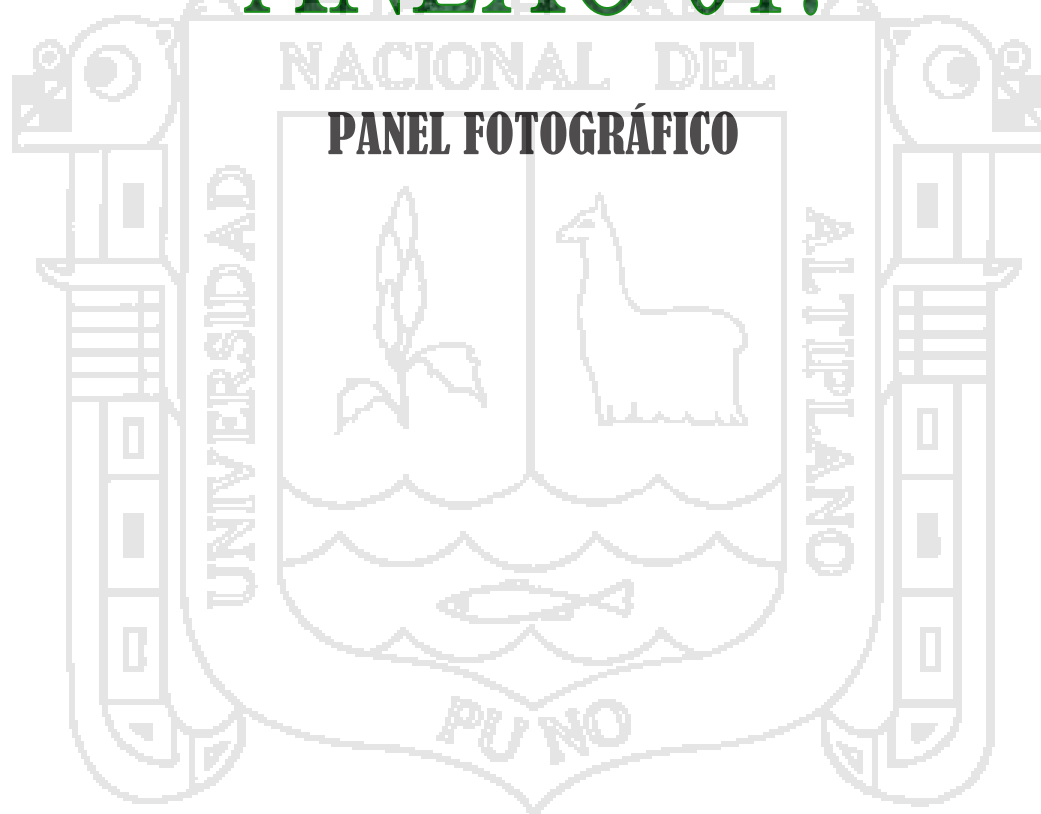
Unda, F. 1969. Ingeniería Sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. México: ed. Hispano-Americana, 870p. (p.58-311,389-459).

Wetzel, R. 1981. Limnología. Editorial Omega S.A. Barcelona-España.

ANEXOS:

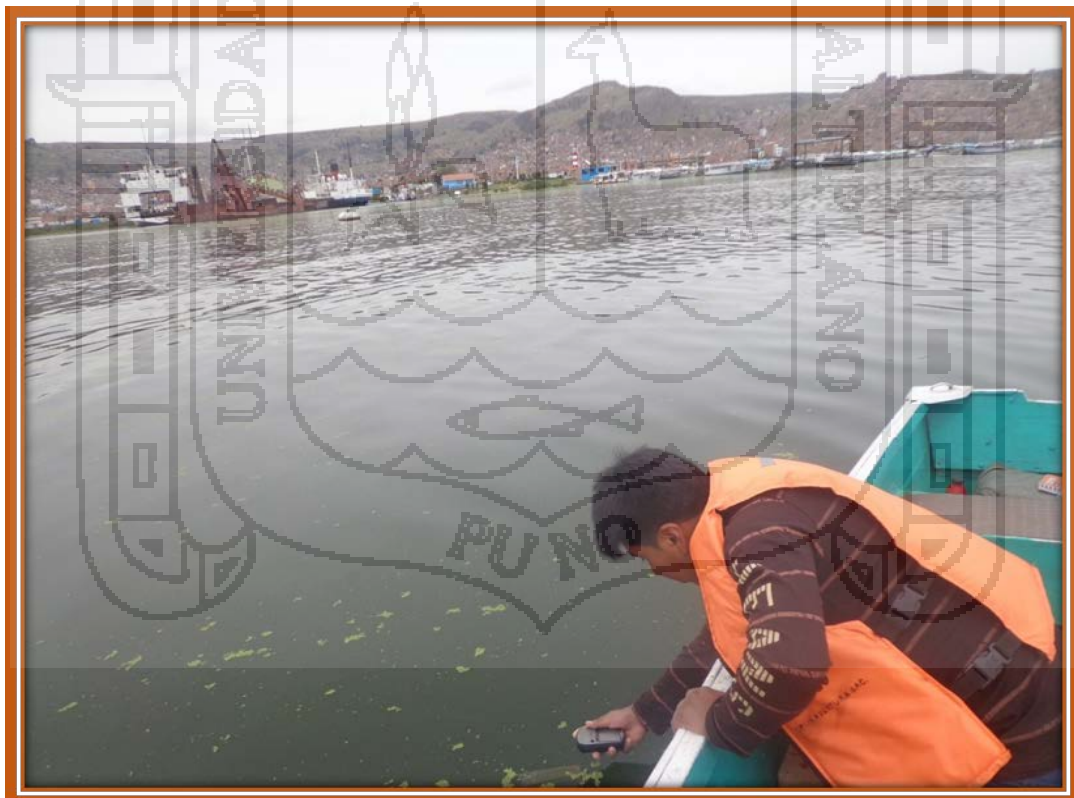


ANEXO 01:





Fotografía N° 01: Medición de la transparencia del agua con el disco Secchi en la bahía interior de Puno.



Fotografía N° 02: Toma de datos de ubicación de con GPS en la zona de frente al muelle de Puno.



Fotografía N° 03. Medicion de la profundidad del punto de monitoreo.



Fotografía N° 04: Medición del pH con el medidor multiparametrico SevenGo marca METTLER TOLEDO.



Fotografía N° 05: Medición de la transparencia con el disco Secchi en la bahía interior de Puno, frente a las residencias de universitarias.



Fotografía N° 06: Toma de muestras de agua de la bahía interior de Puno para el respectivo análisis de laboratorio.



Fotografía N° 07: Toma de muestras de agua de la bahía interior de Puno, por la zona de frente a las residencias universitarias.



Fotografía N° 08: Medición de la temperatura y pH del agua de la bahía interior de Puno, por la zona de isla Blanca.



Fotografía N° 09: Registro de datos de ubicación del Punto de muestreo en la bahía interior de Puno, zona frente al muelle de hotel San Antonio.



Fotografía N° 10: Toma de muestras de agua de la bahía interior de Puno, zona cercana del efluente el Espinar.



Fotografía N° 11: Toma de datos con el Multiparametro medidor de pH en la estación BIP-07.



Fotografía N° 12: Etiquetado de las 14 muestras de agua de la bahía interior de Puno para su respectivo análisis fisicoquímico y bacteriológico en el laboratorio.



Fotografía N° 13: Muestras de agua de la bahía interior de Puno, listo para su traslado hacia los laboratorios de control de calidad.



Fotografía N° 14: Entrega de las muestras de agua de las 07 zonas de la bahía interior de Puno para su respectivo análisis fisicoquímico.



Fotografía N° 15: Medición del pH con Un pH metro marca Thermo Scientific modelo ORION STAR A211 en el laboratorio de control de calidad del agua.



Fotografía N° 16: Preparación de las muestras de agua, para su análisis químico en el laboratorio.



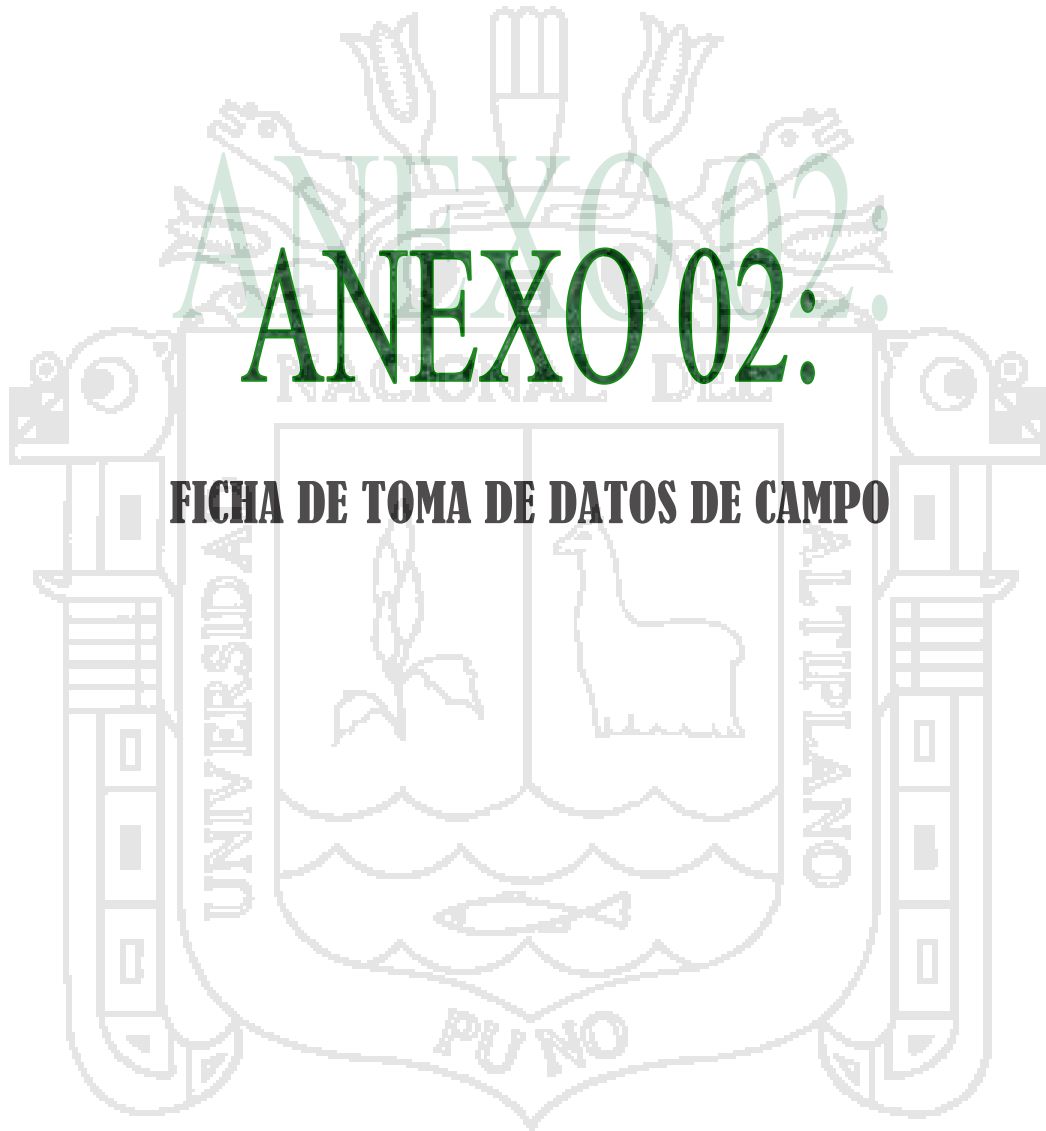
Fotografía N° 17: Medición de la temperatura, conductividad eléctrica con un medidor multiparametrico Medidor Multiparametro sensION5 marca HACH.



