

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**“CONTAMINACIÓN POR TIPO DE USOS DE SUELOS Y  
DETERIORO EN LA CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA DEL  
LAGO TITICACA”**

**Presentada por:**

**YONY ANGEL LAQUI VILCA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Lima-Perú**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“CONTAMINACIÓN POR TIPO DE USOS DE SUELOS Y  
DETERIORO EN LA CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA DEL  
LAGO TITICACA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Presentada por:**

**YONY ANGEL LAQUI VILCA**

**Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:**

.....  
**M. Sc. Juan Antonio Guerrero Barrantes**  
**PRESIDENTE**

.....  
**Mg. Sc. Sebastián Santayana Vela**  
**PATROCINADOR**

.....  
**Mg. Sc. Rosa Miglio Toledo**  
**MIEMBRO**

.....  
**Mg. Sc. Ever Menacho Casimiro**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mi familia,  
por ser mi ejemplo y apoyo  
en este largo camino  
de ser mejor día a día.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi patrocinador, Mg. Sc. Sebastián Santayana Vela, por su disposición, dirección e invaluable apoyo en el desarrollo de la investigación.

A los miembros del comité consejero, conformado por el Mg. Sc. Juan Antonio Guerrero Barrantes, Mg. Sc. Rosa Miglio Toledo y Mg. Sc. Ever Menacho Casimiro, por su apoyo y disposición para lograr este objetivo.

A la Autoridad Nacional del Agua, Gobierno Regional de Puno y Universidad Nacional Agraria La Molina.

A Dios,

"Todo lo puedo en Cristo que me fortalece"

(Filipenses 4:13).

# ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
	2.1. PROBLEMÁTICA EN LA CUENCA DEL LAGO TITICACA.....	3
	2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA .....	7
	2.2.1. Cuencas transfronterizas.....	8
	2.2.2. Cuenca del Lago Titicaca .....	8
	2.3. IMPORTANCIA DEL SUELO .....	8
	2.3.1. Uso actual de la tierra .....	9
	2.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN UNA CUENCA .....	9
	2.4.1. Fuentes de contaminación urbana.....	9
	2.4.2. Lavado de polvo y suciedad acumulada .....	11
	2.4.3. Metales pesados .....	11
	2.5. PROCESOS FÍSICOS DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES .....	12
	2.6. PAISAJE O MOSAICO .....	13
	2.6.1. Estructura y funcionamiento del paisaje.....	14
	2.6.2. Transformación de coberturas .....	15
	2.6.3. Fragmentación .....	15
	2.6.4. Parches .....	15
	2.6.5. Métricas de paisaje .....	16
	2.6.6. <i>Fragstats</i> .....	16
	2.6.7. Niveles de zonificación.....	17
	2.7. CALIDAD DE AGUA.....	17
	2.8. USO ACTUAL DE SUELOS .....	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
	3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	26

3.2. MATERIALES .....	30
3.3. MÉTODOS .....	30
3.3.1. Recopilación y análisis de información existente.....	30
3.3.2. Generación de información topográfica .....	30
3.3.3. Identificación y delimitación de unidades hidrográficas .....	32
3.3.4. Determinación del uso actual de suelos.....	33
3.3.5. Análisis de parámetros de calidad de agua .....	35
3.3.6. Datos de entrada para <i>Fragstats</i> .....	36
3.3.7. Métricas del paisaje .....	36
3.3.8. Análisis estadístico .....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.....	41
4.2. DELIMITACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS.....	50
4.3. USO ACTUAL DEL SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO TITICACA....	51
4.4. ANÁLISIS DE USO DE SUELOS DE LAS SUBCUENCAS DE INTERÉS	57
4.5. ANÁLISIS DE MÉTRICAS DEL PAISAJE .....	59
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	64
V. CONCLUSIONES .....	70
VI. RECOMENDACIONES .....	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
VIII. ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Contaminantes asociados a los focos y sectores. ....	10
Tabla 2 : Elementos contaminantes en la esorrentía de superficies de rodadura.....	11
Tabla 3 : Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua.....	18
Tabla 4 : Inventario de cuerpos de agua en el ámbito de la cuenca. ....	28
Tabla 5 : Informes de ensayos de laboratorio para los puntos de monitoreo en la cuenca del Lago Titicaca (SAG. S.A.C.) .....	31
Tabla 6 : Informes técnicos de puntos de monitoreo en la cuenca del Lago Titicaca. ....	31
Tabla 7 : Parámetros de calidad de agua, cuenca del Lago Titicaca. ....	31
Tabla 8 : Elementos de calidad de agua, cuenca del Lago Titicaca. ....	32
Tabla 9 : Niveles de clasificación de las unidades de uso actual del territorio. ....	34
Tabla 10: Métricas de composición y configuración determinadas por <i>Fragstats</i> .....	36
Tabla 11: Uso de suelo en la cuenca del Lago Titicaca.....	55
Tabla 12: Resumen métricas del paisaje para las subcuencas. ....	61
Tabla 13: Resumen de porcentaje de cobertura (PLAND) para las subcuencas. ....	62
Tabla 14: Resumen de índice de parche más largo (LPI) para las subcuencas. ....	63
Tabla 15: Resumen densidad de borde (ED) para las subcuencas. ....	64
Tabla 16: Matriz de correlación.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Contaminación en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca.....	6
Figura 2 : Esquema de la clasificación de cuencas, según el Sistema Pfafstetter. ....	8
Figura 3 : Proceso de difusión molecular – Tanque.....	12
Figura 4 : Perfil de velocidad transportado por advección y dispersión. ....	13
Figura 5 : Efectos de advección y dispersión, caso de una nube de tinta.....	13
Figura 6 : Patrones de heterogeneidad en función de variación de escala espacial.....	14
Figura 7 : Niveles de zonificación.....	17
Figura 8 : Área urbana de la ciudad de Puno.....	19
Figura 9 : Unidad minera Arasi (Aruntani) distrito de Ocuvi, provincia Lampa.....	20
Figura 10: Cultivos de quinua y avena forrajera, provincia de Puno. ....	20
Figura 11: bosque de queñuales, provincia San Antonio de Putina. ....	21
Figura 12: Plantaciones forestales de eucaliptos, provincia Huancané.....	22
Figura 13: Vegetación herbácea de “quemillo” provincia El Collao. ....	22
Figura 14: Terrenos con escasa cobertura vegetal, Llalli en la provincia de Melgar.....	23
Figura 15: Bofedales en Capazo, cerca de la frontera con Tacna, provincia El Collao. ....	24
Figura 16: Río Lampa, provincia de Lampa.....	25
Figura 17: Unidades hidrográficas de nivel tres en la cuenca del Titicaca. ....	27
Figura 18: Unidades hidrográficas delimitadas en la vertiente del Titicaca y a nivel nacional.....	28
Figura 19: Mapa de ubicación de la cuenca del Lago Titicaca, sector peruano. ....	29
Figura 20: Procedimiento de aplicación del método IDW. ....	33
Figura 21: Delimitación de la subcuenca del río Torococha en el punto 2 (RToro2). ....	35
Figura 22: Esquema de proceso de índices con <i>Fragstats</i> .....	39
Figura 23: pH en la cuenca del Lago Titicaca.....	41
Figura 24: DBO en la cuenca del Lago Titicaca. ....	42
Figura 25: DQO en la cuenca del Lago Titicaca.....	42
Figura 26: Bario en la cuenca del Lago Titicaca.....	43
Figura 27: Calcio en la cuenca del Lago Titicaca.....	43
Figura 28: Litio en la cuenca del Lago Titicaca.....	44
Figura 29: Hierro en la cuenca del Lago Titicaca.....	44
Figura 30: Sodio en la cuenca del Lago Titicaca.....	45



Figura 31: Sulfuros en la cuenca del Lago Titicaca .....	45
Figura 32: Fosfatos en la cuenca del Lago Titicaca .....	46
Figura 33: Nitratos en la cuenca del Lago Titicaca .....	46
Figura 34: Zinc en la cuenca del Lago Titicaca.....	47
Figura 35: Arsénico en la cuenca del Lago Titicaca .....	47
Figura 36: Cadmio en la cuenca del Lago Titicaca .....	48
Figura 37: Cobre en la cuenca del Lago Titicaca .....	48
Figura 38: Níquel en la cuenca del Lago Titicaca .....	49
Figura 39: Plomo en la cuenca del Lago Titicaca .....	49
Figura 40: Coliformes termotolerantes en la cuenca del Lago Titicaca. ....	50
Figura 41: Delimitación de las subcuencas de análisis.....	52
Figura 42: Identificación de las subcuencas de interés y estaciones de monitoreo. ....	53
Figura 43: Mapa de uso actual del suelo en la cuenca del Lago Titicaca.....	54
Figura 44: Área total por tipo de uso de suelo en la cuenca del Lago Titicaca. ....	55
Figura 45: Composición del uso de suelo.....	56
Figura 46: Mapa de usos de suelo para las subcuencas de interés. ....	58
Figura 47: Procesamiento de información con <i>Fragstats</i> V. 4.2.....	60
Figura 48: Resultados de métricas para la subcuenca RAnan. ....	60
Figura 49: Gráfico de los componentes en espacio rotado.....	66
Figura 50: Análisis estadístico para el parámetro coliformes termotolerantes.....	67
Figura 51: Análisis de normalidad de residuos para coliformes termotolerantes.....	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 : ESTACIONES DE MONITOREO .....	78
Tabla A. 1 : Descripción, código y ubicación de estaciones de monitoreo.....	78
ANEXO 2 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	83
Figura A. 1 : Análisis estadístico para el parámetro hierro. ....	83
Figura A. 2 : Análisis de normalidad de residuos para el parámetro hierro .....	83
Figura A. 3 : Análisis estadístico para el parámetro zinc. ....	84
Figura A. 4 : Análisis de normalidad de residuos para el parámetro zinc. ....	84
Figura A. 5 : Análisis estadístico para el parámetro plomo.....	85
Figura A. 6 : Análisis de normalidad de residuos para el parámetro plomo.....	85
Figura A. 7 : Análisis estadístico para el parámetro fosfatos. ....	86
Figura A. 8 : Análisis de normalidad de residuos para el parámetro fosfatos. ....	86
Figura A. 9 : Análisis estadístico para el parámetro pH.....	87
Figura A. 10: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro pH.....	87
Figura A. 11: Análisis estadístico para el parámetro cadmio. ....	88
Figura A. 12: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro cadmio.....	88
Figura A. 13: Análisis estadístico para el parámetro sodio. ....	89
Figura A. 14: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro sodio. ....	89
ANEXO 3 : RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA .....	90
Tabla A. 2 : Resultados de análisis de agua de la naciente de la subcuenca Ananea – Crucero – Azángaro.....	90
Tabla A. 3 : Resultado de análisis de agua del río principal y tributarios de la subcuenca Ananea – Crucero – Azángaro. ....	91
Tabla A. 4 : Resultados de la evaluación de calidad del agua en la cuenca del río Coata..	92
Tabla A. 5 : Resultados del monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Huancané.	93
Tabla A. 6 : Resultados del monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Ilave...	98
Tabla A. 7 : Evaluación de la calidad de agua en la cuenca del río Illpa. ....	102
Tabla A. 8 : Resultados del monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de la subcuenca Santa Rosa – Ayaviri – Pucará. ....	103
Tabla A. 9 : Monitoreo de la calidad de agua de la cuenca Suches.....	104
Tabla A. 10 : Análisis de calidad del agua de Ayaviri – Pucará. ....	106
Tabla A. 11 : Análisis de calidad de agua Crucero – Azángaro.....	112

## RESUMEN

Las actividades y usos del suelo en una cuenca son variados; para evaluar la magnitud e impacto de cada tipo de uso de suelo, se requiere de una mejor comprensión de la relación suelo – agua. Las relaciones entre los distintos tipos de uso de suelos y su impacto en la calidad de agua, son importantes en la planificación y ordenamiento territorial. Debido a la complejidad para medir su influencia, fue necesario el empleo de *softwares* especializados como el *Fragstat* y *Arcgis*, a fin de expresar en términos cuantitativos la composición y configuración del territorio (métricas del paisaje); la investigación se desarrolló en la escala de mesozonificación, que abarca espacios regionales (1:100 000), empleando análisis estadístico multivariado. Los resultados muestran que, en el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca, muchos cuerpos de agua se encuentran perturbados, con valores que sobrepasan considerablemente los estándares de calidad ambiental para agua (ECA); 12 subcuencas cumplen con las condiciones de heterogeneidad de patrones de uso de suelos y presentan una estación de monitoreo ubicada en la desembocadura de cuenca; criterios previamente establecidos. Se determinó que el uso del territorio es diverso, con subcuencas dominadas por actividades antrópicas, como áreas de cultivos transitorios, áreas urbanas, áreas de extracción de minería e hidrocarburos y otras de patrones dominantes diversos; el deterioro de la calidad del agua está influenciado fuertemente por el uso de suelo urbano (PLAND7), influye directamente en los parámetros físicos analizados, como pH y coliformes termotolerantes; de similar forma, en el caso de los parámetros inorgánicos como sodio (Na) y fosfatos. Los metales y metaloides como plomo (Pb), cadmio (Cd), hierro (Fe) y zinc (Zn) tienen relación poco significativa. Los tipos de usos de suelos restantes presentan influencia poco significativa.

**Palabras claves:** Uso de suelos, calidad de agua, composición, configuración, Lago Titicaca.

## ABSTRACT

The activities and land use in a basin are diverse; To evaluate the magnitude and impact of each type of land use, a better understanding of the soil-water relationship is required. The relationships between the different types of land use and the impacts on water quality are important in planning and territorial ordering. Due to the complexity of measure this influence, it was necessary to use specialized softwares such as Fragstat, Arcgis and Mapsource, to express in quantitative terms (landscape metrics), the composition and configuration of the territory; the research was developed on the mesozonification scale, which covers regional spaces (1: 100 000) using multivariate statistical analyses. The results show that the area of the Titicaca Lake basin, many bodies of water are disturbed, with values that considerably exceed environmental quality standards for water (ECAs); only 12 sub-basins meet the conditions of heterogeneity of land use patterns and present a monitoring station located at the mouth of the basin; previously established criteria for the research. It was determined that the use of the territory is diverse, with sub-basins dominated by anthropic activities, such as areas of transitory crops, urban areas, areas of mining extraction and hydrocarbons and others where the dominant patterns are diverse; the water quality deterioration is strongly influenced by the use of urban land (PLAND7), which directly influences the physical parameters analyzed, such as pH and thermotolerant coliforms; they also influence in a similar way in the case of inorganic parameters such as sodium (Na) and phosphates. The metals and metalloids such as lead (Pb), cadmium (Cd), iron (Fe) and zinc (Zn) have little significant relationship. The types of remaining land uses have a negligible influence.

**Keywords:** Land use, water quality, composition, configuration, Lake Titicaca.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación de las fuentes de agua se constituye como el principal detonante de conflictos socioambientales, tal es el caso de la minería, que en los últimos años es la que mayores conflictos por contaminación de fuentes de agua ha generado, como los casos de Tambo Grande, Río Blanco, Conga, Tintaya, Tía María y Las Bambas, por citar algunos, donde hubo una relación tensa y violenta, con protestas y oposición a la minería, por los efectos nocivos derivados de la actividad (Robles 2015).

La minería es solo una actividad de tantas que realiza el hombre en el ámbito de una cuenca. Según Barba (2002), la contaminación puede ser de origen natural o antrópico. Sagardoy (1993) indica que la actividad agrícola contribuye con tres tipos de contaminación: componentes químicos, organismos vivos y sólidos en suspensión. Los elementos químicos provienen, principalmente, de la fertilización, plaguicidas y también del agua de riego, que, en concentraciones elevadas, pueden constituir un problema serio y un peligro potencial para los usuarios del agua. Las malas prácticas de riego producen un efecto negativo. Los sólidos en suspensión, provienen de la erosión del suelo que resultan de malas prácticas agrícolas, labranza, deforestación, sobrepastoreo y otras; la urbanización, también, altera físicamente el paisaje, la hidrología de la cuenca, generando efectos negativos en la calidad del agua (Kennen *et al.* 2010). Para algunos autores, la tierra es un componente del paisaje que cumple un rol fundamental en la generación de contaminantes (Giri y Qiu 2016).

La relación entre los patrones de uso del suelo y la calidad de agua, es una herramienta útil para la planificación, a fin de protegerla de la contaminación; si bien, es difícil alcanzar una clara comprensión de esta relación por la heterogeneidad de los patrones de uso del suelo, se han desarrollado modelos empíricos, relativos a esa heterogeneidad y la calidad de agua de corrientes de orden inferior, en distintas regiones, empleando para ello el análisis estadístico multivariable (Ding *et al.* 2015).

Para establecer la relación entre el suelo y la calidad del agua, es necesario incluir en el análisis las métricas del paisaje, representar su composición, tamaño del parche, estructura y diversidad. Estas métricas, no solo reflejan el uso del suelo y la cobertura; representan la estructura espacial del paisaje, este análisis se realiza con el *software Fragstats* (McGarigal *et al.* 2002).

El lago Titicaca se ubica en la meseta de El Collao, en el altiplano de Perú y Bolivia y es una cuenca transfronteriza, cuenta con un área aproximada de 56 182 km<sup>2</sup> (ANA 2017).

Según la CMPRALTA (2014) la presencia de alta concentración en metales pesados, con valores que superan los establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua, que indica que este ambiente acuático está altamente perturbado, siendo un riesgo para la conservación de la vida en el ecosistema y para las poblaciones cercanas. También, menciona como conclusión, que en la bahía interior de Puno se evidenció la concentración de metales pesados y metaloides como influencia de la actividad minera, pero en el caso particular esta cuenca, no se registra, ni evidencia actividad minera alguna; surgiendo así la interrogante sobre la causa de estas altas concentraciones, que dieron origen al desarrollo de la investigación. La información que proporciona la investigación, contribuye a la planificación y ordenamiento territorial, como documento de consulta para las entidades e instituciones a cargo, a fin de que implementen políticas que conduzcan a una adecuada planificación del uso y ocupación del territorio para asegurar la conservación de los recursos hídricos en el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca.

En ese sentido, la presente investigación tuvo como objetivo general, determinar la influencia de los tipos de uso de suelo, como factor de contaminación y degradación de la calidad del agua, en el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca, en el sector peruano.

Como objetivos específicos fueron: (a) evaluar la calidad de agua en el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca; (b) determinar y evaluar las subcuencas que aplican para el análisis dentro de la cuenca del Lago Titicaca; y, (c) cuantificar los diferentes aspectos de uso del suelo, en cuanto a configuración y composición.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. PROBLEMÁTICA EN LA CUENCA DEL LAGO TITICACA**

La problemática nacional, también, está presente en esta cuenca; casos tales como, el de los distritos de Asillo, Azángaro, Crucero y San Antonio, afectados por la minería informal asentada en los distritos de Ananea, Crucero y Cuyo, según los pobladores responsables de la contaminación del río Ramis; el caso del distrito de Paratia, provincia de Lampa, con la empresa CIEMSA S.A. por la reparación de daños ambientales; también, está el caso los distritos de Ajoyani y Antauta, en las provincias de Carabaya y Melgar, respectivamente, en conflicto con la empresa MINSUR S.A. por la compensación de daños generados; otro caso importante, es el distrito de Llalli (provincia de Melgar), por la contaminación de los ríos en la microcuenca Llallimayo por la empresa minera Aruntani; otro caso es el de las comunidades cercanas al río Chacapalca, en el distrito de Ocuvi (provincia de Lampa) con la minera ARASI S.A.C; también, está la comunidad Condoraque, en el distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina con la minera Sillustani S.A. por la contaminación por relaves de sus captaciones de agua.

En el 2016, las comunidades colindantes al proyecto minero Santo Domingo (MINSUR S.A.) en el distrito de Nuñoa, (provincia de Melgar) se opusieron a las actividades mineras, señalando que afectarían los recursos hídricos que abastecen a la población campesina, por estar ubicadas en la cabecera de la cuenca (Cutipa 2017).

Estos, son solo algunos casos que se dan en el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca, en la zona quechua; mientras que los territorios ocupados por la población aymara, no tienen actividad minera desarrollada, se desarrollan otras actividades, tales como la agricultura, ganadería, piscicultura; y, además, se ubican otras urbes importantes de la región.

En el sur de la cuenca del Titicaca, el gobierno canceló el proyecto minero Santa Ana que consistía en la explotación de plata por la empresa canadiense Bear Creek, debido a los conflictos sociales de gran impacto que fueron conocidos como el “Aymarazo”, por lo que

deberá pagar por concepto de indemnización S/ 108 394 504,00, según decreto supremo publicado en el diario oficial El Peruano.

Como antecedente se tiene el D.S. N° 075-2013 – PCM, indica que, la cuenca del Lago Titicaca viene siendo impactada por el vertido de aguas residuales de actividades extractivas formales e informales, así como aguas residuales domesticas de poblaciones situadas en el ámbito de la cuenca, aguas sin tratamiento alguno, por lo que superan los estándares de calidad ambiental (ECA) de agua establecidos en la normativa vigente; mencionan, casos de los ríos Ramis y Suches, con elevadas concentraciones de metales y sedimentos, provenientes de actividades mineras.

Si bien hubo iniciativas legislativas que favorecían el control y recuperación de las condiciones ambientales en la cuenca del Titicaca, algunas dispersas y poco coordinadas, no fueron eficientes. En 1972 se construyó, lagunas de tratamiento para una ciudad, entonces solo con 30 mil habitantes; en el 2000, el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT) desarrolló programas de reproducción controlada y repoblación de especies nativas. En el 2004 el GORE Puno, ejecutó un programa de manejo y conservación ambiental del lago Titicaca; posteriormente, en el 2004, el programa de apoyo a la conservación y manejo de la biodiversidad; en el 2005, el Ministerio de Agricultura realizó el proyecto de recuperación y conservación de ecosistemas de bofedales; en el 2007, el GORE Puno ejecutó el proyecto de desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial en la región.

La municipalidad provincial de Yunguyo, fue la única que ejecutó un proyecto de mejoramiento de sistema de agua potable y saneamiento; en el 2010, se instalaron aireadores en la bahía interior de Puno, por parte de la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT); en el 2011, la Municipalidad Provincial de Puno, por intermedio del Programa Especial Bahía Interior del Titicaca, se empleó microorganismos efectivos para que ayuden a transformar el nitrógeno y fósforo en compuestos más simples, sin obtener los resultados esperados (MINAM 2013).

La CMPRALTA (2014) indica que, existe la presencia de alta concentración de metales pesados, tales como el plomo (0,0172 mg/L), cobre (0,0288 mg/L), cadmio (0,0328 mg/L) y níquel (0,0277 mg/L) en la bahía interior de Puno, valores que superan los ECA del agua; lo que indica que este ambiente acuático está altamente perturbado y que ponen en riesgo la



conservación de la vida y de las poblaciones cercanas, por lo que requiere de estudios y acciones, que ayuden a solucionar el problema.

El GORE Puno (2015), evaluó y determinó las diferentes formas de uso de unidades del suelo mediante la leyenda *Corine Land Cover*, que es una metodología propuesta por la Unión Europea y el Ministerio del Ambiente del Perú, un trabajo desarrollado a escala de mesozonificación, como parte del proceso de zonificación ecológica y económica, considerando las coberturas naturales y antrópicas, para ello se apoyó en imágenes satelitales *Landsat MT*, 2011, con una resolución espacial de 30 m y cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional, a escala 1:100 000, teniendo para ello, tres etapas claramente diferenciadas; el planeamiento del estudio, el trabajo en campo y la elaboración del mapa.

Mediante este proceso, se determinó 35 niveles de uso actual de tierras, siendo la de mayor extensión, el herbazal denso (ichu) con 2 457 096,068 ha (32,49 por ciento del territorio); luego, el bosque denso alto que tiene una extensión de 1 480 615,11 ha (19,58 por ciento), los cultivos transitorios con 676 074,11 ha (8,94 por ciento), tierras desnudas con 586 501,26 ha (7,76 por ciento); herbazal denso 517 306,28 ha (6,84 por ciento); lagos, lagunas y ciénagas con 496 662,39 ha (6,57 por ciento), herbazal denso con 384 506,79 ha (5,08 por ciento) entre los principales.

La problemática de cuerpos de agua perturbados, es una realidad a nivel de toda la cuenca del Titicaca, en mayor o menor grado. Para algunos autores, la carga contaminante urbana transportada por la escorrentía, varía de un evento a otro y depende de varios factores, tales como el periodo de la época seca precedente, la intensidad de la precipitación y el volumen de precipitación.

La carga contaminante se acumula en la superficie urbana en época seca y es arrastrada por escorrentía por los sistemas de drenaje o independientemente (Hunter *et al.* y Weibel *et al.*; citados por Cagliao 2002), proceso que ocurre en el ámbito de estudio, tal como se aprecia en la Figura 1.

Sartor y Boyd (1972) indican que la escorrentía que proviene de la superficie de las calles, por lo general, presentan altos índices de contaminación de origen inorgánico y mineral, también, que la cantidad de carga contaminante, depende del tiempo que transcurre desde la

última vez que fue limpiada el área por precipitación; la cantidad de carga contaminante presente difiere entre las distintas zonas y no están distribuidas uniformemente a lo largo del recorrido; la remoción de las partículas por escorrentía depende de factores, tales como la intensidad de las precipitaciones, características de la superficie y tamaño de las partículas, mencionan, que las prácticas de limpieza son más de carácter estético debido que la remoción de las partículas finas en las calles es baja y que el esfuerzo para eliminar las partículas más finas es mucho mayor que lo habitual.



**Figura 1: Contaminación en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca.**

FUENTE: Misioneros Maryknoll 2017

Desarrollaron diversos mecanismos para describir el proceso de lavado superficial de contaminantes, indicando que está compuesto de acciones de separación del contaminante de la superficie; transporte de partículas hacia las cunetas, luego transportar de cunetas a alcantarillas y a través de los conductos la carga contaminante; en sus fracciones solubles se disuelven y la turbulencia generada por la lluvia ayudan a este proceso, mientras que las partículas que presentan distintos tamaños, se desagregan debido al impacto del agua de lluvia tiene con la superficie, este mismo impacto hace que posteriormente, al mezclarse las partículas se mantengan en un estado de pseudo suspensión (Sartor y Boyd, 1972).

En estudios anteriores, los tipos de usos de suelo agrícola, urbano, bosques y pastizales, han mostrado tener una relación positiva con los nutrientes, sedimentos, compuestos de pesticidas y otros elementos encontrados en cuerpos de agua situados en una cuenca (Liu, Zhang y Liu 2012; Sun *et al.* 2013; Tu 2011; Wan *et al.* 2014).

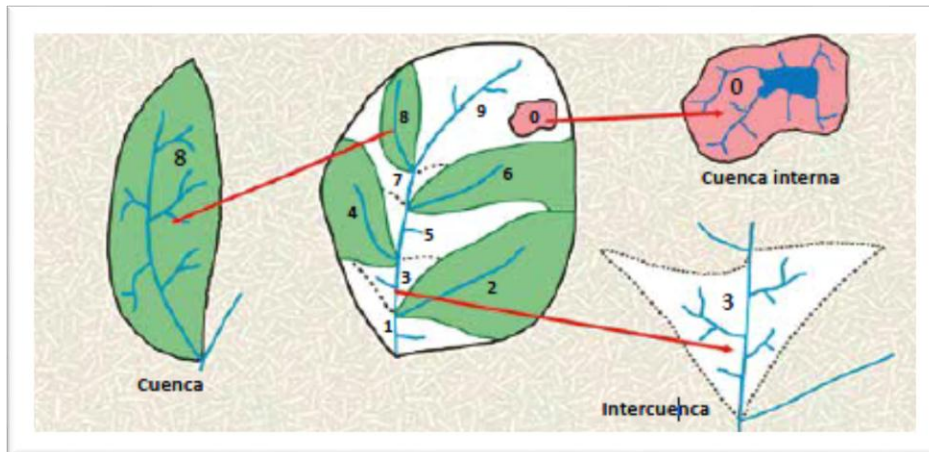
Las condiciones geográficas particulares que presenta la cuenca del Titicaca, hacen que el planteamiento de soluciones integrales sea muy complejo, debido a los diversos actores que están involucrados, uno de los cuales es la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT), que como indica en su visión “...constituirse en referente internacional como la autoridad técnica y científica en la gestión de cuencas transfronterizas, que gestiona eficientemente los recursos hídricos, hidrobiológicos y ambientales, promoviendo la interrelación entre todos los actores del sistema hídrico TDPS (lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó, Salar de Coipasa), como eje fundamental para el desarrollo sostenible...”, junto a ella, están la Autoridad Nacional del Agua (ANA), las Autoridades Locales del Agua (ALA), el Gobierno Regional de Puno (GORE PUNO), Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT), Defensoría del Pueblo, por el lado peruano y el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) y la Unidad Operativa Boliviana de la Autoridad Binacional del Sistema Hídrico – TDPS (UOB) que en el 2014 la evaluación de la calidad del agua del Lago Titicaca Perú – Bolivia (ANA 2014); mientras que estuvieron ausentes, DIGESA, IMARPE, la Dirección Regional de Salud, Ministerio del Ambiente, Ministerio de la Producción, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, la sociedad civil entre otros; por lo que las acciones en este tipo de cuencas requieren un trato especial y trabajo multidisciplinario e interinstitucional de carácter binacional.

## **2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA**

Villón (2002), indica que es el área territorial, donde el agua producto de la precipitación se une, para formar un curso de agua único; su delimitación se realiza sobre un mapa con curvas de nivel, guiados por la divisoria de aguas, que distribuye el escurrimiento a cada sistema de corriente y que fluye al punto de salida.

Tucci (1997), define a la cuenca hidrográfica como un área de captación natural de la precipitación y mediante el escurrimiento termina en un único punto de salida; esta unidad está compuesta por una red de drenaje, que confluye hasta resultar en un lecho único.

**Figura 2: Esquema de la clasificación de cuencas, según el Sistema Pfafstetter.**



Fuente: ANA 2012

### **2.2.1. Cuencas transfronterizas**

La ANA (2016), define una cuenca transfronteriza, como el área de todas las aguas superficiales que están situadas entre las fronteras de dos o más países, en lo referido a aguas transfronterizas indica que el límite lo constituye una línea imaginaria.

### **2.2.2. Cuenca del Lago Titicaca**

La cuenca endorreica del Lago Titicaca se ubica, geográficamente, en territorio de Perú y Bolivia. En el sector peruano, abarca 13 provincias y 93 distritos, en la región Puno. Sus límites son; por el norte, la cordillera de Carabaya; por el sur, la frontera boliviana; por el este, la cordillera Oriental o Real; y, por el oeste, la cordillera de Los Andes (MINAM, 2013).

## **2.3. IMPORTANCIA DEL SUELO**

El suelo tiene gran influencia sobre el medio ambiente; la supervivencia y bienestar de la población dependen de él, tiene un proceso de regeneración muy lento y debe ser considerado como un recurso no renovable y que cada vez es más escaso, por encontrarse sometido a procesos de degradación y destrucción por causas naturales o antropogénicas; cumple funciones importantes como la producción de biomasa, el secuestro y almacenamiento de carbono, soporte de las actividades humanas, fuente de materia prima, reserva de biodiversidad, reserva de agua, filtro y transformación de nutrientes (Gardi *et al.* 2014).

### **2.3.1. Uso actual de la tierra**

Gardi *et al.* (2014) lo definen como una secuencia de operaciones que tiene como finalidad la obtención de bienes y servicios; se tiene distintos usos en función a lo que se desea obtener de un territorio en particular a través de su gestión, este uso se determina por el potencial biofísico, factores socioeconómicos y los límites que el mismo impone.

Los datos del uso y de la cobertura del suelo se constituyen como un elemento básico, también, como herramienta para la planificación y ordenamiento del territorio, debido a que las actividades humanas pueden ejercer presiones sobre los elementos de la naturaleza, generando impactos en su mayoría negativos; a las formas de uso y ocupación se les conoce como tipos de uso, si es a nivel espacial viene a ser un mapa de uso, a nivel de caracterización es la intensidad de uso y en términos cuantificables se representa por porcentaje de área que ocupa cada tipo (Cornelli *et al.* 2016).

## **2.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN UNA CUENCA**

Barba (2002) considera dos tipos de fuentes de contaminación, naturales y antropogénicas; dentro de las naturales, cita al mercurio que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y que contamina en mayor grado, que el mercurio que procede de la actividad humana; similar es el caso de los hidrocarburos y otros compuestos. La contaminación natural, generalmente, ocurre de forma muy dispersa, excepto en algunos lugares específicos. La contaminación de origen antrópico, se debe a cuatro principales focos de contaminación (industria, vertidos urbanos, navegación y ganadería – agricultura), tal como se muestra en la Tabla 1.

El MINSA (2015) indica que la contaminación es el resultado de un desequilibrio producido por los procesos antropogénicos que generan efectos adversos en la vida. En el caso del Perú, identificaron como los principales contaminantes al plomo, mercurio, arsénico, aluminio, magnesio, hierro, cobre y cianuro, además del dióxido de azufre y ácido sulfúrico.

### **2.4.1. Fuentes de contaminación urbana**

Glynn y Gary (1999) indican que las fuentes contaminantes urbanas se clasifican en puntuales y difusas. La contaminación es puntual, cuando ésta va a través de un canal al

depósito final, estos vertidos son de fácil localización por lo que su origen también es identificable con facilidad. La contaminación difusa urbana es aquella fuente que no es fácilmente localizable, se encuentra dispersa por áreas extensas, por lo que su control resulta más complicado.

Novotny y Deutsh, citados por Zafra *et al.* (2007), mencionan algunas características importantes relacionadas a este tipo de contaminación; por ejemplo, que guardan relación con la lluvia, la contaminación procede de otras zonas, las concentraciones pueden variar según el lugar, es muy difícil de muestrear en el origen.

**Tabla 1: Contaminantes asociados a los focos y sectores.**

<b>Focos</b>	<b>Sector</b>	<b>Contaminante</b>
<b>Industrial</b>	Construcción	SS, metales, pH
	Minería	SS, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros, sulfuros
	Energía	Calor, hidrocarburos y productos químicos
	Automoción	Aceites, lubricantes, pinturas y aguas residuales
	Navales	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos
	Siderurgia	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones y ácidos
	Fertilizantes	Nitratos y fosfatos
	Plaguicidas	Organohalogenados, organoflorados, biocidas, etc.
<b>Vertidos urbanos</b>		Residuos orgánicos, emisiones vehiculares (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.
<b>Navegación</b>		Hidrocarburos, vertidos de petróleo, grasas, aceites
<b>Agricultura y ganadería</b>		Producen vertidos de pesticidas y fertilizantes, restos orgánicos de plantas y animales

FUENTE: Adaptado de Barba 2002.

### 2.4.2. Lavado de polvo y suciedad acumulada

Cagiao (2002) indica que la intensidad máxima de la precipitación y la época seca, previa a la primera lluvia, son los que tienen una influencia preponderante en el lavado y transporte de partículas acumuladas.

### 2.4.3. Metales pesados

El INECC (2015) menciona que, si bien, es un término ampliamente utilizado por la comunidad científica, no tiene una definición adecuada, aunque se sabe que éstos tienen una gravedad específica mayor que cinco, que es superior al calcio, sodio o metales ligeros, con algunas excepciones; estos presentan distintos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad en el agua, también se les da el nombre de “elementos tóxicos”, según indica la lista de contaminantes prioritarios publicado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) de los Estados Unidos, que se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2: Elementos contaminantes en la escorrentía de superficies de rodadura.**

Elemento	Fuente
<b>Plomo</b>	Emisiones vehiculares, desgaste de neumáticos, aceite lubricante, grasa, articulaciones soldadas, pinturas, RAEE.
<b>Zinc</b>	Desgaste de neumáticos, aceite de motor, grasa, pastillas de frenos.
<b>Cobre</b>	Desgaste de metales, desgaste de neumáticos, rodamientos y articulaciones en vehículos, movimiento de partes del motor, revestimiento de frenos, fungicidas e insecticidas.
<b>Cadmio</b>	Baterías recargables de níquel/cadmio desgaste de neumáticos, emisiones vehiculares, desgaste de aleaciones, pigmentos en pinturas.
<b>Níquel</b>	Emisiones vehiculares, aceite lubricante, galvanizado de metales, rodamientos, revestimiento de frenos, pavimento asfáltico.
<b>Cromo</b>	Galvanizado de metales, movimiento de partes del motor, revestimiento de frenos.
<b>Hierro</b>	Corrosión de vehículos, estructuras de acero, movimiento de partes del motor.
<b>Manganeso</b>	Movimiento de partes del motor, uso de llantas, pastillas de frenos
<b>Cobalto</b>	Radiadores, cadenas para llantas, articulaciones
<b>Partículas</b>	Uso del pavimento, vehículos, atmosfera, mantenimiento de vías

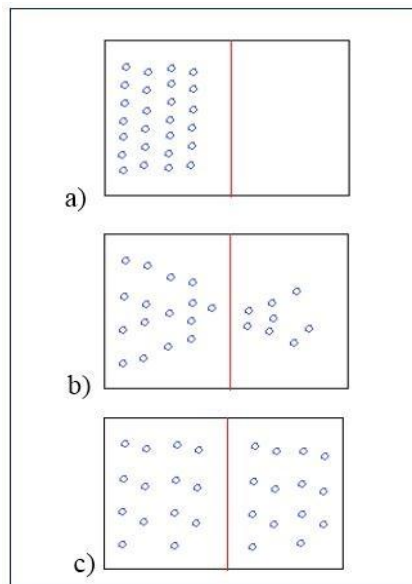
FUENTE: Adaptada de Ball *et al.* 1998; Duncan, 1999; y, Zafra *et al.* 2007.

