



UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”

ESCUELA DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS PROCESOS NATURALES Y LAS
ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PARIA,
DISTRITO DE INDEPENDENCIA -HUARAZ - 2013-2014.**

Tesis para optar el grado de maestro
en Ciencias e Ingeniería
Mención en Gestión Ambiental

BEATRIZ ELIZABETH CORAL ONCOY

Asesor: **Mag. EDELL DORIZA ALIAGA ZEGARA**

Huaraz - Ancash - Perú

2014

Código PGA-136

I. INTRODUCCIÓN.

El agua es un recurso de gran importancia para el hombre, fauna y flora; de la disponibilidad de este recurso dependen muchos procesos ecológicos y productivos siendo esencial para la salud humana y para la vida. Sin embargo los procesos naturales como la meteorización de las rocas que forman parte del lecho del río o que circundan en su cauce y las actividades humanas causan efectos negativos sobre la calidad del agua. El río Paria es la fuente que es usada para abastecer de agua potable al área urbana de los distritos de Huaraz e Independencia, por ello es necesario identificar los procesos naturales y las actividades generadoras de impactos ubicadas a lo largo del recorrido del río y evaluar la calidad del agua en diferentes tramos, determinando su idoneidad para ser utilizada con fines de consumo humano.

Para evaluar la calidad del agua del río Paria se ha utilizado el Índice de Calidad del Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME WQI por sus siglas en inglés), el cual integra indicadores físicos, químicos y biológicos medidos en el cuerpo de agua, dando como resultado un valor numérico que va desde el 0 al 100 y de acuerdo a este valor la calidad del agua es categorizada como: pobre (entre 0 y 44), marginal (entre 45 y 64), aceptable (entre 65 y 79), buena (entre 80 y 94) y excelente (entre 95 y 100).

Para realizar la medición de los indicadores físicos, químicos y biológicos se han establecido 07 estaciones de muestreo en el río Paria, desde su nacimiento a la salida de la laguna Palcacocha hasta el ingreso a la captación Paria, captación que pertenece a la EPS Chavín, empresa encargada de potabilizar el agua.

Los indicadores o parámetros medidos para determinar el índice de calidad son: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez, Coliformes totales, coliformes fecales o termotolerantes, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, Salmonella, *Vibrio cholerae*, formas Parasitarias (*Blastocystis hominis*, *Ciclospora Cayetanensis*, *Criptosporidium*, *Entamoeba histolítica*, *Giardia lamblia*, huevos de Helmintos y larvas de Helmintos), nitratos, cromo VI, SAAM (detergentes), fósforo total, metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Selenio, Plata, Vanadio, Zinc); los cuales han sido seleccionados teniendo en cuenta su importancia sobre la calidad del agua del río y de acuerdo a los parámetros establecidos en el los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua - Categoría I: Poblacional y recreacional- A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, los cuales constituyen una referencia normativa a nivel de Perú. Así mismo, para determinar la variación temporal del índice de calidad del agua, se ha realizado los muestreos de agua en tres períodos diferentes: época de estiaje (estación seca), época de lluvias y en un período intermedio entre ambas épocas.

Los resultados de la evaluación de la calidad del agua del río Paria haciendo uso de un índice de calidad y su correlación con los procesos naturales y las actividades humanas identificadas en la zona de estudio, servirán como referencia a las autoridades y partes interesadas para la plantear alternativas para la gestión de este recurso hídrico.

1.1 Objetivos.

La presente tesis tiene como objetivo general determinar cómo influyen los procesos naturales y las actividades humanas en la calidad del agua del río Paria, para ello se apoya en los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los procesos naturales y actividades que influyen sobre la calidad del agua del río Paria.
- Calcular el índice de calidad de las aguas del río Paria.

1.2 Hipótesis.

La Tesis busca reforzar la hipótesis: Los procesos naturales y las actividades humanas influyen de forma negativa en la calidad de agua del río Paria; siendo las variables de estudio:

Variable independiente: Procesos naturales y las actividades humanas:

- Con presencia de Procesos naturales y las actividades humanas.
- Sin presencia de las actividades humanas.

Variable dependiente: Calidad del agua del río Paria:

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Marginal
- Pobre

II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Contexto Internacional.

2.1.1.1 En el año 2006 se aplicó el índice del consejo canadiense de ministros del ambiente (CCME) en el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Mackenzie en Canadá.

2.1.1.2 En el año 2010 en los ríos Tecolutla y Cazones-México se realizó el estudio denominado análisis comparativo de los índices de calidad del agua (ICA).

2.1.1.3 En el año 2010 en el Río Loa, región de Antofagasta- Chile se realizó el estudio comparativo de índices de calidad del agua mediante la aplicación y evaluación de un modelo armonizado el Latinoamerica.

2.1.1.4 En el año 2010 en México se realizó el estudio denominado Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, en el cual se ha utilizado el Índice de Calidad del Agua (ICA) modificado a partir del propuesto por la National Sanitation Foundation de los Estados Unidos para evaluar la calidad del agua de los ríos urbanos.

1.1.1 Contexto Nacional.

1.1.1.1 En el año 2009 en el río Rimac se desarrolló el estudio denominado Evaluación de las aguas del río Rimac en Lima, Perú, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA).

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Calidad del agua.

El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. Por ello no podemos hablar de buena o mala calidad en abstracto, sino que cada actividad exige una calidad adecuada.

La calidad del agua entendida como la medición de sus características físicas, químicas y biológicas, en relación con unos estándares, implica variables diferentes e incluso factores complejos para describir su estado en términos cuantitativos. Un cuerpo de agua puede llegar a ser caracterizado a través de los siguientes componentes principales: hidrología, física, química y biología y la valoración adecuada necesaria para verificar su adaptabilidad a un uso determinado, se basa en la evaluación apropiada de estos componentes frente a los niveles de calidad deseables (UNESCO/WHO/UNEP; 1996).

Para evaluar los cambios que las diferentes aplicaciones del agua puedan originar en su calidad, empleamos parámetros físicos, químicos o biológicos. A estos parámetros se les denomina indicadores de la calidad del agua (Seoanez, 1995).

2.2.2 Indicadores de la calidad del agua.

Los indicadores de calidad de agua se diferencian según sus orígenes biológicos, químicos y físicos.

2.2.2.1 Indicadores físicos.

Llamados así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

Se consideran importantes las siguientes: turbiedad, color, olor, sabor y temperatura.

a) Turbiedad.

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera).

La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las

unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (CEPIS/OPS, 2004).

2.2.2.2 Indicadores químicos.

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, pH, materias orgánicas y nutrientes.

a) pH.

El pH es un parámetro básico que nos indica la concentración de iones hidronio presentes en una disolución acuosa. La expresión que nos da el pH de una disolución es una relación logarítmica según la cual:

$$\mathbf{pH = -\log [H^+]}$$

Donde:

$[H^+]$ = concentración de iones hidronio. (Seoanez, 2005).

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento

del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias (OMS, 2006).

b) Conductividad.

La conductividad eléctrica del agua se refiere a la menor o mayor resistencia del agua para permitir el paso de la electricidad.

El agua en un estado puro no presenta prácticamente carácter conductor, debido al bajo grado de disolución iónica que presenta. Por lo tanto para que su conductividad aumente será preciso que haya compuestos disueltos en el agua y disociados en iones. Estos compuestos los constituyen en su mayoría las sales minerales. Una medida de la conductividad de un agua nos dará por tanto una estimación aproximada de las sales minerales presentes (Seoanez, 2005).

c) Oxígeno disuelto.

Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación. Así mismo el oxígeno disuelto en el agua es

vital para la existencia de la mayoría de los organismos acuáticos.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua. La ley de Henry y Dalton dice: “La solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial e inversamente proporcional a la temperatura”.

Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas; su contenido depende de la aereación, de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde) (CEPIS/OPS, 2004).

d) Cromo.

De las especies normalmente presentes en las aguas superficiales, el Cr (III) es esencial para los seres humanos, pues promueve la acción de la insulina.

En cambio, el Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos.

No se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/L de Cr (VI) en el agua.

El cromo metálico y los derivados del cromo (VI) usualmente son de origen antropogénico.