Fotografía N° 18: Colocación de muestras de agua para el análisis de DBO5 en una incubadora del laboratorio de control de calidad del agua.

ANEXO 02:

FICHA DE TOMA DE DATOS DE CAMPO

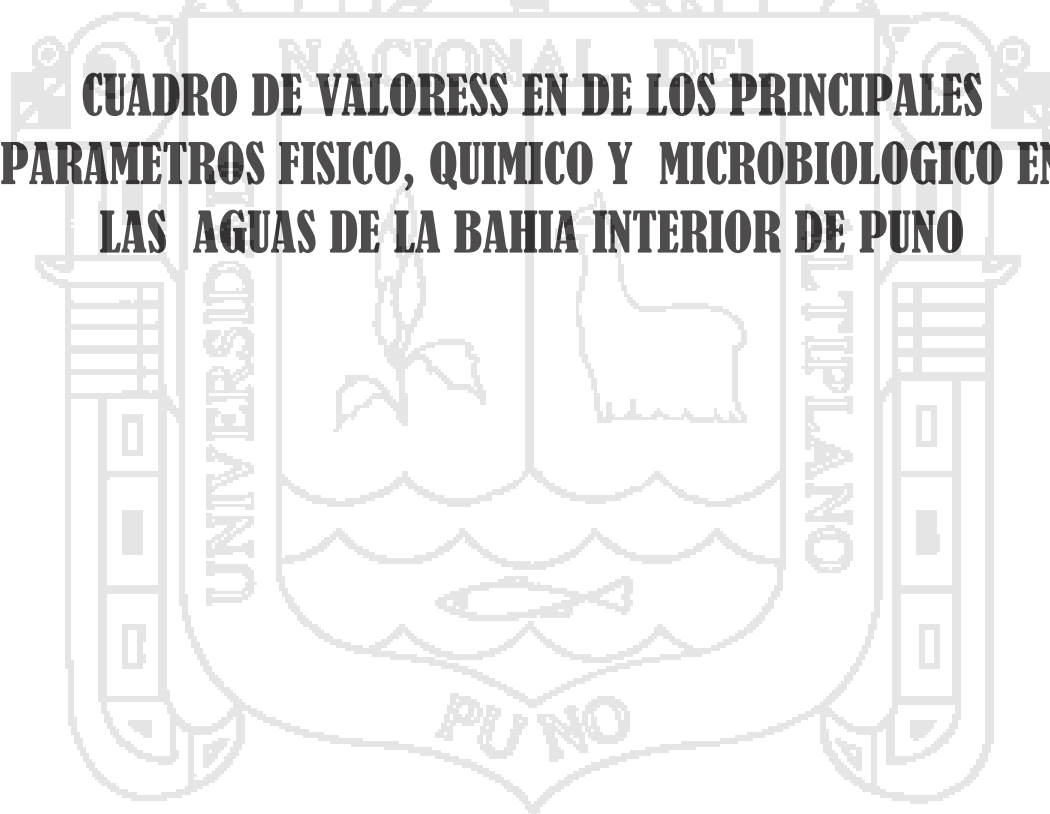


Ficha de toma de datos de campo.

FICHA DE TOMA DE DATOS DE CAMPO - BAHIA INTERIOR DE PUNO, LAGO TITICACA													
ESTACION DE MUESTREO	CÓDIGO	FECHA:		TEMPERATURA (°C)	pH (Und)	C.E. (µS/cm)	DISCO SECCHI (m)	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	COORDENADAS			OBSERVACIONES	
		HORA INICIO	HORA FINAL						Agua	Aire	E		N
PUNTO 01													
PUNTO 02													
PUNTO 03													
PUNTO 04													
PUNTO 05													
PUNTO 06													
PUNTO 07													
PUNTO 08													
PUNTO 09													
PUNTO 10													

ANEXO 03:

**CUADRO DE VALORES EN DE LOS PRINCIPALES
PARAMETROS FISICO, QUIMICO Y MICROBIOLOGICO EN
LAS AGUAS DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO**

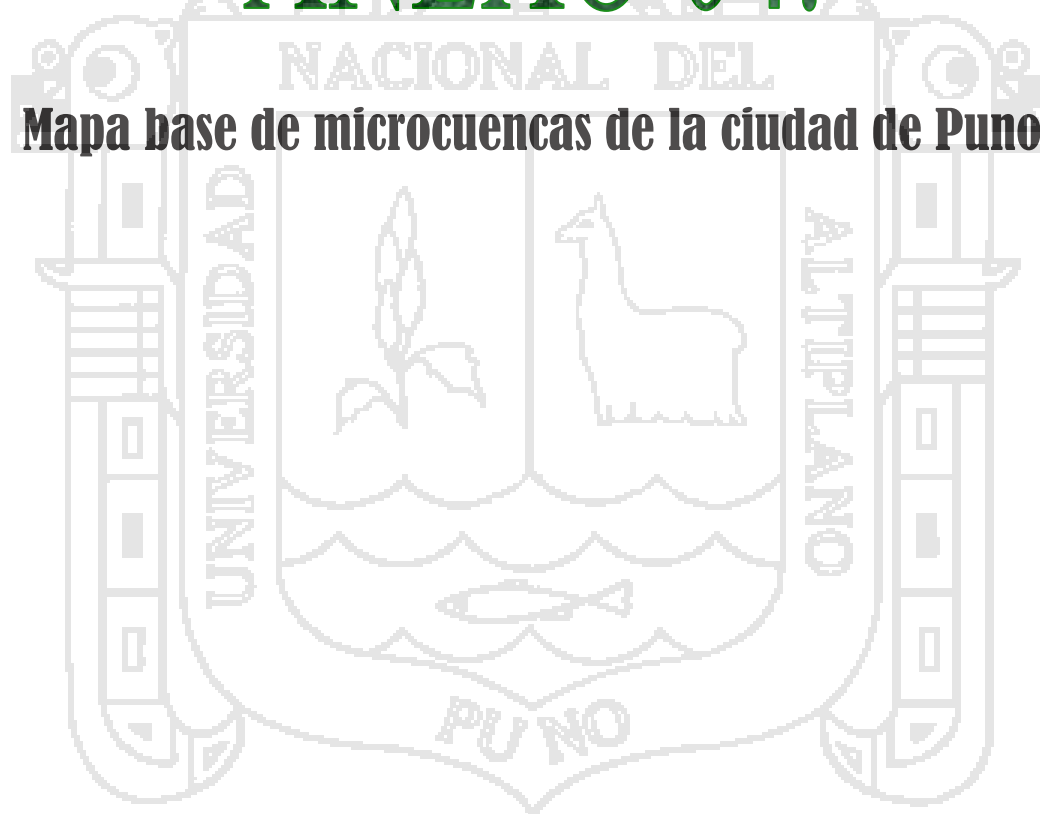


Cuadro de valores de los principales parámetros físico, químicos y bacteriológicos de las aguas de la bahía interior de Puno, entre las estaciones de Muestreo.

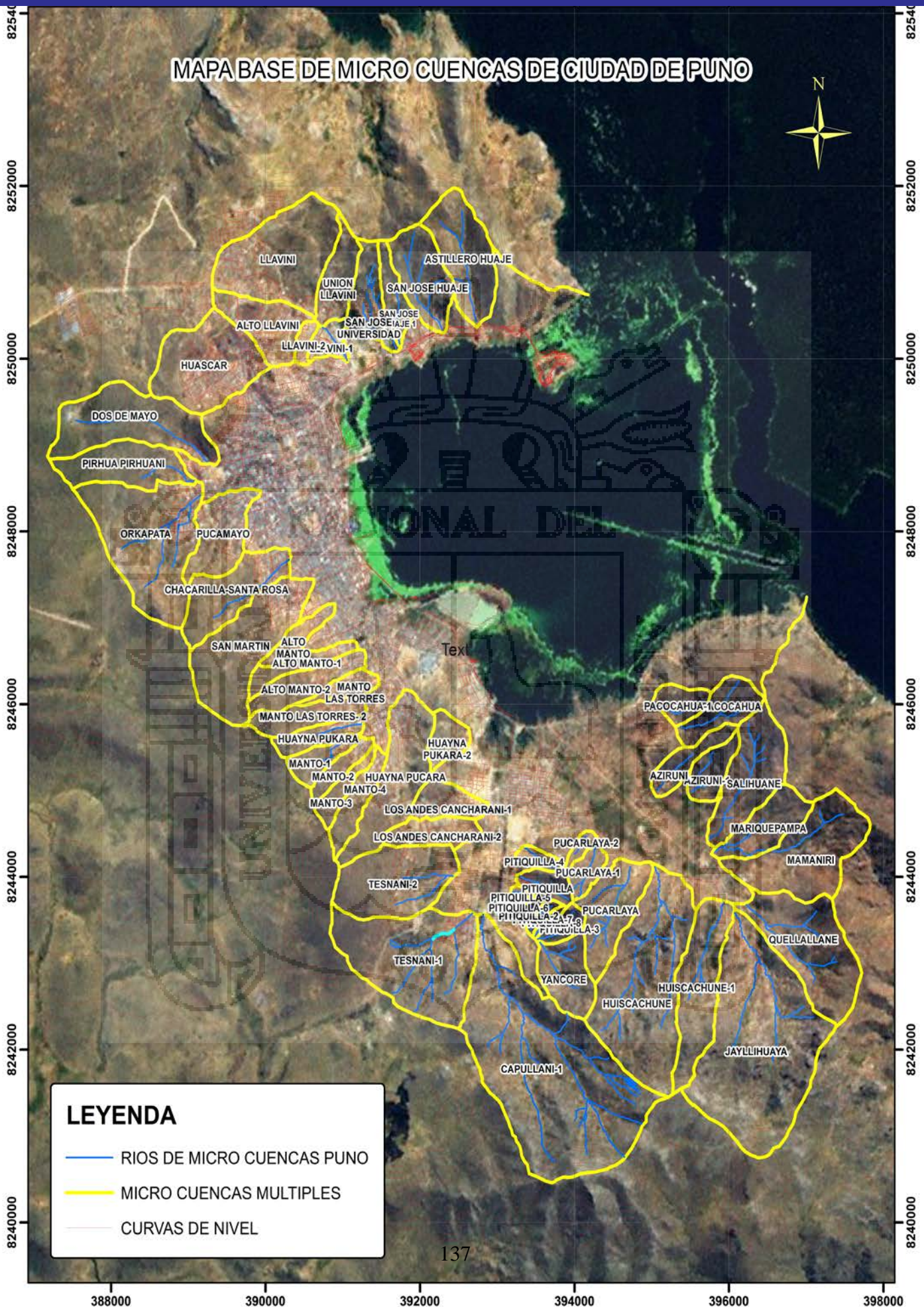
FECHA(S) Y HORA DE MONITOREO		estaciones de Muestreo.									
N°	PARAMETRO	CODIGO	UNID	13/01/2015	13/01/2015	13/01/2015	13/01/2015	13/01/2015	13/01/2015	13/01/2015	13/01/2015
				8:25am	8:43am	9:02am	9:18am	9:33am	9:46am	10:05am	
14	Transparencia		m	1.18	1.02	1.15	1.18	1.38	1.42	0.81	
FECHA(S) Y HORA DE MONITOREO											
N°	PARAMETRO	CODIGO	UNID	19/01/2015	19/01/2015	19/01/2015	19/01/2015	19/01/2015	19/01/2015	19/01/2015	19/01/2015
				5:45am	6:10am	6:20am	6:45am	6:59am	7:20am	7:45am	
1	T°		Celsius	13.17	14.20	14.08	13.00	13.00	13.60	15.60	
2	Potencial de Hidrógeno (pH)		Und. pH	8.91	9.63	9.07	9.02	8.86	8.88	8.65	
3	Conductividad Eléctrica		µs/cm	1880	1881	1878	1842	1815	1871	1901	
4	Turbiedad		NTU	7	9	10	9	7	10	43	
5	Oxígeno Disuelto (OD)		mg/L	3.15	2.89	3.15	3.28	2.62	3.01	2.10	
6	Sólidos Disueltos Totales (SDT)		mg/L	941	942	941	922	908	937	953	
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)		mg/L	205.68	43.38	35.80	44.90	23.66	160.18	114.28	
8	Demanda Química de Oxígeno (DQO)		mg/L	514.20	108.45	89.49	112.24	59.15	400.44	285.70	
9	Fosfatos como PO4-3		mg/L	0.302	0.321	0.324	0.289	0.333	0.321	0.302	
10	Nitratos como NO3-		mg/L	2.083	1.055	1.052	1.068	1.038	2.056	2.085	
11	Coliformes Totales		NMP/100 ml	11000	9500	11000	9000	3400	8000	11000	
12	Coliformes Termotolerantes		NMP/100 ml	700	780	650	620	420	640	1900	
13	Coliformes Fecales (E. Coli)		NMP/100 ml	2700	2000	2200	2000	1400	2000	2900	