## 2.5. PROCESOS FÍSICOS DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

El destino y el transporte de solutos (pesticidas, hidrocarburos o sustancias naturales) que se transportan por medio del flujo del agua, son afectados por una serie de factores (Bencala y Walters, citados por Bedoya, 2007).

El transporte por difusión molecular, ocurre por el movimiento aleatorio de las partículas en aguas de baja velocidad de flujo; en el caso de corrientes se muestra la trayectoria y comportamiento de las partículas (a) desde su estado inicial, (b) hasta que alcanza un estado final y (c) disperso aleatoriamente (Figura 3).

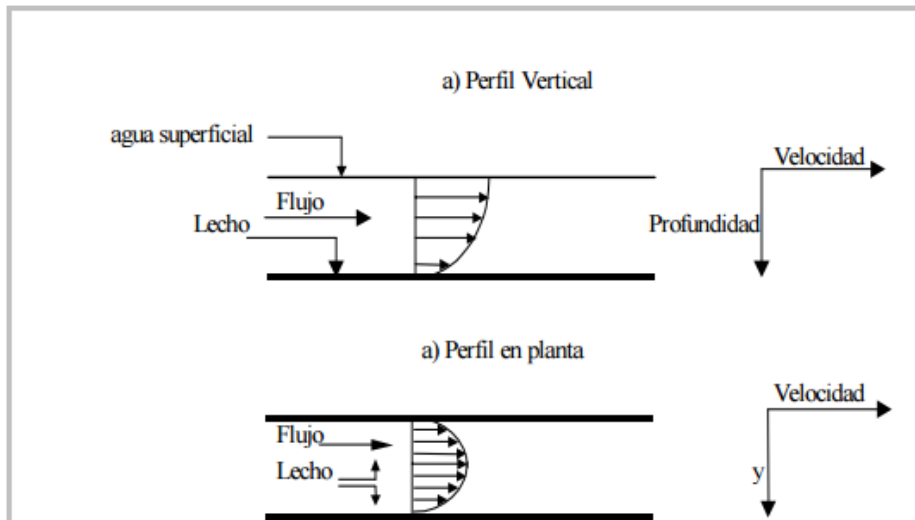
La mezcla es proporcional a los efectos de fricción sobre el perfil de velocidad. En la Figura 4 se aprecia una corriente típica, donde, la velocidad longitudinal tiene su mínimo valor cerca al lecho, incrementándose proporcionalmente, mientras se aleja del mismo, lo que influye en la distribución de la cantidad de partículas.



**Figura 3: Proceso de difusión molecular – Tanque.**

FUENTE: Diaz y Diaz, citado por Bedoya 2007.

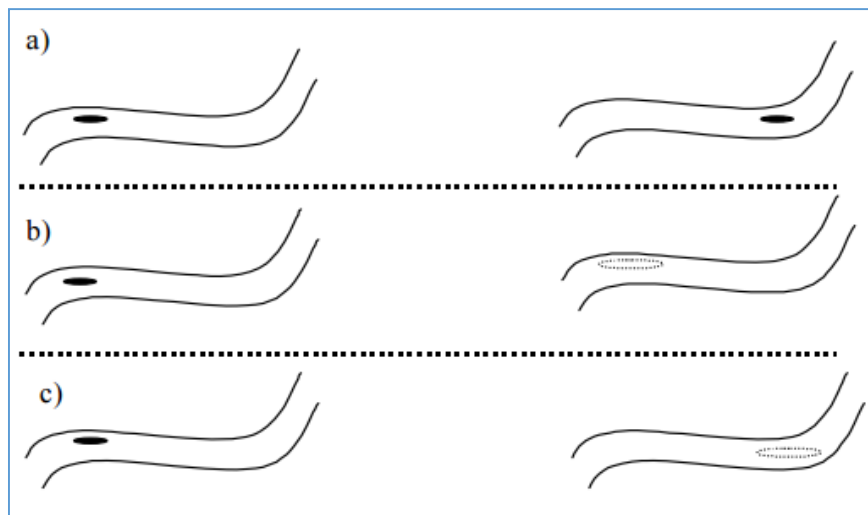




**Figura 4: Perfil de velocidad transportado por advección y dispersión.**

FUENTE: Diaz y Diaz, citados por Bedoya 2007.

En la Figura 5 se aprecia los efectos combinados de transporte por advección y dispersión, (a) solamente por dispersión; (b) por efecto de la advección; y, (c) por ambos.



**Figura 5: Efectos de advección y dispersión, caso de una nube de tinta.**

FUENTE: Diaz y Diaz, citados por Bedoya 2007.

## 2.6. PAISAJE O MOSAICO

Zonneveld, citado por Etter (1991), se refiere al paisaje como una porción de superficie terrestre, que tiene patrones de homogeneidad conformado por interacciones de agua, rocas, aire, plantas, animales y el hombre, que por sus características es una entidad diferenciable y reconocible respecto a otras; se compone por elementos espaciales (componentes estructural-funcionales).

Turner, citado por Matteucci (2004), indica que para que sea considerado, como tal, un paisaje debe cumplir con cuatro condiciones: tener el mismo conjunto de ecosistemas, en lo que se refiere a usos de la tierra; las interacciones entre los ecosistemas sean las mismas en las interfaces; en su extensión tenga el mismo clima y una geología común, y que se encuentre sometido a los mismos regímenes de perturbación.

El mosaico puede ser un paisaje, una región o un lote; está delimitado en función a los objetivos que el investigador persigue en su trabajo, independientemente del tamaño, origen, evolución o clima; pudiendo ser éste, natural o con actividad antrópica. Por lo que el mosaico viene a ser un término que varía de acuerdo al objeto de estudio.

### 2.6.1. Estructura y funcionamiento del paisaje

Etter (1991), indica que un paisaje puede tener límites claros y abruptos (lugares con presencia de actividad humana y que incrementa el número de límites) o pueden ser más graduales y transicionales (lugares con poca intervención humana). Entonces, se refiere a la estructura como la configuración espacial del ecosistema o elementos que definen la composición y distribución, mientras que, el funcionamiento es la interacción entre estos elementos y los factores formadores del paisaje.

El nivel de jerarquía específico de análisis, determina el grado de homogeneidad y la magnitud espacial, depende primordialmente según el nivel de detalle con que se quiera observar un determinado paisaje. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de la variación de escala, lo que implica un cambio en el nivel de detalle en el análisis del paisaje.



**Figura 6: Patrones de heterogeneidad en función de variación de escala espacial.**

FUENTE: Etter 1991.

### **2.6.2. Transformación de coberturas**

Forman, citado por Anaya y Diaz (2016), menciona que, dentro de los procesos de transformación del patrón de un paisaje, los principales son la perforación, la disección, fragmentación, consumación y contracción; que, si el paisaje tiene una intervención intensa, se da lugar a la fragmentación, lo que hace que se transforme los hábitats en pequeños fragmentos.

### **2.6.3. Fragmentación**

Saunders *et al.* (1991) lo definen como la alteración de la estructura horizontal de los patrones espaciales de la cobertura vegetal, proceso que produce alteraciones en los flujos de agua y nutrientes, así como en la movilidad de especies.

### **2.6.4. Parches**

Etter (1991) sostiene que son superficies no lineales, de tamaño variable y que, fisiónómicamente, difieren de su alrededor; y que presentan grado de homogeneidad interna; varían según su tamaño, tipo, forma, heterogeneidad y características de borde. La dinámica evolutiva y características de los parches, dependiendo de su origen, son:

- Parches de perturbación, resultan de la perturbación de una determinada área pequeña, dentro de una matriz (ejemplo: pastoreo, inundaciones, quemas cíclicas, etc.)
- Parches remanentes, debidos a la perturbación de un área extensa dentro de una matriz, dejando “islas” en su estadio original sin afectación, tienen una escala más severa.
- Parches de recursos ambientales, que resultan de las diferencias derivadas de las características del sustrato y sus variaciones, relacionadas a la hidrología o material parental; son más estables y pueden presentar bordes graduales o abruptos, a diferencia de los anteriores
- Parches introducidos, resultantes de la actividad humana, por la introducción de especies (animales o vegetales), durante actividades de urbanización o agropecuarias.

### **2.6.5. Métricas de paisaje**

Cuando se hace mención a la ecología del paisaje, se enfatiza en la interacción entre los procesos ecológicos y los patrones espaciales, lo que representa las causas y consecuencias de la heterogeneidad espacial; la *configuración del paisaje viene a ser la organización específica de elementos espaciales, mientras que la composición del paisaje se refiere a la abundancia y variedad de fragmentos*, ambos elementos del patrón paisajístico pueden ser medidos en un intervalo de tiempo mediante las métricas del paisaje (Turner *et al.* 2001).

Turner, citado por Matteucci (2004), indica que en la literatura ecológica a las variables que se derivan de un territorio, se les conoce también como índices del paisaje, que permiten cuantificar la configuración espacial. El concepto original con el que se le describe es como un territorio genéticamente homogéneo, que tiene las mismas combinaciones de interrelaciones entre el relieve, la estructura geológica, agua, microclima, variedades del suelo y fito – zoocenosis.

### **2.6.6. Fragstats**

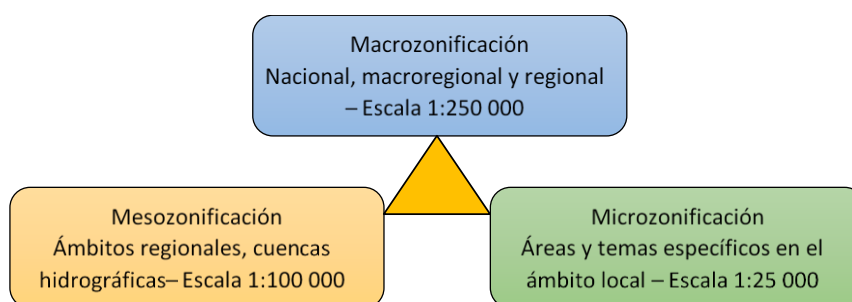
Cocero (2010) indica que es un *software* libre, desarrollado por la Universidad de Amherst de Massachusetts, permite obtener un conjunto de métricas; se considera como el más completo por su capacidad y diversidad al calcular métricas del paisaje, analiza los patrones espaciales con la finalidad de cuantificar la estructura del paisaje y fue empleado por investigadores y estudiosos de paisajes agrarios, naturales y medios urbanos.

Volotão (1998) indica que calcula la estructura de un paisaje empleando para ello más de 50 métricas, seleccionadas según sea el interés del investigador.

El *software Fragstats*, como lo indican algunos autores es capaz de determinar más de 100 índices métricos en sus versiones actuales, pero a pesar de calcular esta cantidad de índices e indicadores, es importante la necesidad de su selección para evitar cálculos innecesarios (Lu *et al.* 2003).

### 2.6.7. Niveles de zonificación

Según el MINAM (2004), existen tres niveles o escalas de trabajo, que se seleccionan de acuerdo a lo planteado en los objetivos, naturaleza y dimensión, estas se muestran en la Figura 7; esto quiere decir, que depende de la profundidad requerida y para qué fin son elaborados. En el reglamento, se indica también que todos los niveles contribuyen con información, que esta sirve de base como instrumento técnico y orientador en la toma de decisiones, sobre un territorio y sus recursos; lo mencionado, sirvió de referencia en el desarrollo de la investigación.



**Figura 7: Niveles de zonificación.**

FUENTE: Adaptado de MINAM 2004.

## 2.7. CALIDAD DE AGUA

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, es la norma que establece el nivel de concentración para sustancias, elementos o parámetros físicos, biológicos y químicos que están presentes en su condición de cuerpo receptor (MINAM, 2017). Esta norma se rige bajo el principio del Artículo 2 de la Constitución Política del Perú, que indica que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; norma sujeta a revisión de parámetros, con la finalidad de fijar nuevos niveles de calidad y otros ajustes progresivos para las actividades, cuyas categorías y subcategorías, se muestran en la Tabla 3.

Braga *et al.* (2005) mencionan que la calidad del agua depende directamente de la cantidad de agua que existe para disolver, diluir y también transportar sustancias; pueden ser sustancias benéficas o nocivas para los seres vivos.

**Tabla 3: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua.**

<b>Categoría 1: Poblacional y recreacional</b>	Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (A1, A2, A3)
	Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación (B1, B2)
<b>Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales</b>	Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras
	Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
	Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras
	Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
<b>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales</b>	Subcategoría D1: Riego de vegetales
	Subcategoría D2: Bebida de animales
<b>Categoría 4: Conservación del ambiente acuático</b>	Subcategoría E1: Lagunas y lagos
	Subcategoría E2: Ríos
	Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

FUENTE: Adaptado de MINAM 2017.

## 2.8. USO ACTUAL DE SUELOS

El CEPES (2002) indica que es el uso que plasma el empleo real que tiene una porción cualquiera de terreno y que el concepto difiere de la capacidad de uso mayor, ya que esta última se refiere a la aptitud.

La cuenca del Lago Titicaca, como toda unidad hidrográfica, presenta características particulares en su fisiográfica, geomorfología, hidrología y, también, distintos tipos de usos de suelos; las clases que corresponden al nivel II de zonificación económica ecológica son las siguientes (GORE Puno 2015).

### 2.8.1 Áreas urbanizadas

Son las áreas que se componen de infraestructura urbana, las principales áreas son las ciudades con mayor número de habitantes. En la cuenca del Lago Titicaca sector peruano, las áreas urbanizadas más importantes son las ciudades de Juliaca y Puno.

En la región Puno existe una población de 1 172 697 habitantes, según el censo del 2017 del INEI, que ha descendido con respecto al censo nacional del 2007 (1 268 441 habitantes), existiendo 12 provincias que han reducido su población.

Puno es una de las provincias que disminuyó en ocho por ciento su población, que no detuvo la expansión urbana dada; también, existen otras provincias donde se bajó en 30 por ciento, como el caso de Moho. La provincia de San Román, con su capital Juliaca, es una de las que más creció (28 por ciento), siendo actualmente la provincia con mayor población de la región, con 239 696 habitantes (Figura 8).



**Figura 8: Área urbana de la ciudad de Puno.**

### **2.8.2 Áreas industriales e infraestructura**

Son las áreas que están compuestas por infraestructura para fines industriales, incluyendo la infraestructura aeroportuaria (aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac); las ciudades de Puno y Juliaca, son las que presentan áreas de zonas industriales, pero a baja escala.

### **2.8.3 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos**

Son las áreas de donde se extraen o donde se acumulan materiales asociados con la actividad minera, producción industrial y vertimiento de diferentes residuos de origen industrial dentro del territorio (Figura 9).



**Figura 9: Unidad minera Arasi (Aruntani) distrito de Ocuvi, provincia Lampa.**

FUENTE: *Google Earth.*

#### **2.8.4 Cultivos transitorios**

Son los terrenos considerados para la producción agrícola, con cultivos transitorios (ciclo vegetativo menor de un año). Los cultivos con mayor importancia en la zona de investigación, según la extensión de superficie sembrada, son: avena forrajera, papa, quinua, cebada grano, cebada forrajera, habas, oca y otros cultivos (Figura 10).



**Figura 10: Cultivos de quinua y avena forrajera, provincia de Puno.**



### **2.8.5 Cultivos permanentes**

Son los cultivos que tienen un ciclo vegetativo mayor a dos años, que producen varias cosechas en su ciclo de vida. La región Puno no es netamente una región de sierra, gran parte de su territorio también es selva, donde existen cultivos permanentes. Según reportes de la Dirección Regional Agraria Puno (DRAP) y el Banco Central de Reserva, sucursal Puno (BCRP Puno), los cultivos permanentes de mayor importancia, son el café, plátano y naranja.

### **2.8.6 Bosques**

Son los elementos de carácter arbóreo, arbustivo o simplemente áreas naturales compuestas por especies arbóreas y que tienen gran diversidad biológica, dentro de ésta, están considerados los bosques densos bajos, bosques abiertos bajos, bosques densos altos y bosques abiertos altos. En la cuenca del Titicaca, existen bosques de *polylepis incana* “queñua” como se aprecia en la Figura 11, bosque en el centro poblado de Cala Cala, distrito de Pedro Vilca Apaza, provincia de San Antonio de Putina.

### **2.8.7 Bosques plantados**

Son áreas cubiertas por plantaciones arbóreas con ayuda del hombre; se identifican bosques de eucalipto, de pino y ciprés, especies más comunes, que fueron empleadas en distintas partes de la cuenca del Lago Titicaca. En la Figura 12 se aprecia eucaliptos, a las afueras de la ciudad de Huancané, en la provincia del mismo nombre.



**Figura 11: bosque de queñuales, provincia San Antonio de Putina.**



**Figura 12: Plantaciones forestales de eucaliptos, provincia Huancané**

### **2.8.8 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva**

Son superficies constituidas con especies herbáceas, densas, abiertas, de origen endémico o exótico, que se desarrollan en forma natural. En la zona alta destacan las especies comúnmente conocidas como el matorral de canlli, el pajonal de ichu, matorral de muña, de thola, entre otros; mientras que, en la zona baja, próxima al nivel de lago destaca la *Eleocharis albibracteata*, comúnmente conocida como “quemillo”, cobertura que abarca grandes extensiones territoriales (Figura 13).



**Figura 13: Vegetación herbácea de “quemillo” provincia El Collao.**

### 2.8.9 Áreas sin o con poca vegetación

Superficies con escasa cobertura vegetal, por causas diversas de origen natural o antrópico. En el área de investigación se consideró que existen zonas que presentan erosión muy alta y crítica, también zonas susceptibles a eventos de geodinámicas internas y externas, áreas inundables extensas, que evidencian y demuestran que hay una alta susceptibilidad física del territorio, tal como se aprecia en la Figura 14.



**Figura 14: Terrenos con escasa cobertura vegetal, Llalli en la provincia de Melgar.**

### 2.8.10 Áreas húmedas

Son las áreas compuestas de terrenos inundables, anegadizos, cubiertos de vegetación acuática y, generalmente, próximos a cuerpos o cursos de agua, tal como se aprecia en la Figura 15. Sus especies representativas son: *distichia muscoides* “champa”, *werneria pygmaea*, *hydrocotyle bonariensis* sombrero de agua, *oxychloe andina* o “packo”, *plantajo major* o “llantén”, entre otros.



**Figura 15: Bofedales en Capazo, cerca de la frontera con Tacna, provincia El Collao.**

#### **2.8.11 Aguas continentales**

Son los cuerpos de agua que existen en un área de forma permanente (lagos, ríos y lagunas). Si bien el lago Titicaca es el cuerpo de agua principal de esta vertiente, existen otros importantes, tales como las lagunas Arapa, Umayo, Orurillo y Lagunillas (distrito de Santa Lucia) con 6 493,68 ha; laguna Saracocha, ubicada en el distrito de Santa Lucia, con 1 365,98 ha; las lagunas Pasto Grande, Loriscota, Jucumarini, ubicadas en la frontera con la región Moquegua, y cabecera de la cuenca del Lago Titicaca, entre otras.

Los ríos principales son el Ramis, Huancané, Coata, Ilave y Suches; el Desaguadero, es un caso particular, ya que nace en el lago Titicaca y desemboca en el lago Poopó (Bolivia). Ver la Figura 16.



**Figura 16: Río Lampa, provincia de Lampa**

Esta clasificación se estructuró considerando la metodología *CORINE Land Cover*, empleada por el MINAM, pero tienen una aplicación a nivel internacional; las categorías pueden ampliarse para que describan de mejor forma la variedad territorial existente en un determinado lugar, a una escala 1/100 000.

El uso actual del suelo identifica, delimita y representa las principales actividades de forma cartográfica, conocer las distribuciones espaciales para el periodo de tiempo analizado. Esta información puede ser un punto de partida para la toma de decisiones, implementación de programas de ordenamiento territorial, generar mapas de conflictos ambientales u otro tipo de información que resulta de cruzar esta información con otra base de datos. (GORE Puno 2015)

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La investigación se desarrolló en la cuenca del Lago Titicaca, sector peruano. La cuenca se sitúa en la región Puno, al sureste del territorio peruano; está comprendida entre las coordenadas 13°00' - 17°08' de latitud sur y 68°50' - 71°08' de longitud oeste; cuenta con una población de 1 300 000 habitantes (40 por ciento urbana y 60 por ciento rural).

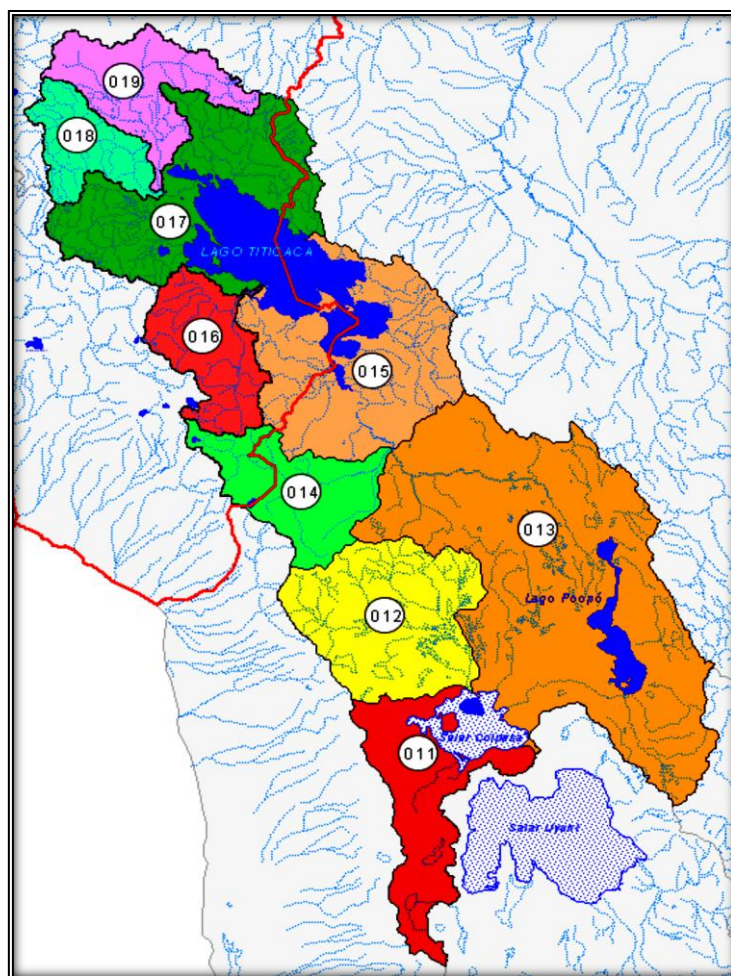
Según la ANA (2017), esta cuenca tiene un área de 56 182 km<sup>2</sup>; es de tipo endorreica; y, forma parte del sistema TDPS, que comparten Perú y Bolivia. Fisiográficamente, es muy variada; está constituida por varias cuencas de ríos que descargan sus aguas en el lago Titicaca, que, según su longitud y caudal, los más importantes son: Ramis, Huancané, Suches, Coata, Illpa e Ilave.

La ANA, en el nivel 1, identifica y delimita las tres vertientes a nivel nacional: Pacífico, Amazonas y Titicaca. En el nivel 2, en la vertiente del Titicaca, solo determina una unidad hidrográfica; en el nivel 3, identifica seis unidades hidrográficas; en el nivel 4, determina 45 unidades hidrográficas; en el nivel 5, obtuvo 92 unidades hidrográficas; y, en el nivel 6 solo individualiza las principales unidades hidrográficas a nivel nacional de la costa en un número de 137 debido a su importancia geopolítica, no hay unidades hidrográficas menores en la vertiente de interés.

La delimitación y codificación que realiza la ANA, siguiendo los criterios básicos del sistema Pfafstetter, para las tres unidades hidrográficas presenta características propias relacionadas a la distribución espacial. En la vertiente del Titicaca, las unidades hidrográficas están dispuestas en función a la extensión y forma del lago.

En el territorio peruano, son seis unidades hidrográficas identificadas de nivel 3 en la cuenca Titicaca, que sirven de información base para el análisis, estas son: Unidad hidrográfica 014

(cuena del río Maure), Unidad hidrográfica 015, Unidad hidrográfica 016 (cuena del río Ilave), Unidad hidrográfica 017, Unidad hidrográfica 018 (cuena del río Pucará) y la Unidad hidrográfica 019 (cuena del río Azángaro). En la Figura 17 se aprecia que solo las unidades hidrográficas 016, 018 y 019 están completamente en territorio peruano.



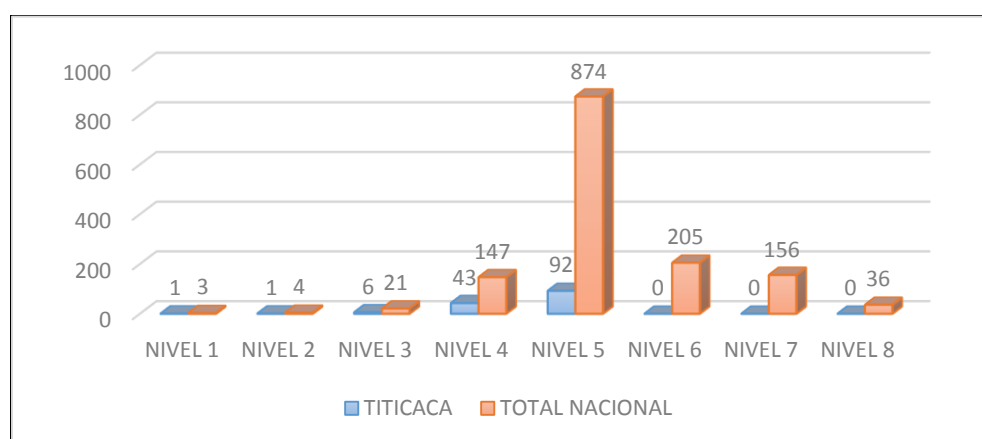
**Figura 17: Unidades hidrográficas de nivel 3 en la cuenca del Titicaca.**

FUENTE: ANA 2017.

En la Figura 18, se muestra el número de unidades hidrográficas delimitadas por la ANA, en el ámbito de la vertiente hidrográfica del Titicaca respecto a la cantidad de unidades hidrográficas delimitadas a nivel nacional; siendo el nivel 8 el último, para la codificación de la metodología empleada por la ANA.

Se debe tener en cuenta que, la cuenca del Lago Titicaca presenta gran cantidad de cuerpos de agua, como se muestra en la Tabla 4, por lo que, el proceso de delimitación es una labor aun inconclusa por la autoridad competente y no está disponible para su descarga y uso. Los

niveles 6, 7 y 8 solo muestran unidades hidrográficas de interés para casos específicos, generadas a partir de algunas unidades de los niveles anteriores.



**Figura 18: Unidades hidrográficas delimitadas en la vertiente del Titicaca y a nivel nacional.**

FUENTE: Adaptado de ANA 2017.

**Tabla 4: Inventario de cuerpos de agua en el ámbito de la cuenca.**

Cuenca	Manantiales	Bofedales	Ríos	Quebradas	Lagunas	Represas	Glaciares
Ramis	792	192	125	1708	139	14	39
Huancané	833	0	49	727	86	0	0
Suches	207	38	8	157	65	0	18
Ilave	1836	27	67	1300	14	1	0
Coata	564	163	94	687	121	1	0
<b>Total</b>	<b>4232</b>	<b>420</b>	<b>343</b>	<b>4579</b>	<b>425</b>	<b>16</b>	<b>57</b>

FUENTE: ANA 2017.

La ANA (2017) menciona que, en el caso del proceso de delimitación de unidades hidrográficas cerradas, la aplicación de esta metodología es un proceso atípico, existiendo muy poca información sobre el procedimiento; según sus publicaciones, se implementó las líneas guías de referencia, para establecer el flujo principal y las unidades hidrográficas principales aledañas al lago Titicaca; *recomienda continuar en la definición de unidades hidrográficas cada vez menores.*

Dentro del área de investigación, actualmente, se localizan 89 distritos, que pertenecen a 12 provincias de la región Puno. Las provincias de Melgar, Azángaro, Huancané, El Collao, Chucuito y Moho se encuentran en la totalidad de su extensión territorial dentro del ámbito



de la cuenca Titicaca. Las provincias que pertenecen a la región geográfica de la selva (Carabaya y Sandia) tienen menor o casi nula participación (Figura 19).

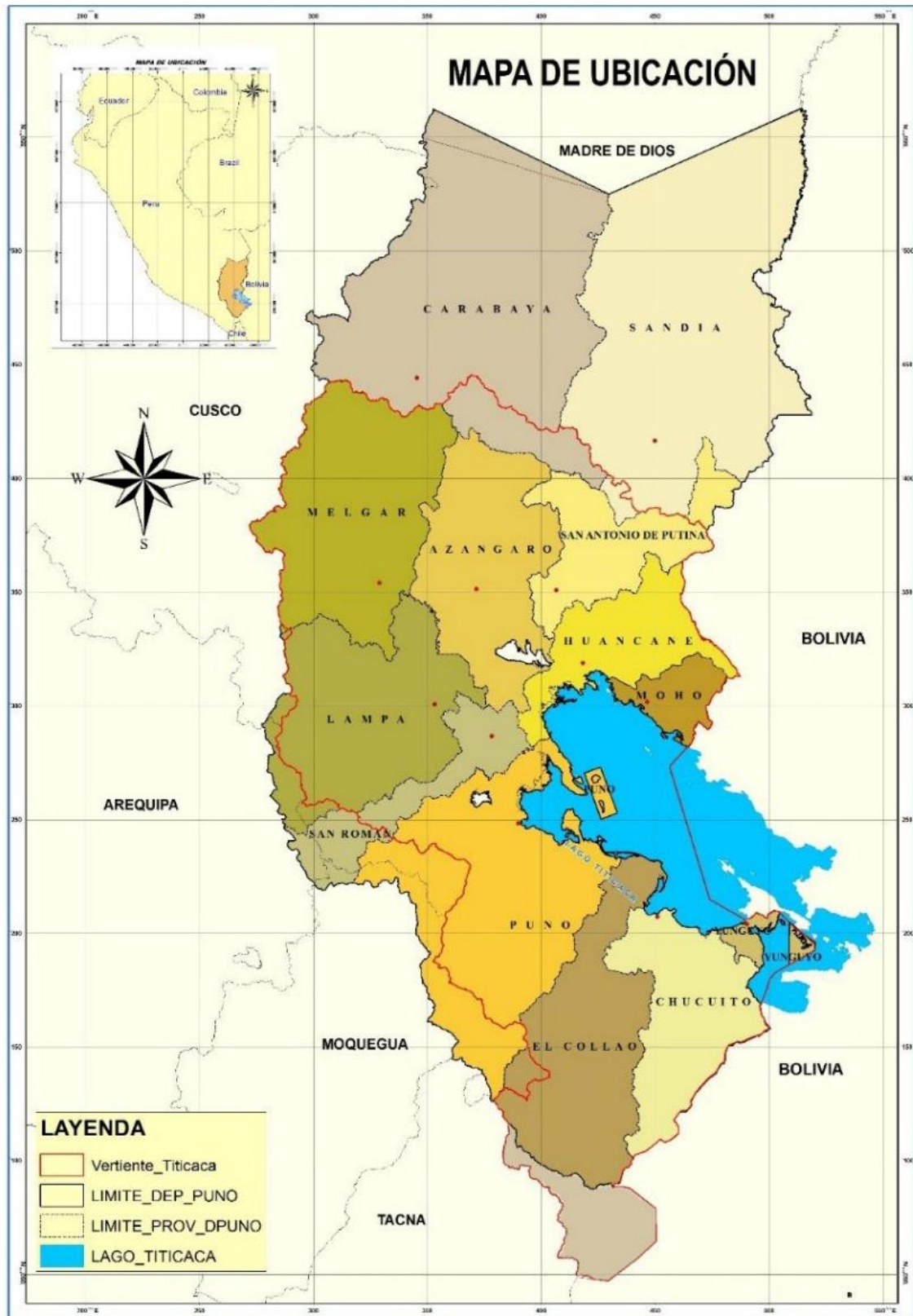


Figura 19: Mapa de ubicación de la cuenca del Lago Títicaca, sector peruano.

## 3.2. MATERIALES

Se utilizó los siguientes materiales:

- **Material cartográfico:** cartografía nacional oficial, a escala 1:100 000, del Instituto Geográfico Nacional; mapas de usos de suelo; mapas de capacidad de uso mayor y de vegetación, a escala 1:25 000, de la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (GORE Puno).
- **Imágenes satelitales:** *Landsat TM* y *Google Earth*, como apoyo visual para la elaboración y corrección de mapas temáticos.
- **Software de análisis espacial:** *Arcgis 10.2* y sus extensiones; también, se empleó el *QGIS* y *Map Source v. 6.0*.
- **Información de calidad de agua:** informes de ensayo e informes técnicos presentados a la Autoridad Nacional del Agua, por la Autoridad Autónoma del Lago Titicaca.

En las Tablas 5 y 6, se presenta la relación de informes técnicos de la ANA e informes de laboratorio analizados por la empresa Servicios Analíticos General S.A.C. empleados en la investigación. En la Tabla 7 se presenta los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados; y, en la Tabla 8, los elementos químicos analizados.

- **Puntos de monitoreo:** la información obtenida proviene de 108 estaciones de monitoreo, ubicadas en las cuencas: Azangaro, Coata, Huancané, Ilave, Illpa, Pucará, Suches, e intercuenca Ramis, detallados en la Tabla A.1 del ANEXO 1 (ANA 2014).

## 3.3. MÉTODOS

### 3.3.1. Recopilación y análisis de información existente

En esta etapa, se recopiló la información, que fue sistematizada, digitalizada y analizada según su tipo y características.

### 3.3.2. Generación de información topográfica

La información existente de curvas de nivel a escala 1:100 000, presentaba zonas no cubiertas (vacíos de información), por lo que fue necesario generar curvas de nivel a menor escala (1:25 000); para ello, se utilizó el método de interpolación IDW (*Inverse Distance Weighted*) que también fue empleado por la ANA (2012), tal como se muestra en la Figura

20; se emplearon las imágenes satelitales *Landsat* y *Google Earth* a fin de identificar, de manera precisa, las cuencas de interés con la data topográfica existente y generada, utilizando el *Arcgis* y *Qgis*.

**Tabla 5: Informes de ensayos de laboratorio para los puntos de monitoreo en la cuenca del Lago Titicaca (SAG. S.A.C.)**

---

Informe de ensayo N° 08825-2014  
Informe de ensayo N° 08907-2014  
Informe de ensayo N° 08951-2014  
Informe de ensayo N° 081271-2014  
Informe de ensayo N° 081270-2014

---

**Tabla 6: Informes técnicos de puntos de monitoreo en la cuenca del Lago Titicaca.**

---

Informe técnico N° 011-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 012-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 018-2014-ANA-DGCRH-GOCRH  
Informe técnico N° 026-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 027-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 028-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 032-2014-ANA-DGCRH-GOCRH  
Informe técnico N° 033-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 042-2014-ANA-DGCRH-GOCRH  
Informe técnico N° 043-2014-ANA-DGCRH-GOCRH  
Informe técnico N° 049-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 050-2014-ANA-DGCRH-GOCRH  
Informe técnico N° 051-2014-ANA-DGCRH-VIG  
Informe técnico N° 052-2014-ANA-DGCRH-GOCRH

---

**Tabla 7: Parámetros de calidad de agua, cuenca del Lago Titicaca.**

---

Coliformes termotolerantes; DBO; DQO; solidos suspendidos totales;  
Nitrógeno total; Nitrógeno amoniacal; Nitratos;  
Fosforo total; Fosfatos;  
Clorofila “a”

---

**Tabla 8: Elementos de calidad de agua, cuenca del Lago Titicaca.**

---

Aluminio (Al), Arsénico (As), Bario (Ba), Boro (B), Berilio (Be), Bismuto (Bi), Calcio (Ca), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Hierro (Fe), Potasio (K), Litio (Li), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Sodio (Na), Niquel (Ni), Fosforo (P), Plomo (Pb), Antimonio (Sb), Selenio (Se), Estaño (Sn), Estroncio (Sr), Zinc (Zn), Mercurio (Hg)

---

FUENTE: Adaptado de ANA 2014.