Por su naturaleza química, el Cr (III) difícilmente se encuentra con un pH mayor de 5, donde el cromo está, por lo general, en forma hexavalente.

La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (VI) se reducirá a cromo (III), que se podrá absorber en las partículas o formar complejos insolubles.

Estos complejos pueden permanecer en suspensión y ser incorporados a los sedimentos.

En teoría, el cromo (VI) puede resistir en este estado en aguas con bajo contenido de materia orgánica, mientras que con el pH natural de las aguas, el cromo (III) formará compuestos insolubles, a menos que se formen complejos.

Los compuestos de cromo (VI), que son fuertes agentes oxidantes, tienden a ser irritantes y corrosivos; también son considerablemente más tóxicos que los compuestos de cromo (III) si la dosis y la solubilidad son similares. Se ha postulado que el cromo (VI) atraviesa las membranas

celulares y con su subsecuente reducción intracelular e intermediarios reactivos.

Se ha demostrado que el cromo (VI) es carcinógeno para los seres humanos, mientras que los derivados de cromo (III) aún no pueden clasificarse respecto a su carcinogenicidad. (CEPIS/OPS, 2004).

e) Nitratos.

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación

de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos.

Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe^{2+}) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico (Fe^{3+}), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/L de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/L de nitrato (10 mg/L como $\text{NO}_3\text{-N}$) (CEPIS/OPS, 2004).

f) Agentes espumantes.

Entre los agentes espumantes se agrupa a todos los compuestos tensoactivos que, por su naturaleza, en mayor o en menor grado, producen espuma cuando el agua es agitada. La causa principal reside en la presencia de residuos

de los detergentes domésticos, como el alquil-sulfonato lineal (LAS) y el alquil-sulfonato bencénico ramificado (ABS), entre los más comunes.

Su acción más importante en las aguas superficiales está relacionada con la interferencia en el poder autodepurador de los recursos hídricos, debido a la inhibición de la oxidación química y biológica. Como consecuencia de esto, aun en aguas fuertemente contaminadas, la determinación de la carga orgánica biodegradable (DBO) suele presentar valores bajos. Esto se debe, entre otras causas, a que las bacterias en presencia de detergentes se rodean de una película que las aísla del medio e impide su acción.

Asimismo, los “agentes tensoactivos” presentes en el agua pueden dispersar las sustancias insolubles o absorbidas, debido a la disminución de la tensión superficial del agua. Interfieren así en los procesos de coagulación, sedimentación y filtración.

Aunque los detergentes pueden tener estructuras químicas diversas o ser más o menos biodegradables, se ha demostrado que concentraciones menores de 0,5 mg/L no tienen efectos adversos en los procesos de tratamiento ni en la salud (CEPIS/OPS, 2004).

2.2.2.3 Indicadores biológicos.

Son microorganismos, parásitos, larvas de insectos y otros animales (peces, cangrejos, anfibios) cuya presencia o ausencia nos indica el grado de contaminación.

a) Coliformes totales.

El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas (OMS, 2006).

Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de

distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas(OMS, 2006).

b) Escherichia coli y bacterias coliformes termotolerantes.

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es Escherichia, pero algunos tipos de bacterias de los géneros Citrobacter, Klebsiella y Enterobacter también son termotolerantes. Escherichia coli se puede distinguir de los demás coliformes

termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa. E. coli está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales (OMS, 2006).

c) Enterococos intestinales.

Los enterococos intestinales incluyen las especies del género *Streptococcus* y son un subgrupo del grupo más amplio de

los estreptococos fecales. Estas bacterias son grampositivas y relativamente tolerantes al cloruro sódico y al pH alcalino. Son anaerobias facultativas y pueden encontrarse aisladas, en parejas o en cadenas cortas. Todos los estreptococos fecales, incluidos los enterococos intestinales, dan una reacción positiva con antisueros anti grupo D de Lancefield y se han aislado en las heces de animales de sangre caliente. El subgrupo de los enterococos intestinales está formado por las especies *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* y *E. hirae*. Este grupo se separó del resto de los estreptococos fecales porque son índices relativamente específicos de contaminación fecal. Sin embargo, ocasionalmente, algunos enterococos intestinales aislados del agua pueden también proceder de otros hábitats, como el suelo, en ausencia de contaminación fecal (OMS, 2006).

d) Salmonella.

El género *Salmonella* pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Son bacilos gramnegativos móviles que no fermentan la lactosa, aunque la mayoría producen sulfuro de hidrógeno o gas por fermentación de los hidratos de carbono. Inicialmente, se agruparon en más de 2000 especies (serotipos) en función de sus antígenos somáticos

(O) y flagelares (H) (esquema de Kauffman-White). Actualmente se considera que esta clasificación está por debajo del nivel de especie: en realidad sólo hay dos o tres especies (*Salmonella enterica* o *Salmonella choleraesuis*, *Salmonella bongori* y *Salmonella typhi*) y los serotipos se consideran subespecies. Todos los agentes patógenos entéricos, excepto *S. typhi*, pertenecen a la especie *S. enterica*. Por convención, las subespecies se abrevian, de modo que el serotipo *S. enterica* Paratyphi A se transforma en *S. Paratyphi A*.

Las salmonelosis típicamente producen cuatro manifestaciones clínicas: gastroenteritis (que va desde diarrea leve a diarrea fulminante, náuseas y vómitos), bacteriemia o septicemia (accesos de fiebre alta con hemocultivos positivos), fiebre tifoidea o paratifoidea (fiebre continua con o sin diarrea) y la condición de portadoras de personas infectadas anteriormente.

El género *Salmonella* está ampliamente distribuido en el medio ambiente, pero algunas especies o serotipos presentan especificidad de hospedador. En concreto, *S. typhi* y, por lo general, *S. Paratyphi* están restringidas al ser humano, aunque *S. Paratyphi* puede infectar ocasionalmente al ganado. Muchos serotipos, incluidos *S. Typhimurium* y *S.*

Enteritidis, infectan a las personas y a múltiples especies de animales, como aves de corral, vacas, cerdos, ovejas, otras aves e incluso reptiles. Los agentes patógenos típicamente acceden a los sistemas de distribución de agua mediante su contaminación fecal por descargas de aguas residuales, o por el ganado y los animales silvestres (OMS, 2006).

e) *Vibrio cholerae*

El género *Vibrio* está formado por bacterias gramnegativas pequeñas, curvadas (con forma de coma) y con un único flagelo polar. Las especies se tipifican en función de sus antígenos O. Hay varias especies patógenas: *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus*. *Vibrio cholerae* es la única especie patógena relevante en medios dulceacuícolas. Aunque hay varios serotipos que pueden causar diarrea, el O1 y el O139 son actualmente los únicos que causan los síntomas de cólera clásicos, en los que una fracción de los enfermos padece diarrea acuosa grave y fulminante.

Las cepas no toxígenas de *V. cholerae* están ampliamente distribuidas en ambientes acuáticos, pero la distribución de las cepas toxígenas no es tan amplia. Las personas son un foco establecido de cepas toxígenas de *V. cholerae* y cuando se produce un brote de la enfermedad el microorganismo

puede detectarse en las aguas residuales. Aunque en zonas libres de la enfermedad pueden aislarse del agua cepas de *V. cholerae* O1, estas cepas por lo general no son toxígenas. También se han encontrado cepas toxígenas de *V. cholerae* asociadas a copépodos vivos, así como a otros organismos acuáticos como moluscos, crustáceos, plantas, algas y cianobacterias (OMS, 2006).

f) Protozoos y helmintos.

Los protozoos y helmintos están entre las causas más comunes de infecciones y enfermedades que afectan al ser humano y otros animales. Las enfermedades que ocasionan tienen una gran repercusión socioeconómica y en la salud pública. El agua desempeña una función importante en la transmisión de algunos de estos agentes patógenos. El control de la transmisión por el agua plantea retos importantes, porque la mayoría de los agentes patógenos produce quistes, ooquistes o huevos que son extremadamente resistentes a los procesos utilizados generalmente para la desinfección del agua, y en algunos casos puede ser difícil eliminarlos mediante procesos de filtración.