ANEXO 04:

Mapa base de microcuencas de la ciudad de Puno



MAPA BASE DE MICRO CUENCAS DE CIUDAD DE PUNO

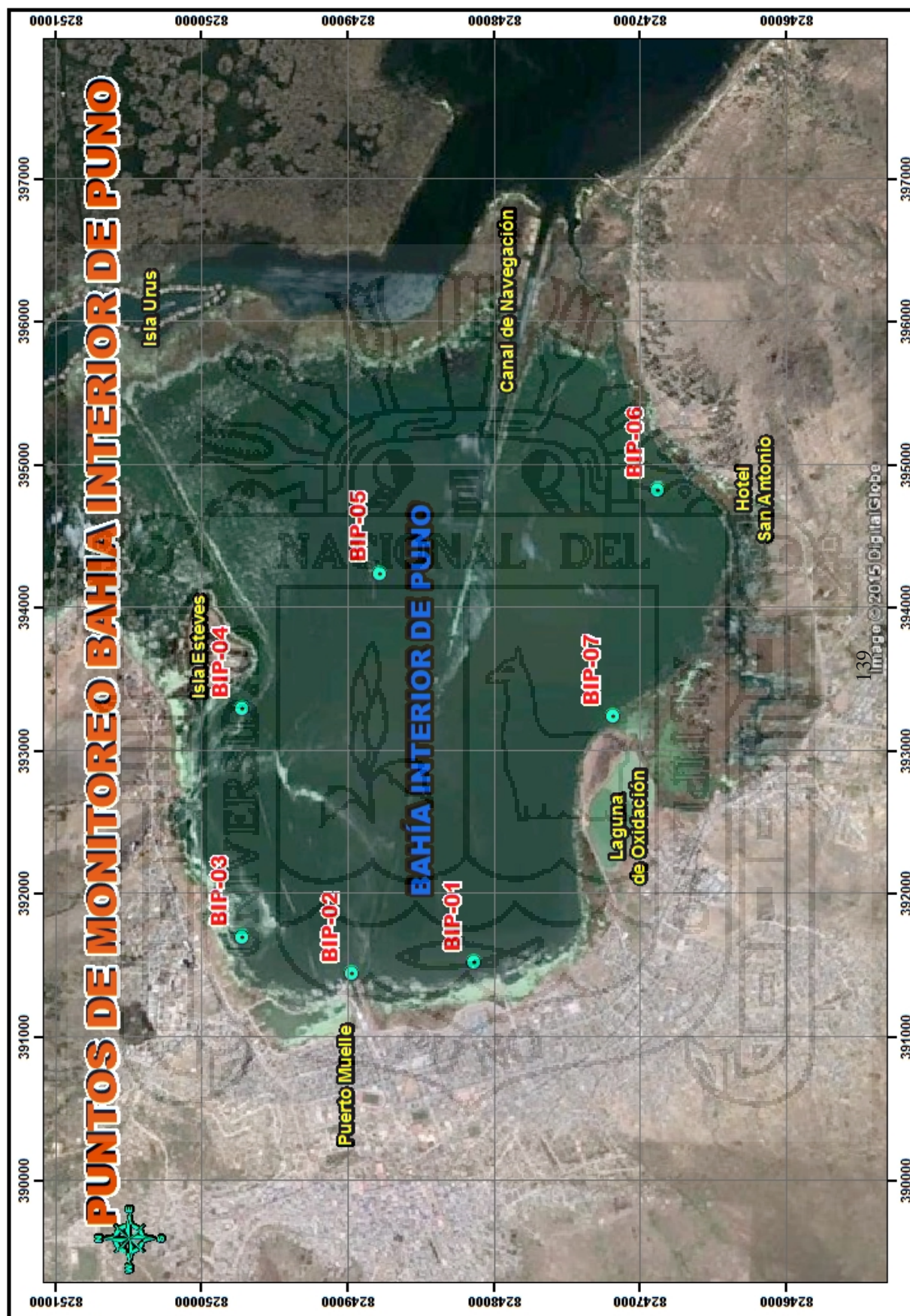


LEYENDA

- RIOS DE MICRO CUENCAS PUNO
- MICRO CUENCAS MULTIPLES
- CURVAS DE NIVEL

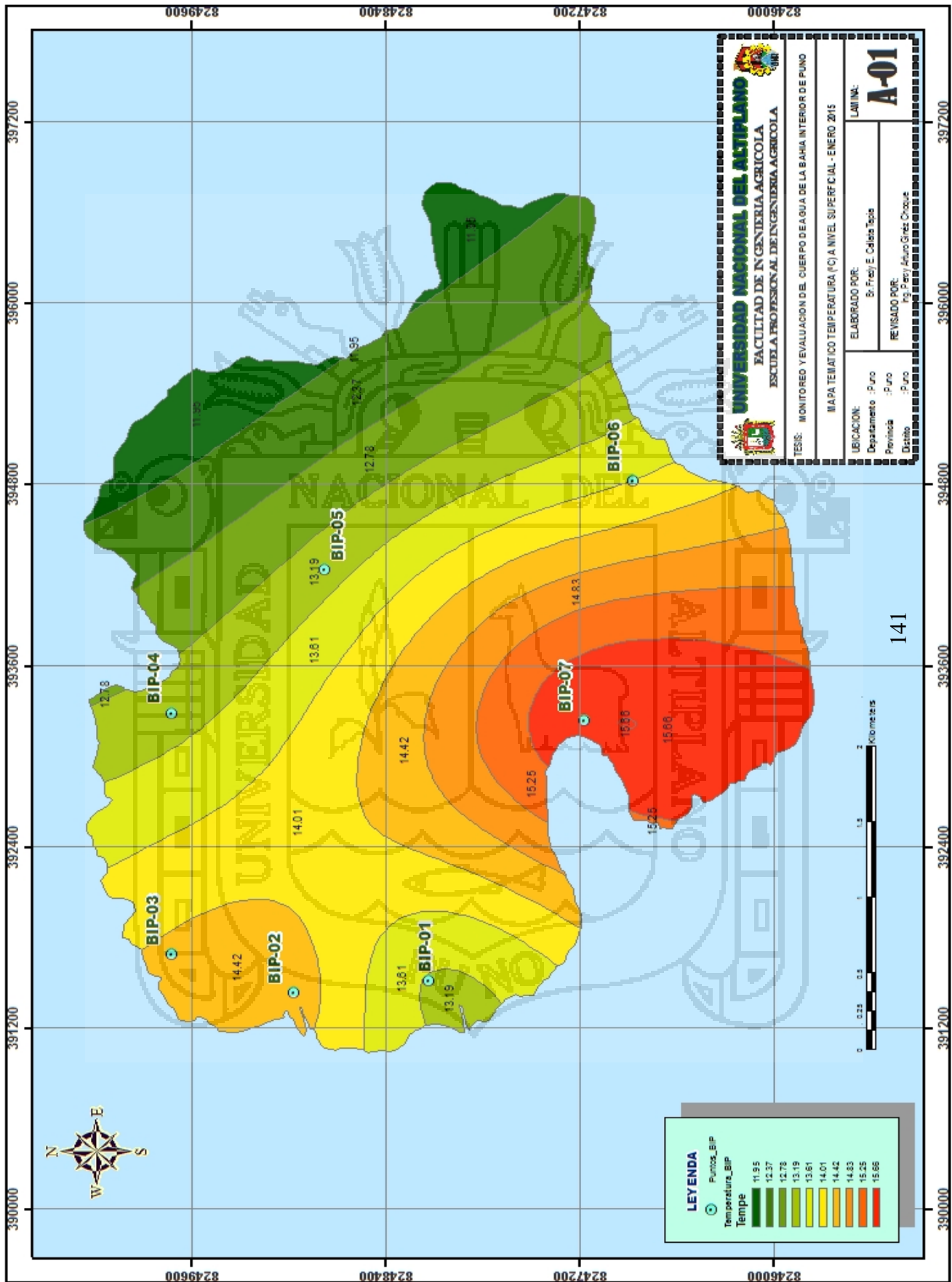
ANEXO 05:

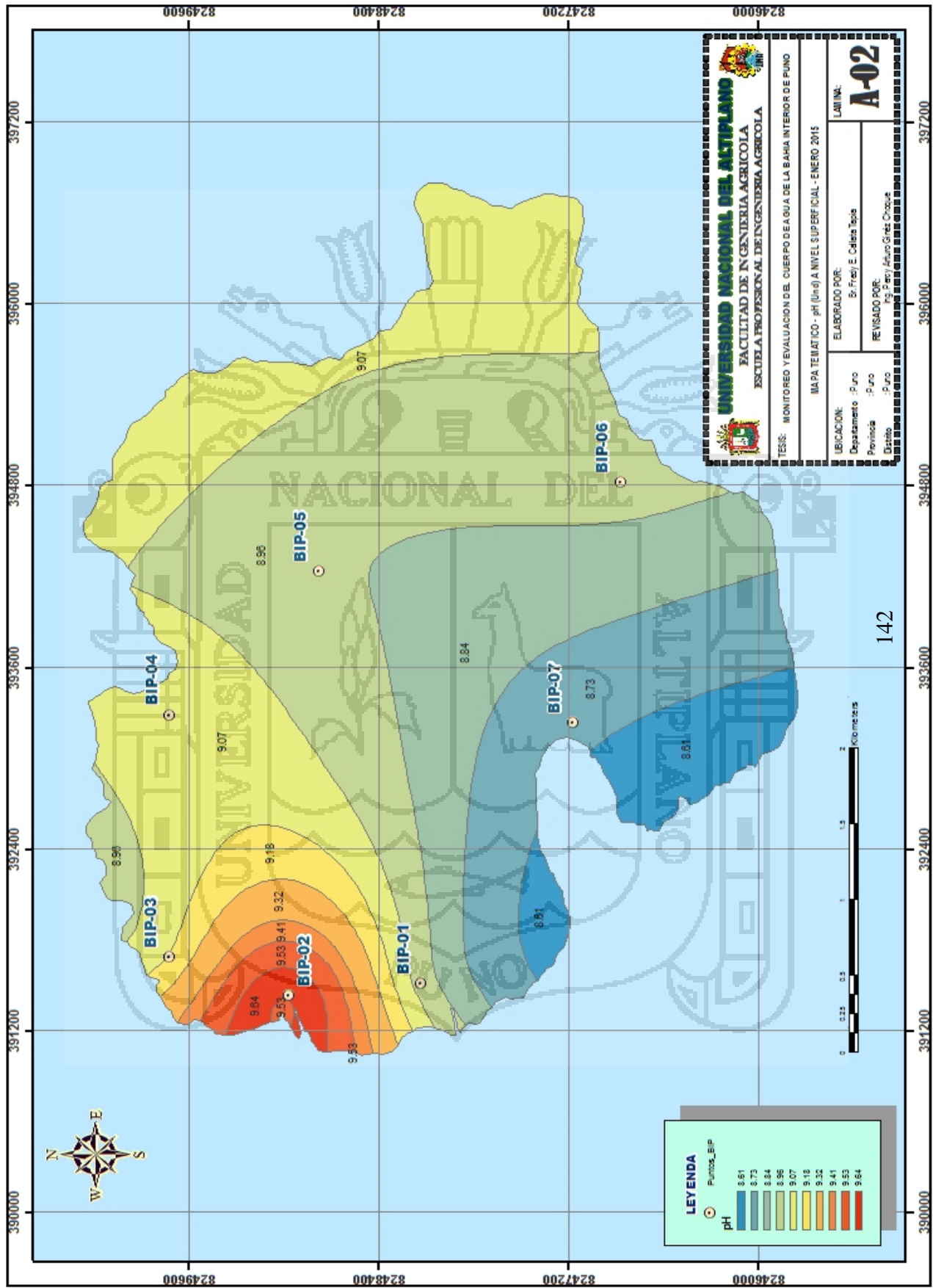
**Mapa de Puntos de monitoreo en la bahía interior de
Puno – Lago Titicaca**

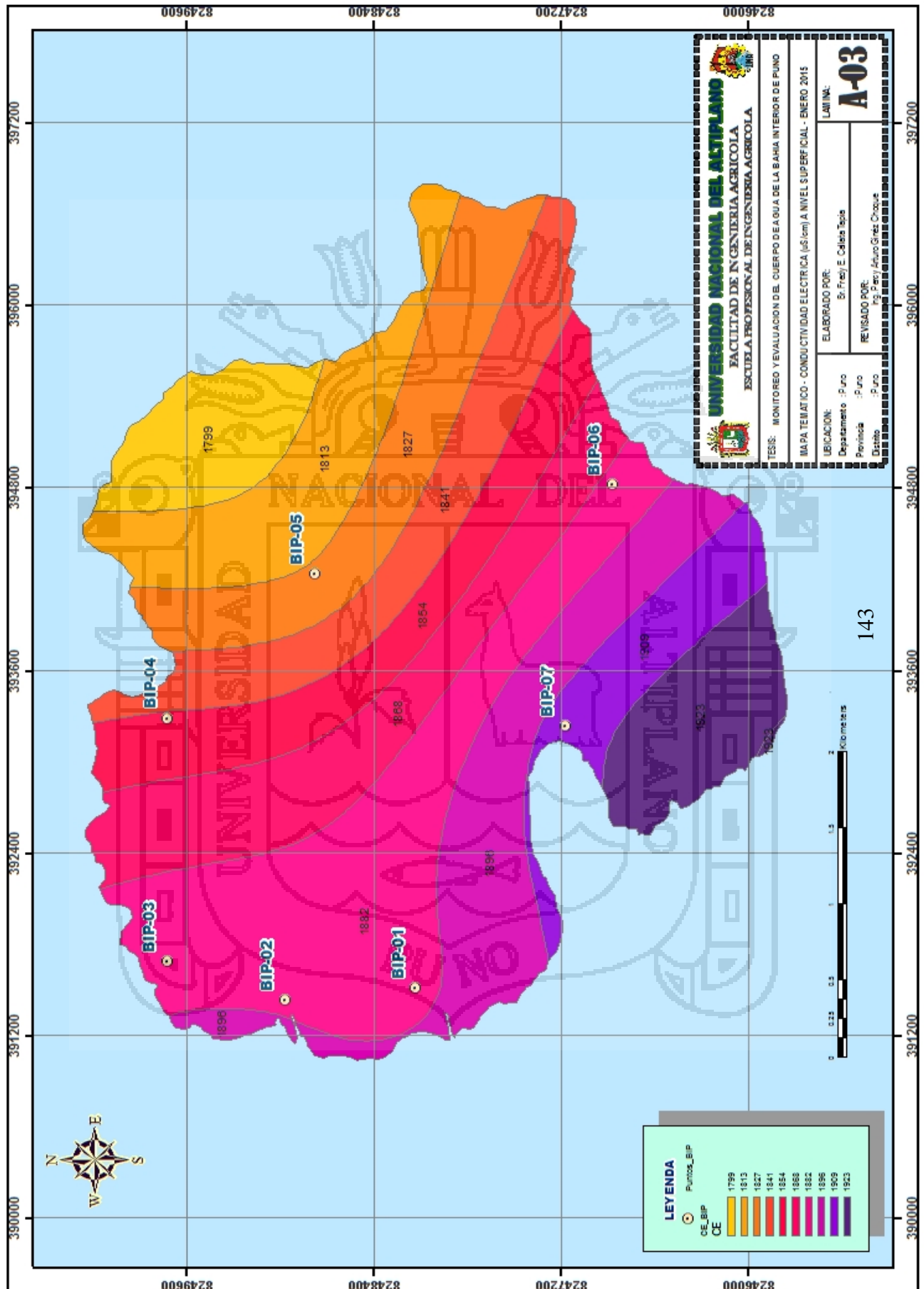


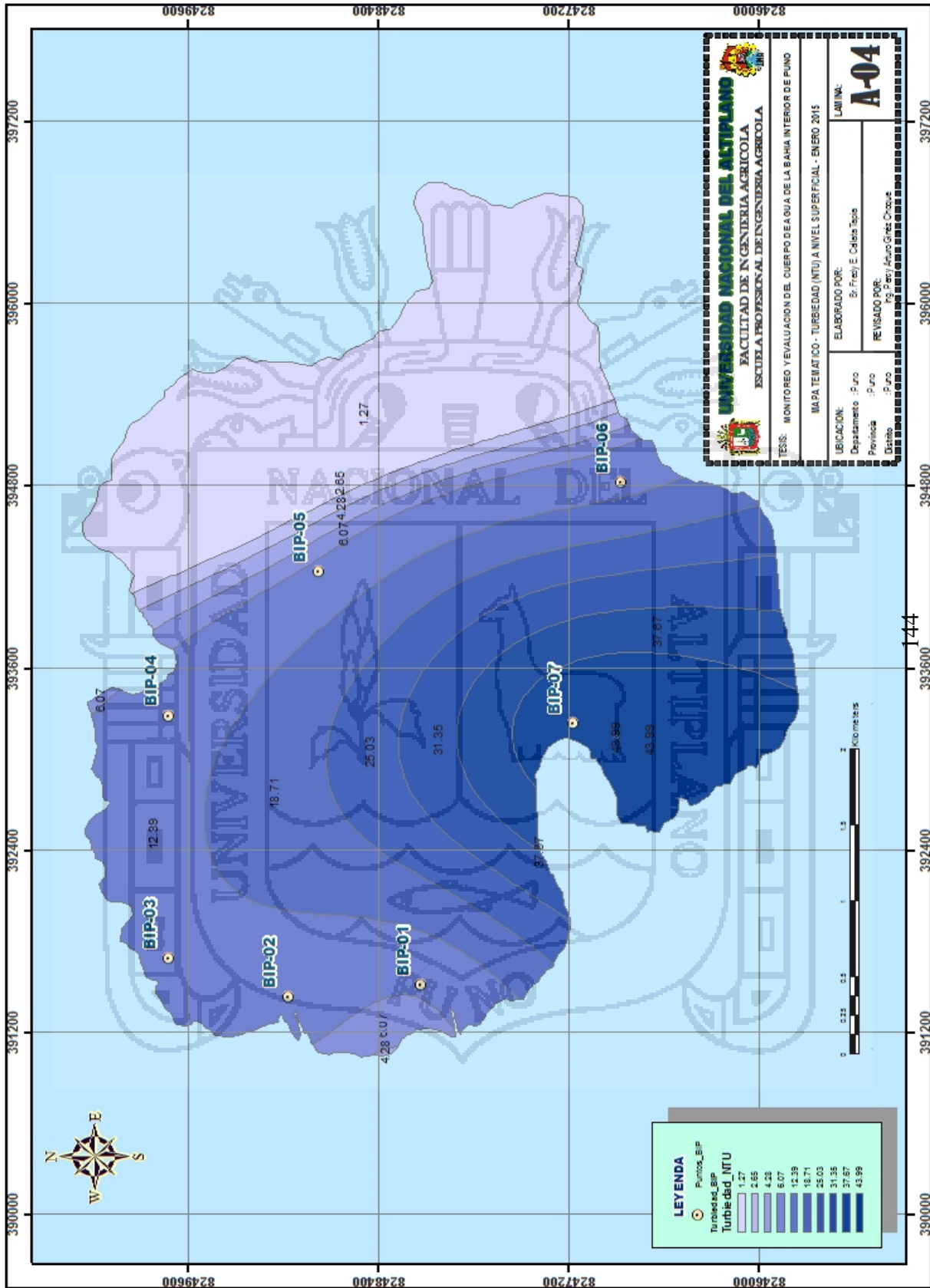
ANEXO 06:

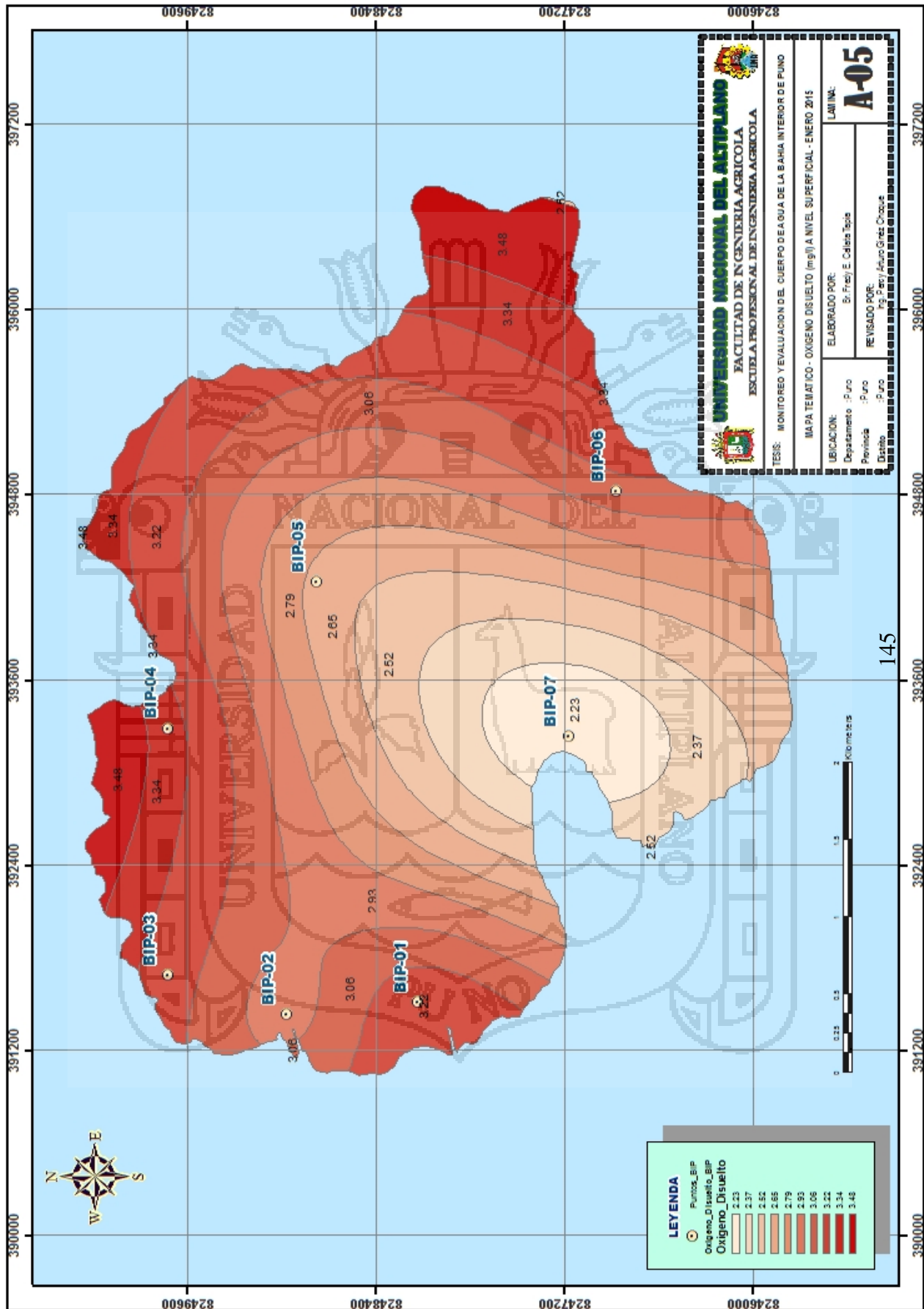
**Mapas temáticos de distribución de Parámetros físico,
químico y bacteriológicos en las aguas de la bahía
interior de Puno**