### **3.3.3. Identificación y delimitación de unidades hidrográficas**

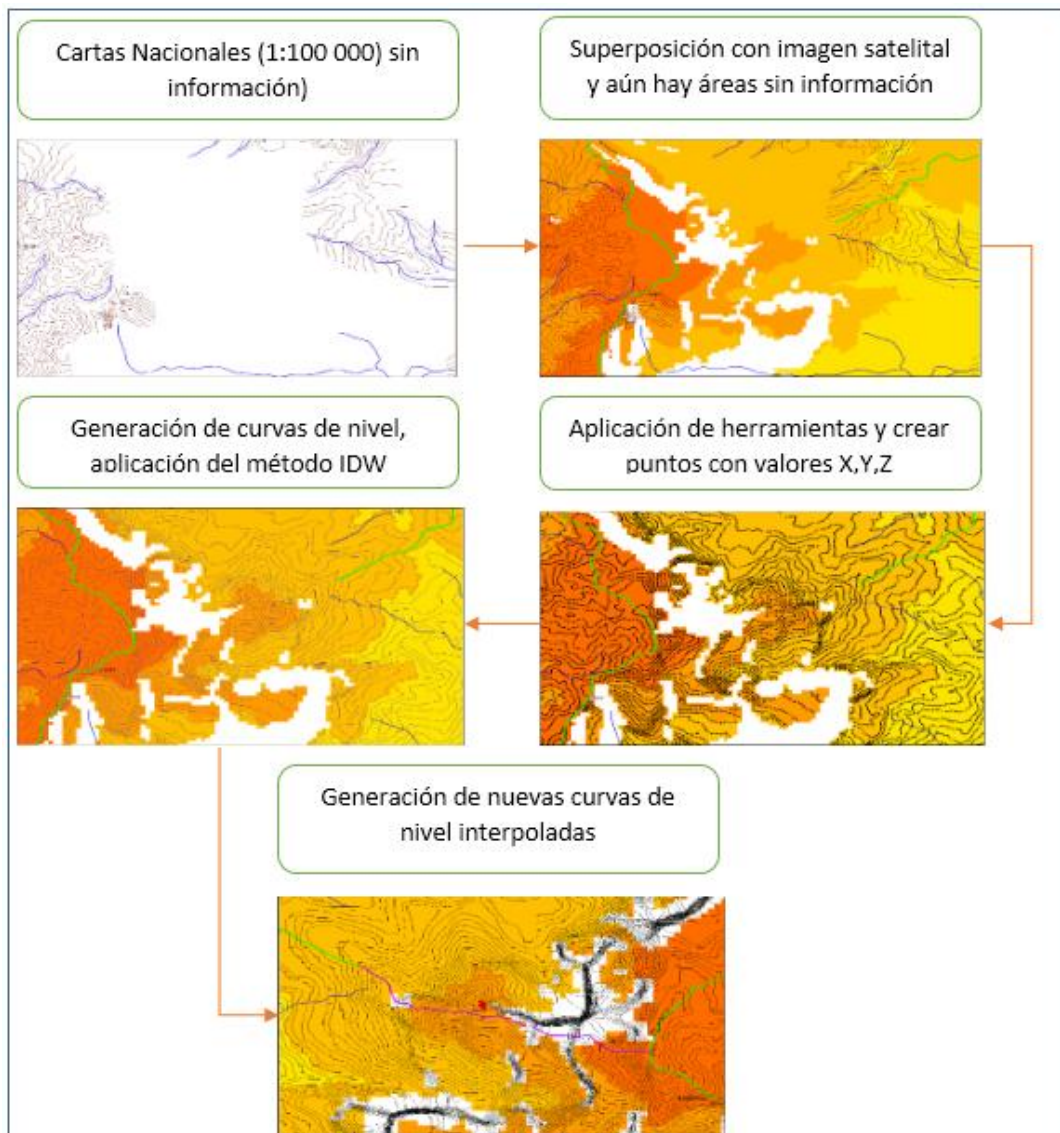
Se trabajó en el nivel 7 de unidades hidrográficas. Tal como se mencionó anteriormente, el proceso de delimitación para este tipo de cuencas endorreicas, es atípico por sus características topográficas.

Se tomó como referencia las seis unidades hidrográficas identificadas por la ANA: Unidad Hidrográfica 014 (cuenca del río Maure), Unidad Hidrográfica 015, Unidad Hidrográfica 016 (cuenca del río Ilave), Unidad Hidrográfica 017, Unidad Hidrográfica 018 (cuenca del río Pucará) y la Unidad Hidrográfica 019 (cuenca del río Azángaro). Considerando la recomendación de definir unidades hidrográficas cada vez menores, se desarrolló una subdivisión de cuencas empleando la información generada por la aplicación del método de interpolación IDW. (ANA 2012).

El caso de las subcuencas donde la superficie del terreno está cubierta por urbes (RToro2 y BInte1), se tuvo que emplear material complementario para lograr su delimitación. Por ello, se utilizó imágenes satelitales, planos catastrales y esquemas de la red de drenaje de las ciudades. Con dicha información, mediante el proceso de superposición de imágenes y georreferenciación (Figura 20), se desarrolló la delimitación de las subcuencas RToro2 y BInte01.

En la identificación de las subcuencas de interés, se tuvo en cuenta dos criterios básicos de selección y discriminación: que la subcuenca presente una estación de monitoreo de calidad de agua en la desembocadura, con la finalidad de que sirva como punto de control de calidad de agua para el ámbito de esa cuenca y evitar interferencia de otras zonas adyacentes que

podrían alterar el análisis; y, que la cuenca presente diversificación en el uso de suelos, por lo menos dos (Ding *et al.* 2015).



**Figura 20: Procedimiento de aplicación del método IDW.**

FUENTE: Adaptado de ANA 2012.

### 3.3.4. Determinación del uso actual de suelos

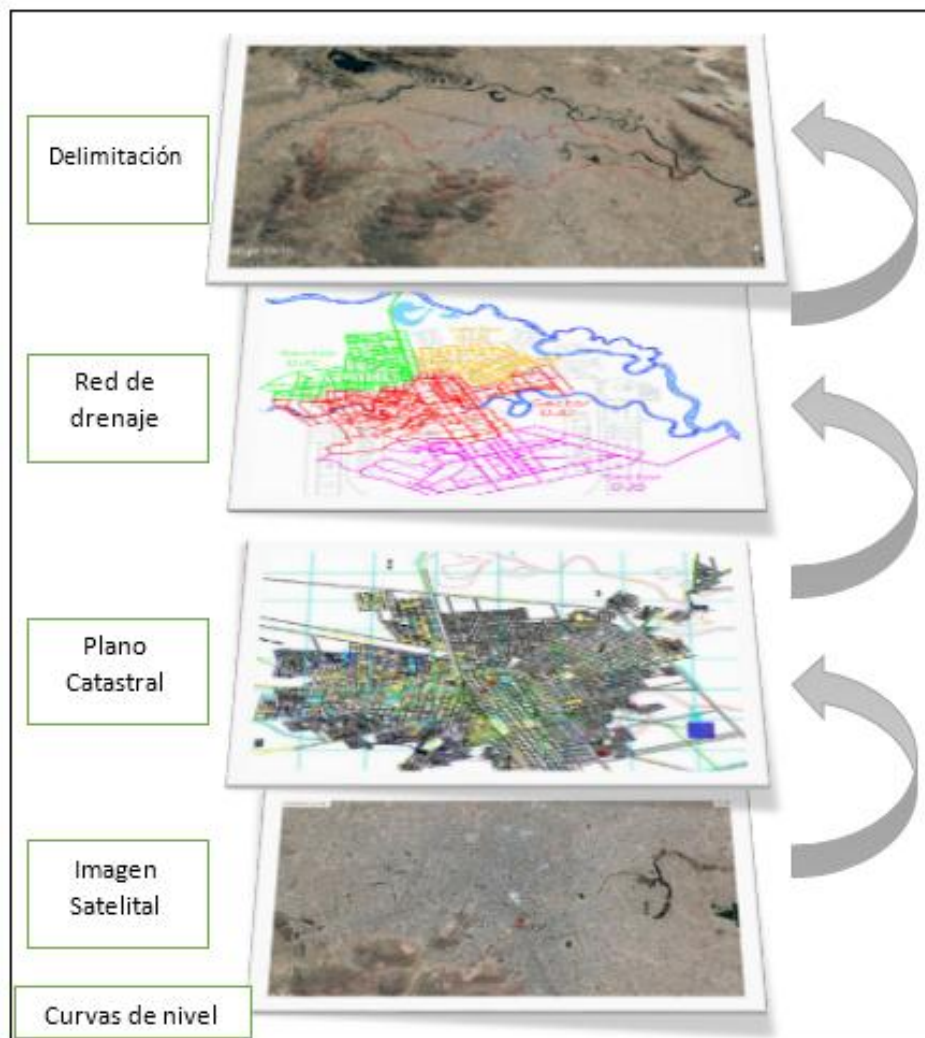
Los métodos empleados para la elaboración de los mapas temáticos, fueron los mismos que se establecen en el Decreto del Consejo Directivo N° 010-2006-CONAM/CD (metodología para la zonificación ecológica y económica), donde se indica que, ante la ausencia de cartas nacionales a escala 1:25 000, se puede utilizar mapas topográficos o puntos de referencia e imágenes satelitales. Se hizo una reclasificación del mapa de uso de suelos en el nivel 2, que

consta de 11 unidades, obteniendo una nueva distribución del uso del suelo para la cuenca del Lago Titicaca; esta reagrupación se realizó considerando las definiciones que se tiene para cada tipo de uso del suelo en el nivel II (Tabla 9). Ver la Figura 21.

**Tabla 9: Niveles de clasificación de las unidades de uso actual del territorio.**

Código	Nivel I	Nivel II	Nivel III
1	Áreas artificializadas	Áreas urbanizadas Áreas industriales e infraestructura Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	Tejado urbano continuo Aeropuerto, servicios y comunicaciones Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
2	Áreas agrícolas	Cultivos transitorios Cultivos permanentes Áreas agrícolas heterogéneas	Cultivos transitorios Cultivos permanentes Mosaico de cultivos
3	Bosques y áreas mayormente naturales	Bosques  Bosques plantados Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva  Áreas sin o con poca vegetación	Bosque denso bajo Bosque abierto bajo Bosque denso alto Bosque abierto alto Plantación forestal Herbazal Vegetación arbustiva / herbácea Áreas arenosas naturales Afloramientos rocosos Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas) Áreas quemadas Glaciares
4	Áreas húmedas	Áreas húmedas continentales	Áreas pantanosas Turberas y bofedales Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
5	Superficies de agua	Aguas continentales	Ríos Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales Cuerpos de agua artificiales

FUENTE: Adaptado de GORE Puno 2015.



**Figura 21: Delimitación de la subcuenca del río Torococha en el punto 2 (RToro2).**

La cobertura que presenta similitud, por ejemplo; el caso de bosques, en el nivel 3, está compuesto del bosque denso bajo, bosque abierto bajo, bosque denso alto, bosque abierto alto, diversificación que hace complejo el análisis y dificulta el manejo de datos.

### **3.3.5. Análisis de parámetros de calidad de agua**

El monitoreo de calidad de agua se desarrolló en marzo y octubre del 2014; se elaboró una matriz y se hizo un análisis para conocer los tipos y cantidad de datos disponibles, a fin de conocer si los parámetros analizados eran los mismos para cada cuenca y si la información estaba completa. Los parámetros de calidad de agua permitieron conocer su estado, mediante un análisis comparativo y análisis gráfico para las 109 estaciones; luego se realizó la comparación con los estándares de calidad ambiental de agua (ECA), con lo que se evidencia el deterioro de la calidad del agua en la cuenca.

### 3.3.6. Datos de entrada para *Fragstats*

Los procedimientos previos, para la determinación de indicadores de uso de suelos, requieren el pre-procesamiento de imágenes digitales del uso de suelos para las subcuencas de estudio, estos archivos, originalmente, en el formato de polígono, pasaron a formato raster, conservando sus valores previamente determinados, posteriormente, se realizó una nueva conversión a formato IMG, un código estándar para el intercambio de información. También, se empleó el *Patch Analyst*, que funciona como una extensión de *Arcgis* y emplea una versión adaptada de *Fragstats*, de dominio libre.

### 3.3.7. Métricas del paisaje

Mediante los indicadores, fue posible cuantificar la heterogeneidad, los procesos espaciales y temporales que tienen lugar en un paisaje, usando el *software Fragstats*, que calcula estos valores y que, posteriormente, pueden ser interpretados, el cálculo se desarrolla de forma simultánea para las numerosas métricas. (McGarigal *et al.* 2012).

**Tabla 10: Métricas de composición y configuración determinadas por *Fragstats*.**

Métricas de cuenca	Tipo	Variable
Número de parches	Composición	Número de parches en el paisaje
Porcentaje de paisaje	Composición	Cantidades de abundancia proporcional a cada tipo de parche en el paisaje (%)
Densidad de riqueza de parches	Configuración	El número de diferentes tipos de parches dentro del paisaje
Índice de agregación	Configuración	Mide la dominancia de un solo parche (%)
Índice de parche más largo	Configuración	El porcentaje del compuesto por el parche más largo

#### a. Métricas de la composición del paisaje

##### - Número de parches (NP)

$$Np = \sum ni$$

Donde:

$ni$  : Número de parches en el paisaje por el tipo de parche (clase)  $i$

$NP \geq 1$  : Sin límite.

$NP = 1$  : Cuando el paisaje contiene solo 1 parche del tipo de parche correspondiente; es decir, cuando la clase consiste en un solo parche.



Bosques = 5, Cultivos Permanentes = 4, Áreas Urbanizadas = 5; Número de parches (NumP) = 14

- **Proporción del paisaje (PLAND)**

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$$

Donde:

$P_i$  : Proporción del paisaje ocupado por el tipo de parche (clase) i.

$a_{ij}$  : Área ( $m^2$ ) de las celdas del tipo de parche ij.

$A$  : Área total de las celdas del paisaje ( $m^2$ ).

PLAND se acerca a 0, cuando el tipo de parche correspondiente (clase) se vuelve cada vez más raro en el paisaje o no existe, y toma un valor de 100 cuando todo el paisaje está compuesto por un solo tipo de parche.

**b. Métricas de la configuración espacial**

- **Densidad de Parches (PD)**

$$PD = \frac{n_i}{A} (10000)(100)$$

$n_i$  : Número de parches en el paisaje del tipo de parche (clase) i.

$A$  : Área total del paisaje ( $m^2$ ).

PD : Densidad de parches (número por cada 100 ha)

PD es igual al número de parches del tipo de parche correspondiente dividido por el área total del paisaje ( $m^2$ ), multiplicado por 10 000 y 100 (para convertir a 100 ha). Nota, el área total del paisaje ( $A$ ) incluye cualquier fondo interno presente.

- **Densidad de Borde (ED)**

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A}$$

Donde:

$e_{ik}$  : Longitud total (m) del borde en el paisaje que involucra el tipo de parche

(clase) i : Límites de paisaje y segmentos de fondo, que incluyen el tipo de parche i.

A : Área total del paisaje (m<sup>2</sup>).

ED ≥ 0, : sin límite.

ED = 0 : cuando no hay borde de clase en el paisaje; es decir, cuando todo el paisaje y el borde del paisaje son los mismos.

Viene a ser la suma de longitudes (m) de todos los segmentos de borde que involucran al tipo de parche correspondiente, dividida por el área total del paisaje (m<sup>2</sup>), multiplicada por 10 000 (ha).

Si hay un borde de paisaje, ED incluye segmentos de borde de paisaje con tipo de parche correspondiente y representan solo el borde "verdadero" (es decir, parches de diferentes clases). ED incluye una proporción especificada por el usuario de segmentos de borde de fondo interno que involucran el tipo de parche correspondiente. Nota, el área total del paisaje (A) incluye cualquier fondo interno presente.

- **Índice de parche más largo**

$$LPI = \frac{j=1^n \max(a_{ij})}{A} (100)$$

Donde:

a<sub>ij</sub> : Área mayor del parche ij (m<sup>2</sup>)

A : Área total

Unidad : Porcentaje

Rango : 0 ≤ LPI ≤ 100

LPI, en términos simples viene la relación porcentual del paisaje que comprende el parche más grande respecto al total.

El LPI se aproxima a 0 cuando el parche más grande correspondiente aumenta poco respecto a otros, y el valor es 100 cuando todo el paisaje corresponde a un solo tipo de parche, es decir cuando el parche más grande comprende el 100 por ciento del paisaje.

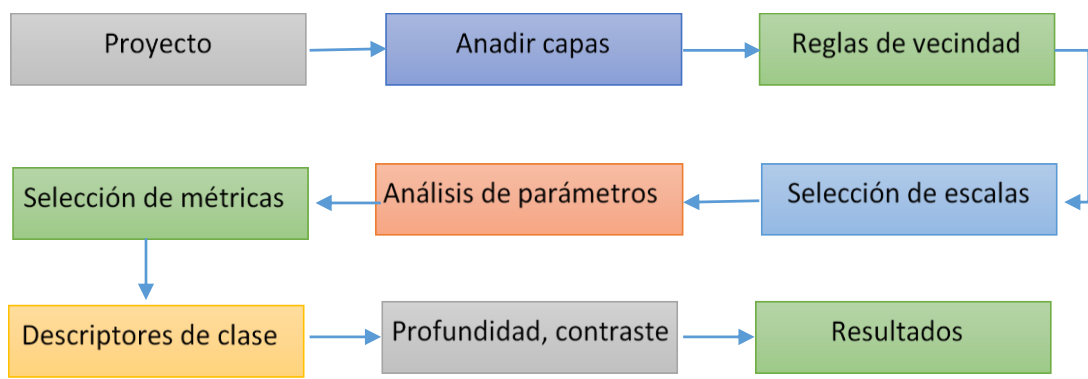
- **Índice de forma del paisaje (LSI)**

$$LSI = \frac{0.25E^*}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- E \* : Longitud total del borde (m)
- A : Área total del paisaje (m<sup>2</sup>)
- LSI  $\geq$  1 : Sin límite.
- LSI = 1 : Cuando el paisaje consiste en un solo cuadrado o parche máximo compacto (es decir, casi cuadrado) del tipo correspondiente;

El LSI aumenta sin límite a medida que el tipo de parche se desagrega más, es decir, la longitud del borde dentro del paisaje del tipo de parche correspondiente aumenta. (McGarigal, *et al.* 2005).



**Figura 22: Esquema de proceso de índices con *Fragstats*.**

Las métricas empleadas para medir los diferentes aspectos de las subcuencas de investigación, incluyen composición y configuración del uso del suelo; dentro están comprendidos los porcentajes de tipos de uso de tierra (PLAND), la densidad de parches (PD), índice de parche más largo (LPI), índice de forma del paisaje (LSI), índice de agregación (AI), los mismos que fueron aplicados en identificar territorios y fueron estudiados con anterioridad (Uema *et al.* 2005; Lee *et al.* 2009; Sun *et al.* 2014); además, se consideró el número de parches (NP), y la densidad de borde (ED) de todos los segmentos que involucran los tipos de parche correspondientes.

### 3.3.8. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de carácter descriptivo, determinando la media, mediana, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros de calidad de agua y también para analizar los datos de uso del suelo.

En la muestra de datos, si bien es recomendable tener el mayor número de variables, repercute en los posibles coeficientes de correlación, que se incrementan significativamente, dificultando el análisis de las relaciones entre variables; también se presenta el problema de la correlación entre variables; por lo que fue necesario reducir el número de las variables.

Se determinó grupos de datos (parámetros de calidad de agua) no correlacionados, estos sirven de base para el análisis estadístico y correlación posterior con los indicadores de las métricas del paisaje.

Se aplicó un análisis multivariado, con la finalidad de identificar los factores de mayor influencia en los resultados, con lo que se redujo la dificultad generada por la gran cantidad de datos, para ello se empleó un procedimiento matemático para reducir el número de variables, considerando que algunas de ellas estén posiblemente correlacionadas y se genere un número de variables no correlacionadas, que vienen a ser los componentes principales de la investigación sin pérdida de información significativa (Vázquez 2009).

Se realizó un análisis de los parámetros de forma individual, aplicando métodos multivariantes de análisis, con lo que se caracterizó el efecto de todas las variables en su conjunto y la relación que presentaban entre sí. Para ello, se desarrolló un análisis de regresión múltiple, donde se consideró a los parámetros de calidad de agua como variables dependientes o de respuesta y los índices relacionados al uso del suelo en la cuenca, como variables independientes o de predicción, para evitar problemas de multi-colinealidad y otras pruebas, descritas anteriormente, tal como lo sugieren algunos autores (Myers *et al.* citados por Xiao 2007).

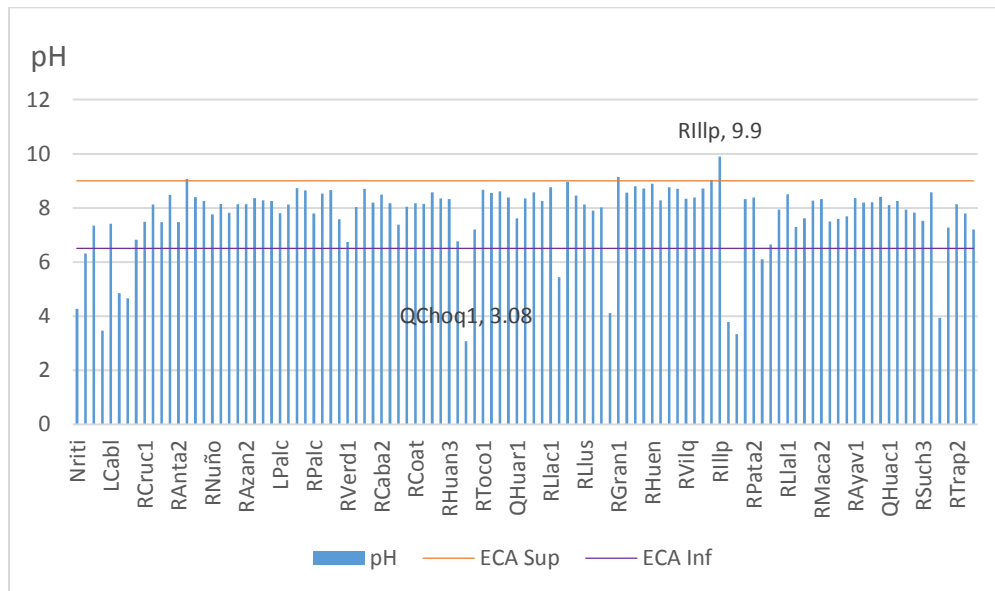
Se realizó el análisis de correlación para determinar la influencia de las métricas del uso actual del suelo en los parámetros físico-químicos de calidad del agua. El coeficiente de correlación utilizado, indica el grado de dependencia lineal entre las variables; es adimensional y su valor oscilan entre -1 y +1; un valor igual a 0, indica que no hay correlación lineal entre las variables en estudio; si es +1, indica una dependencia lineal fuerte, donde las variables tendrán una correlación positiva; si es cercano a -1, indica una correlación negativa, donde las variables tendrán un comportamiento inverso, (Vargas 2007). Para desarrollar el análisis estadístico se empleó el *software* libre R.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Del análisis de parámetros para las 109 estaciones y la comparación con los ECA para agua, se evidencia la situación de los cuerpos de agua en el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca.

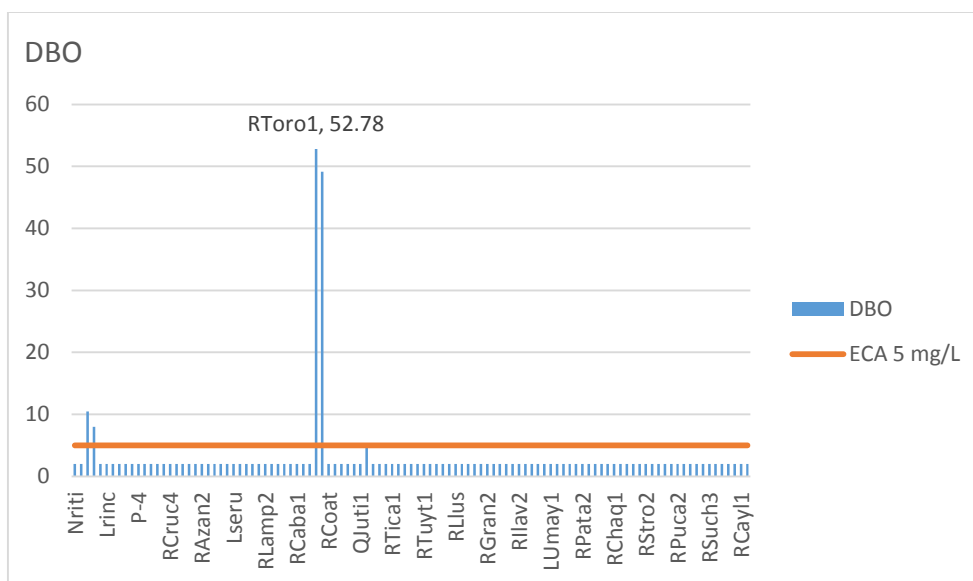
En el caso del pH, en la estación de monitoreo del río Illpa, se registra el mayor valor (9,9), superando el valor del límite (9) para la categoría 4 (ríos, lagos y lagunas en costa y sierra). El pH muestra gran variación en todas las estaciones de la cuenca, tal como se observa en la Figura 23.



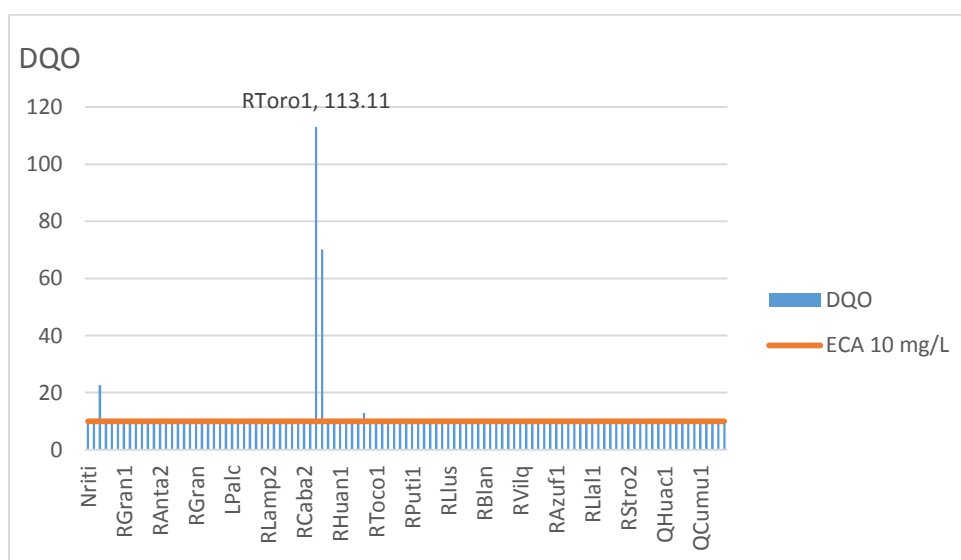
**Figura 23: pH en la cuenca del Lago Titicaca**

Para el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), en la cuenca de río Torococha se presenta el mayor valor igual a 52,78 mg/l que supera extraordinariamente el ECA que es de 10 mg/l para el caso de la costa, sierra y selva y 5m/l para el caso de lagos y lagunas (Figura 24).

La DQO máxima se presenta en el punto de monitoreo 1 del río Torococha, con 113,11 mg/l y que se diferencia de forma significativa respecto a las otras estaciones, donde en su mayoría el valor es menor a 10 mg/l que es el límite del ECA (Figura 25).



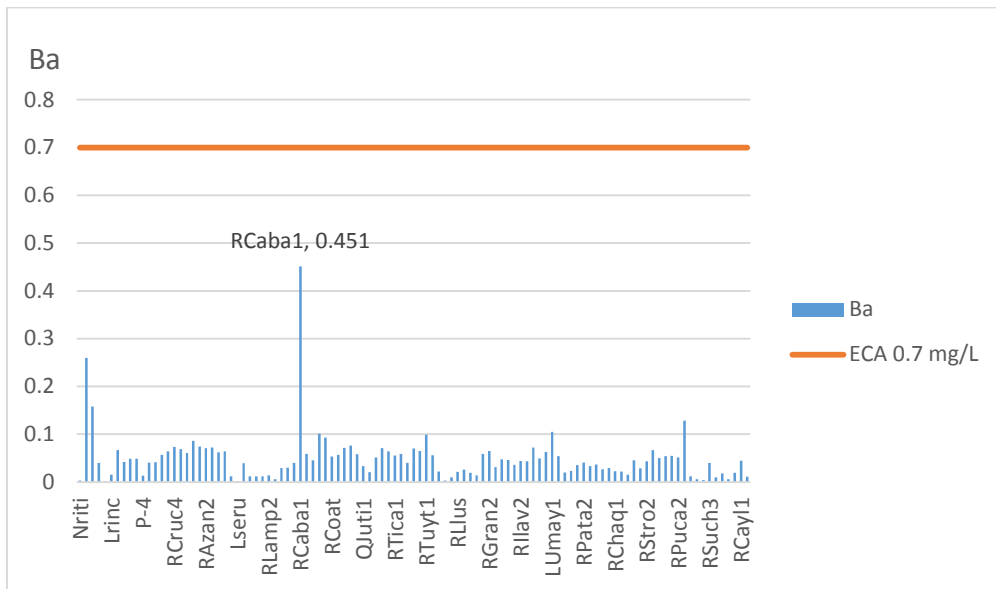
**Figura 24: DBO en la cuenca del Lago Titicaca.**



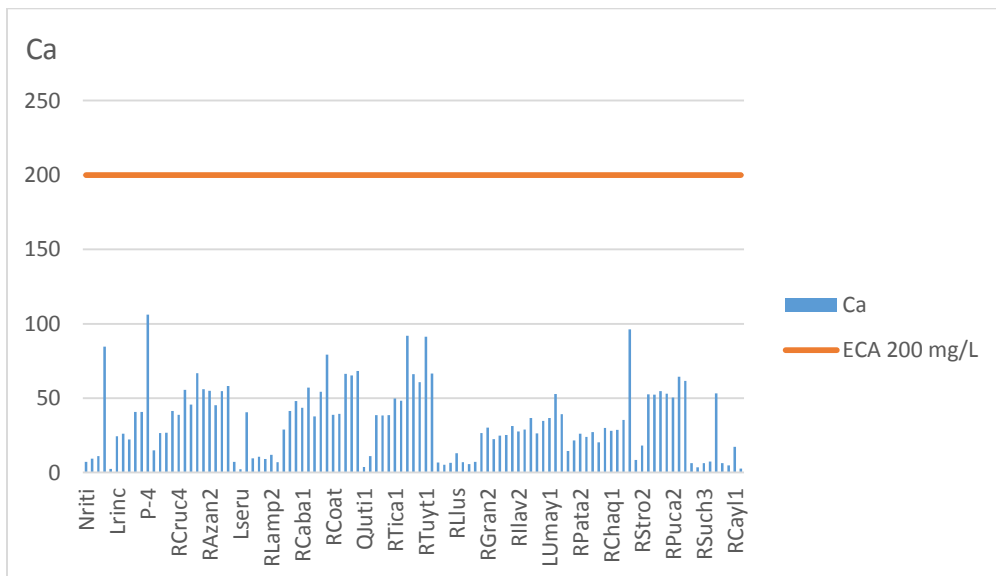
**Figura 25: DQO en la cuenca del Lago Titicaca**

La concentración de bario (Ba) en algunos puntos de monitoreo es alta, pero no supera el ECA de 0,7 mg/l; su origen puede estar asociada a la geoquímica de la piedra caliza que existe en algunas subcuencas, pero en el caso del punto de monitoreo 1 del río Cabanillas, es de 0,451 mg/l, que destaca de los demás por su elevado valor (Figura 26).

La estación P-4, que se ubica antes de la confluencia del agua residual tratada de la mina San Rafael (MINSUR) con el río Antauta, muestra alto contenido de calcio (Ca), igual a 106,17 mg/l, pero inferior a los valores del ECA (200 mg/l, para la categoría 3, en la versión 2008, y no se considera este parámetro en la versión de ECA 2017, para ninguna categoría), tal como puede observarse en la Figura 27.



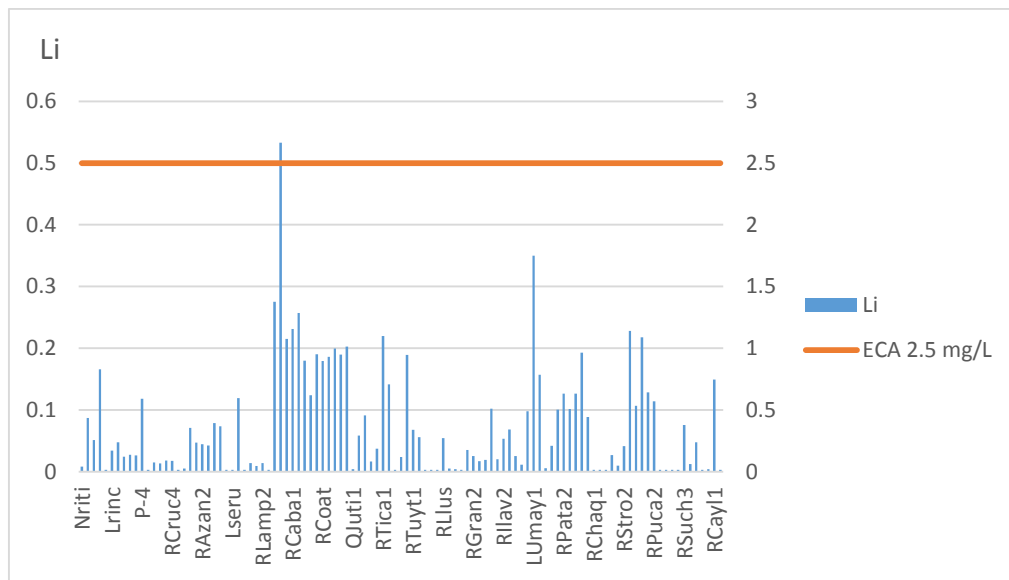
**Figura 26: Bario en la cuenca del Lago Titicaca**



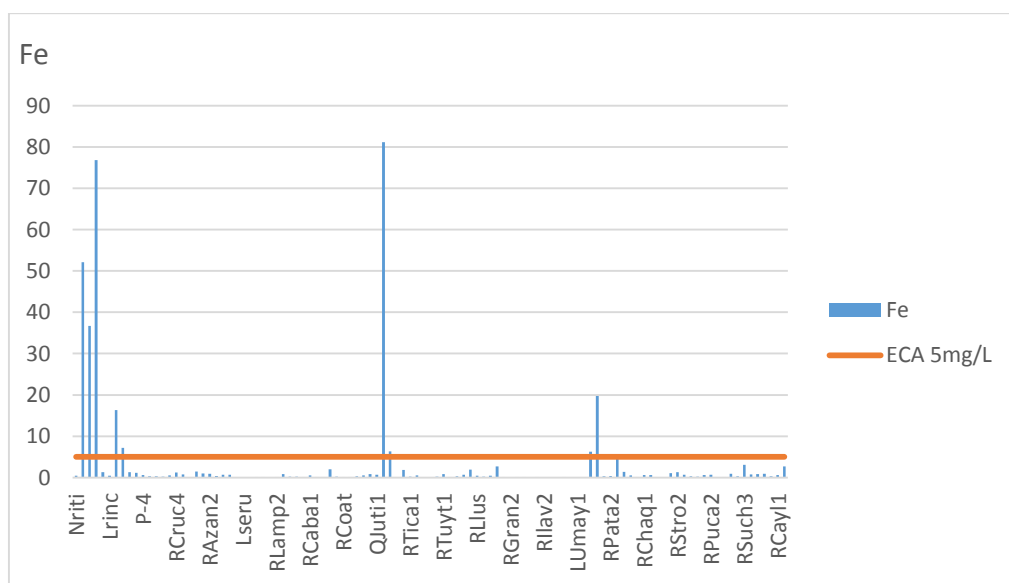
**Figura 27: Calcio en la cuenca del Lago Titicaca**

El litio (Li) es otro elemento que está presente en gran parte de subcuencas, siendo la estación del río Verde la que presenta el mayor valor (0,533 mg/l), pero sin superar el ECA (2,5 mg/l, para la categoría 3; en la categoría 4, no se considera este parámetro). Ver la Figura 28.

La concentración de hierro (Fe) es alta para el caso de la quebrada Choquene, a la salida de la laguna Choquene; alcanza un valor extraordinario de 81,12 mg/l, superior al ECA de 5,0 mg/l, para la subcategoría D1 (riego de vegetales) y 0,3 mg/l, para la subcategoría B1 (contacto primario). Ver la Figura 29.