- **Blastocystis hominis**

Blastocystis hominis es un protozoo que causa cuadros diarreicos. Para su diagnóstico en materia fecal se reconocen las formas vacuolar, avacuolar, granular y quística.

De acuerdo con recientes investigaciones el *Blastocystis* se transmite entre animales y humanos por la ingestión de quistes, presentes en aguas o alimentos contaminados con materia fecal procedente de un portador (http://es.wikipedia.org/wiki/Blastocystis_hominis)

- **Cyclospora cayetanensis**

El protozoo coccidio *Cyclospora cayetanensis*, perteneciente a la familia *Eimeriidae*, es un organismo unicelular parásito intracelular obligado. Produce ooquistes de pared gruesa de 8 a 10 μm de diámetro que se excretan en las heces de las personas infectadas. *Cyclospora cayetanensis* se considera un agente patógeno emergente transmitido por el agua.

El ser humano es el único hospedador conocido de este parásito. Tras ser excretados los ooquistes no esporulados del organismo en las heces, se produce su esporulación, que

se completa en 7 a 12 días, dependiendo de las condiciones medioambientales. Sólo los ooquistes esporulados son infecciosos (OMS, 2006).

- **Criptosporidium**

Los coccidios del género *Cryptosporidium* son parásitos intracelulares obligados con un ciclo biológico complejo, que incluye la reproducción sexual y asexual. Produce ooquistes de pared gruesa de 4 a 6 µm de diámetro que se eliminan por las heces. El género *Cryptosporidium* está compuesto por unas ocho especies. *C. parvum* es la responsable de la mayoría de las infecciones en el ser humano, aunque otras especies también pueden causar enfermedades. *Cryptosporidium* es uno de los mejores ejemplos de microorganismo causante de una «enfermedad emergente».

Son reservorios de *C. Parvum* muy diversos animales, pero las fuentes más importantes de microorganismos que infectan a las personas son las personas y el ganado, sobre todo los animales jóvenes. Los terneros pueden excretar 1010 ooquistes al día. Se han notificado concentraciones de hasta 14 000 ooquistes por litro en aguas residuales sin tratar

y de 5800 ooquistes por litro en aguas superficiales. Los ooquistes pueden sobrevivir semanas o meses en agua dulce.

Los ooquistes son extremadamente resistentes a desinfectantes oxidantes como el cloro, pero investigaciones basadas en pruebas de infectividad han demostrado que la irradiación con luz ultravioleta inactiva los ooquistes. Las medidas de control orientadas a reducir el riesgo potencial derivado del *Cryptosporidium* deben centrarse en la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos humanos y procedentes del ganado, el tratamiento adecuado del agua y la protección durante su distribución. Debido a su tamaño relativamente pequeño, la eliminación de los ooquistes mediante procesos de filtración con medios granulares es problemática; sólo con sistemas bien diseñados y gestionados puede conseguirse una eliminación aceptable (OMS, 2006).

- **Entamoeba histolytica**

Entamoeba histolytica, el protozoo patógeno intestinal más frecuente en todo el mundo, pertenece a la superclase *Rhizopoda* del subfilo *Sarcodina*. El microorganismo presenta un trofozoíto (de 10 a 60 µm de diámetro) con capacidad de alimentarse y replicarse, que, en condiciones

desfavorables, se transforma en un quiste latente (de 10 a 20 μm de diámetro).

El ser humano es el reservorio de la infección y no parece haber otros reservorios animales significativos de *E. histolytica*.

El contacto entre personas y la contaminación de alimentos por manipuladores de alimentos infectados parece ser el medio de transmisión más importante, aunque el agua contaminada también es una fuente de infección importante. La ingestión de agua contaminada con heces y el consumo de cultivos alimentarios regados con agua contaminada pueden llevar a la transmisión de amebiasis.

Se ha confirmado la transmisión de *E. histolytica* por agua de consumo contaminada. Los quistes son relativamente resistentes a la desinfección y pueden no ser inactivados mediante los tratamientos de cloración aplicados generalmente en la producción de agua de consumo. Pueden aplicarse como medidas de control para gestionar el riesgo potencial derivado del *E. histolytica* la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos

humanos, su posterior tratamiento adecuado y la protección del agua durante su distribución (OMS, 2006).

- **Giardia lamblia.**

El género *Giardia* está formado por protozoos flagelados que parasitan el aparato digestivo del ser humano y de ciertos animales. El género *Giardia* comprende diversas especies, pero la infección que afecta a las personas (giardiasis) suele atribuirse a la especie *G. intestinalis*, también conocida como *G. lamblia* o *G. duodenalis*. Los quistes son ovoides y su diámetro es de 8 a 12 μm .

Giardia puede multiplicarse en muy diversas especies animales, incluido el ser humano, que excretan quistes al medio ambiente. Se han notificado hasta 88 000 quistes por litro en aguas residuales sin tratar y hasta 240 por litro en aguas superficiales. Los quistes son resistentes y pueden sobrevivir durante semanas o meses en agua dulce.

La vía de transmisión de *Giardia* más habitual, con diferencia, es el contacto entre personas, sobre todo entre niños. El agua de consumo, las aguas recreativas y, en menor medida, los alimentos contaminados se han relacionado con la aparición de brotes.

Los quistes de *Giardia* son más resistentes a los desinfectantes oxidativos, como el cloro, que las bacterias entéricas, pero no tanto como los ooquistes de *Cryptosporidium*. Se necesitan de 25 a 30 min para inactivar el 90% de los microorganismos en agua con una concentración residual de cloro libre de 1 mg/l. Pueden aplicarse como medidas de control para gestionar el riesgo potencial derivado de *Giardia* la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos humanos y animales, su posterior tratamiento y desinfección adecuados, y la protección del agua durante su distribución (OMS, 2006).

- **Helmintos patógenos**

La palabra «helminto» procede de la palabra griega que significa «gusano» y hace referencia a todos los tipos de gusanos, tanto los parasitarios como los no parasitarios. Los principales gusanos parásitos se clasifican fundamentalmente en el filo *Nematoda* (nematodos) y el filo *Platyhelminthes* (platelmintos, incluidos los trematodos). Los helmintos parásitos infectan a numerosas personas y animales en todo el mundo. El agua de consumo no es una vía de transmisión significativa de la mayoría de los

helmintos, pero hay dos excepciones: *Dracunculus medinensis* (dracunculo) y *Fasciola* spp. (*F. hepatica* y *F. gigantica*) (trematodos hepáticos). Ambos nematodos necesitan hospedadores intermedios para completar sus ciclos biológicos, pero se transmiten por el agua de consumo mediante mecanismos diferentes. Otras helmintiasis pueden transmitirse por contacto con el agua (esquistosomiasis) o están asociadas al uso agrícola de aguas residuales sin tratar (ascariasis, tricuriasis, anquilostomiasis y estrogiloidiasis), pero no suelen transmitirse por el agua de consumo (OMS, 2006).

2.2.3 Actividades que influyen calidad del agua.

2.2.3.1 La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua

Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua.

Es por ello que un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento

del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que en áreas de ganadería con 1% de pendiente basta con 8 toneladas de peso seco por hectárea de estiércol para que las aguas superficiales sean enriquecidas por nitrógeno y fósforo (Vidal *et al.* 2000).

2.2.3.2 La agricultura y su influencia en la calidad del agua.

Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos. La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad (FAO 1997).

La contaminación de aguas superficiales está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, por el arrastre de sedimentos debido a la agricultura. Ésta posee dos dimensiones principales: la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo, y la degradación de

la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas que provocan los altos niveles de turbidez (Mejía, 2005).

2.2.3.3 Impactos de la minería sobre la calidad del agua.

La forma de explotar las minas es variable dependiendo del tipo, tamaño y profundidad del yacimiento. En las operaciones mineras a tajo abierto o en las subterráneas se realizan acciones que modifican el estado natural de los cuerpos de agua. Ellas son: la minería per se, las operaciones de procesamiento de minerales e infiltración de lixiviados contaminados de los desmontes y los relaves, el bombeo de agua de mina junto con la inundación de los socavones (o tajos) post minado y la descarga de agua no tratada.