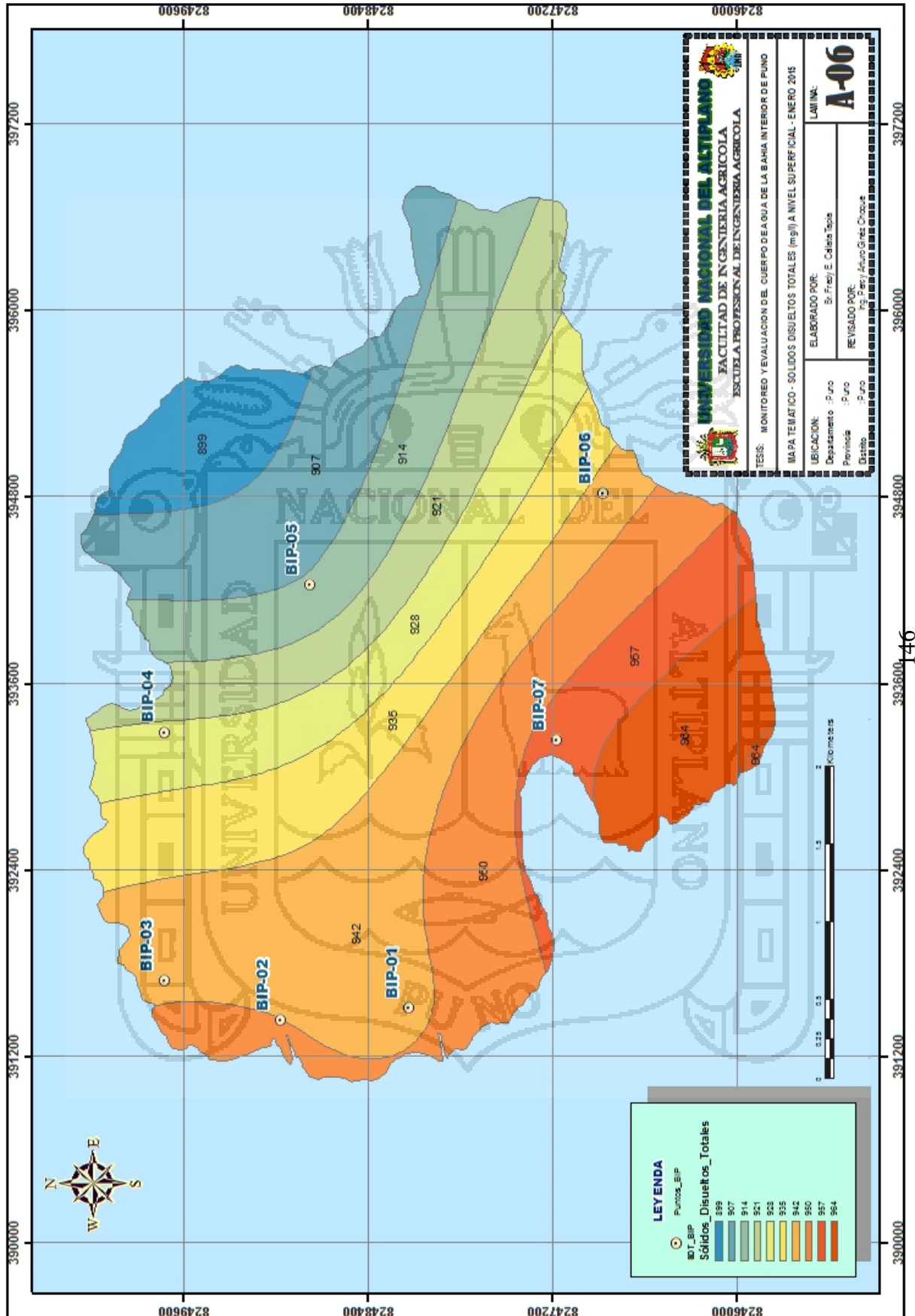


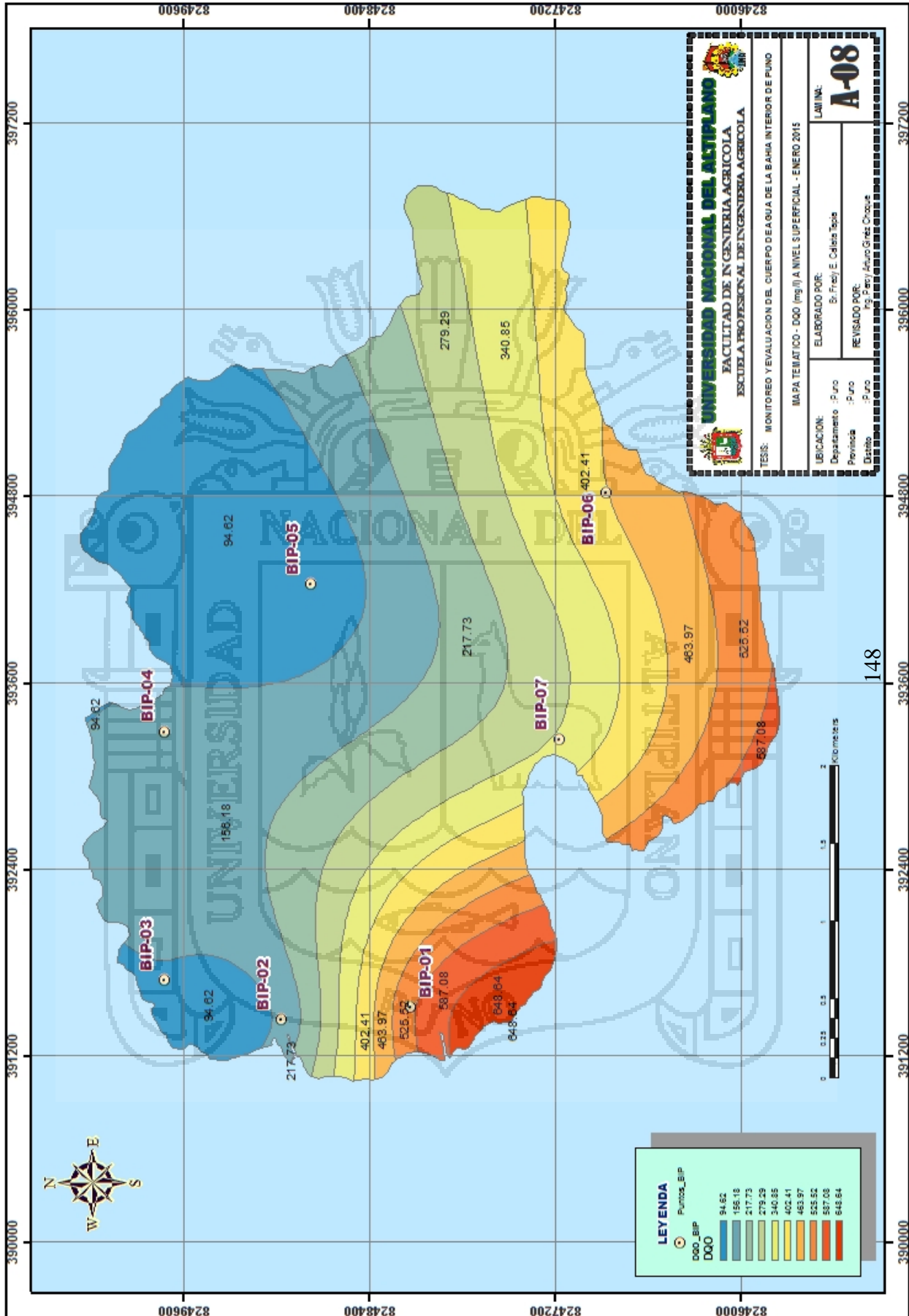


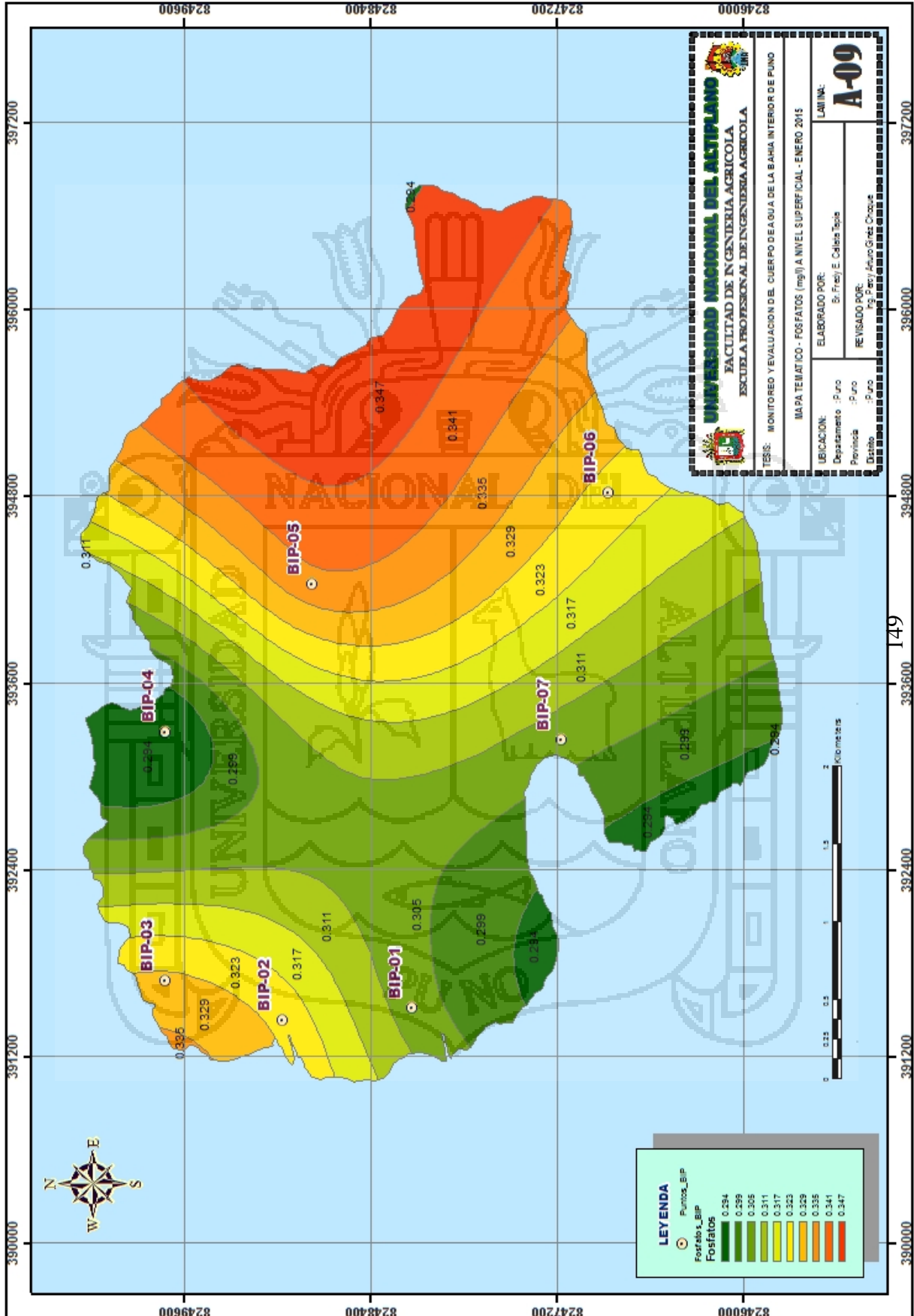


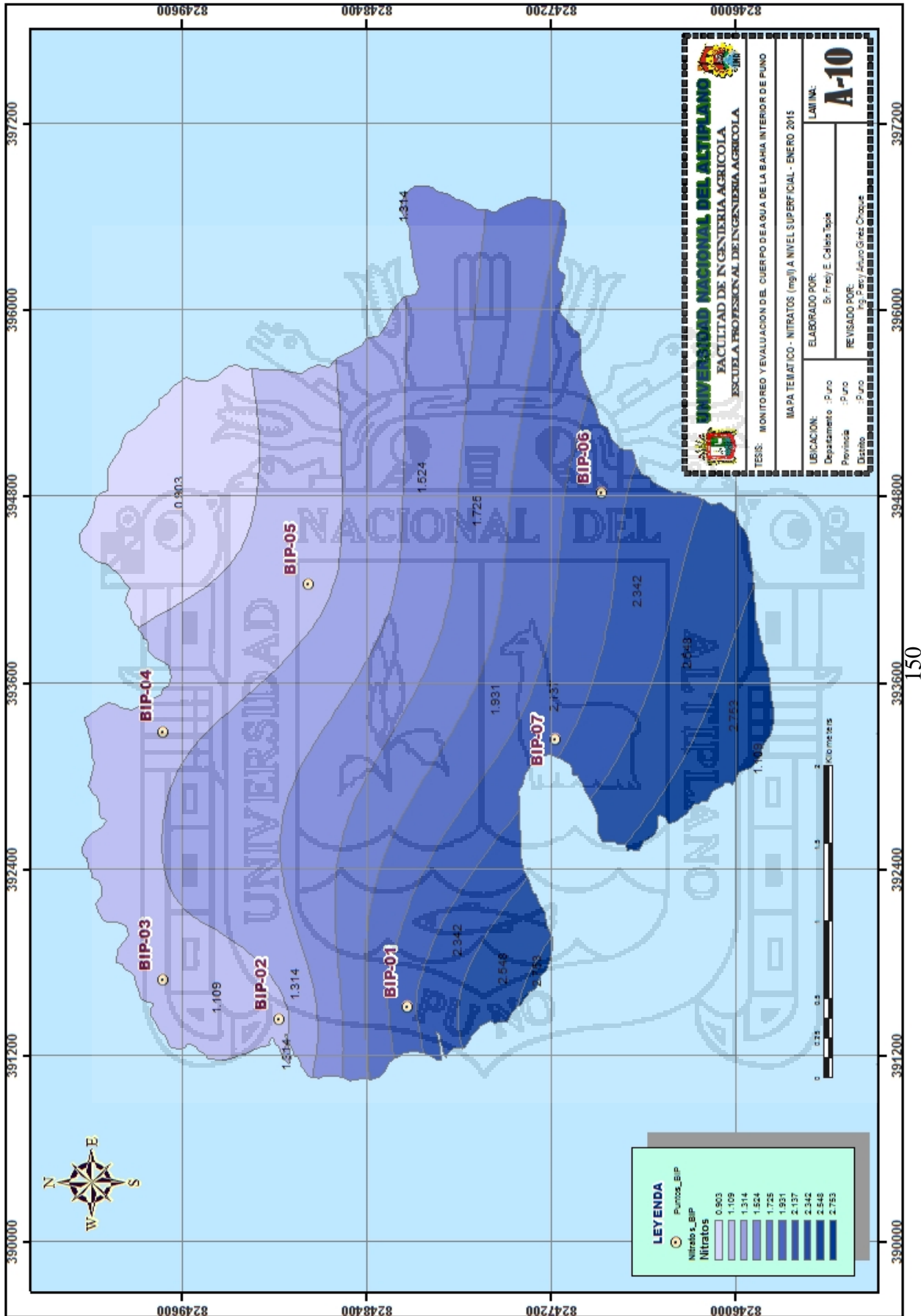


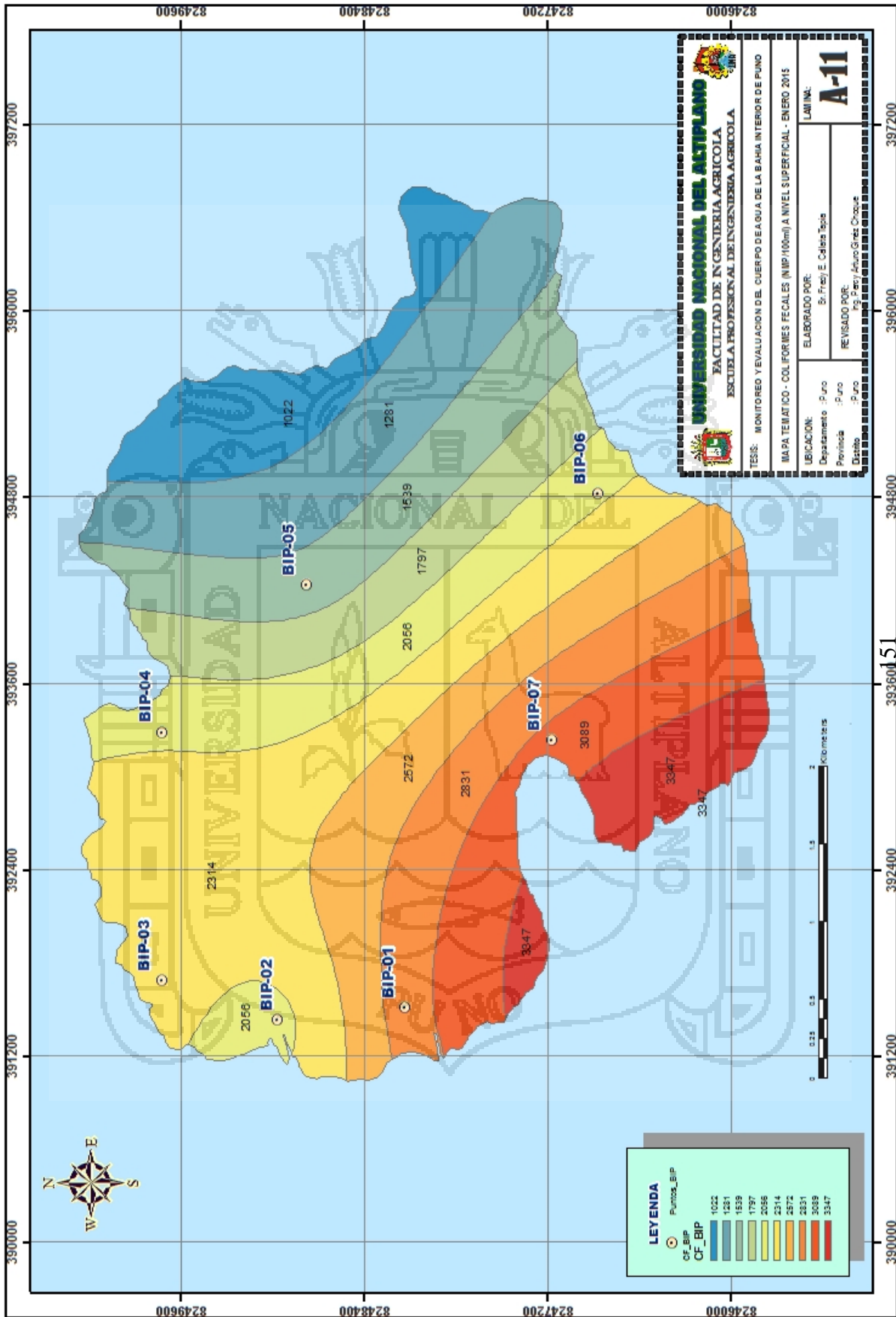


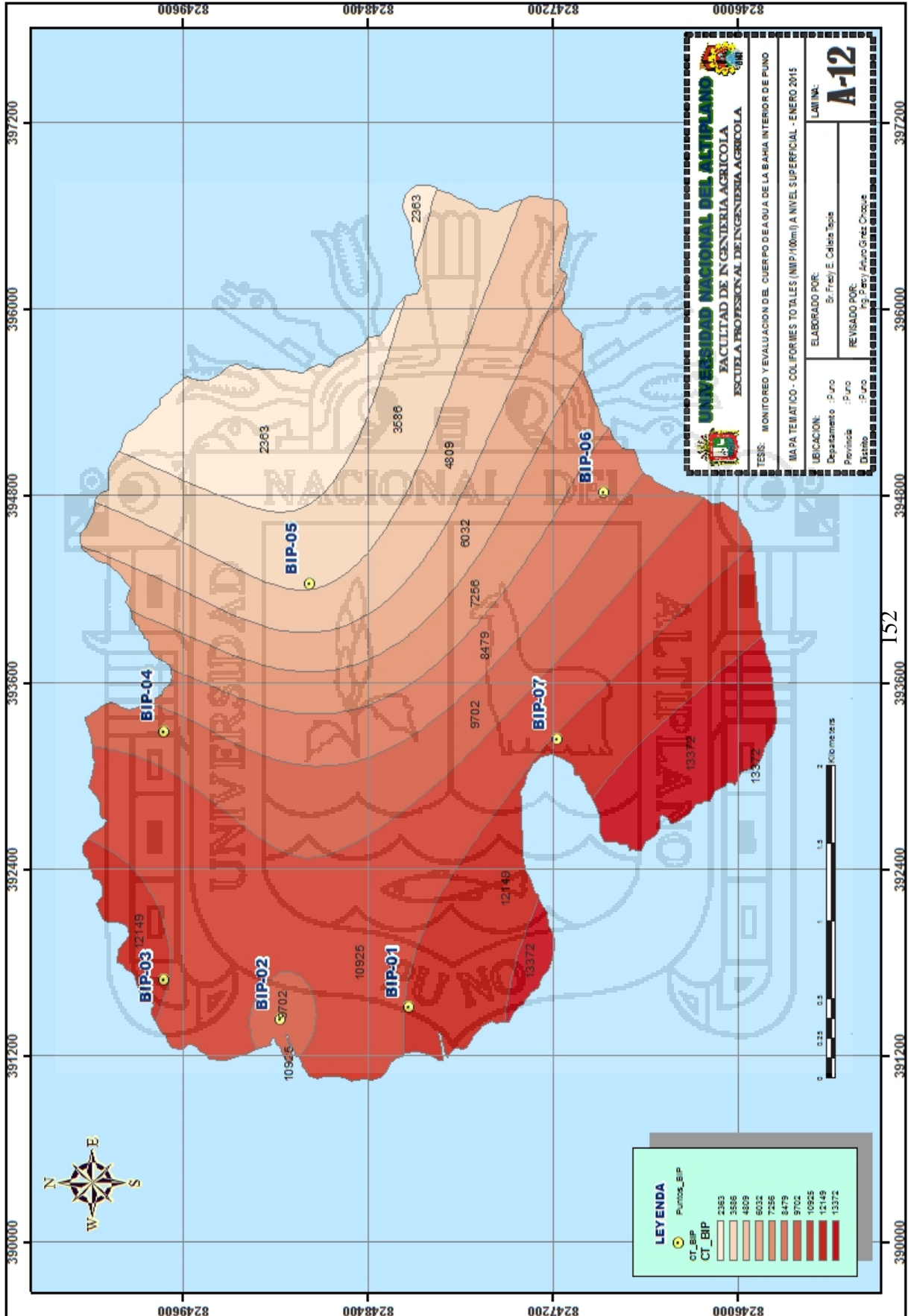


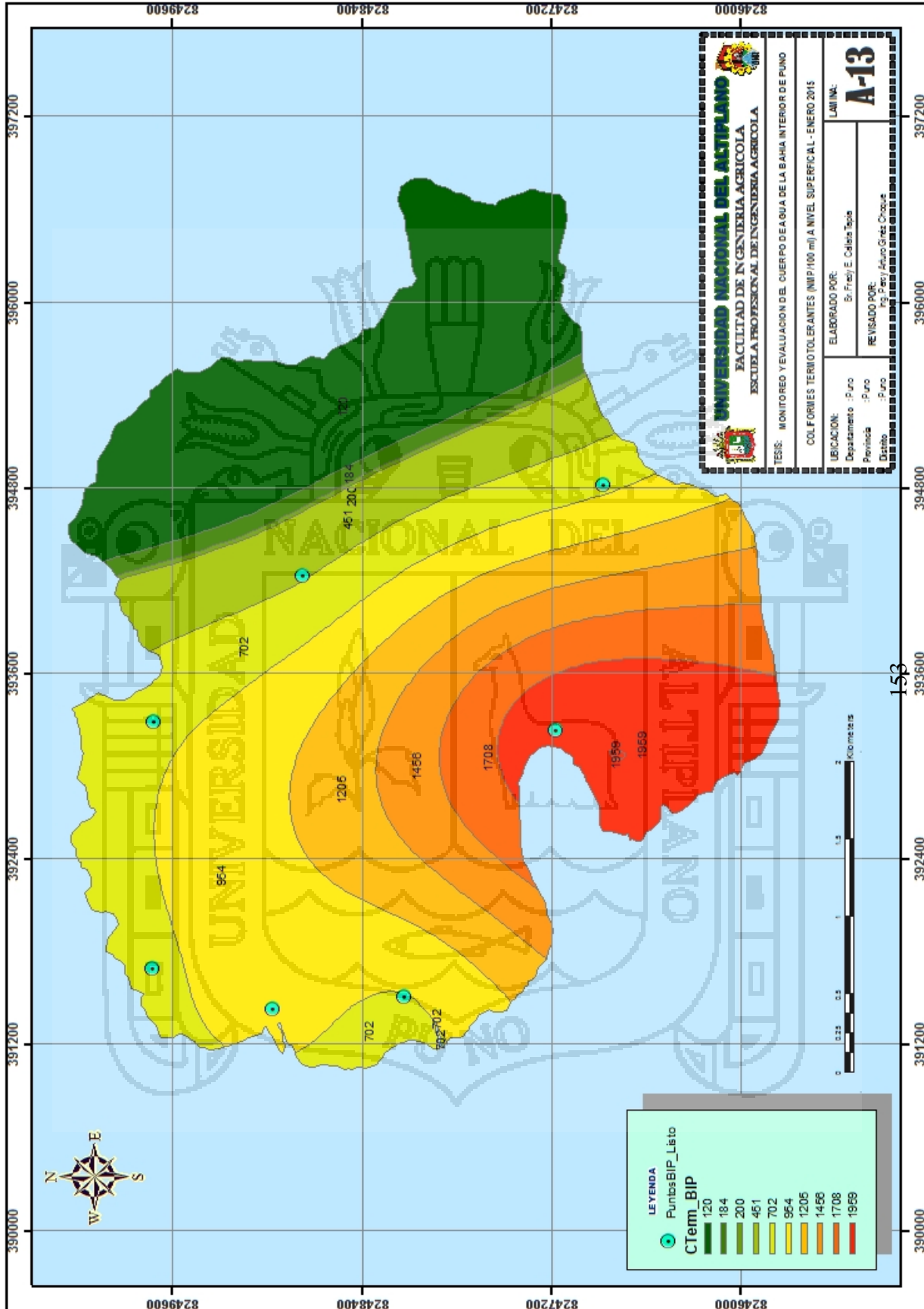












ANEXO 07:

Normas legales – estándares de calidad ambiental DS-002-2008-MINAM (Categoría 1: Poblacional y recreacional y Categoría 4: Conservación del medio ambiente acuático)

377222

 **NORMAS LEGALES**
El Peruano
Lima, jueves 31 de julio de 2008

Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarlos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON
Jefe (e)
Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

AMBIENTE

Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO
N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 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; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 2°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

El Peruano

DIARIO OFICIAL

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico. normaslegales@editoraperu.com.pe

LA DIRECCIÓN

ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm ¹⁰⁰	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. ₅	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT ⁹⁰	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
ORGÁNICOS						
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTP	mg/L	0,05	0,2	0,2	**	**
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs						
1,1,1-Tricloroetano -- 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -- 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano -- 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -- 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -- 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano -- 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono -- 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano -- 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
BETX						

Descargado desde www.elperuano.com.pe

377224

NORMAS LEGALES

El Peruano
Lima, jueves 31 de julio de 2008

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Benceno -- 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno -- 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno -- 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos -- 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno -- 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Organoclorados (COP)*:						
Aldrin -- 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin -- 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrin -- 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro -- 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Carbamatos:						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Policloruros Bifenílicos Totales						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
Otros						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

** Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1 Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Sub Categoría 2 Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Sub Categoría 3 Otras Actividades (C3)
ORGANOLÉPTICOS				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
FISICOQUÍMICOS.				
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0
DBO ₅	mg/L	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4	>=3	>=2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,06	0,08
Temperatura	celsius	**delta 3 °C	**delta 3 °C	**delta 3 °C
INORGÁNICOS				
Amoniaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1

Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloripóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
Biológicos		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente

NOTA :

NMP/100: Número más probable en 100 mL.