**Figura 28: Litio en la cuenca del Lago Titicaca**

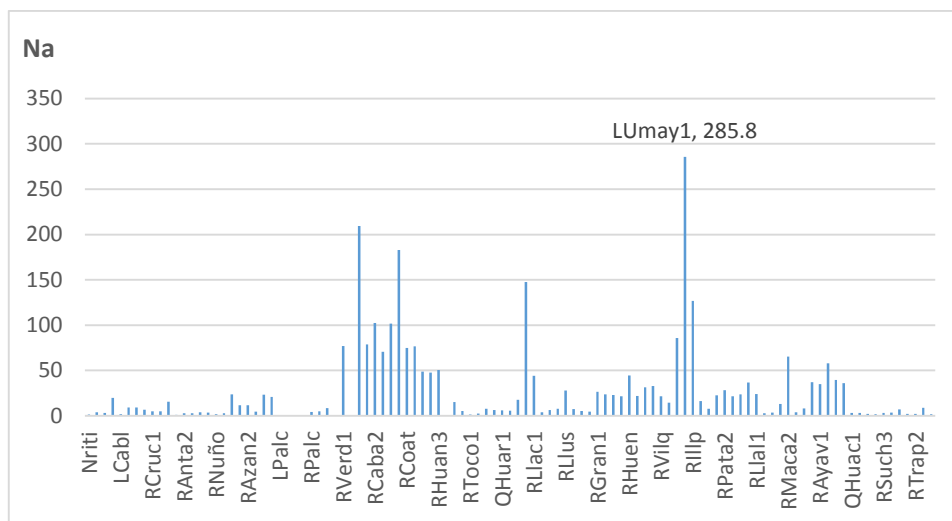


**Figura 29: Hierro en la cuenca del Lago Titicaca**

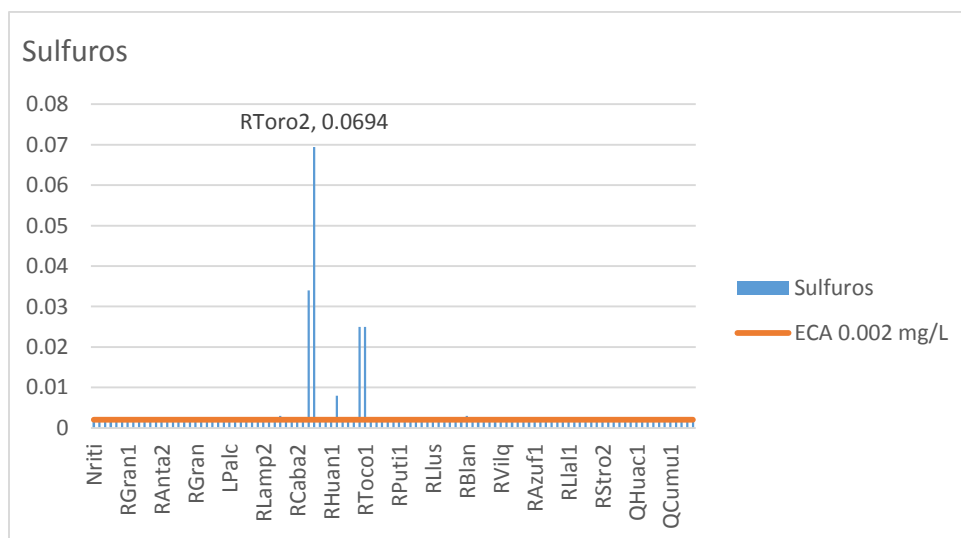


Para el caso del sodio (Na), la concentración alcanza valores de hasta 285,8 mg/l (laguna Umayo, a la salida de la presa); este parámetro no está incluido en el ECA de agua en su última versión (Figura 30).

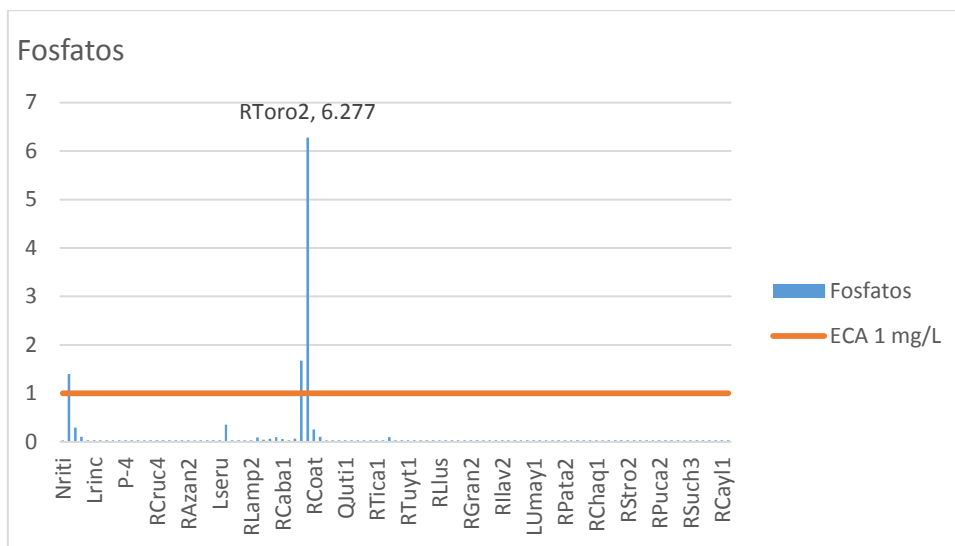
Los sulfuros y fosfatos se presentan de forma diferenciada en el río Torococha; en el punto de monitoreo 2 alcanza valores de 0,0694 y 6,2777 mg/l, superando los ECA de 0,002 mg/l, para la categoría IV de conservación del ambiente acuático; y, 1 mg/l, establecido en los ECA 2008, para la categoría 3 y no considerado en la versión 2017 (Figuras 31 y 32).



**Figura 30: Sodio en la cuenca del Lago Titicaca**

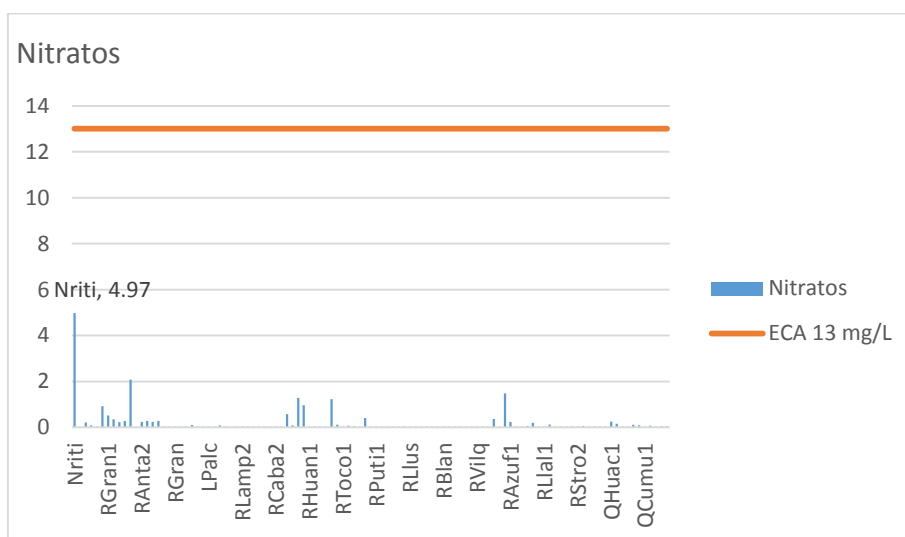


**Figura 31: Sulfuros en la cuenca del Lago Titicaca**



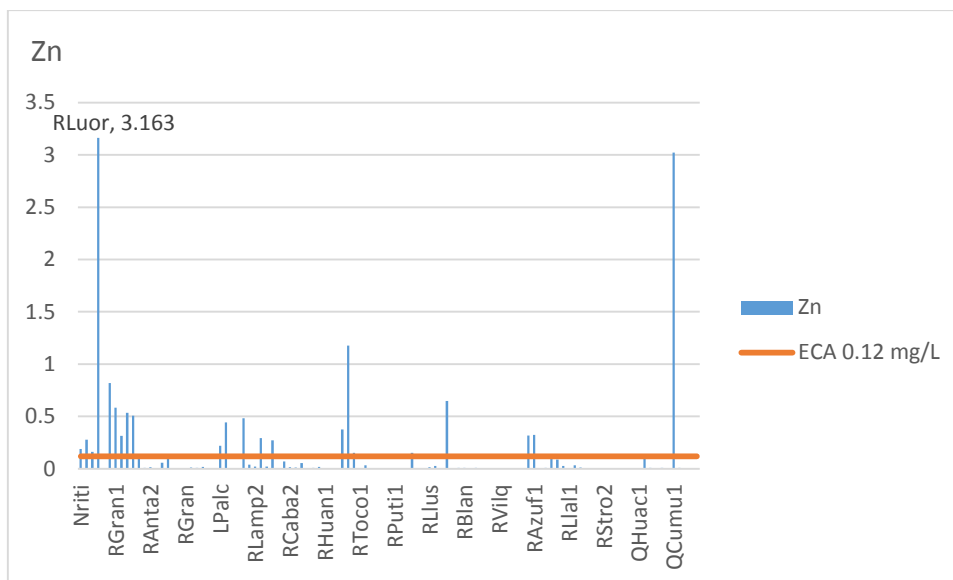
**Figura 32: Fosfatos en la cuenca del Lago Titicaca**

Los nitratos registrados, en su mayoría, presentan valores menores a 2 mg/l, con excepción de la estación del nevado Ritucho que presenta un valor de 4,97 mg/l, que no superan el ECA de agua para la categoría 4 (13 mg/l), para la conservación del ambiente acuático de lagunas, lagos y ríos, en costa y sierra (Figura 33).



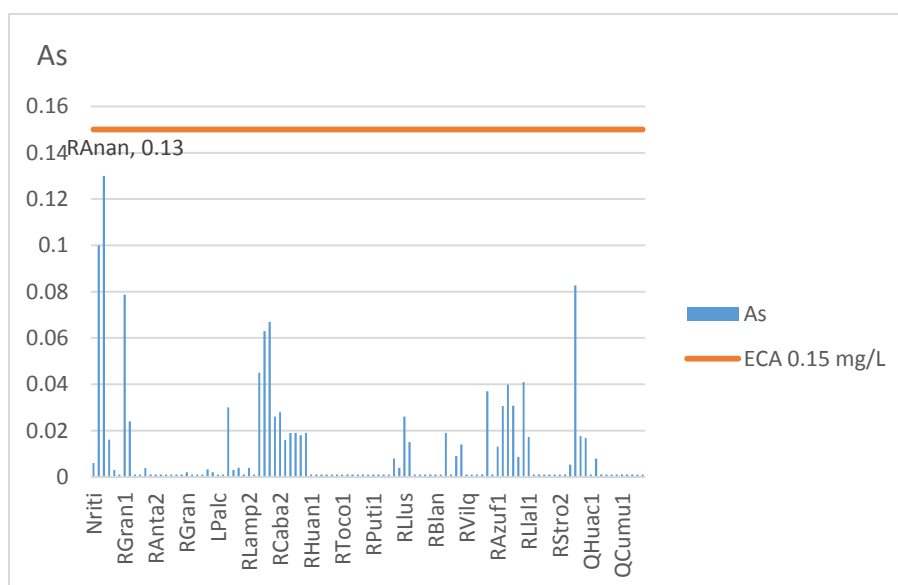
**Figura 33: Nitratos en la cuenca del Lago Titicaca**

El zinc (Zn) alcanza un valor de 3,163 mg/l, en la estación de monitoreo del río Lunar de Oro en la cuenca del Ramis, seguido por la estación de la quebrada Cumuni en la Rinconada, con 3,021 mg/l, que supera los ECA para categoría 4 (0,12 mg/l), evidenciando carga contaminante (Figura 34).



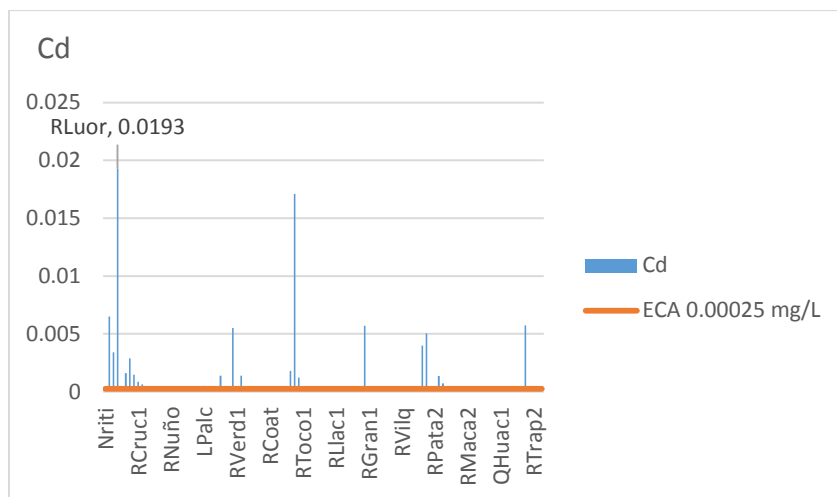
**Figura 34: Zinc en la cuenca del Lago Titicaca**

El arsénico (As) alcanza un valor de 1,161 mg/l, en el punto de monitoreo de río Lunar de Oro, superando considerablemente los ECA para agua (0,15 mg/l); en el resto de estaciones se encuentra dentro de los ECA. En la estación del río Ananea se tiene un valor de 0,13 mg/l, tal como se observa en la Figura 35.



**Figura 35: Arsénico en la cuenca del Lago Titicaca**

En el punto de monitoreo del río Lunar de Oro, el cadmio (Cd) presenta un valor de 0,0193 mg/l; y, en la quebrada Choquene, 0,0171 mg/l; también, se aprecia que varias estaciones presentan valores elevados que superan los ECA (0,00025 mg/l). Ver la Figura 36.

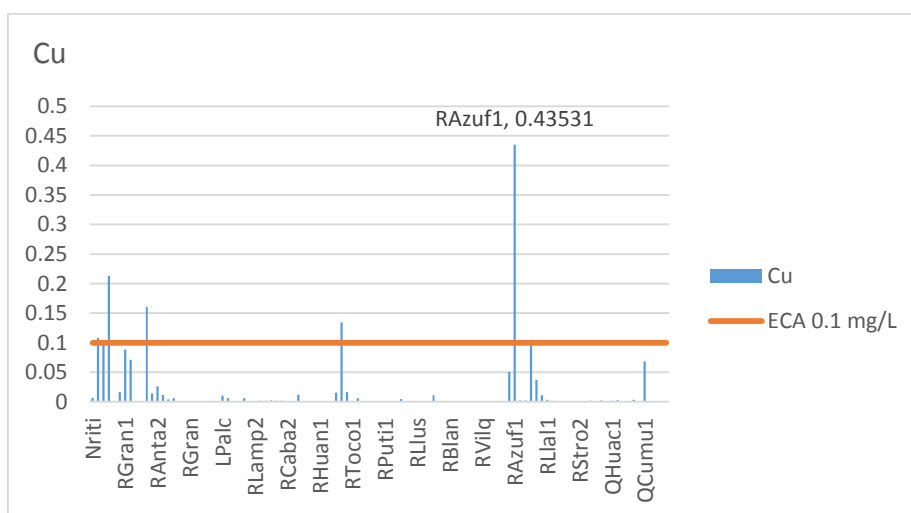


**Figura 36: Cadmio en la cuenca del Lago Titicaca**

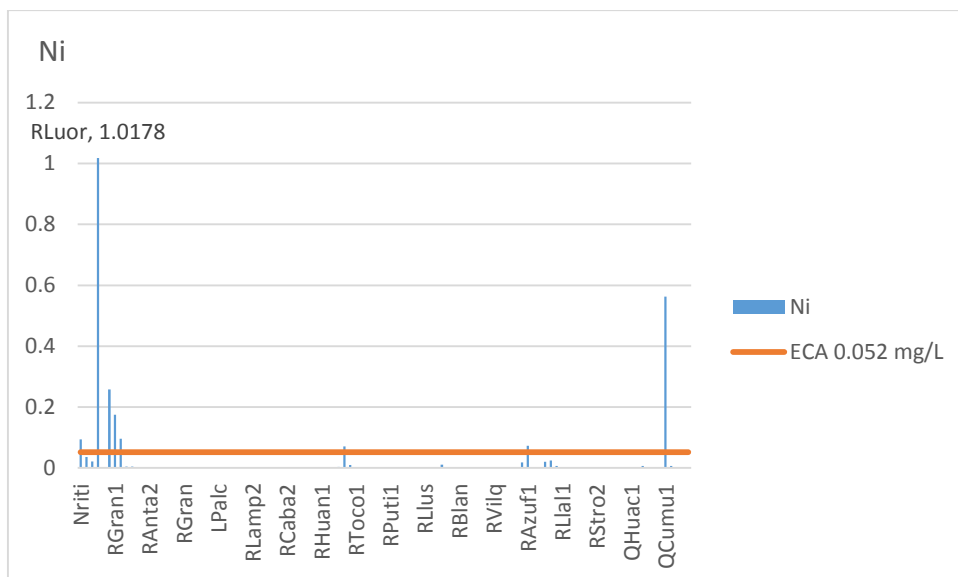
El parámetro cobre (Cu) alcanza un valor de 0,43531 mg/l en la estación de monitoreo del río Azufrini, 150 m antes de la confluencia con quebrada Huarucani, tal como se aprecia en la Figura 37, siendo el ECA para la categoría 4 para costa y sierra un valor de 0,1 mg/l.

El níquel (Ni), también, tiene registros elevados, alcanza valores de hasta 1,0178 mg/l (estación de río Lunar de Oro), cuando el valor no debería ser superior a 0,052 mg/l, para la categoría 4 del ECA para agua (Figura 38).

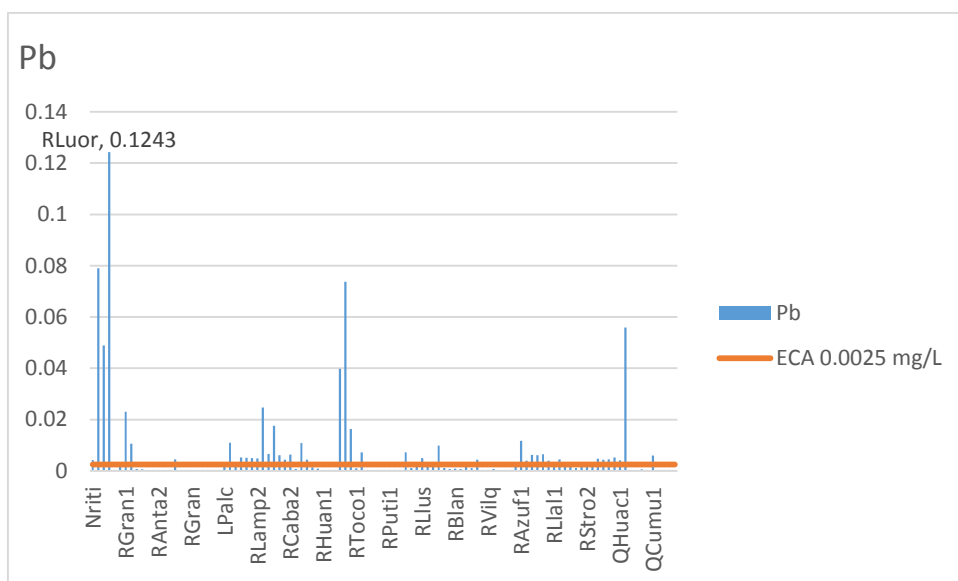
El plomo (Pb), también, presenta comportamiento variable, con varias estaciones que superan el valor de los ECA (0,0025 mg/l), para la categoría 4; la estación ubicada en el río Lunar de Oro, es la que presenta el mayor valor (0,1243 mg/l). Ver la Figura 39.



**Figura 37: Cobre en la cuenca del Lago Titicaca**



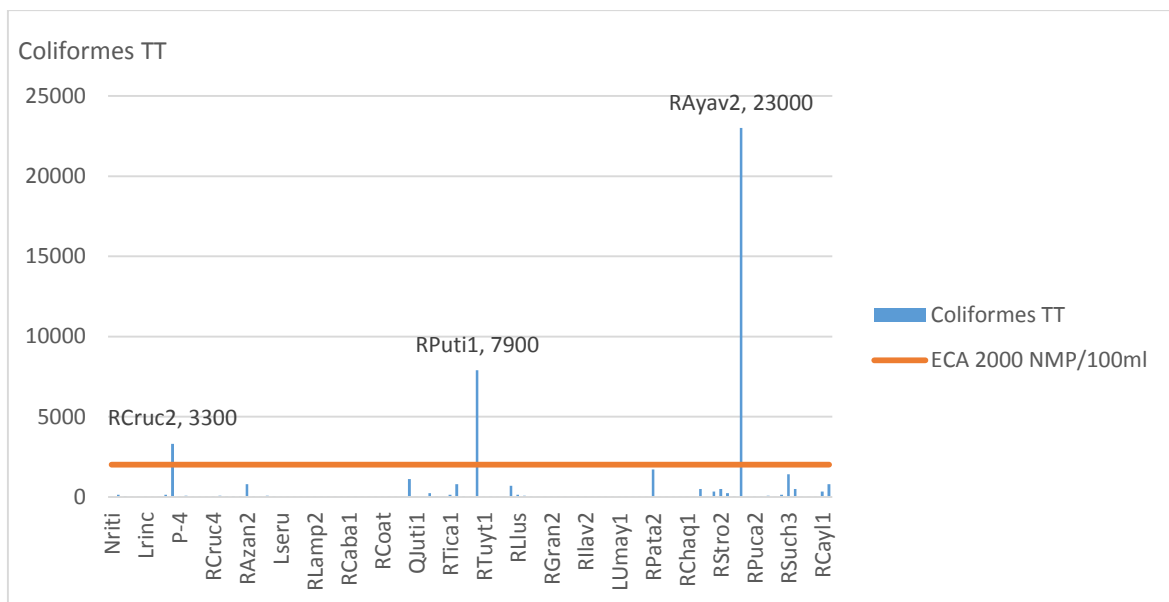
**Figura 38: Níquel en la cuenca del Lago Titicaca**



**Figura 39: Plomo en la cuenca del Lago Titicaca**

Los coliformes termotolerantes presentan mayor concentración en el río Ayaviri (23 000 NMP/100 ml), siendo el valor de los ECA, 2000 NMP/100 ml para ríos en costa y sierra, y de 1000 NMP/100 ml para lagunas y lagos (Figura 40).

Existen varias estaciones que no cuentan con registros de este parámetro, contando algunas solo con el análisis de coliformes totales.



**Figura 40: Coliformes termotolerantes en la cuenca del Lago Titicaca.**

#### **4.2. DELIMITACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS**

Se logró delimitar satisfactoriamente unidades hidrográficas de menor orden, a partir de las curvas de nivel generadas, como se aprecia en el modelo de elevación digital, donde se muestra la diferencia de altitudes y la divisoria de aguas generado (Figura 41).

Se evidenció que la zona norte de la cuenca del Lago Titicaca es la que cuenta con el mayor número de estaciones de monitoreo, mientras que, en la zona sur, solo existen 12 estaciones, de las 108, que aportan información de calidad de agua. Una vez georreferenciadas las estaciones de monitoreo, como resultado, se identificaron 12 subcuencas de interés que cumplen con la condición de tener una estación de monitoreo en la desembocadura de la cuenca, tal como se aprecia en la Figura 42.

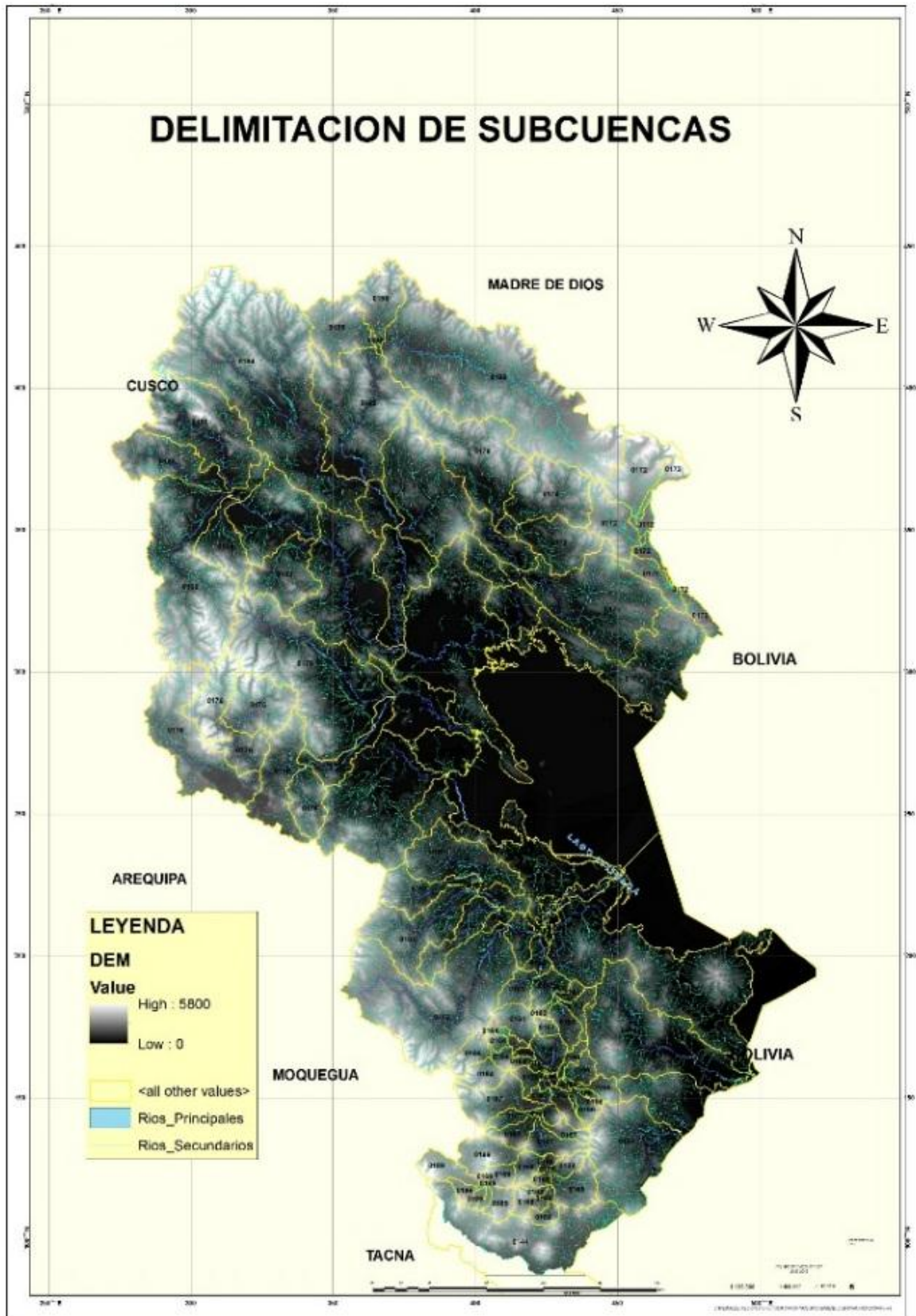
Se seleccionó, en la zona norte, las subcuencas del riachuelo Ananea (RAnan), río Vila (RVilca), río Paratia (RPara), río Torococha (RToro2), río Vilque (RVilq), río Pataqueña (RPata1), río Macarimayo (RMaca1), río Santa Rosa (RStro1), río Trapiche (RTrap1) y de la Bahía Interior (BInte1); mientras que, en la zona sur, solo dos subcuencas, la del río Chungurune, aguas abajo de la confluencia con río Arrichua (RChun) y la del río Santa Rosa, aguas arriba del centro poblado de Santa Rosa (RSant).

### **4.3. USO ACTUAL DEL SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO TITICACA**

El análisis se realizó a nivel de mesozonificación, que comprende cuencas hidrográficas de espacios regionales y se desarrolló en la escala 1:100 000; permitió conocer las diferentes formas de uso del suelo; esta composición y distribución de cobertura natural, sirvió para identificar zonas con actividades intensas en su espacio territorial.

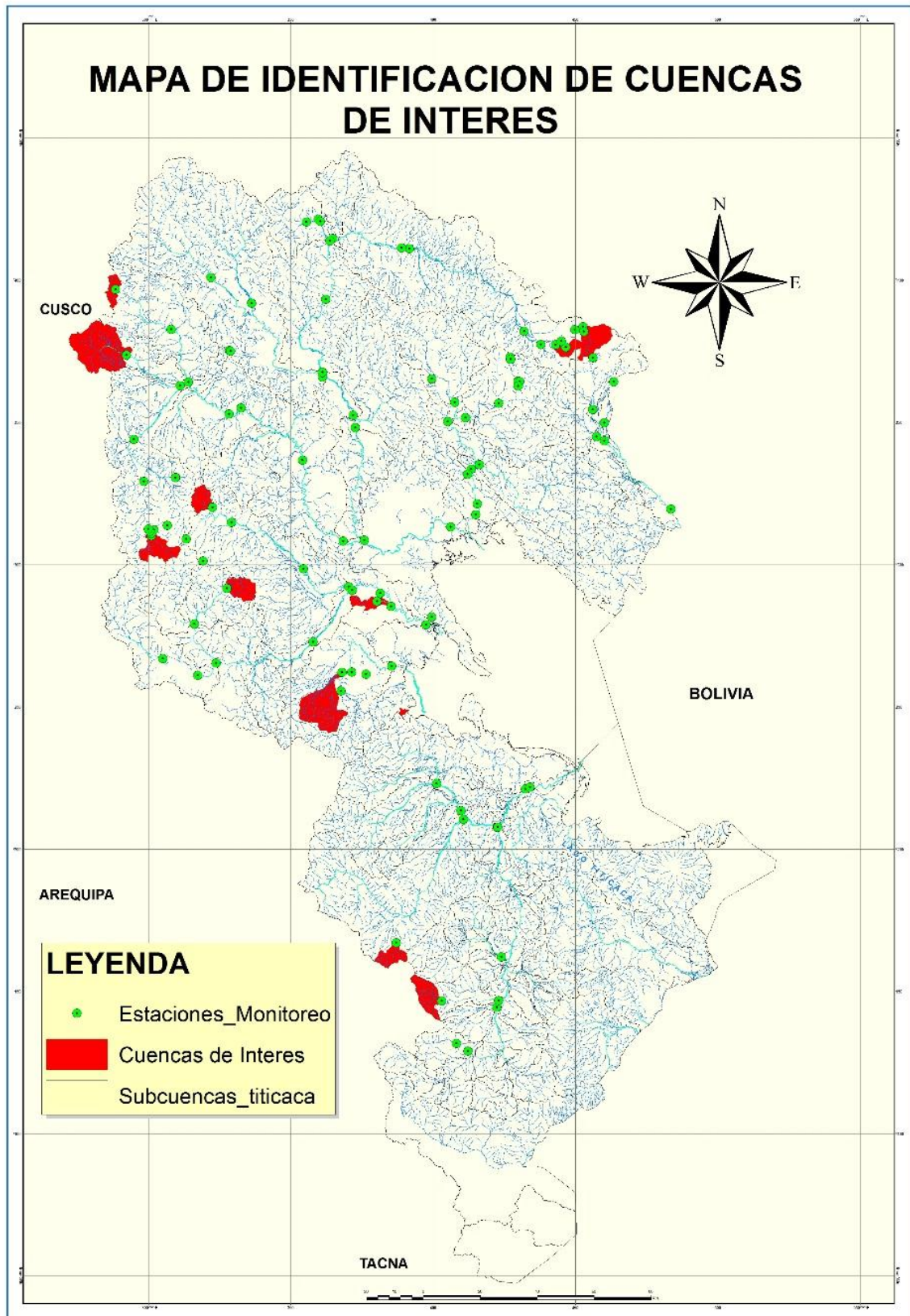
Las coberturas o clases, se reclasificaron de acuerdo al segundo nivel que indica la metodología, en 11 tipos de cobertura (aguas continentales, áreas de extracción de minería e hidrocarburos, áreas industriales e infraestructura, áreas urbanizadas, bosques, bosques plantados, cultivos permanentes, cultivos transitorios, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, área sin o con poca vegetación).

Estas 11 clases de cobertura se muestran en la Figura 43, donde se aprecia las que tienen mayor participación y las más escasas; se presenta también, un resumen de la información obtenida con *Arcgis*, que se detallan en la Tabla 11, donde se muestra el número de unidades, el área mínima y área máxima de cada clase, el área total de cada clase (ha) que componen el total del área de la cuenca del Lago Titicaca.

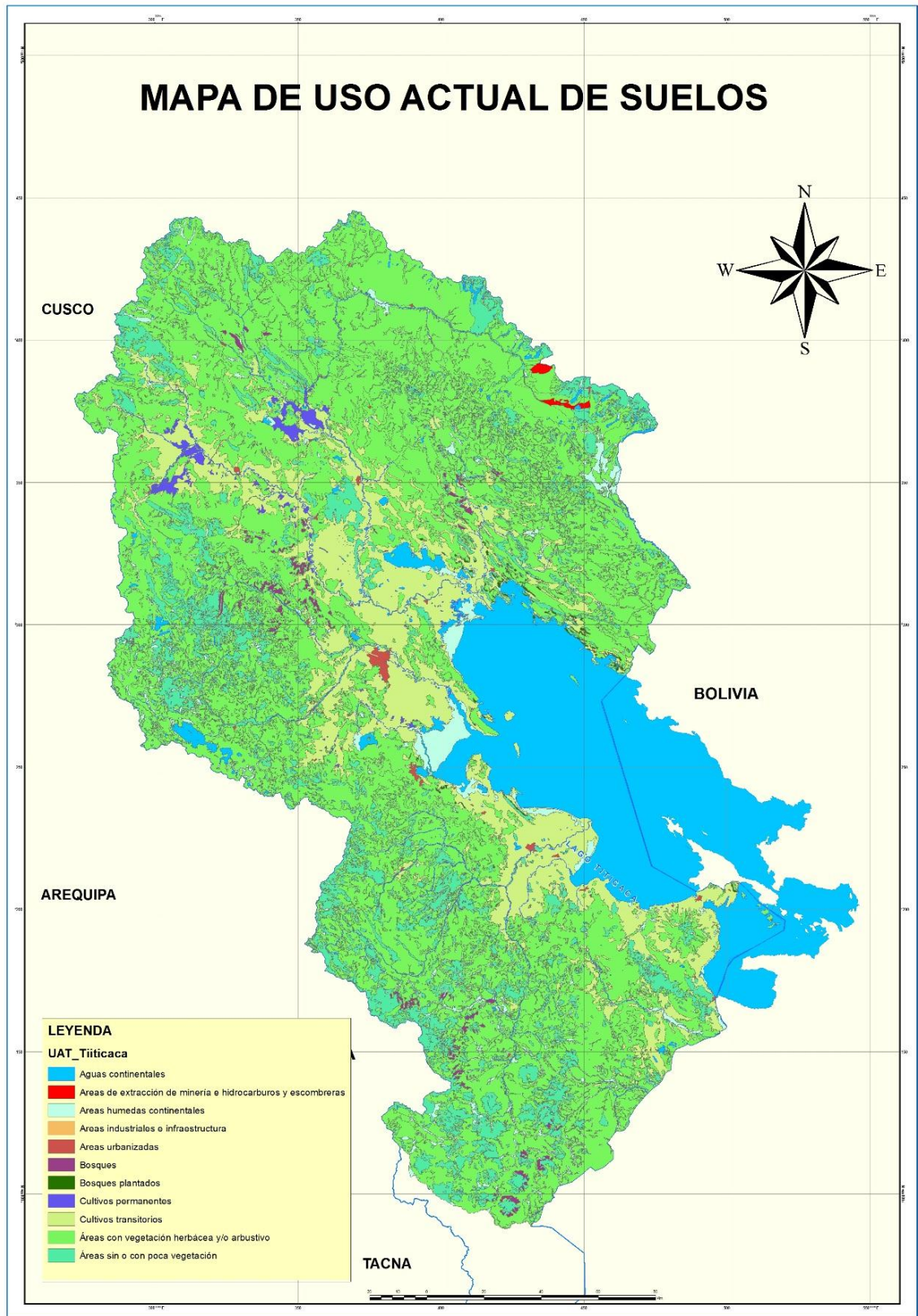


**Figura 41: Delimitación de las subcuencas de análisis.**





**Figura 42: Identificación de las subcuencas de interés y estaciones de monitoreo.**

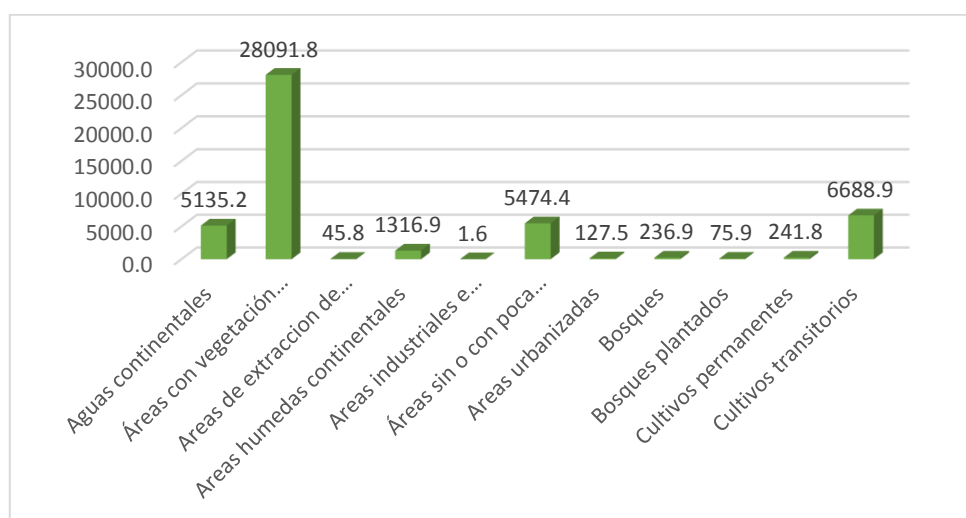


**Figura 43: Mapa de uso actual del suelo en la cuenca del Lago Titicaca.**

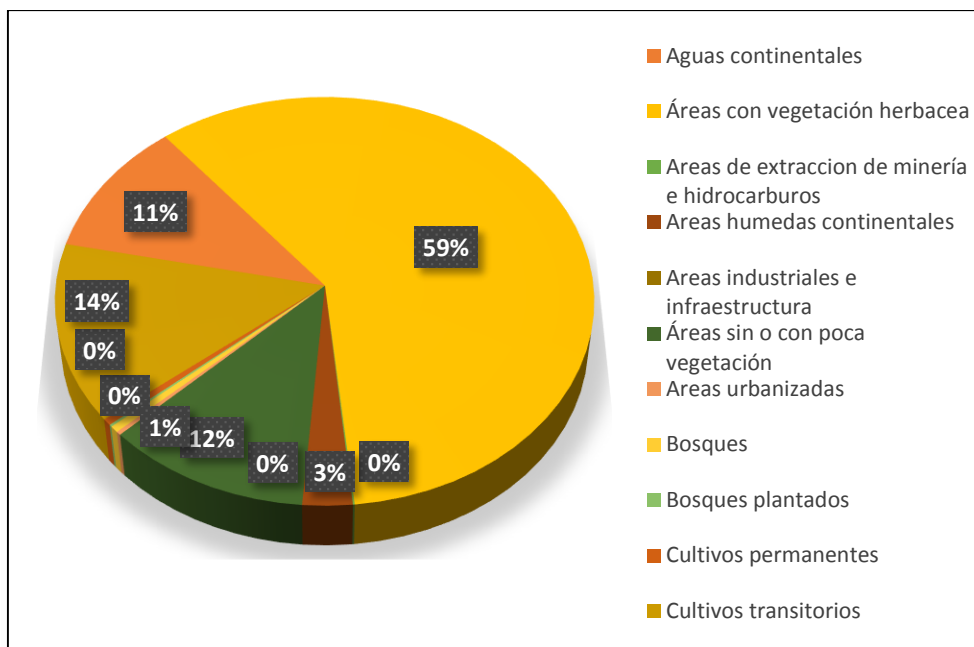
**Tabla 11: Uso de suelo en la cuenca del Lago Titicaca.**

Nº CLASE	Count	Minimum_AREA	Maximum_AREA	sum_AREA
1 Aguas continentales	1027	0.0046	4098.436	5135.230
2 Áreas con vegetación herbacea	3360	0.0001	2428.185	28091.751
3 Areas de extraccion de minería e hidrocarburos	2	19.6606	26.129	45.790
4 Areas humedas continentales	980	0.0176	175.278	1316.899
5 Areas industriales e infraestructura	1	1.5703	1.570	1.570
6 Áreas sin o con poca vegetación	3034	0.0001	147.275	5474.395
7 Areas urbanizadas	112	0.0151	47.824	127.489
8 Bosques	151	0.1094	12.773	236.886
9 Bosques plantados	98	0.1843	2.959	75.892
10 Cultivos permanentes	118	0.0069	59.596	241.837
11 Cultivos transitorios	442	0.0006	755.865	6688.918

Se determinó que en el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca, la composición del área total es 59,21 por ciento de áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (28 091,8 ha); también, es la clase que más parches presenta (3360 unidades); luego, viene la primera actividad antrópica, que son las actividades agrícolas, con 14,10 por ciento de cultivos transitorios (6688,9 ha); seguido por las áreas sin o con poca vegetación, con 11,54 por ciento (5474,4 ha); aguas continentales, con 10,82 por ciento (5135,2 ha), con 1316,9 ha (2,77 por ciento) de áreas húmedas continentales. El resto de clases tienen valores por debajo de uno por ciento, dentro de las que se encuentran los recursos biológicos tales como bosques y bosques plantados con 236,9 y 75,9 ha (0,49 y 0,15 por ciento), respectivamente. Por último, se encuentran aquellos usos de suelo, tales como los cultivos permanentes, áreas urbanizadas, áreas de extracción de minería e hidrocarburos y áreas de industriales de infraestructura, con 0,50, 0,26, 0,09 y 0,003 por ciento, respectivamente, tal como se muestra en las Figuras 44 y 45.