En el Perú el subsector minero aparece reiteradamente como el sector industrial más contaminante de cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, especialmente con cargas contaminantes de metales pesados (cobre, zinc, plomo, cadmio, plata, arsénico, manganeso, etc.) entre otros contaminantes descargados al ambiente (Tolmos, 2000). Se ha estimado que las actividades mineras y metalúrgicas en conjunto descargan anualmente más de 13 billones de metros cúbicos de efluentes en los cuerpos de agua del país (Banco Mundial, 2000). (ERMISA, 2006)

2.2.4 Índice de Calidad del agua.

Un índice de calidad del agua consiste, básicamente, en una expresión simple que resulta de combinar un conjunto de parámetros valorados, la cual sirve como una expresión de la calidad del agua, con propósito de hacer que la información sea de fácil interpretación tanto para aquellos relacionados con las ciencias básicas e ingenierías, como para otros usuarios que en general requieren conocer la fuente que está bajo observación. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color (Fernández y Solano; 2005).

2.2.4.1 Antecedentes del ICA.

Los pioneros en generar una metodología unificada para el cálculo del índice de calidad fueron Horton (1965) y Liebman (1969). Sin embargo, este solo fue utilizado y aceptado por las agencias de monitoreo de calidad del agua en los años setenta cuando el ICA tomo más importancia en la evaluación del recurso hídrico.

El índice general de calidad del agua fue desarrollado por Brown et al. (1970) y mejorado por Deininger para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1975 (NAS, 1975). Con estos estudios, el Departamento Escocés para el Desarrollo (SSD), en colaboración con instituciones regionales para la preservación del

agua, llevaron a cabo extensas investigaciones para evaluar la calidad del recurso en ríos de Escocia.

En 1970 los trabajos se basaron en la metodología Delphi, como el NSF, realizando el índice de calidad de agua (WQI), que en español es conocido como ICA, con base en nueve parámetros: DBO5, OD, coliformes fecales, NO3-N, pH, variación de temperatura, sólidos disueltos, fósforo total y turbidez (NSF, 2006). Este índice es en la actualidad uno de los más utilizados por agencias e instituciones en los Estados Unidos.

La Comunidad Europea desarrolló el índice universal de la calidad del agua (UWQI), utilizado para evaluar la calidad del agua superficial como fuente de agua potable. Este indicador se basa en doce variables: cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruro, nitratos, OD, DBO5, fósforo total, pH y coliformes totales.

Según Fernández y Solano (2005), en el mundo hay por lo menos 30 índices de calidad de agua que son de uso común, y consideran un número de variables que van de 3 a 72.

España adoptó el índice de Lomantange y Provencher del estado de Québec (Canadá), en el que se utilizan 23 parámetros, 9 básicos y 14 complementarios.

Este índice se fundamenta en el cumplimiento de requisitos de acuerdo al uso del recurso hídrico como: potabilización, contacto primario, riego y mantenimiento de la biodiversidad. El índice

simplificado de calidad de agua (ISQA) también es uno de los más utilizados en España, este emplea parámetros como DQO, sólidos suspendidos totales (SST), conductividad y temperatura.

Para el caso latinoamericano, el desarrollo y aplicación de estos índices se ha dado con más auge en México, desarrollando diversos ICA. El índice INDICSEDUE fue el primero en aplicarse en México, en Jalisco y tuvo un uso común en la antigua Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en el Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la Subdelegación de Ecología de la Delegación SEDUE Jalisco.

En el 2004 los países que integran la Comunidad Andina (CAN) elaboraron una metodología para la medición de la calidad de los recursos hídricos en la que se incluyen variables e indicadores para aguas superficiales, subterráneas y costeras; la propuesta tiene como fin desarrollar un software adecuado a los países que integran la CAM.

En el Perú, en forma general se han aplicado dos indicadores: el ICA-NSF y un modelo desarrollado en Cuba por Jorge García, Atilio Beato y Joaquín Gutiérrez, en el cual se considera, además de los parámetros del ICA-NSF, la conductividad eléctrica cloruros y el nitrógeno amoniacal.

2.2.4.2 Índice de la Calidad del Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME WQI).

Este índice de calidad está basado en una fórmula desarrollada por el ministerio del ambiente, tierras y parques de British Columbia. El índice incorpora tres factores: alcance, frecuencia y amplitud. La escala del índice comprende desde 0 (agua de calidad muy pobre) hasta 100 (agua de excelente calidad).

Una vez que el índice ha sido calculado, la calidad del agua podrá estar dentro de una de las siguientes categorías:

Excelente: (CCME WQI entre 95-100), ausencia virtual de deterioro, condiciones muy cercanas a las prístinas.

Buena: (CCME WQI entre 80-94), Grado menor de deterioro, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables.

Aceptable: (CCME WQI entre 65-79), deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los niveles deseables.

Marginal: (CCME WQI entre 45-64), deterioro frecuente, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables.

Pobre: (CCME WQI entre 0-44), la calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.

2.2.4.3 Cálculo del índice.

Para calcular el índice inicialmente se debe realizar el cálculo de los 3 factores:

F₁ (alcance), este factor representa el número de objetivos que no se alcanzaron, evalúa la conformidad con los objetivos en un periodo de tiempo indicando el porcentaje de parámetros que no alcanzaron el objetivo.

$$F_1 = \frac{N^\circ \text{ de variables que fallaron}}{N^\circ \text{ total de variables}} \times 100$$

F₂ (frecuencia), representa el número de pruebas individuales que no alcanzaron los objetivos, evalúa la frecuencia con la cual los objetivos no se alcanzaron e indica el porcentaje de pruebas individuales que no alcanzaron su objetivo.

$$F_2 = \frac{N^\circ \text{ de pruebas deficientes}}{N^\circ \text{ total de pruebas}} \times 100$$

F₃ (Amplitud), representa la cantidad por la cual las pruebas no alcanzaron los objetivos y se calcula en tres pasos:

- a) El número de veces que la concentración de un parámetro excede un objetivo se denomina “excursión”.

Cuando un parámetro no debe exceder una concentración.

$$Excursión = \left(\frac{Valor\ inaceptable}{Objetivo} \right) - 1$$

Cuando un parámetro no debe ser menor a un objetivo

$$Excursión = \left(\frac{Objetivo}{Valor\ inaceptable} \right) - 1$$

Para los casos en los que el objetivo es cero:

$$Excursión = Valor\ inaceptable$$

- b) Cálculo de la cantidad colectiva de pruebas individuales que se encuentran fuera de conformidad; este aspecto se denomina “suma normalizada de las excursiones”, o nse

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n excursiones}{Número\ de\ pruebas}$$

- c) F3 se escala para generar un valor entre 0 y 100.

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

Finalmente, el CCME WQI se calcula:

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

2.3 Definición de términos.

2.3.1 El agua.

El agua es el recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la nación (Ley N° 29338).

2.3.2 Agua para Consumo Humano.

Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. (D.S N° 031-2010-SA).

2.3.3 Los metales pesados.

Los metales pesados son elementos con elevados pesos atómicos, superiores a 44,956 y una densidad superior a 5 gr/cm³., excluyendo a los grupos Alcalino y Alcalinotérreo. Aunque algunos son imprescindibles para el desarrollo de las funciones vitales de los organismos, los denominados esenciales como cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, vanadio y estroncio, en cantidades excesivas son perjudiciales e incluso letales para los

seres vivos. Los metales pesados no esenciales comúnmente implicados en problemas de contaminación de las aguas subterráneas son: cromo, cadmio, mercurio, plomo, arsénico y antimonio (Kennish, 1992). López Gutiérrez, J. et. al.

2.3.4 Bacterias.

Son seres de organización simple, unicelulares. Se distribuyen en una amplia variedad de sustratos orgánicos (suelo, agua, polvo atmosférico). La mayor parte de bacterias son beneficiosas para el ecosistema acuático. De ellas depende la mayor parte de las transformaciones orgánicas. Favorecen la autodepuración de los cuerpos de agua. Existe otro grupo de bacterias que son patógenas y que pueden causar enfermedades graves en el hombre y en los animales (CEPIS/OPS, 2004).