Vegetales de Tallo alto: Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo. las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo; Forestales, árboles frutales, etc.

Vegetales de Tallo bajo : Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo (10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

Animales mayores: Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

Animales menores: Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

SAAM: Sustancias activas de azul de metileno

CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	----
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	----
Clorofila A	mg/L	10	----	----	----	----
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		----	----
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	----	----	----	----	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

NOTA : Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

Dureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

Nitrógeno total: Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO)

Amonio: Como NH3 no ionizado

NMP/100 mL: Número más probable de 100 mL.

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

ANEXO 08:

**Certificado de análisis físico, químico y microbiológico
del agua de la bahía interior de Puno**





IQ-2015-197

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: Lago Titicaca / BIP-01
PROCEDENCIA : Cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno- Lago Titicaca
PROYECTO : Tesis "Monitoreo y Evaluación del cuerpo de agua de la Bahía Interior De Puno".
INTERESADO : Bach. **Fredy Edgar Callata Tapia**
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 19/01/2015, por el interesado
ANÁLISIS : 19/01/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

ECA-CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO			
Parámetros	Unidad	Resultados	LMP Lagunas y Lagos
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	8.91	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1880	-----
Turbiedad	NTU	7	-----
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	3.15	≥5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	941	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	205.68	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	514.20	-----
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	0.302	0,001
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	2.083	5
Temperatura de análisis	Celsius	13.17	-----

Puno, C.U. 28 de enero de 2015.
 VºBº



Edwin G. Boza Condorena
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



JEFATURA
 ING. GERMAN QUILLE CALIZATA
 Laboratorio Químico de Laboratorio Control de Calidad
 - Puno Perú - FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

10-2015

N°0198

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: Lago Titicaca / BIP-02
PROCEDENCIA : Cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno- Lago Titicaca
PROYECTO : Tesis "Monitoreo y Evaluación del cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno"
INTERESADO : Bach. **Fredy Edgar Callata Tapia**
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 19/01/2015, por el interesado
ANÁLISIS : 19/01/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

ECA-CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO			
Parámetros	Unidad	Resultados	LMP Lagunas y Lagos
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	9.63	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1881	-----
Turbiedad	NTU	9	-----
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	2.89	≥5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	942	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	43.38	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	108.45	-----
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	0.321	0,001
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	1.055	5
Temperatura de análisis	Celsius	14.20	-----

Puno, C.U. 28 de enero de 2015.
 vob°



Dr. Edwin G. Boza Condorena
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



ING. GERMAN QUILLE CALIZAYA
 Laboratorio de Control de Calidad
 - PUNO PERU - FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



IQ-2015

Nº 0199

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: Lago Titicaca / BIP-03
PROCEDENCIA : Cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno- Lago Titicaca
PROYECTO : Tesis "Monitoreo y Evaluación del cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno"
INTERESADO : Bach. Fredy Edgar Callata Tapia
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 19/01/2015, por el interesado
ANÁLISIS : 19/01/2015

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

ECA-CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO			
Parámetros	Unidad	Resultados	LMP Lagunas y Lagos
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	9.07	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1878	-----
Turbiedad	NTU	10	-----
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	3.15	≥5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	941	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	35.80	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	89.49	-----
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	0.324	0,001
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	1.052	5
Temperatura de análisis	Celsius	14.08	-----

Puno, C.U. 28 de enero de 2015.
 vºBº



Dr. Edwin G. Boza Condorena
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



ING. GERMAN QUILLE CALZAYA
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 LABORATORIO QUIMICO
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Certificado de Análisis

IQ-2015
N° 0200

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: Lago Titicaca / BIP-04
PROCEDENCIA : Cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno- Lago Titicaca
PROYECTO : Tesis "Monitoreo y Evaluación del cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno"
INTERESADO : Bach. Fredy Edgar Callata Tapia
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 19/01/2015, por el interesado
ANÁLISIS : 19/01/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

ECA-CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO			
Parámetros	Unidad	Resultados	LMP Lagunas y Lagos
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	9.02	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1842	-----
Turbiedad	NTU	9	-----
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	3.28	≥5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	922	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	44.90	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	112.24	-----
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	0.289	0,001
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	1.060	5
Temperatura de análisis	Celsius	13.00	-----

Puno, C.U. 28 de enero de 2015.
VºBº



Dr. Edwin G. Boza Condorena
DECANO F.I.Q.
UNA - PUNO



INGº GERMAN QUILLE CALIZAYA
Laboratorio Control de Calidad
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
UNA - PUNO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Certificado de Análisis

10-2015
Nº 201

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: Lago Titicaca / BIP-05
PROCEDENCIA : Cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno- Lago Titicaca
PROYECTO : Tesis "Monitoreo y Evaluación del cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno"
INTERESADO : Bach. Fredy Edgar Callata Tapia
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 19/01/2015, por el interesado
ANÁLISIS : 19/01/2015

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

ECA-CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO			
Parámetros	Unidad	Resultados	LMP Lagunas y Lagos
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	8.86	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1815	-----
Turbiedad	NTU	7	---
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	2.62	≥5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	908	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	23.66	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	59.15	-----
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	0.333	0,001
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	1.038	5
Temperatura de análisis	Celsius	13.00	-----

Puno, C.U. 28 de enero de 2015.
vºBº



[Signature]
 Edwin G. Boza Condorena
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



[Signature]
 GERMAN QUILLE CALZATA
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



IQ-2010-203

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: Lago Titicaca / BIP-06
PROCEDENCIA : Cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno- Lago Titicaca
PROYECTO : Tesis "Monitoreo y Evaluación del cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno"
INTERESADO : Bach. Fredy Edgar Callata Tapia
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 19/01/2015, por el interesado
ANÁLISIS : 19/01/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO			
Parámetros	Unidad	Resultados	LMP Lagunas y Lagos
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	8.88	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1871	-----
Turbiedad	NTU	10	-----
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	3.01	≥5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	937	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	160.18	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	400.44	-----
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	0.321	0,001
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	2.056	5
Temperatura de análisis	Celsius	13.60	-----

Puno, C.U. 28 de enero de 2015.
 VºBº



[Signature]
 Edwin G. Boza Condorena
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



[Signature]
 ING. GERMAN QUILLE GALIZAYA
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

IQ-2015 0205

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: Lago Titicaca / BIP-07
PROCEDENCIA : Cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno- Lago Titicaca
PROYECTO : Tesis "Monitoreo y Evaluación del cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno"
INTERESADO : Bach. Fredy Edgar Callata Tapia
MOTIVO : Control de calidad
MUESTREO : 19/01/2015, por el interesado
ANÁLISIS : 19/01/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

ECA-CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO			
Parámetros	Unidad	Resultados	LMP Lagunas y Lagos
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	8.65	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1901	-----
Turbiedad	NTU	43	-----
Oxígeno Disuelto (Ob)	mg/L	2.10	≥5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	953	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	114.28	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	285.70	-----
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	0.302	0,001
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	2.085	5
Temperatura de análisis	Celsius	15.60	-----

Puno, C.U. 28 de enero de 2015.
VºBº



[Signature]
 Edwin G. Boza Condorena
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



[Signature]
 GERMAN QUILLE CALZAYA
 Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO

CERTIFICADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DATOS GENERALES:

Solicitante : Br. Fredy Edgar Callata Tapia
Muestra : Agua del Lago Titicaca
Tipo de Análisis : Bacteriológico
Procedencia : Bahía Interior de Puno
Motivo : Trabajo de Investigación (Tesis Pre-grado)
Nº de Muestras : 07 Muestras de 500 ml
Métodos de Análisis : Indicadores de contaminación; Numero Más Probable (NMP) Para Coliformes Totales, Fecales y Termotolerantes

RESULTADOS:

MUESTRA 01: Frente al Terminal Terrestre

Coliformes Totales : 11000 NMP/100 ml
 Coliformes Termotolerantes : 700 NMP/100 ml
 Coliformes Fecales (E. Coli) : 2700 NMP/100 ml

MUESTRA 02: Frente al Muelle de Puno

Coliformes Totales : 9500 NMP/100 ml
 Coliformes Termotolerantes : 780 NMP/100 ml
 Coliformes Fecales (E. Coli) : 2000 NMP/100 ml

MUESTRA 03: Frente a la Universidad

Coliformes Totales : 11000 NMP/100 ml
 Coliformes Termotolerantes : 650 NMP/100 ml
 Coliformes Fecales (E. Coli) : 2200 NMP/100 ml

MUESTRA 04: Frente a Muelle Isla Estevez

Coliformes Totales : 9000 NMP/100 ml
 Coliformes Termotolerantes : 620 NMP/100 ml
 Coliformes Fecales (E. Coli) : 2000 NMP/100 ml

MUESTRA 05: Isla Blanca

Coliformes Totales : 3400 NMP/100 ml
 Coliformes Termotolerantes : 420 NMP/100 ml
 Coliformes Fecales (E. Coli) : 1400 NMP/100 ml

MUESTRA 06: Frente al Terminal Terrestre

Coliformes Totales : 8000 NMP/100 ml
 Coliformes Termotolerantes : 640 NMP/100 ml
 Coliformes Fecales (E. Coli) : 2000 NMP/100 ml

167




M.Sc. EVA LAURA CHAUCA
 Docente Principal D.E. FCCBB - UNA

MUESTRA 07: Isla Espinar

Coliformes Totales	: 11000 NMP/100 ml
Coliformes Termotolerantes	: 1900 NMP/100 ml
Coliformes Fecales (E. Coli)	: 2900 NMP/100 ml

INTERPRETACION:

La muestra de agua analizada, presenta carga bacteriológica de coliformes totales y fecales, por encima de los límites permisibles, coliformes termotolerantes, por debajo de los permisible, cuyos estándares para la calidad de aguas de Lago son: Coliformes totales 3000 NMP/100 ml, Coliformes fecales 100 NMP/100 ml (*Escherichia coli*), y coliformes Termotolerantes 2000 NMP/100 ml, según RM N° 615-2003 SA/DM.

Los análisis bacteriológicos se realizaron siguiendo las metodologías establecidas por EL CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima-Perú. 1998) y APHA (American Public Health Association 19th) y Standares Nacionales de Calidad ambiental para aguas Res. Ministerial 246-2010, MINAM 2012.Lima.

Puno, 23 de Enero del 2015.