**Figura 44: Área total por tipo de uso de suelo en la cuenca del Lago Titicaca.**



**Figura 45: Composición del uso de suelo.**

Es necesario hacer hincapié, en que la clasificación en función a su capacidad de uso mayor (CUM) es distinta; es la agrupación de suelos según su vocación máxima de uso, reuniendo a suelos con características y cualidades basadas en su aptitud natural para la producción; se determinó que a nivel de la región Puno el 5,12 por ciento se encuentra en sobreuso, el 77,58 por ciento tiene un uso adecuado, el 6,52 por ciento está en subuso y el 0,96 % presenta alta degradación. La CUM de los suelos corresponde, mayormente, a zonas de protección (con pendientes pronunciadas) y zonas aptas para producción de pastos; seguido por zonas con aptitud para producción forestal; por último, cultivos en limpio y permanentes. El estado del uso actual y la capacidad de uso mayor, son valores que sirven para generar los conflictos, a fin de generar medidas y evitar el sub o sobreuso, por ende, el deterioro y degradación ambiental por erosión (GORE Puno 2015).

Tal como se mencionó, el 77,58 por ciento tiene uso adecuado, se encontrándose cubierto por pastos naturales, vegetación arbustiva y bosques naturales propios de clima andino seco. También, se tiene áreas de cultivos agrícolas, que están siendo correctamente empleadas, debido a su compatibilidad de uso, que no genera conflictos. Los conflictos por subuso se dan para las zonas de cultivos en limpio y para la producción forestal, en su mayoría cubiertas con vegetación arbustiva, que indica un subuso del territorio; mientras que los conflictos por sobreuso se presenta en las tierras de protección con las de producción de pastos y forestal (GORE Puno 2015).

#### **4.4. ANÁLISIS DE USO DE SUELOS DE LAS SUBCUENCAS DE INTERÉS**

Las subcuencas seleccionadas del análisis geoespacial: riachuelo Ananea (RAnan), río Vila (RVilca), río Paratia (RPara), río Torococha (RToro2), río Vilque (RVilq), río Pataqueña (RPata1), río Macarimayo (RMaca1), río Santa Rosa (RStro1), río Trapiche (RTrap1), Bahía Interior (BInte1), río Chungurune (RChun) y río Santa Rosa (RSant), tienen una composición y configuración distinta del uso de suelos para cada caso; patrones de uso de que dominan algunas subcuencas en otras están ausentes (Figura 46).

Los resultados indican que las áreas con vegetación herbácea y arbustiva están presentes en todas las unidades de análisis como en el análisis preliminar que abarcaba la totalidad de la cuenca del Lago Titicaca, seguido por la clase de áreas sin o con poca vegetación que están presentes en 10 de las 12 subcuencas, luego están las aguas continentales, áreas urbanizadas, cultivos transitorios, bosques, áreas húmedas continentales, áreas de extracción minera, hidrocarburos y por último están los cultivos permanentes.

En la subcuenca del río Vilque (RVilq), se observa claramente que las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva son las que ocupan la mayor extensión territorial, seguida de cultivos permanentes que ocupan un gran porcentaje; por otra parte, en la subcuenca de la Bahía Interior de Puno (BInte01) se observa que la clase correspondiente a áreas urbanas es la que predomina, algo similar ocurre en la subcuenca del río Torococha (RToro2); en la cuenca del río Ananea (RAnan), se observa que el uso del suelo correspondiente a áreas de extracción de minería e hidrocarburos ocupa la mayor parte del territorio, seguido por la áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva; la subcuenca del río Paratia (RPara1) presenta una cantidad significativa de áreas húmedas continentales y es la subcuenca que mayor cobertura de este tipo presenta.

Respecto a las subcuencas restantes del río Trapiche (RTrap), el río Santa Rosa (RSant) en la provincia de El Collao, río Vilque (RVilq), río Chungurune (RChun), río Macarimayo (RMaca1) y río Santa Rosa (RStro1) que se ubica cerca al límite territorial entre Cusco y Puno, están dominados en su mayoría por áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y también áreas sin o con poca vegetación.

En las 12 subcuencas analizadas no se identificaron las clases correspondientes a bosques plantados y áreas industriales.

## MAPA: USOS DE SUELO EN LAS SUBCUENCAS

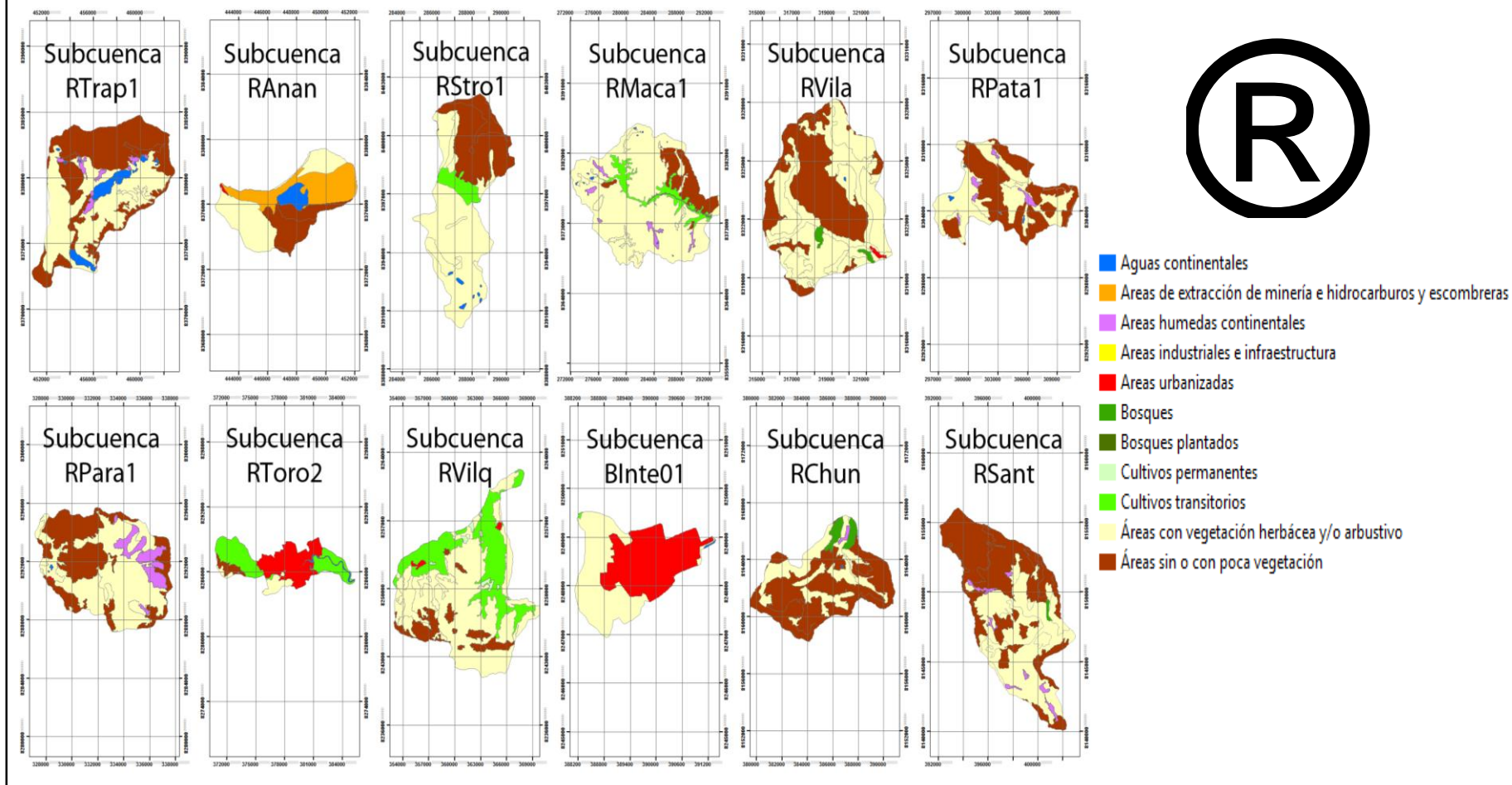


Figura 46: Mapa de usos de suelo para las subcuencas de interés.

El análisis permitió conocer que cada subcuenca presenta una composición, configuración y problemática diferente, por lo que se requiere de un análisis específico para cada caso; los efectos de estas subcuencas según su ubicación repercutirán en alguna de las cuatro zonas del Lago Titicaca como cuerpo receptor principal de la cuenca, estas zonas son: la Bahía Interior, Bahía de Puno, el Lago Menor o Wiñaymarca y el Lago Mayor, pero no es objeto de la presente investigación.

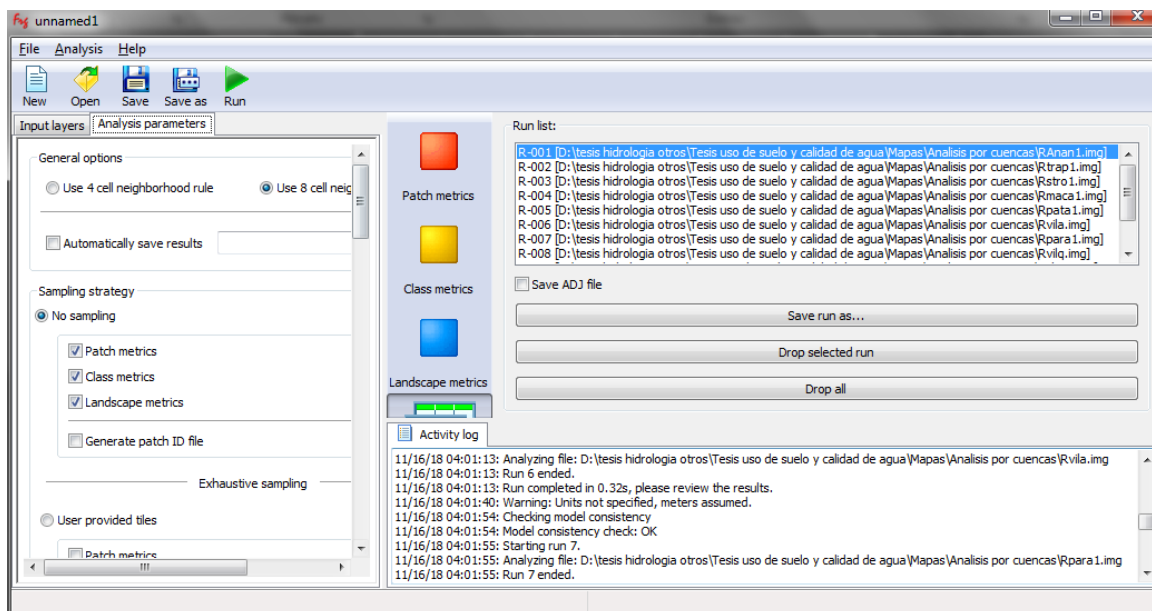
#### **4.5. ANÁLISIS DE MÉTRICAS DEL PAISAJE**

El análisis se desarrolló de forma independiente para cada una de las 12 subcuencas, las métricas se determinaron empleando el *Fragstats* en su versión 4.2 y el *Arcgis* versión 10.2 con sus respectivos complementos y extensiones; la información de estas 12 subcuencas que cumplieron con los criterios previos de selección, fueron sometidas a un procesamiento de datos previo para que puedan emplearse como datos de entrada en el programa *Fragstats*, como se indicó en la metodología

En la Figura 47 se observa la ejecución de este proceso para las 12 subcuencas; se aprecia, también, la interface del programa (amigable y comprensible), con la correspondiente selección de las métricas de interés determinadas para la investigación, algunas de ellas se muestran en la Figura 48, como información de salida o resultados.

Sobre la configuración de las métricas obtenidas, se asignaron códigos de nivel de clase a los valores obtenidos en PLAND, teniendo como resultados PLAND1, PLAND2, PLAND3, PLAND4, PLAND5, PLAND6, PLAND7, PLAND8, PLAND9, PLAND10, PLAND11, lo mismo ocurre con los valores para LSI (LSI1, LSI2, LSI3, LSI4, LSI5, LSI6, LSI7, LSI8, LSI9, LSI10, LSI11), LPI(LPI1, LPI2, LPI3, LPI4, LPI5, LPI6, LPI7, LPI8, LPI9, LPI10, LPI11) y ED (ED1, ED2, ED3, ED4, ED5, ED6, ED7, ED8, ED9, ED10, ED11), que corresponden a cada tipo de uso de suelo para todas las subcuencas,

En el análisis, se evidenció que los indicadores de uso del suelo presentan variaciones, en cuanto a su composición, siendo diversos los porcentajes de cobertura que presenta cada subcuenca.



**Figura 47: Procesamiento de información con *Fragstats V. 4.2*.**

Patch	Class	Landscape					
		TYPE	CA	PLAND	LPI	TE	ED
1	gi_VHA		1195.6961	36.1112	25.5801	18366.0160	5.5467
2	gi_M		1106.0522	33.4038	33.4038	28051.8400	8.4719
3	gi_AC		216.1259	6.5272	6.5272	9421.1840	2.8453
4	gi_U		11.9058	0.3596	0.3596	2302.3680	0.6953
5	gi_SCV		781.3730	23.5982	23.5982	13470.1760	4.0681

**Figura 48: Resultados de métricas para la subcuenca RAnan.**

En la Tabla 12, se aprecia el número de parches (NP) obtenido en cada unidad de análisis, donde la subcuenca del río Macarimayo es la que presenta mayor cantidad, que indica su fragmentación; por otra parte, las subcuencas de los ríos Ananea, Santa Rosa y la Bahía Interior de Puno (en el punto de monitoreo 01) presentan menores cantidades, debido a sus características geográficas, sociales y ambientales. La densidad de parche (PD) expresa el número de parches de cada tipo por cada 100 ha; en la subcuenca de la Bahía Interior de Puno se determinó que existen 1,3247 parches por cada 100 ha. Por otra parte, el índice de forma del paisaje (LSI) indica que cuando toma el valor de uno, el paisaje está compuesto por un solo parche (circular o cuadrado). Este valor aumenta sin límite conforme el paisaje se torna más irregular; y, a medida que aumenta la longitud del borde del parche dentro del



paisaje. Se aprecia que el menor valor también se encuentra en la Bahía Interior de Puno, debido a las características de la urbe que se desarrolla en esta subcuenca.

También, se determinó el índice de agregación (AI), que es igual al número de adyacencias similares. AI es igual a 0, cuando el tipo de parche focal está desagregado al máximo (no presenta adyacencias similares); el valor aumenta a medida que el parche focal se agrega; y, toma el valor de 100, cuando el tipo de parche se agrega al máximo en un solo parche compacto, valores elevados que se presentan en todas las subcuencas de análisis.

**Tabla 12: Resumen métricas del paisaje para las subcuencas.**

Subcuenca	NP	PD	LSI	AI
RToro2	14	0.3215	4.2663	98.5277
RAnan1	6	0.1812	3.0724	98.7733
RTrap1	33	0.3639	5.4616	96.0036
RStro1	6	0.1812	3.0724	98.7733
RMaca1	54	0.2146	4.0911	97.5707
RPata1	25	0.3182	4.9804	97.1072
RVila	17	0.3364	4.0683	97.7893
RPara1	19	0.2902	5.0591	96.9773
RVilq	37	0.2007	5.8447	95.7722
RChun	18	0.3419	5.0648	96.6045
RSant	24	0.2889	5.0742	96.6621
BIntel	6	1.3247	2.4051	99.1545

En la Tabla 13, se aprecia todas las subcuencas de análisis y el grado de composición que tienen los distintos parches. El valor se aproxima a cero, cuando el tipo de parche correspondiente a cada clase es escaso; y, cuando se aproxima a 100, todo el paisaje consiste en un tipo de cobertura, un solo parche. Se observa que las áreas con vegetación herbácea y arbustiva (PLAND2), tienen participación en todas las subcuencas de análisis, en mayor o menor proporción; las áreas sin o con poca vegetación (PLAND6), están presentes en 11 subcuencas; las áreas de aguas continentales (PLAND1), en 10 subcuencas; las áreas industriales e infraestructura (PLAND5) y los bosques plantados (PLAND9) no fueron identificadas en ninguna subcuenca; las áreas con cultivos transitorios (PLAND10) solo se identificaron en la subcuenca del río Vilque (RVilq), debido a que la actividad agrícola de la región Puno, se desarrolla, mayormente, en el anillo circunlacustre del lago Titicaca; mientras que las zonas altas, generalmente, están relacionadas a la actividad ganadera.

**Tabla 13: Resumen de porcentaje de cobertura (PLAND) para las subcuencas.**

<b>Subcuenca</b>	<b>PLAND 1</b>	<b>PLAND 2</b>	<b>PLAND 3</b>	<b>PLAND 4</b>	<b>PLAND 5</b>	<b>PLAND 6</b>	<b>PLAND 7</b>	<b>PLAND 8</b>	<b>PLAND 9</b>	<b>PLAND 10</b>	<b>PLAND 11</b>
<b>RToro2</b>	1.7846	9.361	0	0	0	5.0233	37.962	0	0	0	45.869
<b>RAnan1</b>	6.5272	36.111	33.403	0	0	23.598	0.3596	0	0	0	0
<b>RTrap1</b>	5.2565	46.109	0.0629	2.4122	0	46.159	0	0	0	0	0
<b>RStro1</b>	6.5272	36.111	33.403	0	0	23.598	0.3596	0	0	0	0
<b>RMaca1</b>	0.4294	83.917	0	2.068	0	11.376	0	0	0	0	2.2083
<b>RPata1</b>	0.4092	45.834	0	2.6976	0	51.059	0	0	0	0	0
<b>RVila</b>	0.0353	59.624	0	0	0	38.585	0.387	1.3678	0	0	0
<b>RPara1</b>	0.1108	54.017	0	8.7549	0	36.998	0.1179	0	0	0	0
<b>RVilq</b>	0	61.65	0	0	0	9.2051	0.6384	0	0	1.2997	27.2068
<b>RChun</b>	0.0623	31.061	0	0.6973	0	62.798	0	5.3798	0	0	0
<b>RSant</b>	0	47.417	0	2.3007	0	49.809	0	0.4725	0	0	0
<b>BIntel1</b>	0.2233	47.536	0	0	0	0	52.081	0	0	0	0.1592

El PLAND de mayor significancia estimado, corresponde a vegetación herbácea y arbustiva (PLAND2) en la subcuenca del río Macarimayo (RMaca1), donde este parche domina el territorio en 83,91 por ciento del total de su extensión, seguido por las áreas sin o con poca vegetación (PLAND6), con 11,37 por ciento (Tabla 13).

**Tabla 14: Resumen de índice de parche más largo (LPI) para las subcuencas.**

Subcuenca	LPI 1	LPI 2	LPI 3	LPI 4	LPI 5	LPI 6	LPI 7	LPI 8	LPI 9	LPI 10	LPI 11
<b>RToro2</b>	1.7846	7.5752	0	0	0	5.0233	37.9397	0	0	0	23.029
<b>RAnan1</b>	6.5272	25.5801	33.403	0	0	23.5982	0.3596	0	0	0	0
<b>RTrap1</b>	3.1272	23.3912	0.0524	0.7464	0	39.847	0	0	0	0	0
<b>RStro1</b>	6.5272	25.5801	33.403	0	0	23.5982	0.3596	0	0	0	0
<b>RMaca1</b>	0.0657	82.6013	0	0.8588	0	10.7324	0	0	0	0	1.9563
<b>RPata1</b>	0.2197	21.2264	0	1.1442	0	30.4349	0	0	0	0	0
<b>RVila</b>	0.0353	59.6247	0	0	0	34.2911	0.387	0.835	0	0	0
<b>RPara1</b>	0.0911	53.896	0	5.2805	0	24.1676	0.1179	0	0	0	0
<b>RVilq</b>	0	50.5784	0	0	0	3.6233	0.4034	0	0	0.487	17.176
<b>RChun</b>	0.0623	12.5401	0	0.6973	0	61.2126	0	2.930	0	0	0
<b>RSant</b>	0	46.6557	0	0.5895	0	39.7376	0	0.472 5	0	0	0
<b>BInte1</b>	0.2233	46.8144	0	0	0	0	52.081	0	0	0	0.1592

En la Tabla 14, se aprecia el índice de parche más largo (LPI) para cada subcuenca (expresado en porcentaje), que resulta del área (m<sup>2</sup>) del tipo de parche más largo con respecto al área total para cada subcuenca (porcentaje del paisaje que comprende el parche más largo); para la subcuenca del río Macarimayo (RMaca1), el LPI2 resultante es 82,6013 y el LPI6 igual a 10,7324.

En la Tabla 15, se muestra la densidad de borde (ED), que es suma de las longitudes (m), que pertenecen a todos los segmentos de borde de cada tipo de parche, dividido entre el área total del paisaje (ha); se aprecia que la unidad “RChun” que es la subcuenca del Río Chungurune, aguas abajo de la confluencia con el río Arrichua presenta el mayor valor, lo que indica que es el área con mayor número de bordes, que indica que el parche correspondiente a las áreas de vegetación herbácea (ED2) es el que predomina en la zona.

**Tabla 15: Resumen densidad de borde (ED) para las subcuencas.**

Subcuenca	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	ED6	ED7	ED8	ED9	ED10	ED11
<b>RToro2</b>	5.682	3.534	0	0	0	2.739	4.861	0	0	0	8.0469
<b>RAnan1</b>	2.845	5.546	8.471	0	0	4.068	0.695	0	0	0	0
<b>RTrap1</b>	3.665	15.052	0.118	3.326	0	11.661	0	0	0	0	0
<b>RStro1</b>	2.845	5.546	8.471	0	0	4.068	0.695	0	0	0	0
<b>RMaca1</b>	1.374	5.195	0	1.894	0	2.906	0	0	0	0	1.776
<b>RPata1</b>	0.795	13.993	0	2.818	0	11.519	0	0	0	0	0
<b>RVila</b>	0.118	15.362	0	0	0	13.151	0.715	1.507	0	0	0
<b>RPara1</b>	0.292	16.873	0	6.258	0	13.247	0.271	0	0	0	0
<b>RVilq</b>	0	10.971	0	0	0	4.454	0.558	0	0	1.254	7.703
<b>RChun</b>	0.161	18.082	0	0.850	0	16.800	0	2.712	0	0	0
<b>RSant</b>	0	13.899	0	4.1618	0	11.523	0	0.578	0	0	0
<b>BInte1</b>	0.984	15.183	0	0	0	0	13.465	0	0	0	0.732

#### 4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico para los parámetros de calidad de agua, con datos de las 109 estaciones de monitoreo, permitió conocer si están correlacionados entre sí; la matriz de correlación obtenida, muestra las interacciones que se dan entre los diversos parámetros involucrados (Tabla 16).

Se analizó los resultados obtenidos y se eliminó las variables con valores constantes, debido a que pueden influir y provocar errores en el análisis. Se determinó los estadísticos descriptivos, obteniéndose la media y desviación estándar; los mayores valores (aquellos en los que ocurre mayor variación) se obtuvieron para el caso del Na, Al, Fe, Ca, Mg y coliformes termotolerantes, que presentan mayor desviación estándar.

Se determinó que varios parámetros están correlacionados, por lo que, presentan el mismo comportamiento. Los grupos correlacionados de parámetros son: Li, V, Mg, Al, Ca, Fe y Ba (grupo 1); Zn, Tl, As, Mn y Se (grupo 2); el Hg, Ni, Pb, Cu (grupo 3); aceites y grasas, DQO, fosfatos y DBO (grupo 4); pH, nitratos y fenoles (grupo 5), Cd y Sb (grupo 6); sulfuros y coliformes termotolerantes (grupo 7); y, en el caso del sodio (Na), no presenta correlación con ningún otro parámetro registrado (grupo 8). La agrupación de los distintos parámetros se muestra en la Figura 49.

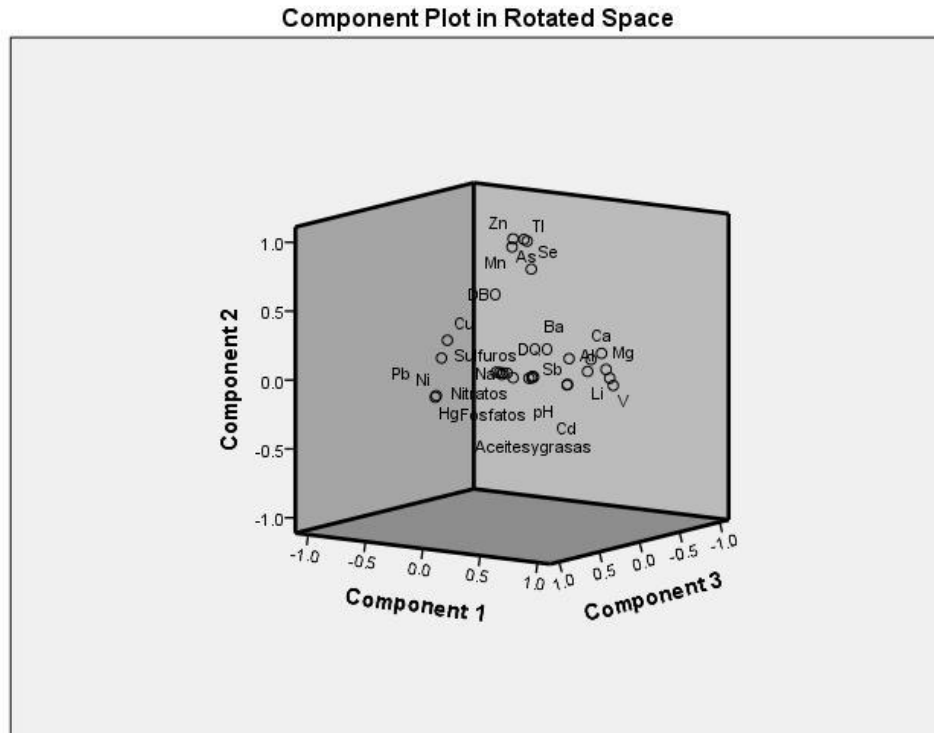
Se buscó conocer si las métricas determinadas eran estadísticamente significativas en la calidad del agua, con una  $p \leq 0,05$  (intervalo de confianza del 95 por ciento).

**Tabla 16: Matriz de correlación.**

Correlation Matrix<sup>a</sup>

	pH	DBO	DOO	Ba	Ca	Li	Mg	Se	Na	Sulfuros	Fosfatos	Nitratos	Al	Sb	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Pb	Tl	V	Zn	Aceites y grasas	Fenoles	Coliformes TT
Correlation pH	1.000	.022	-.022	.103	.151	.210	.161	.087	.065	.027	-.005	-.410	.161	.057	-.008	.007	.035	.127	.029	.029	.031	.033	.026	.181	.011	-.002	-.412	.066
DBO	.022	1.000	.296	.033	.137	.069	.018	-.015	-.017	-.006	.245	-.015	.019	.016	-.014	-.055	-.011	-.022	-.014	-.013	-.014	-.017	-.014	-.042	-.012	.302	-.016	-.023
DOO	-.022	.296	1.000	.207	.598	.364	.165	.065	-.016	.023	.683	.050	.205	.137	.010	-.055	.012	.060	.016	-.010	-.012	-.013	.008	.039	.001	.961	-.020	-.026
Ba	.103	.033	.207	1.000	.445	.448	.309	.322	-.036	-.036	.140	-.033	.305	.122	.202	.080	.114	.321	.228	.018	.022	.101	.201	.566	.173	.203	-.067	-.055
Ca	.151	.137	.598	.445	1.000	.855	.817	.496	-.053	-.040	.409	-.001	.725	.374	.319	.146	.169	.467	.340	.025	.034	.108	.321	.597	.279	.575	-.098	-.081
Li	.210	.069	.364	.448	.855	1.000	.770	.462	-.067	-.063	.409	-.049	.735	.451	.201	.299	.164	.598	.211	.096	.104	.133	.178	.750	.119	.412	-.130	-.098
Mg	.161	.018	.165	.309	.817	.770	1.000	.388	-.045	-.047	.213	-.040	.796	.371	.218	.127	.132	.478	.245	.032	.043	.087	.224	.628	.181	.186	-.088	-.070
Se	.087	-.015	.065	.322	.496	.462	.388	1.000	-.044	-.050	.058	-.070	.454	.100	.888	.199	.654	.406	.940	.319	.333	.556	.898	.387	.883	.072	-.084	-.064
Na	.065	-.017	-.016	-.036	-.053	-.067	-.045	-.044	1.000	-.017	-.018	-.034	-.057	-.034	-.021	-.044	-.018	-.049	-.022	-.011	-.012	-.016	-.020	-.066	-.015	-.015	-.026	-.011
Sulfuros	.027	-.006	.023	-.036	-.040	-.063	-.047	-.050	-.017	1.000	.029	-.041	-.061	-.035	-.026	-.056	-.021	-.058	-.027	-.014	-.015	-.020	-.024	-.079	-.018	.030	-.033	-.024
Fosfatos	-.005	.245	.683	.140	.409	.409	.213	.058	-.018	.029	1.000	-.002	.210	.139	.011	-.059	.003	.066	.011	-.012	-.012	-.014	.006	.055	-.004	.840	.070	-.027
Nitratos	-.410	-.015	.050	-.033	-.001	-.049	-.040	-.070	-.034	-.041	-.002	1.000	-.059	.166	-.041	-.111	-.038	-.089	-.041	-.028	-.029	-.038	-.039	-.119	-.031	.032	.400	-.046
Al	.161	.019	.205	.305	.725	.735	.796	.454	-.057	-.061	.210	-.059	1.000	.299	.234	.233	.285	.461	.280	.201	.210	.250	.234	.596	.197	.221	-.109	-.087
Sb	.057	.016	.137	.122	.374	.451	.371	.100	-.034	-.035	.139	.166	.299	1.000	.111	-.115	-.028	.171	-.003	-.037	-.033	-.040	.002	.221	-.026	.147	-.066	-.054
As	-.008	-.014	.010	.202	.319	.201	.218	.888	-.021	-.026	.011	-.041	.234	.111	1.000	.027	.398	.239	.958	-.004	.009	.272	.983	.112	.977	.014	-.041	-.032
Cd	.007	-.055	-.055	.080	.146	.299	.127	.199	-.044	-.056	-.059	-.111	.233	-.115	.027	1.000	-.043	.277	-.008	-.037	-.035	-.043	.029	.604	-.034	-.052	-.083	-.055
Cu	.035	-.011	.012	.114	.169	.164	.132	.654	-.018	-.021	.003	-.038	.285	-.028	.398	-.043	1.000	.103	.573	.912	.917	.990	.416	.074	.452	.012	-.034	-.027
Fe	.127	-.022	.060	.321	.467	.598	.478	.406	-.049	-.058	.066	-.089	.461	.171	.239	.277	.103	1.000	.254	.009	.016	.077	.236	.584	.198	.070	-.095	-.072
Mn	.029	-.014	.016	.228	.340	.211	.245	.940	-.022	-.027	.011	-.041	.280	-.003	.968	-.008	.573	.254	1.000	.189	.202	.459	.978	.145	.984	.018	-.043	-.033
Hg	.029	-.013	-.010	.018	.025	.096	.032	.319	-.011	-.014	-.012	-.028	.201	-.037	-.004	-.037	.912	.009	.189	1.000	1.000	.958	.008	.034	.048	-.009	-.022	-.018
Ni	.031	-.014	-.012	.022	.034	.104	.043	.333	-.012	-.015	-.012	-.029	.210	-.033	.009	-.035	.917	.016	.202	1.000	1.000	.962	.022	.041	.061	-.011	-.023	-.019
Pb	.033	-.017	-.013	.101	.108	.133	.087	.556	-.016	-.020	-.014	-.038	.250	-.040	.272	-.043	.990	.077	.459	.958	.962	1.000	.289	.070	.328	-.011	-.031	-.025
Tl	.026	-.014	.008	.201	.321	.178	.224	.898	-.020	-.024	.006	-.039	.234	.002	.983	.029	.416	.236	.978	.008	.022	.289	1.000	.117	.995	.011	-.038	-.029
V	.181	-.042	.039	.556	.597	.750	.628	.387	-.066	-.079	.055	-.119	.596	.221	.112	.604	.074	.584	.145	.034	.041	.070	.117	1.000	.054	.051	-.128	-.093
Zn	.011	-.012	.001	.173	.279	.119	.181	.883	-.015	-.018	-.004	-.031	.197	-.026	.977	-.034	.452	.198	.984	.048	.061	.328	.995	.054	1.000	.002	-.028	-.022
Aceites y grasas	-.002	.302	.961	.203	.575	.412	.186	.072	-.015	.030	.840	.032	.221	.147	.014	-.052	.012	.070	.018	-.009	-.011	-.011	.011	.051	.002	1.000	-.021	-.025
Fenoles	-.412	-.016	-.020	-.067	-.098	-.130	-.088	-.084	-.026	-.033	.070	.400	-.109	-.066	-.041	-.083	-.034	-.095	-.043	-.022	-.023	-.031	-.038	-.128	-.028	-.021	1.000	-.038
Coliformes TT	.066	-.023	-.026	-.055	-.081	-.098	-.070	-.064	-.011	-.024	-.027	-.046	-.087	-.054	-.032	-.055	-.027	-.072	-.033	-.018	-.019	-.025	-.029	-.093	-.022	-.025	-.038	1.000

a. Determinant = 2.495E-32



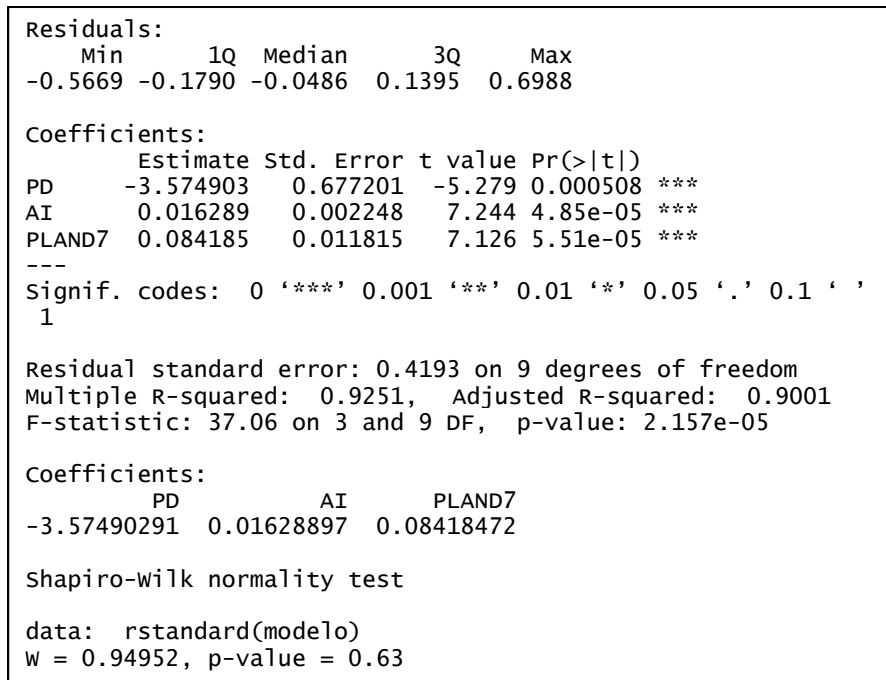
**Figura 49: Gráfico de los componentes en espacio rotado.**

La relación entre las métricas determinadas para los usos de suelo y los parámetros de calidad de agua, fue examinada empleando modelos de regresión lineal múltiple (MLR), utilizando como criterios el  $R^2$  ajustado, la importancia de los coeficientes del modelo y de los predictores, así como el *p value*. Solo se tomó en cuenta los predictores significativos, como variables explicativas; asimismo, la bondad de ajuste de los MLR se evaluó mediante gráficos de dispersión.