2.3.5 Protozoarios.

Son organismos unicelulares, con una amplia distribución en los cuerpos acuáticos. La mayor parte de los protozoarios son beneficiosos, pues contribuyen a preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Su incremento anormal puede ocasionar alteraciones en el ecosistema acuático; otro grupo de protozoarios

son parásitos y pueden causar enfermedades en el hombre y en los animales (CEPIS/OPS, 2004).

2.3.6 Estándar de Calidad Ambiental.

El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (Ley N° 28611).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Características del área de estudio.

3.1.1 Ubicación.

El área de estudio se encuentra ubicado en la quebrada Cojup en el ámbito circundante al recorrido del río Paria desde su origen en la laguna Palcacocha (4,566 m.s.n.m) hasta su ingreso a la captación Paria (3277 m.s.n.m) ubicada en el centro poblado de Unchus.

3.1.2 Características biofísicas:

3.1.2.1 Hidrografía:

El río Paria nace en la laguna Palcacocha y recorre una distancia aproximada de 40 km; hasta su confluencia con el río Auqui para dar origen al río Quillcay. El río Paria tiene dos afluentes principales, los riachuelos Ichic Ollco e Ichic Urán (ver mapa N° 05).

El río Paria en épocas normales transporta volúmenes de agua al rededor de 0.4 a 1.5 m³/seg. (Silva, 2009).

3.1.2.2 Clima.

Según la clasificación de W. Köpen la zona donde se ubica la laguna de Palcacocha pertenece a un clima frío de alta montaña. Presenta unas temperaturas invernales negativas y unas estivales positivas, la temperatura media

anual se establece en torno a los 0 °C; las precipitaciones son más abundantes en verano (Diciembre a Marzo) que en invierno (Mayo – Agosto), superando los 1000 mm anuales. Este es el tipo de clima de alta montaña que predomina en la cordillera andina (Köpen, 1936). (Silva, 2009).

3.1.2.3 Geomorfología.

La geomorfología local está comprendida principalmente por las unidades de glaciares, lagunas, depósitos morrénicos, valle glaciar y la unidad de cono aluvial (Silva, 2009).

3.1.2.4 Geología.

El ámbito de estudio presenta la siguiente geología (mapa N° 02):

3.1.2.4.1 Batolito de la cordillera blanca.

El Batolito de la Cordillera Blanca está comprendido básicamente de granodiorita y tonalita de grano grueso.

El tipo de litología que presenta la zona de estudio, da origen a las numerosas escarpas que existe en el circo glaciar del nevado. Se presenta algunos diaclasamientos en diversos sectores, producto del fenómeno de deglaciación intensa, lo que origina desprendimientos de

bloques y derrumbes no sólo al rededor de la laguna, sino también a lo largo de la quebrada Cojup. (Silva, 2009).

3.1.2.4.2 Formación chicama:

Esta formación se puede encontrar hacia el lado Este de la laguna Palcacocha, su litología está esencialmente compuesta por lutitas gris oscuras a negras, pizarrosas con intercalaciones delgadas de areniscas. Debido a su litología, origina deslizamientos afectando la zona Este de la laguna Palcacocha. (Silva, 2009).

3.1.2.4.3 Depósitos del cuaternario:

En la zona de estudio los depósitos del cuaternario son de alta importancia, ya que debido al bajo grado de consolidación que poseen, tienden a producir movimientos en masa que presentan un gran riesgo para la seguridad de la ciudad de Huaraz. (Silva, 2009).

3.1.2.4.4 Depósitos Aluviales:

El depósito aluvial se localiza al pie de la laguna Palcacocha, formando un abanico aluvial; está constituido por el arrastre y depositación del material detrítico así como de gravas subangulosas a

subredondeadas que se originaron por numerosos desembalses provenientes de la laguna.

La composición de éste depósito proviene del Batolito de la Cordillera Blanca, así como de la Formación Chicama, el tamaño de grano es variable desde 3 cm, hasta bloques mayores a 1 metro. La pendiente que presenta éste depósito aluvial es aproximadamente de 6°.

3.1.2.4.5 Depósitos Morrénicos:

Los depósitos morrénicos, tanto los de fondo de valle glaciario como las morrenas colgantes presentes en la zona de estudio, pertenecen a la edad holocena (0.01 M.A.); estos depósitos son producto de la acción y retroceso de los glaciares de los nevados. Las morrenas se caracterizan por ser carentes de estratificación y no ser muy consolidadas.

La composición en las morrenas de fondo de valle glaciario tanto laterales, como frontales, es básicamente granítica pero guarda una cierta diferencia entre ambas morrenas.

La morrena lateral derecha presenta bloques de granito que son angulosos a subredondeados, con diámetros aproximados de 0.5 a 3 metros, envueltos en matriz granítica, mientras que la morrena lateral izquierda está

conformada por detritos y bloques también de granito pero acompañado de pizarras, esto debido a la intrusión del Batotilo de la Cordillera Blanca en la Formación Chicama la cual data del Jurásico Superior (± 156 M.A.). (Silva, 2009).

3.1.2.5 Suelos.

En el área de estudio se ha identificado los siguientes tipos de suelos (mapa N° 03):

- **Regosol dístico-Afloramiento lítico (RGd-R).**

El término Regosol deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra.

Los leptosoles son suelos muy poco profundos (inferior a los 25 cm), encontrándose como material original una roca dura. El proceso de formación de estos suelos es muy lento. Sus características físicas son la escasa retención de agua, motivada por su débil espesor y por su textura gruesa, suelos muy permeables y normalmente con escaso contenido de materia orgánica.

- **Leptosol dístico-Afloramiento lítico (LPd-R).**

El término leptosol deriva del vocablo griego "leptos" que significa delgado, haciendo alusión a su espesor reducido.

Aparecen fundamentalmente en zonas altas o medias con una topografía escarpada y elevadas pendientes.

Se encuentran en todas las zonas climáticas y, particularmente, en áreas fuertemente erosionadas.

<http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Leptosol.htm>

3.1.2.6 Capacidad de uso mayor de suelos.

Los suelos ubicados dentro del ámbito de estudio tienen la siguiente capacidad de uso mayor (mapa N° 04):

- **Xse-P3sec:** Suelos para protección y pastoreo de páramo, con calidad agrologica baja y con limitación por el suelo, la erosión y el clima.
- **Xse- P3se-A3se(r):** Suelos para protección y pastoreo. Puede ser utilizada para cultivos en limpio y requiere riego. Presenta limitaciones vinculados a factores edáficos, topográficos, de inundabilidad o climáticos.

- **A2s(r)-P2se-Xse:** Suelos para cultivo en limpio, requieren riego. También son aptos para pastoreo y protección. La calidad agrologica es media. Presentan limitaciones por suelo y erosión.
- **Xse**:** Suelos para protección.

3.1.2.7 Cobertura vegetal.

En el área de estudio se ha identificado las siguientes coberturas vegetales (mapa N° 06):

- Matorrales (Ma).
- Pajonal de puna (Pj pu).
- Herbazal de tundra (Ht).
- Tierras altoandinas sin vegetación (Al Sv).
- Cultivos agropecuarios (Cuap).

3.2 Tipo y diseño de Investigación.

El tipo de investigación de acuerdo a su propósito es aplicada, de acuerdo al enfoque es cuantitativo y por el alcance es correlacional.

La investigación es No experimental- longitudinal, debido a que la relación entre la variable independiente y dependiente se observan tal como se da en su contexto natural y las observaciones se llevarán a cabo en diversos períodos durante un año.

3.3 Plan de recolección de la Información y/o diseño estadístico.

3.3.1 Unidad de análisis: Aguas del Río Paria.

El río Paria está ubicado en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz y tiene su origen en la Laguna de Palcacocha ubicada a 4,566 msnm, en la cabecera de la quebrada Cojup, por debajo de los nevados Palcaraju y Pucaranra, en la vertiente occidental de la Cordillera Blanca (Latitud Sur : $9^{\circ} 23'41''$, Longitud Oeste : $77^{\circ}22'44''$).

3.3.2 Población: Tramos del Río Paria con presencia y sin presencia de actividades humanas, desde la naciente en la laguna de Palcacocha hasta el ingreso a la captación Paria.