Mediante la aplicación de la regresión lineal múltiple, se obtuvo resultados que sugieren que existe buen ajuste para el caso del parámetro de coliformes termotolerantes, (con  $R^2$  ajustado de 0,9001); también, se aprecia que el porcentaje de áreas urbanas (PLAND7) tiene un coeficiente de 0,08418472 y está positivamente correlacionado con la cantidad de coliformes termotolerantes presentes en el agua, que indica que al aumentar el porcentaje de tierra para área urbana (PLAND7), permaneciendo las demás variables constantes, el número más probable (NMP) de coliformes termotolerantes se incrementará en 0,08418472.

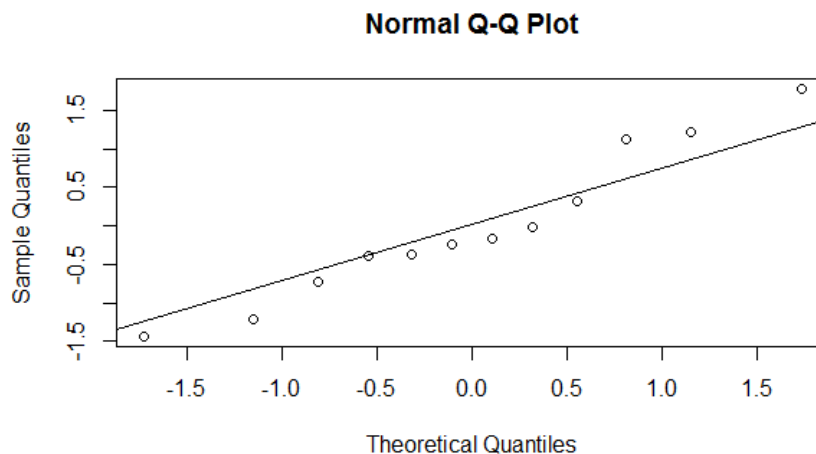
También, se obtuvo un valor de 0,01628897 para el índice de agregación (IA); mientras que, la densidad de parches (PD) tiene una relación inversa, con un coeficiente de 3,57490291, por lo que un territorio con una menor densidad de parches y al estar compuesto, mayormente

por áreas urbanas, estadísticamente se incrementaría la presencia de coliformes termotolerantes en el agua, deteriorando su calidad. Los resultados obtenidos y otros indicadores se muestran en la Figura 50.



**Figura 50: Análisis estadístico para el parámetro coliformes termotolerantes.**

El análisis de normalidad de los residuos se realizó mediante la prueba de Shapiro, que emplea los residuos estándar e indica si éstos se comportan de forma normal. El *p value* resultó igual a 0,63 que, se muestra en la Figura 51, donde se puede evidenciar que el comportamiento de los residuos es de forma ondulada, cercana a la línea de tendencia, lo que representa una situación normal o esperada.



**Figura 51: Análisis de normalidad de residuos para coliformes termotolerantes.**

En el análisis de correlación efectuado para los coliformes termotolerantes, el mayor valor estimado es igual a 0,63, con el porcentaje del territorio usado para áreas urbanas (PLAND7).

Para el hierro (Fe), se estableció que no existe evidencia suficiente para afirmar que guarda relación positiva o directa con las métricas PLAND3 y PLAND7; se estimó un  $R^2$  ajustado de 0,4311, siendo la de mayor influencia el PLAND3, con 0,68 de correlación. Los resultados estimados para este modelo se muestran en la Figura A.1 el ANEXO 2 y en el análisis de los residuos muestra un comportamiento anormal, tal como se evidencia en el Figura A.2, por lo que se puede indicar que el modelo no es adecuado para describir la relación que existe entre estas variables

Para el zinc (Zn), los resultados estimados permiten afirmar que el modelo presenta un ajuste regular, con un  $R^2$  ajustado de 0,8654 (86,54 por ciento de la variabilidad es explicada por el modelo), siendo la métrica PLAND2 (relacionada a las áreas industriales) y el índice de parche más largo (LPI), significativos para su explicación.

Para el plomo (Pb), los resultados indican que las métricas PLAND3, PLAND6 y PLAND7, no explican de forma significativa el parámetro, dado que presentan un  $R^2$  ajustado igual a 0,3944. De estas tres variables, la de mayor correlación (0,54) es el PLAND3.

Para los fosfatos, se estimó que las variables NP, PD, LPI3, PLAND7 y ED explican de forma significativa su comportamiento, con un  $R^2$  ajustado de 0,9409; el índice de parche más largo corresponde a áreas de extracción de minería e hidrocarburos (LPI3); y, el porcentaje de áreas urbanizadas (PLAND7) presenta la mayor correlación, igual a 0,57.

Para el pH, las métricas que tienen influencia son LSI, AI, LPI, PLAND3, PLAND6 y PLAND7, presentando un  $R^2$  ajustado de 0,9926 y donde el análisis de normalidad de residuos está acorde lo esperado (Figura A.10).

En el caso del cadmio (Cd), no se encontró una buena relación con las métricas de composición y configuración; el modelo compuesto por LPI, PLAND2, PLAND7 y PD, presenta un  $R^2$  ajustado de 0,5627; las métricas relacionadas al porcentaje de tierras ocupadas por vegetación herbácea y/o arbustiva (PLAND2) y al índice de parche más largo (LPI), son las que tienen mayor influencia.



Para el sodio (Na), se obtuvo que la métrica PLAND7 (porcentaje de suelo usado como áreas urbanas) influye significativamente en su comportamiento ( $R^2$  ajustado de 0,95); y, en el análisis de errores (prueba de Shapiro) presenta un comportamiento normal, próximo a línea de tendencia, que indica que los resultados son, estadísticamente, confiables, ya que no presenta anomalías.

Por otra parte, en el análisis estadístico multivariado se aprecia que, en ningún caso, el número de parches (NP) aparece como variable determinante, seguramente debido a que este indicador estaría correlacionado, según algunos autores, con los sólidos suspendidos totales. El incremento en la turbidez en el agua está relacionado con el aumento de sólidos en suspensión y esto tiene efectos perjudiciales en la biota acuática (Giri 2013). En las estaciones de interés no se tuvo registro de este parámetro, por lo que no se empleó como dato de entrada para la estimación de indicadores. El registro adecuado de los sólidos suspendidos totales, es sumamente importante, debido a que las corrientes transportan nutrientes, materiales orgánicos y sedimentos desde las zonas altas hacia la parte baja de la cuenca (Gomi *et al.* citados por Ding *et al.* 2015).

Ding *et al.* (2015) concluye en su investigación, que el uso de tierra agrícola, para el caso del río Dongjiang en China, solo explicaba el 3,4 por ciento de la variación en la calidad del agua, también, estimó que el fósforo y nitrógeno que provienen de la actividad agrícola tienen una débil relación con la calidad del agua. Se debe considerar, además, que la región de Puno presenta un 25,53 por ciento de erosión moderada de suelos y 13,04 por ciento como acumulado de erosión media, alta, muy alta y crítica, lo que incrementaría la posibilidad de que tengan un efecto en el deterioro de la calidad de agua.

Los análisis de regresión, fueron efectuados por pasos y por componentes separados; muestran que los parámetros de calidad del agua responden eficazmente a las métricas de configuración (PLAND, LPI, PD) en comparación con otros aspectos de composición, tal como se aprecia en la frecuencia de apariciones en los mejores modelos obtenidos, que se muestran en el ANEXO 2, tal como el hierro (Figura A.1), y su respectivo análisis de normalidad de residuos (Figura A.2), zinc (Figuras A.3 y A.4), plomo (Figuras A.5 y A.6), fosfatos (Figuras A.7 y A.8), pH (Figuras A.9 y A.10), cadmio (Figuras A.11 y A.12) y sodio (Figuras A.13 y A.14).

## V. CONCLUSIONES

1. En el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca, se evidenció que la calidad en los cuerpos de agua analizados, están altamente perturbados, presentando valores que sobrepasan significativamente los ECA para agua; los contaminantes son distintos para cada caso, según la zona en la que se encuentre.
2. Se determinó que existen subcuencas que cumplen con las condiciones planteadas inicialmente en la investigación; no se consideraron otras subcuencas debido a que las estaciones de monitoreo no se encuentran en la desembocadura.
3. Se desarrolló eficazmente el análisis de información y se determinó los indicadores de uso de suelo en las 12 subcuencas seleccionadas. Las métricas muestran que el uso del suelo en algunas de ellas, es intenso y están ocupados fuertemente por actividades antrópicas, como áreas de cultivos transitorios, áreas urbanas, áreas de extracción minera e hidrocarburos; también, se evidencia que se presenta fragmentación y que las formas irregulares tienen efectos en las métricas de borde.
4. Mediante el análisis estadístico, se estimó la influencia de uso del suelo en la calidad del agua, en la escala 1:100 000; los parámetros de calidad del agua tienen respuesta distinta para cada métrica determinada (significativos y no significativos), siendo el uso de suelo destinado para áreas urbanas (PLAND7) el más significativo, y que influye en los parámetros físicos analizados, como son los coliformes termotolerantes y pH, también influyen en la cantidad de parámetros inorgánicos como los fosfatos y sodio (Na); en el caso de metales, tales como el plomo (Pb), cadmio (Cd), hierro (Fe), y zinc (Zn), su influencia es muy baja o nula, evidenciando que el uso del suelo destinado a las áreas urbanas es el que ocasiona mayores efectos en el deterioro de la calidad del agua en la cuenca, bajo los criterios y consideraciones de esta investigación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones específicas sobre la relación de los usos del suelo y la calidad del agua, con variaciones de escala y de estación o periodos de precipitación, claramente diferenciados (periodos de avenidas y estiaje); también, incorporando otras variables adicionales a la composición y configuración del paisaje, por ejemplo, la distancia hidrológica de las fuentes contaminantes a los cuerpos de agua y otras consideraciones que ayuden a realizar análisis más precisos y proporcionen mejores resultados.
2. Establecer un estándar de parámetros en los procesos de monitoreo y redacción de informes, para que estos se lleven de la misma forma, considerando que sirven de base para estudios e investigaciones similares; se sugiere, también, se desarrollen trabajos conjuntos entre ANA, PELT, DIGESA, OEFA, IMARPE y ALT, como entidades técnicas que permitan alcanzar resultados confiables y suficientes en el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del Lago Titicaca.
3. Planificar y ordenar el desarrollo de las áreas urbanas existentes y las que están en proceso de formación, mediante análisis dinámicos de este tema, por parte de las autoridades competentes (gobierno nacional, regional y local), a fin de evitar que se genere alto grado de impacto en el ambiente, tal como se evidenció en la presente investigación.
4. Si bien, en la actualidad los impactos ambientales de la minería es un tema en debate y que genera bastante convulsión social, se debería sensibilizar a la población, teniendo en cuenta que el territorio destinado a áreas urbanas, que se encuentran sujetas a los hábitos de consumo y comportamiento de sus habitantes, son también responsables de la contaminación de los cuerpos de agua, como se evidencia en la investigación.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2012. Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú. Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos. Lima, Perú.
2. ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2014. Evaluación de la calidad del agua del lago Titicaca Perú – Bolivia. Informe de monitoreo mes de marzo 2014, consultado el 17 mayo 2016. Perú
3. ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2016. Glosario de recursos hídricos. Dirección de Gestión del Conocimiento y Coordinación Interinstitucional, consultado el 10 junio 2016. Disponible en [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)
4. ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2017. Fuentes contaminantes en la cuenca del lago Titicaca: un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Lima, Perú.
5. Anaya, L. y Diaz, A. 2016. Análisis de la fragmentación de coberturas naturales producida por la minería a cielo abierto en el municipio la Jagua de Ibirico. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.
6. Ball, J; Jenks, R; Aubourg, D. 1988. An assessment of the availability of pollutant constituents on road surfaces. Science total environmental, Vol. 209
7. Barba, L. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Santiago de Cali, Colombia.
8. Bedoya, J. 2007. Modelo de simulación de transporte de metales pesados en la cuenca baja del río Tunjuelo, Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá, Colombia.

9. Braga, B; Hespanhol, I; Lotufo, J; Mierzwa, J; L. de Barros, M; Spencer, M; Porto, M; Nucci, N; Juliano, N; Eiger, S. 2005. Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. Escola Politecnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2ª edição. São Paulo, Brasil.
10. Cagiao, J. 2002. Estudio del funcionamiento hidráulico y de la movilización de la contaminación durante sucesos de lluvia en una cuenca unitaria y una separativa en el noroeste de España. Universidade da Coruña. Departamento de métodos matemáticos e de representación, España.
11. CEPES (Centro Peruano de Estudios Sociales) 2002. Protección ambiental. Consultado el 20 mayo 2016. Disponible en [http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/protección\\_ambiental\\_I/parteVIII.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/protección_ambiental_I/parteVIII.pdf)
12. Cocero, D. Azarate, M. Garcia, J. Muguruza, C. y Santos, J. 2010. Análisis de la evolución de la estructura espacial del uso del suelo residencial en el área metropolitana madrileña. Tecnologías de la información geográfica: La información geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
13. CMPRALTA (Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental del Lago Titicaca y sus Afluentes). 2014. Estado de la calidad ambiental de la cuenca del Lago Titicaca, ámbito peruano. Perú.
14. Cornelli, R; Schneider, V; Bortolin, T; Cemin, G; Macedo dos Santos, G. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental. Caxias do Sul, RS, Brasil.
15. Cutipa, G. 2015. Régimen de concesión minera y conflictos sociales en comunidades campesinas de Puno. Tesis Doctorado en derecho, escuela de posgrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
16. Ding, J; Jiang, Y; Fu, L; Liu, Q; Peng, Q; Kang, M. 2015. Impacts of land use on surface water quality in a subtropical river basin: a case study of the Dongjiang river basin, southeastern China. *Water-Sui* 7, 4427–4445.

17. Duncan, H. 1999. Urban stormwater quality: a statistical overview. cooperative research centre for catchment hydrology. Melbourne. Australia.
18. Etter, A. 1991. Introducción a la ecología del paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.
19. Elbag, M. 2006. Impact of surrounding land uses on surface water quality. Faculty of Worcester Polytechnic Institute. Thesis degree of master of science. Worcester, U.S.
20. Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça Santos, M; Montanarella, L; Muñoz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, M; Vargas, R. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de publicaciones de la Unión Europea, Luxembourg.
21. Giri, S. y Qiu, Z. 2016. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. Journal of Environmental Management 173, 41 – 48. U.S. Elsevier Ltd. U.S.
22. Glynn, J. y Gary, H. 1999. Ingeniería ambiental. Editorial Prentice Hall. México D.F.
23. GORE Puno (Gobierno Regional de Puno, Perú). 2015. Estudio de uso actual de tierras. Departamento de Puno, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, Perú.
24. INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México). 2015. Análisis del estado del arte sobre depósito atmosférico en México y su relación con el cambio climático. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental. México.
25. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2017. Perú: crecimiento y distribución de la población, 2017. Primeros resultados. Lima, Perú.
26. Kennen, J; Murray, M; Beaulieu, K. 2010. Determining hydrologic factors that influence stream macroinvertebrate assemblages in the northeastern U.S. Ecohydrology3, 88- 106.

27. Lee, S; Hwang, S; Lee, S; Hwang, H. y Sung, H. 2009. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landsc. Urban plan.* 92, 80–89.
28. Liu, W; Zhang, W. y Liu, G. 2012. Influences of watershed landscape composition and configuration on lake-water quality in the Yangtze river basin of China. *Hydrological processes*. Key Laboratory of Aquatic Botany and Watershed Ecology, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China.
29. Lu, L; Li, X. y Cheng, G. 2003. Landscape evolution in the middle Heihe river basin of north-west China during the last decade. *Journal of Arid Environments*, v.53.
30. Matteucci, S. 2004. Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón – proceso. *Memorias del primer seminario de geografía cuantitativa*. CONICET – GEPAMA, FADU, UBA, Argentina.
31. McGarigal, K; Cushman, M. y Neel, C. 2002. *Fragstats*: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Consultado el 23 julio 2016. Disponible en <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
32. McGarigal, K; Cushman, S. y Regan, C. 2005. Quantifying terrestrial habitat loss and fragmentation: a protocol. USDA Gen. Tech. Rep. Rocky Mountain Region.
33. McGarigal, K; Cushman, S; Ene, E; 2012. *Fragstats v4*: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts. University of Massachusetts, U.S.
34. MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2004. Reglamento de zonificación ecológica y económica. D.S. N.º 087-2004-PCM. Lima, Perú
35. MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2013. Línea base ambiental de la cuenca del Lago Titicaca. Dirección General de Calidad Ambiental. Lima, Perú
36. MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2017. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Lima, Perú.

37. MINSA (Ministerio de Salud, Perú). 2015. Contaminación con metales pesados. Consultado el 25 noviembre 2015. Disponible en [http://www.minsa.gob.pe/portalweb/06prevencion/prevencion\\_2.asp?sub5=3](http://www.minsa.gob.pe/portalweb/06prevencion/prevencion_2.asp?sub5=3)
38. Misioneros Maryknoll. 2017. Los ríos sucios de Puno. Ministerio hispano de los padres y hermanos Maryknoll. Consultado el 12 julio 2017. Disponible en <https://misionerosmaryknoll.org/2017/07/contaminacion-rios-puno-peru/>
39. Rojas, P. y Humpiri, V. 2016. Evaluación diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del *software* SWMM. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
40. Robledo, J. 2014. Calidad del agua de la subcuenca del lago Izabal y río Ducele, Guatemala. Caso de estudio: Microcuenca del río Túnico, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Guatemala.
41. Robles, R. 2015. Lucha por el agua en las explotaciones mineras. *Alma Mater* Vol. 2, N° 3:139-168. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
42. Sagardoy, J. 1993. An overview of pollution of water by agriculture. In: prevention of water pollution by agriculture and related activities, proceedings of the FAO expert consultation, Chile, 20-23 oct. 1992. Water Report 1, FAO, Roma.
43. Sartor, J. y Boyd, G. 1972. Water pollution aspects of street surface contaminants. Office of research and monitoring. EPA. Washington D.C. U.S.
44. Saunders, D; Hobbs, R. y Margules, C. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, Vol. 5, 1: 18-32.
45. Suárez, J; Puertas, J; y Jácome, A. 1999. Problemática de la contaminación de la escorrentía en entornos urbanos. Caso de Santiago de Compostela; jornadas técnicas de ADECAGUA sobre tratamiento de aguas de tormenta. Bilbao, España.
46. Sun, Y; Guo, Q; Liu, J. y Wang, R. 2014. Scale effects on spatially varying relationships between urban landscape patterns and water quality. *Environ. Manag.* 54, 272–287.
47. Sun, R; Wang, Z; Chen, L; Wang, W. 2013. Assessment of surface water quality at large



- watershed scale. Land-use, anthropogenic, and administrative impacts. *J. Am. Water Res. Assoc.* 49, 741–752.
48. Tucci, C. 1997. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Editora da Universidade. Coleção ABRH de recursos hídricos; v.4. Porto Alegre. Brasil.
  49. Turner, M; Gardner, R. y O'Neill, R. 2001. *Ecología del paisaje en teoría y práctica. Patrones y procesos* (1st ed.). Nueva York: Springer. U.S.
  50. Uuemaa, E; Roosaare, J. y Mander, U. 2005. Scale dependence of landscape metrics and their indicatory value for nutrient and organic matter losses from catchments. *Ecol. Indic.* 5, 350–369.
  51. Vargas, V. 2007. *Estadística descriptiva para ingeniería ambiental con SPSS*. Impresora Feriva. Cali, Colombia.
  52. Vázquez, I. 2009. *Estudio geoquímico de suelos y aguas como base para evaluar la contaminación: relación roca-suelo-agua*. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
  53. Villón, M. 2002. *Hidrología*. Editorial Villón, Lima, Perú.
  54. Volotão, C. de. 1998. *Trabalho de analise espacial metricas do Fragstats*. Ministerio da Ciencia e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Sao Jose Dos Campos, Brasil.
  55. Wan, R; Cai, S; Li, H; Yang, G; Li, Z; Nie, X. 2014. Inferring land use and land cover impact on stream water quality using a bayesian hierarchical modeling approach in the Xitiaoxi river ratershed, China. *J. Environ. Manag.* 133, 1-11.
  56. Xiao, H. y Ji, W. 2007. Relating landscape characteristics to non-point source pollution in mine waste-located watersheds using geospatial techniques. *Journal of Environmental Management* 82, 111–119.
  57. Zafra, C; Temprano, J; Tejero, J. 2007. Evaluación de la contaminación por escorrentía urbana: sedimentos depositados sobre la superficie de una vía. *Ingeniería e Investigación*. Vol. 29. N° 1. p. 101-108. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: ESTACIONES DE MONITOREO

Tabla A. 1: Descripción, código y ubicación de estaciones de monitoreo.

	Descripción	Código	Cuenca	Este	Norte	Altitud
1	Nevado Riticucho	Nriti	Ramis	452584	8383617	5121
2	Salida de la laguna Sillacunca	L Silla	Ramis	446629	8376404	4810
3	Riachuelo Ananea	Ranan	Ramis	442965	8377345	4670
4	Río Lunar de Oro	Rluor	Ramis	449711	8382573	4663
5	Salida de la laguna Casa Blanca	LCabl	Ramis	448967	3882921	4644
6	Salida de la laguna Rinconada	Lrinc	Ramis	445052	8378612	4646
7	Río Grande, sector Chaquiminas - Sandia	RGran1	Ramis	437828	8377370	4558
8	Río Grande, desvió a Chuquine	RGran2	Ramis	432023	8382014	4481
9	Río Crucero, aguas arriba del puente Crucero	RCruc1	Ramis	391712	8411095	4142
10	Río Crucero, aguas arriba del puente colgante Crucero	RCruc2	Ramis	388910	8411341	4134
11	Agua residual tratada de la Mina San Rafael - MINSUR (Qda. Chogñacota antes de confluencia con el río Antauta)	P-4	Ramis	359574	8421455	4205
12	Río Antauta, aguas arriba de las operaciones de mina San Rafael - MINSUR	RAnta1	Ramis	355507	8420460	4238
13	Río Antauta, aguas abajo de las operaciones de mina San Rafael - MINSUR	RAnta2	Ramis	360325	8420742	4166
14	Río Antauta antes de la confluencia con el río Crucero	RAnta3	Ramis	364624	8414698	4083
15	Río Crucero, 100 m aguas arriba de la bocatoma El Carmen	RCruc3	Ramis	363671	8413795	4083
16	Río Crucero, aguas abajo de los baños termales Quilca	RCruc4	Ramis	362226	8393253	4002
17	Río Nuñoa, aguas arriba de la bocatoma Huaman Tapara	RNuño	Ramis	321889	8400873	4069

**(Continuación)**

18	Río Jorahuiña, antes de la confluencia con el río Nuñoa	Rjora	Ramis	336250	8391855	3950
19	Río Grande, antes de la confluencia con el río Crucero	RGran	Ramis	361084	8366006	3381
20	Río Azángaro, aguas arriba del puente colgante Azángaro	RAzan1	Ramis	371897	8352565	3862
21	Río Azángaro, aguas abajo del vertimiento poblacional de Azángaro	RAzan2	Ramis	372663	8348189	3870
22	Río Crucero, antes de la confluencia con el río Grande	RCruc5	Ramis	361101	8367654	3879
23	Río Ramis, antes de la confluencia de los ríos Pucará y Azángaro	RRami1	Ramis	375811	8308637	3841
24	Río Ramis, aguas arriba del puente Ramis	RRami2	Ramis	406156	8313266	3826
25	Laguna Palca, en la salida hacia la quebrada Palca	LPalc	Coata	313233	8309064	4863
26	Laguna Serusa, al costado de la laguna	Lseru	Coata	319136	8301336	4968
27	Laguna Lagunillas, a la altura de la presa	LLagu	Coata	317209	8261123	4185
28	Río Vila, después de vertimientos de aguas residuales del distrito (altura del puente Vila Vila)	RVila	Coata	322456	8320193	4289
29	Río Palca, aguas abajo de los pasivos mineros	RPalc	Coata	329063	8314898	4060
30	Río Lampa, 300 m aguas abajo del vertimiento poblacional del distrito de Lampa	RLamp1	Coata	354420	8298560	3862
31	Río Lampa, antes de la confluencia al río Cabanillas (altura del puente Mojigachi)	RLamp2	Coata	370298	8292245	3837
32	Río Paratia, aguas abajo del vertimiento de agua de mina de la U.M. El Cofre de CIEMSA y del vertimiento	RPara1	Coata	327479	8291648	4353
33	Río Verde (río Jarpaña) a la altura del puente carretera a Paratia	RVerd1	Coata	316094	8279233	4202
34	Río Verde aguas abajo de la Minera Tacaza	RVerd	Coata	323667	8265431	4066
35	Río Ichocollo, puente Pinaya	RIcho	Coata	304995	8267004	4200
36	Río Cabanillas, aguas abajo de los vertimientos de los distritos de Cabanillas y Cabanilla	RCaba1	Coata	357752	8272889	3874
37	Río Cabanillas, 500 m aguas arriba de la unión con el río Lampa	RCaba2	Coata	371519	8291069	3834
38	Río Coata, 10 m aguas abajo del puente Independencia	RCoat1	Coata	381346	8290006	3830
39	Río Torococha, sector Tottoral - Juliaca	RToro1	Coata	380252	8287095	3835
40	Río Torococha, antes de su descarga al río Coata	RToro2	Coata	385180	8285357	3828
41	Río Coata, a la altura del puente Suches	RCoat	Coata	399445	8281632	3829
42	Río Coata, a la altura del puente Coata	RCoat2	Coata	397440	8278889	3817
43	Río Huancané, aguas abajo de los vertimientos de aguas residuales de la localidad de Huatasani	RHuan1	Huancané	413331	8333554	3843

**(Continuación)**

44	Río Huancané, puente Azangarillo, aguas arriba del vertimiento de la localidad de Huancané	RHuan2	Huancané	415495	8321456	3833
45	Río Huancané, puente Huancané, aguas abajo del vertimiento de la localidad de Huancané	RHuan3	Huancané	414907	8317646	3836
47	Quebrada Jutini, 600 m aguas arriba de la confluencia a la laguna Choquene	QJuti1	Huancané	427047	8372949	4611
48	Quebrada Choquene, salida de la laguna Choquene	QChoq1	Huancané	427245	8372179	4580
49	Quebrada Choquene, antes de la confluencia con el río Toco Toco	QChoq2	Huancané	429804	8364496	4183
50	Río Toco Toco, parte alta de la cuenca Huancané, antes de la confluencia con la quebrada Choquene	RToco1	Huancané	430424	8364351	4168
51	Río Toco Toco, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Choquene	RToco2	Huancané	429820	8362749	4139
52	Río Ticani, antes de la confluencia por la margen derecha con el río Toco Toco	RTica1	Huancané	423003	8356780	3975
53	Río Pongongoni, aguas abajo del puente Mijani	RPong1	Huancané	411353	8351647	3872
54	Quebrada Huarccu, aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la localidad de Mulani	QHuar1	Huancané	399499	8365343	3904
55	Río Muñani, aguas abajo del puente caído	RMuña1	Huancané	407502	8357052	3885
56	Río Putina, aguas abajo de los vertimientos de aguas residuales de la localidad de Putina	RPuti1	Huancané	405063	8350297	3773
57	Río Tuyto, aguas abajo del puente colgante Pongongoni	RTuyt1	Huancané	416242	8335170	3837
58	Río Llache, aguas arriba del puente Llache	RLlac1	Huancané	412135	8331781	3839
59	Río Santa Rosa, aguas arriba del C.P. Santa Rosa	RSant	Ilave	402984	8146692	4294
60	Río Chila, aguas arriba de la actividad piscícola	RChil1	Ilave	408154	8131803	4340
61	Río Chila, aguas abajo del puente y de la actividad piscícola	RChil2	Ilave	412228	8128975	4223
62	Río Llusta, antes del puente Calalequeña	RLlus	Ilave	422321	8144477	3973
63	Río Chilisaya, despues del puente Santa Rosa	RChil	Ilave	422981	8146795	3977
64	Río Conduriri, aguas arriba del puente Conduriri	RCond	Ilave	423951	8162149	3959
65	Río Chungurune, aguas abajo de la confluencia con río Arrichua	RChun	Ilave	387004	8167144	4482
66	Río Grande, despues de la confluencia con el río Viluyo	RGran1	Ilave	401232	8223070	3885
67	Río Grande, aguas abajo de la confluencia con el río Sacuyo	RGran2	Ilave	409715	8213552	3874
68	Río Blanco, antes de la confluencia con el río Grande	RBlan	Ilave	410569	8210556	3865
69	Río Grande, antes de la unión con los ríos Ilave y Huenque	RGran3	Ilave	422536	8207708	3839

**(Continuación)**

70	Río Huenque, antes de la unión con los ríos Grande e Ilave	RHuen	Ilave	422563	8207671	3842
71	Río Ilave, aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Huenque	RIlav1	Ilave	422637	8207769	3843
72	Río Ilave, aguas abajo del puente antiguo	RIlav2	Ilave	432440	8221240	3839
73	Río Ilave, aguas abajo del camal municipal	RIlav3	Ilave	434043	8221788	3831
74	Río Vilque, 50 m antes del puente Machac Marca	RVilq	Illpa	367904	8262101	3839
75	Río Tiquillaca, altura del puente de la carretera Tiquillaca - Vilque	RTiqu	Illpa	367674	8255611	3844
76	Laguna Umayo, a la salida de la presa	LUmay	Illpa	371387	8262296	3847
77	Laguna Umayo, aguas adentro frente al muelle de botes	LUmay1	Illpa	376387	8261504	3839
78	Río Illpa, 100 m aguas arriba del puente Illpa (carretera Puno - Juliaca)	RIllp	Illpa	385426	8264358	3821
79	Quebrada Luchusani, aguas arriba de las operaciones ARASI	QLuch1	Pucará	306593	8313766	5036
80	Río Azufrini, 150 m antes de la confluencia con quebrada Huarucani	RAzuf1	Pucará	301962	8312245	4583
81	Río Pataqueña, 120 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Churumayo	RPata1	Pucará	300947	8310179	4500
82	Río Pataqueña, después del vertimiento del efluente domestico del campamento ARASI	RPata2	Pucará	300855	8310926	4495
83	Río Chacapalca, después de la confluencia de los ríos Azufrini y Pataqueña	RChac1	Pucará	300434	8311760	4537
84	Río Chacapalca a 1 km de la confluencia de los ríos Azufrini y Pataqueña	RChac2	Pucará	299889	8312555	4474
85	Río Chacapalca aguas arriba de la unión con el río Ocuvi	RChac3	Pucará	298318	8329213	4200
86	Río Llallimayo, 100 m aguas arriba de la bocatoma Llallimayo	RLlal1	Pucará	294829	8344024	4172
87	Río Chaquelle, 30 m antes de la descarga de la mina Las Aguilas	RChaq1	Pucará	309529	8330674	4341
88	Río Chaquelle, 50 m aguas abajo de la descarga de la mina Las Aguilas	RChaq2	Pucará	309446	8330578	4334
89	Río Macarimayo, aguas abajo del puente Bellavista	RMaca1	Pucará	292220	8373696	4362
90	Río Macarimayo, aguas arriba del puente Macarimayo	RMaca2	Pucará	311087	8362943	3925
91	Río Santa Rosa, aguas arriba de la planta quesera (altura de la vía férrea Puno - Cusco)	RStro1	Pucará	288378	8396748	4534
92	Río Santa Rosa, a medio río, altura del puente Santa Rosa	RStro2	Pucará	307977	8382671	4038
93	Río Santa Rosa, 10 m aguas arriba del puente Chuquibambilla	RStro3	Pucará	314023	8364134	3920
94	Río Ayaviri, 50 m aguas arriba del nuevo puente Ayaviri	RAYav1	Pucará	328236	8352991	3910
95	Río Ayaviri, 150 m cerca de la carretera Asillo - Ayaviri	RAYav2	Pucará	332527	8355116	3909
96	Río Pucará, aguas arriba 50 m del puente Pucará	RPuca1	Pucará	354128	8336799	3871

**(Continuación)**

97	Río Pucará, aguas abajo del puente Calapuja	RPuca2	Pucará	368386	8308290	3864
98	Quebrada Huacoto, aguas arriba del vertimiento de la mina Resurrección U.M. Poderosa	QHuac1	Pucará	328413	8375242	4332
99	Quebrada Huacoto, aguas abajo del vertimiento de la mina Resurrección	QHuac2	Pucará	328771	8375068	4265
100	Río Suches, aguas abajo de la laguna Suches	RSuch1	Suches	463438	8364265	4605
101	Río Suches, parte baja	RSuch2	Suches	456147	8354562	4431
102	Río Suches, puente Ramón Castilla	RSuch3	Suches	460101	8343512	4348
103	Río Suches, aguas arriba de puente binacional de Cantati Ururi	RSuch4	Suches	483552	8319507	4305
104	Quebrada Cumuni en la Rinconada	QCumu1	Suches	452972	8381966	4711
105	Río Trapiche, aguas abajo de la laguna Lacayaqui (tributario)	RTrap1	Suches	456156	8372785	4633
106	Río Trapiche, antes de la confluencia con el río Suches (tributario)	RTrap2	Suches	456031	8354547	4421
107	Río Caylloma, antes de la afluencia al río Suches	RCayl1	Suches	457386	8345046	4342
108	Río Japocollo, aguas arriba del puente Paria aguas provenientes de Bolivia	RJapo1	Suches	460160	8349892	4317

FUENTE: Adaptado de ANA 2014

## ANEXO 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

```
Call:
lm(formula = FE ~ -1 + PLAND3 + PLAND7)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-17.8088   0.0652   0.3058   0.9564  17.8072

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PLAND3    0.56569    0.17008   3.326  0.00767 **
PLAND7    0.01874    0.12465   0.150  0.88350
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

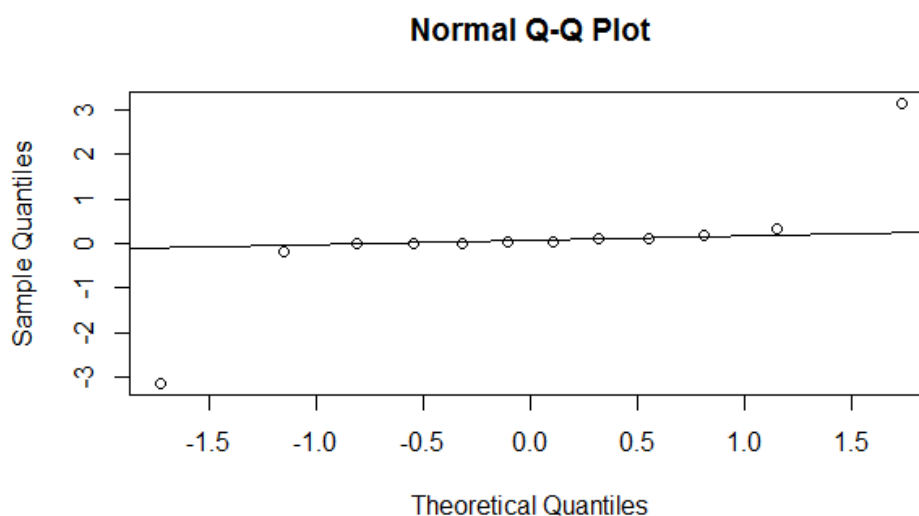
Residual standard error: 8.034 on 10 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5259, Adjusted R-squared:  0.4311
F-statistic: 5.547 on 2 and 10 DF, p-value: 0.02395

Coefficients:
    PLAND3    PLAND7
0.56568617 0.01873805

Shapiro-Wilk normality test

data:  rstandard(modelo)
W = 0.68139, p-value = 0.000561
```