3.3.3 Muestra No probabilística: Se establecieron 07 estaciones de muestreo ubicadas a lo largo del río Paria, desde la salida de la laguna Palcacocha hasta el ingreso a la captación Paria.

Para el establecimiento de las estaciones de muestreo en el tramo comprendido entre la salida de la laguna y la portada de ingreso a la quebrada Cojup, se utilizó la metodología de transectos altitudinales debido a que las características hidrográficas del río en este tramo son homogéneas. Para aplicar esta metodología se determinó la cota superior (4600 m.s.n.m) e inferior (3800 m.s.n.m) del recorrido del río, resultando un desnivel de 800 m, luego se decidió establecer 4 estaciones de muestreo, por tanto se establecieron transectos a

desniveles de 200 metros de altitud y aproximadamente en el punto medio de cada transecto se ubicaron las estaciones de muestreo de agua (mapa N° 01).

Las estaciones de muestreo aguas abajo de la portada de ingreso a la quebrada Cojup se establecieron teniendo en cuenta: el uso principal de las aguas del río Paria que es para consumo humano y la accesibilidad al río; por ello se establecieron 03 estaciones una ubicada aguas arribas del puente Yarush, una al ingreso de la captación Yarush y otra al ingreso de la captación Paria.

Cuadro N° 01: Ubicación y descripción de Estaciones de Muestreo

Estación de Muestreo	Coordenadas UTM		Descripción del punto de muestreo
	Este	Norte	
E-01	238304	8960002	Salida de la laguna Palcacocha a 4569 m.s.n.m
E-02	237511	8957806	Río Paria a 4300 m.s.n.m - Quebrada Cojup
E-03	234839	8954840	Río Paria a 4100 m.s.n.m, 4 m aguas arriba del puente de madera - Quebrada Cojup
E-04	231842	8953210	Río Paria a 3800 m.s.n.m, 1 m aguas abajo del puente Cojup- Portada de ingreso a la Quebrada Cojup.
E-05	228368	8948178	Río Paria a 3442 m.s.n.m, 50 m aguas arriba del puente Yarush
E-06	227269	8947173	Río Paria a 3339 m.s.n.m (ingreso a la captación Yarush)
E-07	226252	8946716	Río Paria a 3277 m.s.n.m (ingreso a la captación Paria)

Fuente: Elaboración propia

3.4 Instrumentos de recolección de la información.

Para determinar los parámetros de calidad del agua in situ: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez se ha utilizado un equipo multiparamétrico marca WTW y un turbidímetro marca Hanna, estos equipos han sido verificados con material de referencia certificado antes de realizar la medición de los parámetros.

La medición del pH en campo se realizó siguiendo el procedimiento establecido en el Standard Method for Examination of Water and Wastewater (SMEWW)- APHA 4500-H+ B: método electrométrico. La conductividad se determinó siguiendo los pasos del SMEWW - APHA 2510 B, la Turbiedad se midió por el método nefelométrico - SMEWW - APHA 2130 B y el Oxígeno Disuelto se determinó por el método de electrodo de membrana- SMEWW -APHA 4500-O G.

Se realizó la recolección de muestras de agua de acuerdo al procedimiento establecido en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial, para el muestreo de parásitos se usó el método de Moore (método de la mecha) modificado y el método 1623-EPA para muestreo de formas parasitarias. En las muestras de agua recolectadas se realizó la determinación de los siguientes parámetros: Coliformes totales, coliformes fecales o termotolerantes, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, formas Parasitarias (*Blastocystis hominis*, *Cyclospora Cayetanensis*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolítica*, *Giardia lamblia*, huevos de Helminos y larvas de

Helmintos), nitratos, cromo VI, SAAM (detergentes), fósforo total, metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Selenio, Plata, Vanadio, Zinc). Las muestras se analizaron en un laboratorio de ensayo siguiendo los procedimientos establecidos en los métodos estandarizados de análisis del APHA y EPA. El análisis de metales disueltos se realizó con un espectrofotómetro de Plasma Inducido (ICP)

A continuación se presenta los ensayos de laboratorio con sus respectivas unidades y método de análisis:

Cuadro N° 02: Métodos de análisis y unidades de medida.

INDICADOR O PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE ANÁLISIS
Coliformes totales	NMP/100 ml	APHA 9221 B
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C
Enterococcus faecalis	NMP/100 ml	APHA 9230 B
Escherichia coli	NMP/100 ml	APHA 9221 F
Salmonella	A/P	APHA 9260 B
Vidrio cholerae	UFC/ml	APHA 9260 H
Formas Parasitarias:		
Blastocystis hominis	Quistes/l	EPA 1623
Ciclospora Cayetanensis	Quistes/l	EPA 1623
Criptosporidium	Ooquistes/l	EPA 1623
Entamoeba histolítica	Quistes/l	EPA 1623
Giardia lamblia	N° Ind/l	EPA 1623

Huevos de Helminthos	Huevos/l	EPA 1623
Larvas de Helminthos	Larvas/l	EPA 1623
Nitratos	NO ₃ ⁻ - N mg/L	SM 4500-NO3- B. Nitrogen (Nitrate). Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.
Cromo VI	mg/l	SM 3500-Cr- B / EPA-SW-846, Method 7196A. Chromium Hexavalent (Colorimetric). 2012/1992
SAAM (Detergentes)	mg/l	SM 5540 C. Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Selenio, Plata, Vanadio, Zinc).	mg/l	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994

Fuente: Elaboración propia

- **Frecuencia de muestreo:** 03 veces durante un año: época de estiaje (estación seca), época de lluvias y un período intermedio entre ambas épocas.

3.4.1 Descripción de la metodología de muestreo.

3.4.1.1 Muestreo para parámetros Microbiológicos:

- Se utilizaron frascos previamente esterilizados.
- Se sumergieron las botellas boca abajo a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm, luego se giró la boca de la botella hacia la corriente de agua evitándose el contacto con la orilla o el lecho.

- Se dejó una porción del recipiente sin llenar (1/4 de frasco), de manera que el aire contenido en esa zona asegure un adecuado suministro de oxígeno para los microorganismos que lo necesiten hasta el momento del análisis.
- Se guardaron los frascos en un cooler y se refrigeraron a 4 °C haciendo uso de ice packs.
- Se trasladaron las muestras al laboratorio para su análisis antes de las 24 horas luego de la recolección de la muestra.

3.4.1.2 Muestreo de parásitos:

Para el muestreo de parásitos se usó el método de Moore (método de la mecha) modificado y el método 1623-EPA para muestreo de formas parasitarias.

3.4.1.3 Muestreo para parámetros Inorgánicos: Nitratos, cromo VI, detergentes y metales totales.

- Se enjuagaron, de dos a tres veces, los frascos con el agua recolectada con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, se agitaron los frascos y se desechó el agua de lavado.
- Se realizó la toma de muestras directamente del cuerpo de agua.

- Se tomaron las muestras en contra de la corriente colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso del agua.
- Una vez tomada la muestra se procedió a adicionar el reactivo de preservación de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro N° 03: Preservación y conservación de muestras.

Parámetro	Preservación y/o conservación
Nitratos	Refrigerar ≤ 6 °C
Cromo VI	Añadir buffer de sulfato de amonio a pH 9.3-9.7, Refrigerar ≤ 6 °C
Detergentes	Añadir ácido sulfúrico hasta pH =2, Refrigerar ≤ 6 °C (revisar bien la referencia).
Metales totales	Añadir ácido nítrico hasta pH < 2, Refrigerar ≤ 6 °C

Fuente: Standard Methods for the examination of water and wastewater, 22 nd. Edition 2012.

- Luego de agregar el preservante se cerró herméticamente el frasco, agitándose para uniformizar la muestra.
- Las muestras recolectadas se guardaron en las cajas térmicas (coolers) a una temperatura de 4 °C, disponiendo para ello de refrigerantes (Ice packs).

- Se transportaron las muestras hasta el laboratorio, adjuntando la cadena de custodia, y teniendo en cuenta de no exceder el tiempo máximo recomendado para la realización del análisis, de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro N°04: Tiempo máximo de conservación de muestras.

Parámetro	Tiempo máximo de conservación
Nitratos	48 horas
Cromo VI	28 días
Detergentes	7 días
Metales totales	6 meses

Fuente: Standard Methods for the examination of water and wastewater, 22 nd. Edition 2012.

3.5 Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información.

Luego de obtener los resultados de las mediciones en campo y en laboratorio; se procedió a calcular el índice de calidad del agua de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Donde:

F₁ (alcance), este factor representa el número de objetivos que no se alcanzaron, evalúa la conformidad con los objetivos en un periodo de tiempo indicando el porcentaje de parámetros que no alcanzaron el objetivo.

F₂ (frecuencia), representa el número de pruebas individuales que no alcanzaron los objetivos, evalúa la frecuencia con la cual los objetivos no se alcanzaron e indica el porcentaje de pruebas individuales que no alcanzaron su objetivo.

F₃ (Amplitud), representa la cantidad por la cual las pruebas no alcanzaron los objetivos.

Para determinar los factores **F₁**, **F₂** y **F₃** se compararon los resultados de las mediciones en campo y de los análisis en laboratorio con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (D.S N° 002-2008-MINAM) categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Luego de determinar los valores de los factores **F₁**, **F₂** y **F₃**, se realizó el cálculo del índice de calidad del agua.

Con los resultados del índice se determinó la categoría de calidad del agua para cada estación de muestreo, pudiendo ser la calidad:

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Marginal
- Pobre

Se correlacionaron los resultados de la identificación de los procesos naturales y actividades humanas con los resultados del índice de calidad para determinar la relación ambas variables.

IV. RESULTADOS

4.1 Identificación de los procesos naturales y actividades humanas que influyen sobre la calidad del agua del río Paria.

Cuadro N° 05: Procesos naturales y actividades humanas que influyen sobre la calidad del agua del río Paria.

Estación de Muestreo	Descripción del punto de muestreo	Tramo	Descripción de la actividad Humana	Descripción del proceso natural
E-01	Salida de la laguna Palcacocha a 4569 m.s.n.m	4569 m.s.n.m	Drenaje de la laguna Palcacocha	Erosión glacial y meteorización de rocas.
E-02	Río Paria a 4300 m.s.n.m - Quebrada Cojup	4569 - 4300 m.s.n.m	Crianza de ganado vacuno y equino	Erosión pulvial del tipo de escurrimiento superficial concentrado con intensidad moderada Meteorización de rocas
E-03	Río Paria a 4100 m.s.n.m, 4 m aguas arriba del puente de madera - Quebrada Cojup	4300 - 4100 m.s.n.m	Crianza de ganado vacuno y equino	Erosión pulvial del tipo de escurrimiento superficial concentrado con intensidad moderada Meteorización de rocas
E-04	Río Paria a 3800 m.s.n.m, 1 m aguas abajo del puente Cojup-Portada de ingreso a la Quebrada Cojup.	4100 - 3800 m.s.n.m	Crianza de ganado vacuno y equino	Erosión pulvial del tipo de escurrimiento superficial concentrado con intensidad moderada Meteorización de rocas

Estación de	Descripción del punto de	Tramo	Descripción de la actividad Humana	Descripción del proceso natural
E-05	Río Paria a 3442 m.s.n.m, 50 m aguas arriba del puente Yarush	3800 - 3442 m.s.n.m	Agricultura extensiva y crianza de ganado y animales domésticos	Erosión pulvial del tipo de escurrimiento superficial concentrado con intensidad severa
			Asentamiento de poblaciones (Centro Poblado de Yarush): No cuenta con el servicio de desagüe	
E-06	Río Paria a 3339 m.s.n.m (ingreso a la captación Yarush)	3442 - 3339 m.s.n.m	Agricultura extensiva y crianza de ganado y animales domésticos	Erosión pulvial del tipo de escurrimiento superficial concentrado con intensidad severa
			Asentamiento de poblaciones (Centros Poblados de Yarush y Yupa).	
E-07	Río Paria a 3277 m.s.n.m (ingreso a la captación Paria)	3339 - 3277 m.s.n.m	Agricultura extensiva y crianza de animales domésticos	Erosión pulvial del tipo de escurrimiento superficial concentrado con intensidad severa
			Asentamiento de poblaciones (Centro Poblado de Unchus).	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 06: Centros poblados y sistemas de saneamiento básico.

Centro Poblado	Sistema de saneamiento básico
Yarush	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de agua potable con sólo desinfección. - Cuenta con letrinas para disposición de excretas. El estado del sistema es malo y la cobertura es de menos del 60% de usuarios.
Llupa	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de agua potable con sólo desinfección. - Sistema de alcantarillado sanitario condominial el cual se encuentra en estado regular y la cobertura es de menos del 60% de usuarios. - Cuentan con dos sistemas de tratamiento de agua residuales que incluyen tanque séptico y pozos de infiltración. Uno ha sido clausurado y conectado a la red de Unchus, otra planta de tratamiento ubicada en el sector de Shilcupampa. Los pozos de infiltración no funcionan adecuadamente.
Unchus	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de agua potable con sólo desinfección. - Sistema de alcantarillado sanitario condominial el cual se encuentra en estado regular y cubre a más del 80% de usuarios. - Cuenta con una planta de tratamiento la cual tiene cámara de rejillas, tanque séptico, caja de distribución y pozos de infiltración los cuales requieren mantenimiento.
Rivas	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de agua potable con sólo desinfección. - No cuenta con sistema de disposición de excretas.
Capulipampa	No hay registros
Tuquipayoc	No hay registros

Fuente: Información proporcionada por la Secretaría Técnica de agua y Saneamiento-GESMA de la Municipalidad distrital de Independencia. Fecha: abril de 2014.

4.2 Cálculo del índice de calidad de las aguas del río Paria.

4.2.1 Resultados de las mediciones de campo y análisis en laboratorio.

En los cuadros N° 07, 08 y 09 se muestran los resultados de las mediciones de campo y análisis en laboratorio realizados en la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias respectivamente. En el cuadro N ° 10 se muestran los resultados de la mediciones de campo y análisis en laboratorio de los principales afluentes del río Paria.

Cuadro N° 07: Resultados de las mediciones de campo y análisis en laboratorio-Época de estiaje (Junio-Julio de 2013)

N°	Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo							Objetivos: ECA de agua *	
			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	Valor del ECA	Unidades
1	OD	mg/L	4.99	5.23	5.51	5.70	5.68	6.03	6.00	>= 5	mg/L
2	pH	unid. de pH	7.24	7.42	7.49	7.33	7.33	7.28	7.29	5.5 -9.0	Unid. de pH
3	Conductividad	uS/cm	104	90	84	61	62	62	63	1600	uS/cm
4	Turbidez	UNT	13.10	1.02	1.14	1.28	2.07	2.42	3.84	100	UNT
5	Coliformes totales	NMP/100 mL	43	240	93	43	23	1500	4600	3000	NMP/100 mL
6	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	23	93	43	23	9	930	2400	2000	NMP/100 mL
7	Enterococcus faecalis	NMP/100 mL	< 2	4	9	23	43	240	1100	0	NMP/100 mL
8	Escherichia coli	NMP/100 mL	9	43	23	9	4	430	9300	0	NMP/100 mL
9	Salmonella	A/P	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100 mL
10	Vidrio cholerae	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100 mL
11	<i>Blastocystis hominis</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
12	<i>Ciclospora Cayetanensis</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
13	<i>Cryptosporidium</i>	Ooquistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
14	<i>Entamoeba histolítica</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
15	<i>Giardia lamblia</i>	N° Ind/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
16	Huevos de Helmitos	Huevos/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	1	1	Ausencia	1	0	Organismo/Litro
17	Larvas de Helmitos	Larvas/l	Ausencia	1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	2	0	Organismo/Litro
18	Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	0.05	mg/L