**Figura A. 1: Análisis estadístico para el parámetro hierro.**



**Figura A. 2: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro hierro**

```

Call:
lm(formula = ZN ~ -1 + PD + AI + LPI + PLAND1 + PLAND2 + PLA
ND4 +
    PLAND6 + PLAND7)

Residuals:
    1      2      3      4      5      6
    7      8
-0.007976  0.082900 -0.009453 -0.077100  0.037513  0.031143
-0.089625 -0.023423
    9     10     11     12
 0.004078  0.024633  0.021342  0.006442

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PD          0.973051   0.273864   3.553  0.02373 *
AI           0.006995   0.002763   2.532  0.06454 .
LPI          0.013328   0.002605   5.117  0.00690 **
PLAND1     -0.029067   0.015289  -1.901  0.13007
PLAND2     -0.023522   0.004351  -5.406  0.00567 **
PLAND4      0.023048   0.010947   2.105  0.10303
PLAND6     -0.007731   0.003581  -2.159  0.09702 .
PLAND7     -0.029866   0.007993  -3.736  0.02018 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

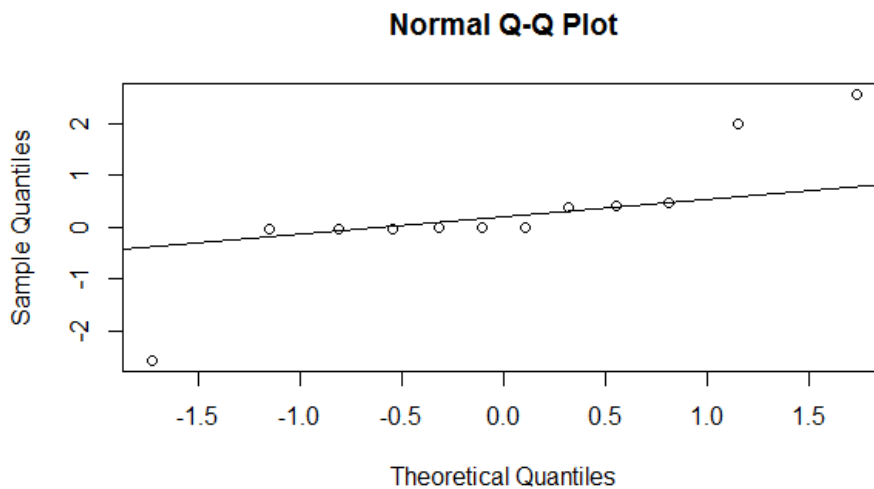
Residual standard error: 0.07913 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9551, Adjusted R-squared:  0.8654
F-statistic: 10.64 on 8 and 4 DF, p-value: 0.01839

Shapiro-Wilk normality test

data:  rstandard(modelo)
W = 0.89917, p-value = 0.1548

```

**Figura A. 3: Análisis estadístico para el parámetro zinc.**



**Figura A. 4: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro zinc.**



```

Call:
lm(formula = Pb ~ -1 + PLAND3 + PLAND6 + PLAND7)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.022783 -0.004264 -0.001132  0.001444  0.022797

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PLAND3  0.0006630   0.0002848   2.328  0.0449 *
PLAND6  0.0001659   0.0001086   1.528  0.1607
PLAND7  0.0001114   0.0002011   0.554  0.5932
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01296 on 9 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5458, Adjusted R-squared:  0.3944
F-statistic: 3.605 on 3 and 9 DF, p-value: 0.05875

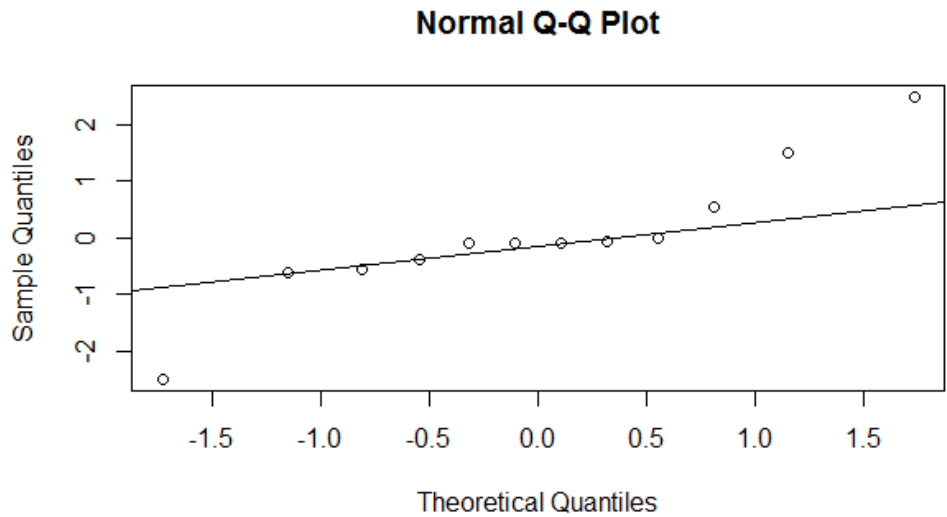
Coefficients:
      PLAND3      PLAND6      PLAND7
0.0006630152 0.0001659384 0.0001113796

Shapiro-wilk normality test

data:  rstandard(modelo)
W = 0.89049, p-value = 0.1196

```

**Figura A. 5: Análisis estadístico para el parámetro plomo.**



**Figura A. 6: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro plomo.**

```

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.19808 -0.03508  0.02076  0.06752  0.13242

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
NP      0.005507   0.002219   2.482 0.042076 *
PD     -2.591684   0.244007 -10.621 1.44e-05 ***
LPI3    0.005562   0.002704   2.057 0.078683 .
PLAND7  0.053129   0.003984  13.337 3.12e-06 ***
ED      0.046537   0.007119   6.537 0.000323 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1199 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9655, Adjusted R-squared:  0.9409
F-statistic: 39.21 on 5 and 7 DF, p-value: 5.67e-05

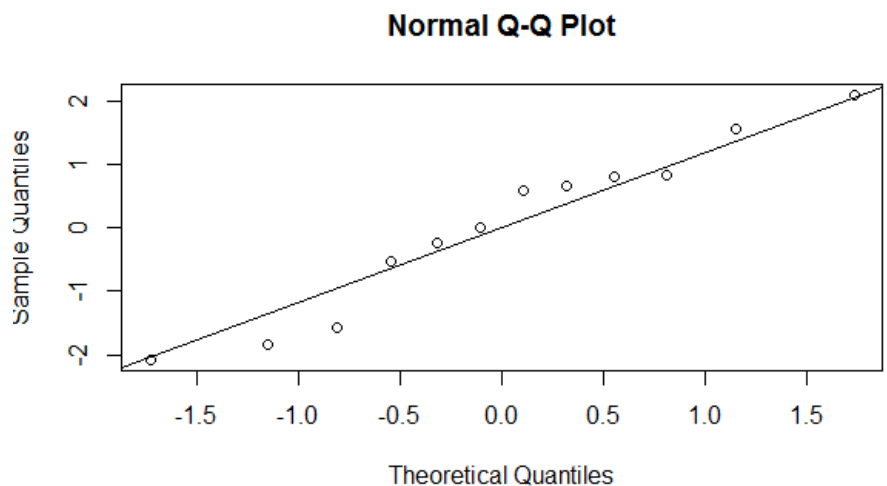
Coefficients:
      NP          PD          LPI3          PLAND7
ED
0.005506835 -2.591684191  0.005562159  0.053128935  0.04653
6784

Shapiro-Wilk normality test

data:  rstandard(modelo)
W = 0.94718, p-value = 0.5963

```

**Figura A. 7: Análisis estadístico para el parámetro fosfatos.**



**Figura A. 8: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro fosfatos.**

```

Call:
lm(formula = pH ~ -1 + LSI + AI + LPI + PLAND3 + PLAND6 + PL
AND7)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.1345 -0.1448  0.1145  0.2701  0.6053

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
LSI      -1.87900    0.45248  -4.153 0.005993 **
AI         0.26110    0.03659   7.135 0.000382 ***
LPI      -0.09864    0.02324  -4.245 0.005411 **
PLAND3   -0.21265    0.04466  -4.761 0.003122 **
PLAND6   -0.09091    0.01549  -5.868 0.001083 **
PLAND7   -0.14780    0.03115  -4.745 0.003175 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

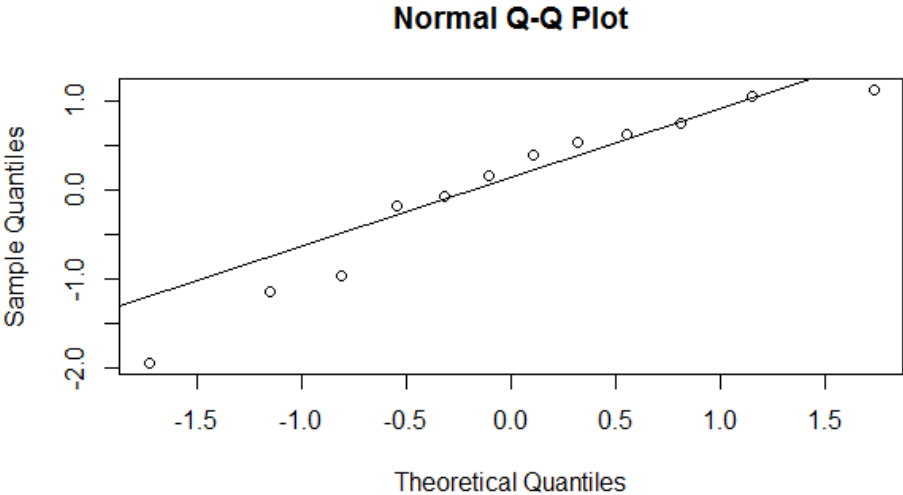
Residual standard error: 0.6482 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9963, Adjusted R-squared:  0.9926
F-statistic: 269.8 on 6 and 6 DF, p-value: 5.006e-07

Shapiro-Wilk normality test

data:  rstandard(modelo)
W = 0.91723, p-value = 0.2638

```

**Figura A. 9: Análisis estadístico para el parámetro pH.**



**Figura A. 10: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro pH.**

```

Call:
lm(formula = CD ~ -1 + PD + LPI + PLAND2 + PLAND7)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.0016809 -0.0007614 -0.0000730  0.0003112  0.0033423

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PD      4.874e-03   3.270e-03    1.490  0.1744
LPI     1.283e-04   4.352e-05    2.948  0.0185 *
PLAND2 -1.140e-04   4.790e-05   -2.379  0.0446 *
PLAND7 -1.369e-04   6.332e-05   -2.162  0.0626 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.001756 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7085, Adjusted R-squared:  0.5627
F-statistic: 4.861 on 4 and 8 DF, p-value: 0.02769

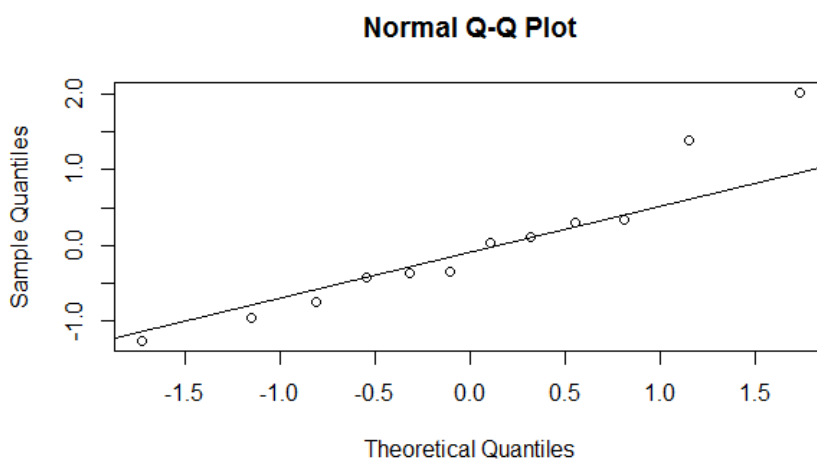
            PD            LPI            PLAND2            PLAND7
0.0048740898  0.0001283171 -0.0001139710 -0.0001369084

Shapiro-Wilk normality test

data:  rstandard(modelo)
W = 0.92563, p-value = 0.3361

```

**Figura A. 11: Análisis estadístico para el parámetro cadmio.**



**Figura A. 12: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro cadmio.**

```

Residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-239.753  -0.109   17.811  125.346  173.559

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PLAND7   29.470     1.831    16.1 5.41e-09 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 118 on 11 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9593, Adjusted R-squared:  0.9556
F-statistic: 259.1 on 1 and 11 DF, p-value: 5.414e-09

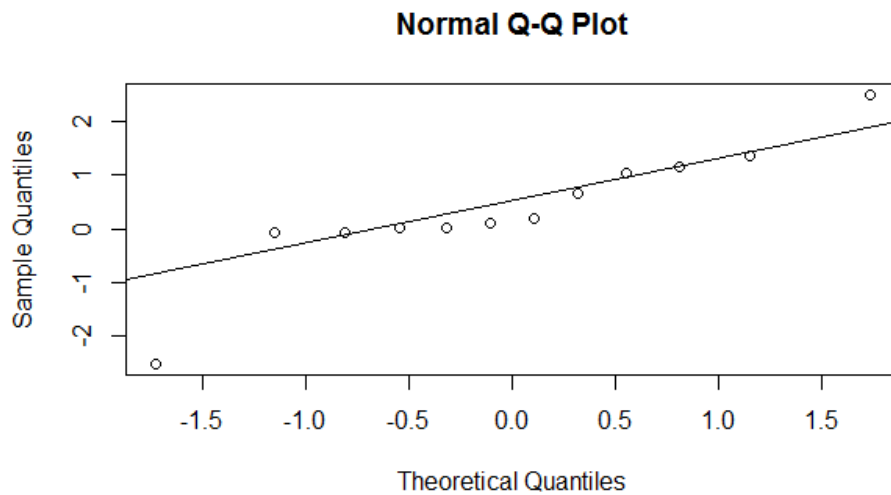
Coefficients:
  PLAND7
29.47027

Shapiro-wilk normality test

data:  rstandard(modelo)
W = 0.88386, p-value = 0.09824

```

**Figura A. 13: Análisis estadístico para el parámetro sodio.**



**Figura A. 14: Análisis de normalidad de residuos para el parámetro sodio.**

### ANEXO 3: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

**Tabla A. 2: Resultados de análisis de agua de la naciente de la subcuenca Ananea – Crucero – Azángaro.**

Código del punto de monitoreo		ECA Categoría 4 "Conservación del Ambiente Acuático"	NRiti1	RLuor1	LCabl1	LRinc1	LSilla1
Fecha de monitoreo (DD/MM/AÑO)			14/03/2014	14/03/2014	14/03/2014	14/03/2014	14/03/2014
Parámetros	Unidad		06:00a.m.	10:00p.m.	11:15a.m.	11:30a.m.	08:00a.m.
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>							
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	≥ 5	3.65	3.11	3.6	3.45	3.71
pH	Unidad de pH	6.5-8.5	4.27	3.47	7.42	4.85	6.32
Temperatura	°Celsius		0.39	10.3	13.26	12	7.22
Conductividad Eléctrica	µs/cm		159.4	2296	20.15	369.8	106.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días	mg O <sub>2</sub> /L	<5	2	7.96	2	2	2
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L						
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<25	<3.00	1317	<3.00	<3.00	102.2
<b>PARÁMETROS INORGÁNICOS</b>							
Bario	mg/L	0.7	0.003	0.04	<0.001	0.015	0.26
Berilio	mg/L	-	0.0003	0.0151	<0.0002	0.0025	0.0028
Calcio	mg/L	-	7.26	84.59	2.5	24.47	9.4
Cianuro libre	mg/L	0.022	<0.004	0.032	<0.004	<0.004	<0.004
Litio	mg/L	-	0.008	0.166	<0.003	0.034	0.087
Magnesio	mg/L	-	2.23	44.56	1.23	9.57	12.76
Selenio	mg/L	-	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Sodio	mg/L	-	1.27	19.6	1.59	9.06	3.97
Sulfuros	mg/L	-	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
<b>Nutrientes</b>							
Fosfatos	mg P/L	0.4	<0.030	0.106	<0.030	<0.030	1.398
Fósforo total	mg P/L	-	<0.002	1.054	0.009	<0.002	0.651
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	<0.02	4.064	7.286	0.026	1.169	0.028
Nitratos	mg N/L	5	4.97	0.084	<0.030	0.923	<0.030
<b>Metales y metaloides</b>							
Aluminio total	mg/L	-	1.81	33.42	33.42	0.08	42.75
Antimonio total	mg/L	-	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Arsénico total	mg/L	0.01	0.006	1.161	0.003	<0.001	0.1
Boro total	mg/L	-	0.01	<0.003	<0.003	0.005	<0.003
Cadmio total	mg/L	0.004	<0.0004	0.0193	<0.0004	0.0016	0.0065
Cobalto total	mg/L	-	0.042	0.4251	<0.0003	0.1097	0.0194
Cobre total	mg/L	0.02	0.0064	0.2128	<0.0004	0.0164	0.1082
Cromo Hexavalente	mg/L	0.05	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Cromo total	mg/L	0.02	<0.0004	0.0187	<0.0004	<0.0004	0.032
Hierro total	mg/L	-	0.451	76.788	1.302	0.475	52.11
Manganeso total	mg/L	-	0.2245	4.3911	0.0639	2.2851	0.6435
Mercurio total	mg/L	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Níquel total	mg/L	0.025	0.0941	1.0178	<0.0004	0.258	0.0359
Plata total	mg/L	-	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Plomo total	mg/L	0.001	0.0042	0.1243	<0.0004	0.0029	0.079
Talio total	mg/L	-	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio total	mg/L	-	<0.0002	0.0139	<0.0002	<0.0002	0.0383
Zinc total	mg/L	0.03	0.189	3.163	0.003	0.818	0.279
<b>PARÁMETROS ORGÁNICOS</b>							
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	Ausencia de película visible	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Fenoles	mg/L	0.001	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>							
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100mL	1000	<1.80	<1.80	<1.80	<1.80	140
<b>Metales y metaloides no considerados en los ECA-Agua:</b>							
Cerio (Ce)	mg/L	-	0.016	0.462	<0.002	0.071	0.263
Potasio (K)	mg/L	-	0.71	5.13	0.47	2.81	7.16
Molibdeno (Mo)	mg/L	-	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño (Sn)	mg/L	-	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.0017
Estroncio (Sr)	mg/L	-	0.131	0.667	0.013	0.171	0.093
Titanio (Ti)	mg/L	-	<0.0002	0.2166	<0.0002	<0.0002	0.187

FUENTE: Informe técnico N° 012-2014-ANA-DGCRH-VIG



**Tabla A. 4: Resultados de la evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Coata.**

Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Pto. de Muestreo	Unidad	ECA - CATEG. 4	2014-03-11	2014-03-11	2014-03-12	ECA - CATEG. 3	2014-03-13	2014-03-13	2014-03-13	2014-03-13	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-15	2014-03-13	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
					14:45	11:35	15:30		08:15	10:30	11:30	12:30	09:00	10:30	13:00	11:45	08:30	13:30	11:30	14:40	13:00	10:50
Parámetro			Conservación del ambiente Acuático: Lagunas y Lagos	LPalc	LSeru	LLagu	Riego de Vegetales y bebida de animales	RVila	RPalc	RLamp1	RLamp2	RPara1	RVerd1	RVerd	Richo	RCaba1	RCaba2	RCoat1	RToro1	RToro2	RCoat	RCoat2
<b>PARÁMETROS FÍSICOS, MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>																						
pH	-	6.5-8.5	7.81	8.13	8.73	6.5-8.5	8.64	7.80	8.53	8.66	7.80	6.74	8.03	8.71	8.20	8.49	8.17	7.38	8.04	8.17	8.15	
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 5	6.62	7.06	6.75	≥ 4	7.57	6.7	7.9	8.27	8.15	7.24	6.85	8.23	7.4	8.28	6.79	8.12	5.70	6.79	5.52	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	<1.8	<1.8	<1.8	1000	7500	2	13000	6.8	170	<1.8	2	11	700	4.5	<1.8	45000	22000	2	<1.8	
Escherichia coli		---	NI	NI	NI	100	3300	<1.8	790	2	79	<1.8	<1.8	<1.8	2	<1.8	3300	14000	<1.8	<1.8	<1.8	
Fasciola hepatica	Huevos/L	---	NI	NI	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	
<b>PARAMETROS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS</b>																						
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	---	NI	NI	NI	1	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	6.30	6.30	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	mg/L	---	NI	NI	NI	5	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	13.71	<1.00	10.88	4.44	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Alcalinidad (al bicarbonato)	mg/L	---	NI	NI	NI	370	30.85	26.21	27.02	35.89	28.43	51.21	67.14	91.73	66.29	82.66	72.38	293.38	560.58	80.85	84.26	
Cloruros	mg/L	---	NI	NI	NI	100-700	1.58	3.55	4.13	1138	2.45	113.35	306.43	319.88	145.71	191.88	125.84	152.59	244.88	133.76	137.34	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<5	<2.00	<2.00	<2.00	15	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	52.78	49.11	<2.00	<2.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	---	<10.0	<10.0	<10.0	40	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	113.11	79.15	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.831	<0.001	<0.001	<0.001
Fósforo total (P <sub>T</sub> )	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	0.415	---	<0.010	0.065	0.158	0.041	0.140	0.070	0.070	0.110	0.085	0.041	0.063	3.990	13.029	0.330	0.293	
Fosfatos (PO <sub>4</sub> -3)	mg/L	0.4	<0.030	<0.030	0.354	1	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	0.089	0.045	0.065	0.100	0.062	<0.030	0.065	1.877	6.277	0.260	0.106	
Nitrato (NO <sub>3</sub> -2)	mg/L	5	<0.030	0.176	0.084	10	<0.030	0.011	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	0.630	0.588	0.061	1.282	0.560
Nitrito (NO <sub>2</sub> -2)	mg/L	---	<0.003	0.005	<0.003	0.06	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.058	<0.003	<0.003	<0.003	
Nitrogeno amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/L	<0.02	<0.020	<0.020	<0.020	---	0.047	<0.020	0.094	<0.020	<0.020	0.020	<0.020	<0.020	0.029	<0.020	0.033	17.014	36.060	1.088	0.375	
Nitrogeno total (NTK)	mg/L	1.6	<1.00	<1.00	<1.00	---	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	21.54	54.141	1.09	<1.00	
Sulfuros	mg/L	---	NI	NI	NI	0.05	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.034	0.094	<0.002	<0.002	
<b>METALES Y METALOIDES</b>																						
Arsénico (As <sup>3+</sup> )	mg/L	0.01	<0.001	<0.001	0.030	0.05	0.003	0.004	0.001	0.004	<0.001	0.045	0.063	0.067	0.026	0.028	0.016	0.019	0.019	0.018	0.019	
Boro (B <sup>3+</sup> )	mg/L	---	0.004	<0.003	0.495	0.5-6	0.023	0.066	0.066	0.120	0.031	0.589	0.833	0.739	0.451	0.545	0.385	0.808	1.129	0.423	0.433	
Cadmio (Cd <sup>2+</sup> )	mg/L	0.004	0.0005	<0.0004	<0.0004	0.005	<0.0004	0.0014	<0.0004	<0.0004	0.0055	<0.0004	0.0014	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	
Hierro (Fe <sup>2+</sup> )	mg/L	---	0.066	0.019	0.018	1	0.107	0.161	0.067	0.115	0.829	0.194	0.181	0.163	0.093	0.134	0.152	1.969	0.252	0.136	0.141	
Manganeso (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	---	0.1345	0.0196	0.0222	0.2	0.0107	0.3994	0.0189	0.0271	0.2504	0.0348	0.0471	0.0206	0.0373	0.0262	0.0321	0.5992	0.5967	0.0371	0.0434	
Sodio (Na <sup>+</sup> )	mg/L	---	0.55	0.84	121.89	200	2.69	4.22	4.64	8.61	5.12	76.50	141.41	289.53	78.66	182.25	70.64	101.58	182.80	74.83	76.77	
Pomo (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.001	0.0017	0.0109	0.0019	0.05	0.0052	0.0051	0.0050	0.0049	0.0247	0.0036	0.0176	0.0081	0.0044	0.0063	0.0007	0.0108	0.0043	0.0013	0.0039	
Zinc (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.03	0.443	0.220	<0.003	2	<0.003	0.482	0.041	0.020	0.294	0.021	0.272	<0.003	0.070	0.016	0.011	0.055	0.007	0.009	0.018	

FUENTE: Informe técnico N° 026-2014-ANA-DGCRH-VIG



Tabla A. 5: Resultados del monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Huancané.

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12
Hora de inicio de muestreo (h)		08:35	09:50	11:32	12:30
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		QJuti1	QChoq1	QChoq2	RToco1
Código del Laboratorio		1403796	1403797	1403798	1403799
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	9.07	<1.00	23.99	84.48
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	1.34	1.73	1.78	1.73
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	4.70	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	12.9	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	1.227	0.106	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	0.004	<0.003	<0.003
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/L	9.37	342.27	120.45	35.82
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	23 x 10 <sup>1</sup>	27
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	22	14
Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-12	2014-03-13	2014-03-13	2014-03-13
Hora de inicio de muestreo (h)		13:35	08:15	09:45	11:40
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RToco2	QHuar1	RMuñá1	RTica1
Código del Laboratorio		1403800	1403919	1403920	1403921
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	3.23	<1.00	8.87	8.87
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	70.37	136.30	107.67	69.36
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	1.63	5.09	9.22	3.99
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	0.097	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.070	0.410	<0.030	0.040
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	0.392	<0.003	<0.003
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>-</sup> mg/L	<0.002	0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/L	60.55	163.64	119.55	94.64
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	13	49	11	130
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	7.8	7.8	4.5	4.5

(Continuación)

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)		10:15	11:15	12:25
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RUac1	RHuan2	RHuan3
Código del Laboratorio		14031134	14031135	14031136
Ensayo	Unidades	Resultados		
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	16.94	4.84	2.42
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	53.43	98.39	102.42
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	65.45	67.79	69.69
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	0.184
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	0.008	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	156.82	130.45	140.57
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	33	7.8	110 x 10 <sup>1</sup>
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	<1.8	4.50	49 x 10 <sup>1</sup>

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-13	2014-03-13	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)		12:50	15:00	08:00	09:20
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RPong1	RPuti1	RTuyt1	RHuan1
Código del Laboratorio		1403922	1403923	14031132	14031133
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	5.24	6.86	4.44	12.10
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	74.4	93.35	88.31	91.94
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	3.32	23.39	211.7	70.42
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	91.82	114.64	230.23	135.45
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	79 x 10 <sup>1</sup>	79 x 10 <sup>2</sup>	4.5	4.5
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	49	49 x 10 <sup>1</sup>	2	2

(Continuación)

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)		10:15	11:15	12:25
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RUac1	RHuan2	RHuan3
Código del Laboratorio		14031134	14031135	14031136
Ensayo	Unidades	Resultados		
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	16.94	4.84	2.42
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	53.43	98.39	102.42
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	65.45	67.79	69.69
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	0.184
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	0.008	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	156.82	130.45	140.57
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	33	7.8	110 x 10 <sup>1</sup>
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	<1.8	4.50	49 x 10 <sup>1</sup>

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-13	2014-03-13	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)		12:50	15:00	08:00	09:20
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RPong1	RPuti1	RTuyt1	RHuan1
Código del Laboratorio		1403922	1403923	14031132	14031133
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	5.24	6.86	4.44	12.10
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	74.4	93.35	88.31	91.94
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	3.32	23.39	211.7	70.42
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	91.82	114.64	230.23	135.45
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	79 x 10 <sup>1</sup>	79 x 10 <sup>2</sup>	4.5	4.5
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	49	49 x 10 <sup>1</sup>	2	2

(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12
Hora de inicio de muestreo (h)			08:35	09:50	11:32	12:30
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			QJut1	QChoq1	QChoq2	RToco1
Código del Laboratorio			1403796	1403797	1403798	1403799
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.36	2.29	0.41	0.04
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.008	0.080	0.307	0.056
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.034	0.021	0.052	0.071
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0005	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	3.78	11.01	38.55	38.33
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0018	0.0171	0.0012	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.002	0.037	0.005	0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0019	0.0290	0.0038	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0154	0.1344	0.0165	0.0011
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.652	81.120	6.317	0.076
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.50	0.88	1.04	0.83
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.004	0.058	0.091	0.016
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	2.17	18.19	9.22	8.60
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.1369	2.5787	0.4105	0.0019
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	0.31	15.27	5.22	1.31
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0038	0.0708	0.0104	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.004	<0.002	0.003	<0.002
Piombo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0398	0.0737	0.0183	0.0010
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	11.05	19.28	14.47	12.61
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.010	0.029	0.186	0.174
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0006	0.0012	0.0029	0.0032
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0006	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.375	1.178	0.153	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-12	2014-03-12	2014-03-13	2014-03-13
Hora de inicio de muestreo (h)			13:35	10:30	08:15	09:45
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RToco2	LChoq	QHuar1	RMua1
Código del Laboratorio			1403800	14031009	1403919	1403920
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.16	2.29	0.03	0.05
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.130	0.092	0.021	0.061
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.064	0.017	0.040	0.070
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	38.51	10.71	91.95	66.06
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0084	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.005	0.026	0.003	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0008	0.0268	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0060	0.1280	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.833	39.948	0.055	0.083
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.92	0.84	2.24	1.21
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.037	0.049	0.003	0.024
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	8.65	16.75	16.33	13.60
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0867	2.5093	0.0346	0.0204
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	2.40	13.80	5.90	6.64
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0013	0.0695	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.003	<0.002	0.362	<0.002
Piombo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0073	0.0685	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	12.41	18.05	18.71	11.69
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.178	0.026	0.752	0.481
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0031	<0.0002	<0.0002	0.0004
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.032	1.265	<0.003	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-13	2014-03-13	2014-03-13	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)			11:40	12:50	15:00	08:00
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RTica1	RPong1	RPu1	RTuyt1
Código del Laboratorio			1403921	1403922	1403923	14031132
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.10	0.16	0.10	0.97
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.689	0.496	0.580	0.297
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.055	0.058	0.065	0.099
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	49.78	48.32	60.76	91.29
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.002	0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.255	0.503	0.207	0.887
Potasio (K)	0.03	mg/L	1.71	1.55	1.93	5.10
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.220	0.142	0.189	0.068
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	8.34	9.33	12.46	13.43
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0226	0.0335	0.0281	0.0280
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	7.61	6.24	17.63	147.73
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	0.0127	0.0333
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	11.59	12.14	11.49	22.50
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.280	0.246	0.429	0.745
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0009	0.0014	0.0274
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0005
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)			09:20	10:15	11:15	12:25
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RHuan1	RLIac1	RHuan2	RHuan3
Código del Laboratorio			14031133	14031134	14031135	14031136
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.23	0.07	0.49	0.83
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.542	0.124	0.516	0.548
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.071	0.056	0.076	0.083
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	66.25	66.63	65.37	68.21
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.003
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.322	0.123	0.535	0.842
Potasio (K)	0.03	mg/L	2.68	2.46	2.66	3.01
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.200	0.056	0.190	0.202
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	13.43	12.27	13.80	14.21
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0190	0.0107	0.0143	0.0181
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	48.70	44.02	47.66	50.40
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.010	0.024	0.014	0.045
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	12.15	13.03	15.32	18.62
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.497	0.653	0.507	0.531
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0062	0.0012	0.0135	0.0227
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	0.010
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

FUENTE: Informe técnico N° 033-2014-ANA-DGCRH-VIG

**Tabla A. 6: Resultados del monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Ilave.**

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-18	2014-03-18	2014-03-18	2014-03-19
Hora de inicio de muestreo (h)			09:04	12:05	12:33	09:25
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RSant	RChil1	RChil2	RLlus
Código del Laboratorio			14031484	14031485	14031486	14031565
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	24.15	32.00	55.96	
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	1.46	3.46	7.79	37.84	
Cromo VI	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fósforo Total o fósforo (P)	P mg / L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	0.044	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>-2</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/L	38.77	11.77	18.52	34.73	
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8	14	70 x 10 <sup>1</sup>	130	
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	<1.8	11	49 x 10 <sup>1</sup>	13	

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-18	2014-03-18	2014-03-18	2014-03-19
Hora de inicio de muestreo (h)			09:04	12:05	12:33	09:25
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RSant	RChil1	RChil2	RLlus
Código del Laboratorio			14031484	14031485	14031486	14031565
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	3.60	0.05	0.06	0.17
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	0.008	0.004	0.026
Boro (B)	0.003	mg/L	0.031	0.071	0.085	0.309
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.022	0.003	0.010	0.021
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	6.71	5.15	6.57	13.01
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0025	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0045	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.281	0.682	1.918	0.463
Potasio (K)	0.03	mg/L	2.17	2.57	3.27	6.79
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	0.054
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	1.43	1.53	2.00	3.95
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.1197	0.0130	0.0568	0.0276
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	3.92	6.25	7.79	27.91
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0014	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0072	0.0011	0.0023	0.0050
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	62.13	63.11	69.07	82.43
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.080	0.039	0.057	0.223
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0005	0.0079
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0009	0.0004	0.0025
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.153	<0.003	<0.003	0.015
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-19	2014-03-19	2014-03-20	2014-03-20
Hora de inicio de muestreo (h)			10:21	11:53	09:30	14:28
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RChil	RCond	RChun	RGran1
Código del Laboratorio			14031566	14031567	14031746	14031747
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceltes y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	24.15
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	21.94	26.17	<1.00	<1.00	42.07
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	2.58	1.66	2.85	2.85	43.64
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fósforo Total o fósforo (P)	P mg / L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Nitrógeno Amoniacoal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/L	25.95	24.07	19.82	19.82	42.27
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	79	22	<1.8	<1.8	2
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	49	17	<1.8	<1.8	<1.8
Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-19	2014-03-19	2014-03-20	2014-03-20
Hora de inicio de muestreo (h)			10:21	11:53	09:30	14:28
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RChil	RCond	RChun	RGran1
Código del Laboratorio			14031566	14031567	14031746	14031747
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.64	0.30	5.76	0.09
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.004	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.090	0.052	0.023	0.259
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.026	0.019	0.014	0.059
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	6.91	5.73	7.23	26.44
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	0.0057	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	0.004	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	0.0150	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0012	<0.0004	0.0112	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.224	0.467	2.681	0.114
Potasio (K)	0.03	mg/L	3.01	3.59	2.40	3.93
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.005	0.004	<0.003	0.035
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	2.07	2.09	1.84	6.04
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0228	0.0357	0.1747	0.0212
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	7.53	5.14	4.52	26.43
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	0.0109	<0.0004
Piomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0035	0.0024	0.0098	0.0011
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silica (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	58.46	62.91	75.85	37.67
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.089	0.075	0.079	0.398
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0010	0.0004	<0.0002	<0.0002
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0003	0.0004	<0.0002	0.0015
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.026	<0.003	0.647	0.005
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-21	2014-03-21	2014-03-21	2014-03-21
Hora de inicio de muestreo (h)			10:00	11:05	12:45	13:58
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RGran2	RBlan	RGran3	Rllav1
Código del Laboratorio			14031790	14031791	14031792	14031793
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceltes y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	6.04	10.47	7.65	16.10	16.10
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	71.05	50.32	59.98	54.14	54.14
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	37.55	27.81	32.19	32.63	32.63
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fósforo Total o fósforo (P)	P mg / L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	0.006	0.005	0.005
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	0.021	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>-</sup> mg/L	<0.002	0.003	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/L	36.86	44.64	43.82	44.64	44.64
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-21	2014-03-21	2014-03-21	2014-03-21
Hora de inicio de muestreo (h)			10:00	11:05	12:45	13:58
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RGran2	RBlan	RGran3	Rllav1
Código del Laboratorio			14031790	14031791	14031792	14031793
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.08	0.24	0.17	0.16
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.218	0.148	0.175	0.179
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.065	0.031	0.047	0.046
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	30.23	22.43	24.85	25.18
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	0.002	<0.002	0.003
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.096	0.148	0.148	0.136
Potasio (K)	0.03	mg/L	3.61	3.21	3.26	3.31
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.025	0.017	0.019	0.020
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	6.75	3.46	4.16	4.10
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0213	0.0164	0.0235	0.0214
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	23.58	22.82	21.63	21.92
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0007	0.0008	0.0007	0.0011
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	37.21	40.39	37.92	38.28
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.460	0.295	0.320	0.323
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0021	0.0021	0.0014
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0016	0.0006	0.0010	0.0010
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.008	0.009	<0.003	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001



(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-22	2014-03-22	2014-03-22
Hora de inicio de muestreo (h)			09:38	11:10	12:02
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RHuen	Rilav3	Rilav2
Código del Laboratorio			14031896	14031897	14031898
Ensayo		Unidades	Resultados		
Aceites y grasas (HEM)		mg/L	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)		CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	5.23
Alcalinidad (al bicarbonato)		CaCO <sub>3</sub> mg / L	82.32	75.88	72.86
Cianuro WAD		mg/L	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros		Cl mg / L	74.66	49.97	50.26
Cromo VI		mg/L	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )		mg/L	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)		mg/L	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles		mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Fósforo Total o fósforo (P)		P mg / L	<0.010	<0.010	<0.010
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )		PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Nitrógeno Amoniacal		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	0.024	0.057	<0.020
Nitrógeno total (NTK)		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	<1.00	<1.00	<1.00
SAAM (Detergentes)		mg / L	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros		S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/L	62.00	50.91	49.45
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>		NMP /100mL	17	17	<1.8
Numeración de <i>Escherichia coli</i>		NMP /100mL	13	6.8	<1.8

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-22	2014-03-22	2014-03-22
Hora de inicio de muestreo (h)			09:38	11:10	12:02
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RHuen	Rilav3	Rilav2
Código del Laboratorio			14031896	14031897	14031898
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
<b>Metales totales</b>					
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.06	0.06	0.09
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.019	0.014	0.009
Boro (B)	0.003	mg/L	0.364	0.251	0.261
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.036	0.044	0.043
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	31.22	28.95	27.53
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.003	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0013	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.078	0.086	0.085
Potasio (K)	0.03	mg/L	6.77	5.19	4.95
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.102	0.068	0.053
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	7.67	4.78	6.44
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0238	0.0491	0.0624
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	44.52	32.95	31.31
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0030	0.0044	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	59.05	46.34	46.20
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.436	0.377	0.366
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0033	<0.0002
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0019	0.0028	0.0016
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.009	<0.003	0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001

FUENTE: Informe de ensayo N° 08982-2014

**Tabla A. 7: Evaluación de la calidad de agua en la cuenca del río Ilpa.**

Fecha de Monitoreo	Unidad	ECA - CATEG.4	15/03/2014	15/03/2014	15/03/2014	15/03/2014	15/03/2014
Hora de Monitoreo		Conservación del Ambiente Acuático: Lagunas y Lagos	10:15	11:20	12:00	13:20	16:15
Punto de Monitoreo			RVilq	RTiqu	LUmay	LUmay1	Rlllp
Parámetro							
<b>PARÁMETROS FÍSICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>							
pH	-	6.5-8.5	8.34	8.38	8.72	9.04	9.90
Temperatura	(°C)	---	14.2	18.2	15.4	19.5	18.8
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 5	6.65	7.06	5.1	8.16	12.76
Conductividad eléctrica	uS/cm	---	349.4	252.5	750	1997	1153
Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	1000	6.8	11	<1.8	<1.8	<1.8
Clorofila A	mg/L	10	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
<b>PARAMETROS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS</b>							
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<5	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	---	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Cianuro libre	mg/L	0.022	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Fenoles	mg/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fósforo total (P tot)	mg/L	---	<0.010	0.025	0.024	0.030	0.024
Fosfatos ( PO4-3)	mg/L	0.4	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos (NO3-2)	mg/L	5	<0.030	<0.030	<0.030	0.366	<0.030
Nitritos (NO2-2)	mg/L	---	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/L	<0.02	0.020	<0.020	0.051	0.061	0.041
Nitrógeno total (NTK)	mg/L	1.6	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	≤ 25	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00
Cromo VI	mg/L	0.05	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Clorofila A	mg/L	10	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
<b>METALES Y METALOIDES</b>							
Plata (Ag tot)	mg/L	---	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al tot)	mg/L	---	0.02	0.10	0.01	<0.01	0.03
Arsénico (As tot)	mg/L	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.037
Boro (B tot)	mg/L	---	0.154	0.077	0.438	1.275	0.649
Bario (Ba tot)	mg/L	0.7	0.072	0.049	0.063	0.105	0.054
Berilio (Be tot)	mg/L	---	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca tot)	mg/L	---	36.59	26.43	34.62	36.63	52.86
Cadmio (Cd tot)	mg/L	0.004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce tot)	mg/L	---	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co tot)	mg/L	---	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr tot)	mg/L	---	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu tot)	mg/L	0.02	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe tot)	mg/L	---	0.059	0.104	0.025	0.009	0.036
Potasio (K tot)	mg/L	---	2.28	3.34	6.87	22.75	8.46
Litio (Li tot)	mg/L	---	0.025	0.011	0.098	0.350	0.157
Magnesio (Mg tot)	mg/L	---	10.03	3.97	20.23	45.25	29.24
Manganeso (Mn tot)	mg/L	---	0.0156	0.0040	0.0374	0.0369	0.0083
Molibdeno (Mo tot)	mg/L	---	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na tot)	mg/L	---	21.53	14.61	85.82	285.80	126.80
Níquel (Ni tot)	mg/L	0.025	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Fósforo total (P tot)	mg/L	---	<0.002	0.023	0.024	0.030	0.023
Plomo (Pb tot)	mg/L	0.001	<0.0004	0.0007	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb tot)	mg/L	---	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se tot)	mg/L	---	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> tot)	mg/L	---	10.64	41.73	1.40	1.37	13.89
Estaño (Sn tot)	mg/L	---	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr tot)	mg/L	---	0.382	0.283	0.706	1.357	0.918
Titanio (Ti tot)	mg/L	---	<0.0002	0.0010	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Talio (Tl tot)	mg/L	---	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V tot)	mg/L	---	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0022
Zinc (Zn tot)	mg/L	0.03	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
*Mercurio (Hg tot)	mg/L	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

FUENTE: Informe técnico N° 027-2014-ANA-DGCRH-VIG.

**Tabla A. 8: Resultados del monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de la subcuenca Santa Rosa – Ayaviri – Pucará.**

Código del punto de monitoreo	ECA - Categoría 3: "Riego de vegetales y huertos de animales"	Q1uch1	R1uch1	RP1ch1	PP1ch1	FC1ch1	RC1ch1	RC1ch2	RC1ch3	RL1ch1	RC1ch4	RC1ch5	RC1ch6	RC1ch7	RC1ch8	RC1ch9	RC1ch10	RC1ch11	RC1ch12	RC1ch13	RC1ch14	RC1ch15	RC1ch16	RC1ch17	RC1ch18	RC1ch19	RC1ch20	RC1ch21	RC1ch22											
Fecha de monitoreo (DD/MM/AA)		01/02/14	04/02/14	10/02/14	16/02/14	23/02/14	01/03/14	08/03/14	15/03/14	22/03/14	29/03/14	05/04/14	12/04/14	19/04/14	26/04/14	03/05/14	10/05/14	17/05/14	24/05/14	31/05/14	07/06/14	14/06/14	21/06/14	28/06/14	05/07/14	12/07/14	19/07/14	26/07/14	02/08/14											
Parámetros	Unidad	01-20	11-40	21-01	01-45	11-11	01-25	01-40	01-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40	11-40											
<b>PARAMETROS FISICOS</b>																																								
pH	Unidad de pH	6.5-6.5	3.79	3.34	3.33	3.30	3.1	3.61	2.94	3.5	7.3	7.82	8.27	8.33	7.5	7.59	7.86	8.26	8.2	8.21	8.41	8.1	8.26																	
Temperatura	°C	2.91	17	12.2	10.67	6.8	9.4	9.85	12.45	9.31	9.79	22.11	18.64	18.3	18.7	19.11	14.84	15.21	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Conductividad Eléctrica	µS/cm	2000	521.2	488	264	284.4	284.1	315.1	320.9	295	306.2	210	236.3	280.3	320.7	450.9	528.3	491.5	640	523	510	523	510	410	430															
Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	mg O <sub>2</sub> /L	15	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	40	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	-	13.82	24.57	<0.00	<0.00	30.4	8.11	5	3.25	7.73	4.75	3.2	<0.00	12.31	16.46	12.25	5.82	3.72	23.08	76.82	<0.00	5																	
<b>PARAMETROS INORGANICOS</b>																																								
Boro	mg/L	0.7	0.0151	0.0215	0.0302	0.0419	0.0334	0.0215	0.0207	0.0291	0.0234	0.02275	0.01547	0.04512	0.02808	0.04051	0.02656	0.04698	0.03257	0.04065	0.02165	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016	0.02016		
Cloruro	mg/L	0.1	0.0497	0.0125	<0.002	<0.002	0.00355	0.00222	<0.002	<0.002	0.00461	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Alcalinidad Bicarbonato	mg/L	370	<0.00	<0.00	57.27	61.44	11.30	16.34	30.82	48.51	24.46	24.26	100.61	51.01	64.32	113.34	96.78	111.29	106.66	97.56	105.25	104.423	94.4723	91.6233																
Alcalinidad Carbonato	mg/L	5	<0.00	<0.00	2.29	3.58	<0.00	<0.00	<0.00	8.54	<0.00	5.7	11.34	<0.00	<0.00	<0.00	4.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	8.06	<0.00	<0.00															
Cianuro Libre	mg/L	-	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Cianuro HAlO	mg/L	0.1	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026		
Cianuro	mg/L	100/700	1.61	8.55	25.36	30.69	22.96	28.24	44.62	28.24	1.44	2.11	8.98	36.23	1.98	10.96	96.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	90.24	86.59	
Litio	mg/L	2.5	0.0055	0.0139	0.1306	0.12515	0.1944	3.0837	0.1524	0.2649	<0.00	<0.00	0.2262	0.0886	0.04134	0.22625	0.10399	0.21748	0.12847	0.11483	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00		
Magnesio	mg/L	150	5.16148	3.6912	3.79482	4.0862	4.22777	4.81972	3.58103	3.48713	2.76729	2.79548	1.57963	2.21563	16.679	12.16	15.49113	10.126	11.639	10.571	12.094	13.338	18.67																	
Selenio	mg/L	0.6	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023	<0.023		
Silicio	mg/L	-	51.5402468	83.1510358	36.6514594	38.524368	44.00215	41.1377586	45.302192	38.522982	42.92504	42.612183	26.706617	24.081304	19.986182	21.270732	11.062604	11.1433332	31.237925	33.002657	30.618423	25.389016	22.702392																	
Sodio	mg/L	300	16.11191	7.7111	21.4226	28.25389	21.4254	23.7519	35.26154	28.4534	23.5214	3.61514	13.19514	65.45434	3.1459	8.2642	37.22524	35.862	57.805	38.516	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	38.165	
Sulfato	mg/L	300	70.59	182.37	39.89	46.5	105.38	102.37	96.95	86.91	44.45	150.68	23.81	34.05	11.45	87.27	95.64	87.18	85.09	124.77	115.45																			
Sulfuro	mg/L	0.6	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
<b>Nitratos</b>																																								
Fosforo	mg P/L	1	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00		
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	-	0.21	<0.00	<0.00	0.62	0.38	0.1	17.83	16.227	<0.00	<0.00	1.02	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.02	0.163	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00			
Nitrato	mg N/L	10	1.48	0.92	<0.00	<0.00	0.969	0.854	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.05	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00			
Nitro	mg N/L	0.6	0.025	<0.02	0.375	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Nitrógeno Kjeldahl	mg N/L	-	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	5.736	<0.00	20.37	16.65	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00		
<b>Metales y metalesoides</b>																																								
Aluminio total	mg/L	5	27.028	12.75956	0.10236	0.10236	4.51796	2.98953	0.2815	0.05719	1.25845	1.07134	0.30330	0.0334	0.25306	0.34561	0.1546	0.09232	0.06071	2.67199	0.41715	0.25106</																		

Tabla A. 9: Monitoreo de la calidad de agua de la cuenca Suches.

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-17	2014-03-17	2014-03-18	2014-03-18
Hora de inicio de muestreo (h)		10:20	12:00	08:50	09:40
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RTrap1	RSuch1	RSuch2	RTrap2
Código del Laboratorio		14031401	14031402	14031478	14031479
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceltes y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	6.04	9.06	12.08	12.08
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	1.22	1.85	1.36	1.56
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.066	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	30.18	10.61	12.91	20.16
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	140	7.8
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	33	<1.8

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-18	2014-03-19	2014-03-19	2014-03-19
Hora de inicio de muestreo (h)		10:45	07:55	08:40	10:50
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RCay1	RJap1	RSuch3	RSuch4
Código del Laboratorio		14031480	14031550	14031551	14031552
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceltes y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	24.15	12.48	17.31	23.75
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	7.35	2.39	2.05	1.66
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.037	0.044	0.106	0.088
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	0.003	<0.003	0.006
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	55.36	12.82	27.98	23.80
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	33 x 10 <sup>1</sup>	79 x 10 <sup>1</sup>	140 x 10 <sup>1</sup>	49 x 10 <sup>1</sup>
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	33	49 x 10 <sup>1</sup>	79 x 10 <sup>1</sup>	23 x 10 <sup>1</sup>

Producto declarado		Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-17
Hora de inicio de muestreo (h)		08:25
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada
Código del cliente		QCumu1
Código del Laboratorio		14031400
Ensayo	Unidades	Resultados
Aceltes y grasas (HEM)	mg/L	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00
Cianuro WAD	mg/L	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	8.28
Cromo VI	mg/L	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.017
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	362.27
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP /100mL	<1.8

## (Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-17	2014-03-17	2014-03-17	2014-03-18
Hora de inicio de muestreo (h)			08:25	10:20	12:00	08:50
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			QCumu1	RTrap1	RSuch1	RSuch2
Código del Laboratorio			14031400	14031401	14031402	14031478
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	15.55	0.56	0.56	0.25
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	<0.003	0.003	0.003	0.023
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.018	0.006	0.006	0.003
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0063	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	53.26	6.27	6.27	3.57
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0057	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.125	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.2970	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0685	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.840	0.892	0.892	0.328
Potasio (K)	0.03	mg/L	2.40	1.01	1.01	0.42
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.047	<0.003	<0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	27.62	2.89	2.89	1.81
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	1.7238	0.0243	0.0243	0.0071
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	6.93	2.14	2.14	1.80
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.5629	0.0065	0.0065	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	<0.002	0.016	0.016	0.008
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0060	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	33.06	16.30	16.30	7.90
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.403	0.036	0.036	0.016
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0062	0.0062	<0.0002
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	3.021	0.009	0.009	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-18	2014-03-18	2014-03-19	2014-03-19
Hora de inicio de muestreo (h)			09:40	10:45	07:55	10:50
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RTrap2	RCay11	RTapo1	RSuch3
Código del Laboratorio			14031479	14031480	14031550	14031552
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.19	0.09	1.66	0.42
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.025	0.366	0.016	0.061
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.019	0.045	0.011	0.040
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	4.90	17.23	2.63	7.68
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	0.003	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	0.0009	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.294	0.589	2.661	3.110
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.83	2.03	0.85	1.31
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.004	0.149	<0.003	0.075
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	2.58	3.34	2.05	3.09
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0044	0.0485	0.0597	0.1395
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	2.28	8.86	1.92	3.19
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0006	<0.0004	<0.0004	0.0011
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.003	0.011	0.055	0.069
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	11.21	10.59	16.65	16.03
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.027	0.127	0.019	0.058
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0100	0.0106
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0010	0.0011
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	0.004	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

FUENTE: Informe técnico N° 032-2014-ANA-DGCRH-VIG.

Tabla A. 10: Análisis de calidad del agua de Ayaviri – Pucará.

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-11	2014-03-11	2014-03-11	2014-03-11
Hora de inicio de muestreo (h)			07:00	08:00	09:00	10:00
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RChaq1	RChaq2	RChac3	RIJa11
Código del Laboratorio			1403672	1403673	1403674	1403675
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	9.54
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	24.46	24.86	30.82	48.91	48.91
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / l	1.44	2.11	44.62	28.34	28.34
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.132	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<0.020	<0.020	17.838	16.227	16.227
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<1.00	<1.00	20.37	18.98	18.98
SAAM (Detergentes)	mg / l	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/L	66.91	67.91	69.27	56.95	56.95
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	7.73	4.79	5.00	3.29	3.29
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	13	4.5	17	14	14

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-11	2014-03-11	2014-03-11	2014-03-11
Hora de inicio de muestreo (h)			07:00	08:00	09:00	10:00
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RChaq1	RChaq2	RChac3	RIJa11
Código del Laboratorio			1403672	1403673	1403674	1403675
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	1.06	1.05	0.26	0.09
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	0.041	0.017
Boro (B)	0.003	mg/L	0.012	0.023	0.613	0.333
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.023	0.022	0.027	0.029
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0006	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	28.09	28.61	20.37	30.09
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Corio (Ce)	0.002	mg/L	0.002	0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0017	0.0007	0.0030	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0015	<0.0004	0.0108	0.0037
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.574	0.578	0.514	0.150
Potasio (K)	0.03	mg/L	1.30	1.31	4.41	2.05
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	0.193	0.088
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	2.77	2.80	3.59	3.50
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0598	0.0600	0.1685	0.0223
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	2.93	3.62	36.66	23.83
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0028	0.0015	0.0069	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.012	0.005	0.018	0.017
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0045	0.0033	0.0040	0.0030
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	42.30	42.61	46.94	38.53
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.247	0.249	0.433	0.440
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0013	0.0002	0.0007	0.0007
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0006	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.034	0.011	0.027	0.006
Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-11	2014-03-11	2014-03-11	2014-03-12
Hora de inicio de muestreo (h)		12:40	13:30	14:00	13:20
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RMaca1	RMaca2	RStro3	RPuca1
Código del Laboratorio		1403676	1403677	1403678	1403819
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	5.57	11.14	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	64.03	100.61	113.34	106.86
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cloruros	Cl mg / L	8.98	99.23	56.58	56.39
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bloquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	0.055	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	44.45	150.68	81.45	87.18
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	3.20	<3.00	12.29	23.08
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	49 x 10 <sup>1</sup>	14	23 x 10 <sup>1</sup>	2
Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-11	2014-03-11	2014-03-11	2014-03-12
Hora de inicio de muestreo (h)		12:40	13:30	14:00	13:20
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RMaca1	RMaca2	RStro3	RPuca1
Código del Laboratorio		1403676	1403677	1403678	1403819
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
<b>Metales totales</b>					
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.09	0.03	0.15
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.048	0.096	0.934
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.015	0.045	0.067
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	35.46	96.24	52.65
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0004	0.0005	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.071	0.045	0.676
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.61	1.04	2.45
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	0.027	0.228
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	1.68	9.21	15.49
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0086	0.0174	0.0675
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	13.20	65.19	37.24
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.016	0.003	0.010
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0019	0.0011	0.0026
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	26.76	24.06	21.06
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.317	1.090	0.492
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0031	0.0020	0.0034
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0018	0.0007	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12
Hora de inicio de muestreo (h)			06:00	06:30	11:00	14:30
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			QHuaC1	QHuaC2	RAYav1	RPuCa2
Código del Laboratorio			1403820	1403821	1403822	1403823
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceltes y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	4.03	8.06	8.06
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	105.25	112.50	96.78	97.58	97.58
Cianuro WAD	mg/L	<0.005	<0.005	<0.006	<0.006	<0.006
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	1.30	1.15	50.24	52.88	52.88
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.245	0.150	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	0.006	0.005	0.005
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<0.020	<0.020	0.022	<0.020	<0.020
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	124.77	115.45	87.27	83.09	83.09
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	<3.00	5.00	5.62	76.02	76.02
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	33	79	49	22	22

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12
Hora de inicio de muestreo (h)			06:00	06:30	11:00	14:30
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			QHuaC1	QHuaC2	RAYav1	RPuCa2
Código del Laboratorio			1403820	1403821	1403822	1403823
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.05	0.11	0.10	0.45
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	0.008	0.005	0.017
Boro (B)	0.003	mg/L	0.080	0.064	0.470	0.638
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.128	0.121	0.050	0.051
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	64.42	61.62	52.35	50.45
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.005	0.004	0.004	0.006
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0004	0.0005	0.0004	0.0006
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0016	0.0029	0.0016	0.0013
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.067	0.123	0.274	0.659
Potasio (K)	0.03	mg/L	1.43	1.67	2.27	2.64
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	0.107	0.114
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	15.34	18.67	10.11	10.09
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0038	0.0181	0.0270	0.0256
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	3.31	3.07	35.09	36.11
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0007	0.0005	<0.0004	0.0006
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.013	0.022	0.028	0.032
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0042	0.0559	0.0047	0.0552
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	23.39	22.76	31.34	30.64
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.438	0.363	0.574	0.543
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0041	0.0060	0.0050	0.0151
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0007	0.0007	0.0010	0.0017
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	<0.003	0.100	<0.003	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001



(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-13
Hora de inicio de muestreo (h)			09:40	09:00	11:40	07:20
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RStro2	RStro1	RAYav2	QLuch1
Código del Laboratorio			1403828	1403829	1403830	1403918
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	64.92	51.01	111.29	<1.00	<1.00
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	10.86	1.66	86.56	1.68	1.68
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	1.480	1.480
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	0.025	0.025
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	<0.020	<0.020	0.163	0.321	0.321
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	34.05	23.61	96.64	70.59	70.59
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	16.46	12.31	3.72	13.02	13.02
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	49 x 10 <sup>6</sup>	33 x 10 <sup>5</sup>	23 x 10 <sup>3</sup>	7.8	7.8
Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-12	2014-03-12	2014-03-12	2014-03-13
Hora de inicio de muestreo (h)			09:40	09:00	11:40	07:20
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RStro2	RStro1	RAYav2	QLuch1
Código del Laboratorio			1403828	1403829	1403830	1403918
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.35	0.26	0.07	27.04
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	0.083	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.150	0.035	1.479	0.003
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.044	0.028	0.054	0.020
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0050
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	18.15	8.42	54.83	39.21
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.004	0.002	0.006	0.089
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0141
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0004	0.0005	0.0005	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0008	0.0010	0.0012	0.0505
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.290	1.094	0.238	6.259
Potasio (K)	0.03	mg/L	1.04	0.59	3.08	2.74
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.041	0.010	0.218	0.006
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	10.16	10.68	11.64	5.16
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0996	0.0839	0.0574	2.4357
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	8.20	3.75	57.81	16.11
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0012	0.0010	0.0004	0.0185
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.024	0.019	0.059	0.0363
Piomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0032	0.0033	0.0044	0.0028
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	21.27	19.60	31.24	51.64
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.137	0.038	0.655	0.540
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0100	0.0057	0.0041	<0.0002
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0004	0.0002	0.0008	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	0.319
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-10	2014-03-10	2014-03-10	2014-03-11
Hora de inicio de muestreo (h)			06:35	08:10	09:45	10:30
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RChac2	RChac1	RPata2	RPata1
Código del Laboratorio			1403614	1403615	1403616	1403617
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	3.58	2.39	
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	10.34	11.93	61.44	57.27	
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	28.24	22.86	30.09	25.36	
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.194	0.059	<0.030	<0.030	
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	0.015	
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	0.030	9.305	0.052	<0.020	
Nitrógeno total (NTK)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<1.00	9.756	<1.00	<1.00	
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	0.003	<0.002	<0.002	
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	105.36	96.09	45.50	39.09	
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	6.11	30.40	<3.00	<3.00	
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	170 x 10 <sup>1</sup>	2	
Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-10	2014-03-10	2014-03-10	2014-03-11
Hora de inicio de muestreo (h)			06:35	08:10	09:45	10:30
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RChac2	RChac1	RPata2	RPata1
Código del Laboratorio			1403614	1403615	1403616	1403617
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.57	4.51	0.10	0.08
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.009	0.031	0.040	0.031
Boro (B)	0.003	mg/L	0.323	0.226	0.289	0.231
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.036	0.033	0.040	0.035
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0002	0.0007	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	27.23	23.89	26.17	21.54
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0007	0.0014	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.008	0.011	0.003	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0190	0.0176	0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0007	0.0017	0.0005	0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0372	0.0992	0.0023	0.0024
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.351	4.566	0.361	0.331
Potasio (K)	0.03	mg/L	4.44	3.86	4.08	3.46
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.127	0.101	0.126	0.101
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	4.62	4.23	4.09	3.79
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.5115	0.3083	0.0230	0.0143
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	23.76	21.43	28.35	22.42
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0243	0.0204	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.006	0.044	0.047	0.040
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0065	0.0061	0.0063	0.0040
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	0.0024	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	41.14	44.89	36.53	36.68
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.433	0.408	0.539	0.435
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0037	0.0036	0.0055	0.0049
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0010	0.0011	0.0012
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.089	0.094	0.010	0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

## (Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-10
Hora de inicio de muestreo (h)			11:40
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada
Código del cliente			RAzuf1
Código del Laboratorio			1403618
Ensayo		Unidades	Resultados
Aceites y grasas (HEM)		mg/L	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)		CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)		CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00
Cianuro WAD		mg/L	<0.006
Cianuro libre		mg/L	<0.004
Cloruros		Cl <sup>-</sup> mg / L	8.55
Cromo VI		mg/L	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )		mg/L	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)		mg/L	<10.0
Fenoles		mg/L	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )		PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030
Nitratos		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.242
Nitritos		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003
Nitrógeno Amoniacal		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<0.020
Nitrógeno total (NTK)		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	<1.00
SAAM (Detergentes)		mg / L	<0.025
Sulfuros		S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002
Sulfatos		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	182.27
Sólidos suspendidos totales (TSS)		mg/L	24.57
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>		NMP /100mL	<1.8
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(2)</sup>		NMP /100mL	<1.8

Producto declarado			Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-10
Hora de inicio de muestreo (h)			11:40
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada
Código del cliente			RAzuf1
Código del Laboratorio			1403618
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	12.60
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.013
Boro (B)	0.003	mg/L	0.050
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.023
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0013
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	14.59
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0051
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.022
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0695
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0049
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.4353
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	19.730
Potasio (K)	0.03	mg/L	3.25
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.042
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	3.70
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.4355
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	7.71
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0732
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.041
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0117
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	63.13
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.166
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0022
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	0.0015
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.323
•Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001

FUENTE: Informe de ensayo N° 08825-2014.

Tabla A. 11: Análisis de calidad de agua Crucero – Azángaro.

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15
Hora de inicio de muestreo (h)			06:30	07:30	11:10	10:20
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RCruc1	RCruc2	P-4	RAnta2
Código del Laboratorio			14031198	14031199	14031200	14031201
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	88.16	88.36	14.89	50.72	
Cianuro WAD	mg/l	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	2.53	2.53	7.89	1.02	
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.216	0.278	2.070	0.242	
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003	<0.003	0.134	0.064	
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	61.18	60.18	301.59	41.50	
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	130	33 x 10 <sup>2</sup>	<1.6	6.8	

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15
Hora de inicio de muestreo (h)			06:30	07:30	11:10	10:20
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RCruc1	RCruc2	P-4	RAnta2
Código del Laboratorio			14031198	14031199	14031200	14031201
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.68	0.56	0.67	0.24
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	0.004	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.069	0.069	0.387	0.062
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.049	0.049	0.013	0.041
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	40.66	40.65	108.17	26.65
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0009	0.0008	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.005	0.003	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0012	0.0009	0.0012	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	0.1605	0.0260
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.300	1.126	0.612	0.292
Potasio (K)	0.03	mg/L	1.93	1.95	9.29	1.86
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.027	0.026	0.118	0.015
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	8.03	7.97	2.70	3.80
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.2063	0.1982	0.1813	0.0272
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	4.77	4.93	15.51	2.69
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0050	0.0046	0.0017	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.017	0.018	<0.002	<0.002
Piomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0007	0.0006	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	0.072	0.005
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	21.81	21.05	15.77	12.73
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.204	0.203	0.226	0.054
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0066	0.0049	<0.0002	<0.0002
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.535	0.508	0.104	0.016
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

## (Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15
Hora de inicio de muestreo (h)			09:30	12:00	12:30	13:20
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RAnta1	RAnta3	RCruc3	RCruc4
Código del Laboratorio			14031202	14031203	14031204	14031205
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	10.47	7.25	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	55.15	46.70	91.38	97.02	97.02
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	1.12	1.27	1.85	1.36	1.36
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	0.278	0.234	0.282	0.282
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.006	0.079	0.029	0.053	0.053
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	9.34	41.64	54.18	50.86	50.86
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	79	<1.8	4.5	33	33

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15	2014-03-15
Hora de inicio de muestreo (h)			09:30	12:00	12:30	13:20
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RAnta1	RAnta3	RCruc3	RCruc4
Código del Laboratorio			14031202	14031203	14031204	14031205
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.20	0.20	0.31	0.65
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.018	0.063	0.064	0.056
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.041	0.056	0.064	0.074
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	14.88	26.68	41.34	38.82
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.003
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0142	0.0116	0.0037	0.0061
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.270	0.196	0.517	1.230
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.82	1.84	1.73	1.84
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	0.013	0.018	0.017
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	3.93	4.19	8.33	8.15
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0116	0.0087	0.0416	0.0552
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	0.89	2.78	3.70	3.37
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.003	0.009	0.011	0.027
Piomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.0045
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	12.15	10.61	16.80	17.59
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.029	0.061	0.228	0.213
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0023	0.0079
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.010	<0.003	0.058	0.094
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-15	2014-03-16	2014-03-16	2014-03-16
Hora de inicio de muestreo (h)		14:20	11:10	06:00	07:30
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RGran	RAzan2	RÑuño1	RJora
Código del Laboratorio		14031206	14031292	14031297	14031298
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	<1.00	6.04	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	93.6	91.38	74.67	77.69
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	21.82	11.10	1.41	1.41
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.003	0.036	<0.003	<0.003
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	139.89	98.07	106.14	77.73
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	49	79 x 10 <sup>1</sup>	79	33

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-15	2014-03-16	2014-03-16	2014-03-16
Hora de inicio de muestreo (h)		14:20	11:10	06:00	07:30
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		RGran	RAzan2	RÑuño1	RJora
Código del Laboratorio		14031206	14031292	14031297	14031298
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
<b>Metales totales</b>					
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.78	0.55	0.07
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.002	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.285	0.149	0.017
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.086	0.070	0.069
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	66.80	54.84	55.56
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.006	0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0011	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.466	0.900	0.763
Potasio (K)	0.03	mg/L	2.48	2.14	1.06
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.071	0.044	<0.003
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	10.44	9.68	7.78
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0848	0.0373	0.0341
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	23.67	11.53	1.80
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.090	0.035	0.029
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	20.67	17.66	15.99
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.621	0.443	0.486
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0114	0.0071	0.0052
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.004	0.010	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-16	2014-03-16	2014-03-17	2014-03-17
Hora de inicio de muestreo (h)			10:00	11:00	08:40	10:00
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RCruc5	RAzan1	RRam1	RRam2
Código del Laboratorio			14031299	14031300	14031396	14031397
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	5.64	<1.00	<1.00	6.44	
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	99.03	94.40	100.64	97.02	
Cianuro WAD	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	3.24	10.76	29.83	25.23	
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.099	<0.030	<0.030	<0.030	
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.017	0.016	0.011	0.012	
SAAM (Detergentes)	mg / L	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	
Sulfuros	S <sup>-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/L	61.82	93.75	97.84	103.98	
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	26	49	13	79	

Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-15	2014-03-16	2014-03-16	2014-03-16
Hora de inicio de muestreo (h)			14:20	11:10	06:00	07:30
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			RGran	RAzan2	RNuño1	RJora
Código del Laboratorio			14031206	14031292	14031297	14031298
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.78	0.55	0.49	0.07
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.003	mg/L	0.285	0.149	0.017	0.035
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.086	0.070	0.069	0.061
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	66.80	54.84	55.56	45.76
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.006	0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0011	<0.0004	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.466	0.900	0.763	0.075
Potasio (K)	0.03	mg/L	2.48	2.14	1.06	1.12
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.071	0.044	<0.003	0.005
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	10.44	9.68	7.78	4.75
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0848	0.0373	0.0341	0.0045
Molibdénico (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	23.67	11.53	1.80	2.85
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.090	0.035	0.029	0.002
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	20.67	17.66	15.99	15.20
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.621	0.443	0.486	0.442
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	0.0114	0.0071	0.0052	0.0003
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.004	0.010	<0.003	<0.003
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(Continuación)

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Fecha de muestreo		2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	
Hora de inicio de muestreo (h)		06:00	08:00	09:00	10:00	
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	
Código del cliente		NRiti	LSilla	RAnan	RLuor	
Código del Laboratorio		14031118	14031119	14031120	14031121	
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	////	////	<1.00	////	
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	////	////	10.48	////	
Cianuro WAD	mg/L	////	////	<0.006	////	
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	////	0.032	
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	////	////	3.94	////	
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	10.44	7.96	
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	////	////	22.65	////	
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	1.398	0.295	0.106	
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	4.970	<0.030	0.209	0.084	
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	////	////	<0.003	////	
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	4.064	0.028	////	7.286	
SAAM (Detergentes)	mg / L	////	////	<0.025	////	
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	////	////	13.91	////	
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	<3.00	102.20	////	1317.00	
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8	140	49	<1.8	
Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Fecha de muestreo		2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	
Hora de inicio de muestreo (h)		06:00	08:00	09:00	10:00	
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	
Código del cliente		NRiti	LSilla	RAnan	RLuor	
Código del Laboratorio		14031118	14031119	14031120	14031121	
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	1.81	42.75	26.19	33.42
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.006	0.100	0.130	1.161
Boro (B)	0.003	mg/L	0.010	<0.003	<0.003	<0.003
Bario (Ba)	0.001	mg/L	0.003	0.260	0.158	0.040
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0003	0.0028	0.0007	0.0151
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	7.26	9.40	11.04	84.59
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0065	0.0034	0.0193
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.016	0.263	0.145	0.462
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0420	0.0194	0.0113	0.4251
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0320	0.0186	0.0187
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0064	0.1082	0.0981	0.2128
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.451	52.118	36.718	76.788
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.71	7.16	4.39	5.13
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.008	0.087	0.051	0.166
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	2.23	12.76	9.66	44.56
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.2245	0.6435	0.4507	4.3911
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	1.27	3.97	3.24	19.60
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0941	0.0359	0.0210	1.0178
Fósforo (P)	0.002	mg/L	<0.002	0.651	0.611	1.054
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0042	0.0790	0.0489	0.1243
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	3.58	854.87	591.60	404.63
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	0.0017	<0.001	0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.131	0.093	0.084	0.667
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.1870	0.2207	0.2166
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0383	0.0285	0.0139
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.189	0.279	0.163	3.163
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001



(Continuación)

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)			11:15	11:30	12:30	13:00
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			LCabl	LRinc	RGran1	RGran2
Código del Laboratorio			14031122	14031123	14031124	14031125
Ensayo	Unidades	Resultados				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	////	////	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	////	////	<1.00	<1.00	6.45
Cianuro WAD	mg/L	////	////	<0.006	<0.006	<0.006
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	////	////	////
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	////	////	8.98	8.98	6.24
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bloquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	////	////	<10.0	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos ( PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	0.923	0.520	0.520	0.348
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	////	////	0.045	0.045	<0.003
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L	0.026	1.169	////	////	////
SAAM (Detergentes)	mg / L	////	////	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/L	////	////	110.23	110.23	78.73
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	<3.00	<3.00	////	////	////
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	<1.8	<1.8	7.8	7.8	2

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)			11:15	11:30	12:30	13:00
Condiciones de la muestra			Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente			LCabl	LRinc	RGran1	RGran2
Código del Laboratorio			14031122	14031123	14031124	14031125
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.08	4.44	11.93	5.28
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.003	<0.001	0.079	0.024
Boro (B)	0.003	mg/L	<0.003	0.005	0.003	0.007
Bario (Ba)	0.001	mg/L	<0.001	0.015	0.067	0.042
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0025	0.0020	0.0011
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	2.54	24.47	26.20	22.29
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0016	0.0029	0.0015
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	0.071	0.078	0.034
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	0.1097	0.0750	0.0414
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	0.0084	0.0044
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0164	0.0887	0.0711
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.302	0.475	16.318	7.162
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.47	2.81	4.28	3.25
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	0.034	0.048	0.024
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	1.23	9.57	12.57	9.66
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0639	2.2851	1.7118	1.0186
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	1.59	9.06	9.00	6.74
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.2580	0.1751	0.0964
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.009	<0.002	0.315	0.171
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0029	0.0230	0.0106
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	14.70	14.56	69.65	36.51
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.013	0.171	0.166	0.122
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.1160	0.0424
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0108	0.0043
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.003	0.818	0.583	0.316
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

## (Continuación)

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)		11:15	11:30	12:30	13:00
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		LCabl	LRinc	RGran1	RGran2
Código del Laboratorio		14031122	14031123	14031124	14031125
Ensayo	Unidades	Resultados			
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al carbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	////	////	<1.00	<1.00
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO <sub>3</sub> mg / L	////	////	<1.00	6.45
Cianuro WAD	mg/L	////	////	<0.006	<0.006
Cianuro libre	mg/L	<0.004	<0.004	////	////
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	////	////	8.98	6.24
Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bloquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	////	////	<10.0	<10.0
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.030	0.923	0.520	0.348
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	////	////	0.045	<0.003
Nitrógeno Amoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N mg/L	0.026	1.169	////	////
SAAM (Detergentes)	mg / L	////	////	<0.025	<0.025
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	////	////	110.23	78.73
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	<3.00	<3.00	////	////
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP / 100mL	<1.8	<1.8	7.8	2

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo		2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14	2014-03-14
Hora de inicio de muestreo (h)		11:15	11:30	12:30	13:00
Condiciones de la muestra		Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada	Preservada y refrigerada
Código del cliente		LCabl	LRinc	RGran1	RGran2
Código del Laboratorio		14031122	14031123	14031124	14031125
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
<b>Metales totales</b>					
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.08	4.44	11.93
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.003	<0.001	0.079
Boro (B)	0.003	mg/L	<0.003	0.005	0.003
Bario (Ba)	0.001	mg/L	<0.001	0.015	0.067
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0025	0.0020
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	2.54	24.47	26.20
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0016	0.0029
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	0.071	0.078
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	<0.0003	0.1097	0.0750
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	0.0084
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0164	0.0887
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	1.302	0.475	16.318
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.47	2.81	4.28
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	0.034	0.048
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	1.23	9.57	12.57
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0639	2.2851	1.7118
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.03	mg/L	1.59	9.06	9.00
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.2580	0.1751
Fósforo (P)	0.002	mg/L	0.009	<0.002	0.315
Piomo (Pb)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0029	0.0230
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	14.70	14.56	69.65
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.013	0.171	0.166
Titanio (Ti)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.1160
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0108
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	0.003	0.818	0.583
*Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001

FUENTE: Informe de ensayo N° 081270-2014.