N°	Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo							Objetivos: ECA de agua *	
			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	Valor del ECA	Unidades
19	Nitratos	mg/L	0.047	0.058	0.015	0.077	0.058	0.117	0.150	10	mg/L N
20	SAAM (Detergentes)	mg/L	----	----	----	----	<0.025	<0.025	<0.025	0.5	mg/L
21	Fósforo Total	mg/L	0.003	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.002	0.006	0.15	mg/L
22	Aluminio (Al)	mg/L	0.29	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.064	0.2	mg/L
22	Antimonio (Sb)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.006	mg/L
24	Arsénico (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	mg/L
25	Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.003	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.7	mg/L
26	Berilio (Be)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.04	mg/L
27	Boro (B)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.010	0.010	0.009	0.5	mg/L
28	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.003	mg/L
29	Cobre (Cu)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	2	mg/L
30	Cromo (Cr)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.05	mg/L
31	Hierro (Fe)	mg/L	0.193	0.009	0.005	0.036	0.042	0.042	0.107	1	mg/L
32	Manganeso (Mn)	mg/L	0.1266	0.0144	0.0045	0.0041	0.0037	0.0037	0.0061	0.4	mg/L
33	Mercurio (Hg)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	mg/L
34	Níquel (Ni)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.025	mg/L
35	Plata (Ag)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.05	mg/L
36	Plomo (Pb)	mg/L	0.0053	<0.0004	0.0016	0.0013	0.0028	0.0028	0.0040	0.05	mg/L
37	Selenio (Se)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.05	mg/L
38	Vanadio (V)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.1	mg/L
39	Zinc (Zn)	mg/L	0.027	0.005	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	5	mg/L

*D.S N° 002-2008-MINAM- Categoría I: Poblacional y recreacional- A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Cuadro N° 08: Resultados de las mediciones de campo y análisis en laboratorio- Período intermedio (Octubre de 2013)

N°	Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo							Objetivos: ECA de agua *	
			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	Valor del ECA	Unidades
1	OD	mg/L	4.95	5.09	4.96	5.49	5.00	5.28	5.22	>= 5	mg/L
2	pH	unid. de pH	7.34	7.50	7.55	7.48	7.40	7.38	7.38	5.5 -9.0	unid. de pH
3	Conductividad	uS/cm	102	87	81	66	67	66	68	1600	uS/cm
4	Turbidez	UNT	6.16	3.81	3.59	2.36	3.10	13.3	23.6	100	UNT
5	Coliformes totales	NMP/100 mL	4	43	15	9	150	11000	24000	3000	NMP/100 mL
6	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	< 2	23	9	4	93	4600	11000	2000	NMP/100 mL
7	Enterococcus faecalis	NMP/100 mL	23	23	9	9	90	11000	11000	0	NMP/100 mL
8	Escherichia coli	NMP/100 mL	< 2	9	4	< 2	43	2400	4600	0	NMP/100 mL
9	Salmonella	A/P	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100 mL
10	Vidrio cholerae	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100 mL
11	<i>Blastocystis hominis</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
12	<i>Ciclospora Cayetanensis</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
13	<i>Cryptosporidium</i>	Ooquistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
14	<i>Entamoeba histolítica</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
15	<i>Giardia lamblia</i>	N° Ind/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
16	Huevos de Helminos	Huevos/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
17	Larvas de Helminos	Larvas/l	Ausencia	Ausencia	1	5	2	5	24	0	Organismo/Litro
18	Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	0.05	mg/L
19	Nitratos	mg/L	0.102	0.069	0.077	0.044	0.058	0.099	0.219	10	mg/L N
20	SAAM (Detergentes)	mg/L	----	----	----	----	<0.025	<0.025	<0.025	0.5	mg/L

N°	Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo							Objetivos: ECA de agua *	
			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	Valor del ECA	Unidades
21	Fósforo Total	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.005	0.028	0.042	0.15	mg/L
22	Aluminio (Al)	mg/L	0.26	0.17	0.15	0.08	0.10	0.56	1.28	0.2	mg/L
23	Antimonio (Sb)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.006	mg/L
24	Arsénico (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	mg/L
25	Bario (Ba)	mg/L	0.005	0.005	0.004	0.003	0.003	0.006	0.011	0.7	mg/L
26	Berilio (Be)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0002	<0.0002	0.04	mg/L
27	Boro (B)	mg/L	0.021	0.007	0.004	0.008	0.010	0.011	0.009	0.5	mg/L
28	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.003	mg/L
29	Cobre (Cu)	mg/L	0.0023	0.0010	0.0008	0.0022	0.0011	0.0013	0.0016	2	mg/L
30	Cromo (Cr)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.05	mg/L
31	Hierro (Fe)	mg/L	0.082	0.056	0.053	0.088	0.139	0.568	1.168	1	mg/L
32	Manganeso (Mn)	mg/L	0.1168	0.0463	0.0349	0.0177	0.0220	0.0427	0.0545	0.4	mg/L
33	Mercurio (Hg)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	mg/L
34	Níquel (Ni)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.025	mg/L
35	Plata (Ag)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.05	mg/L
36	Plomo (Pb)	mg/L	0.0110	0.0082	0.0076	0.0262	0.0167	0.0064	0.0131	0.05	mg/L
37	Selenio (Se)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.05	mg/L
38	Vanadio (V)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0007	0.0011	0.1	mg/L
39	Zinc (Zn)	mg/L	0.021	0.009	0.006	<0.003	<0.003	0.005	0.008	5	mg/L

*D.S N° 002-2008-MINAM- Categoría I: Poblacional y recreacional- A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Cuadro N° 09: Resultados de las mediciones de campo y análisis en laboratorio- Época de lluvias (Febrero de 2014)

N°	Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo							Objetivos: ECA de agua *	
			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	Valor del ECA	Unidades
1	OD	mg/L	5.54	5.49	5.50	5.64	5.68	5.92	5.78	>= 5	mg/L
2	pH	unid. de pH	7.38	7.44	7.41	7.49	7.46	7.52	7.41	5.5 -9.0	unid. de pH
3	Conductividad	uS/cm	100	73	61	50	51	51	51	1600	uS/cm
4	Turbidez	UNT	3.04	2.30	1.79	2.44	3.07	5.47	4.97	100	UNT
5	Coliformes totales	NMP/100 mL	< 2	< 2	< 2	23	280	2100	24000	3000	NMP/100 mL
6	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	< 2	< 2	< 2	9	210	1500	11000	2000	NMP/100 mL
7	Enterococcus faecalis	NMP/100 mL	< 2	4	< 2	20	93	240	1100	0	NMP/100 mL
8	Escherichia coli	NMP/100 mL	< 2	< 2	< 2	4	150	930	4600	0	NMP/100 mL
9	Salmonella	A/P	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100 mL
10	Vidrio cholerae	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100 mL
11	<i>Blastocystis hominis</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
12	<i>Ciclospora Cayetanensis</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
13	<i>Cryptosporidium</i>	Ooquistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
14	<i>Entamoeba histolítica</i>	Quistes/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
15	<i>Giardia lamblia</i>	N° Ind/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
16	Huevos de Helminfos	Huevos/l	Ausencia	2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Organismo/Litro
17	Larvas de Helminfos	Larvas/l	Ausencia	7	2	Ausencia	2	7	3	0	Organismo/Litro
18	Cromo VI	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	0.05	mg/L
19	Nitratos	mg/L	<0.03	<0.03	<0.03	0.033	<0.03	<0.03	<0.03	10	mg/L N
20	SAAM (Detergentes)	mg/L	----	----	----	----	<0.025	<0.025	<0.025	0.5	mg/L

N°	Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo							Objetivos: ECA de agua *	
			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	Valor del ECA	Unidades
21	Fósforo Total	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.010	<0.002	0.004	0.15	mg/L
22	Aluminio (Al)	mg/L	0.13	0.09	0.09	0.11	0.15	0.17	0.19	0.2	mg/L
23	Antimonio (Sb)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.003	<0.002	0.006	mg/L
24	Arsénico (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	mg/L
25	Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.7	mg/L
26	Berilio (Be)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.04	mg/L
27	Boro (B)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	0.5	mg/L
28	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.003	mg/L
29	Cobre (Cu)	mg/L	0.0006	<0.0004	0.0004	<0.0004	0.0012	0.0014	<0.0004	2	mg/L
30	Cromo (Cr)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.05	mg/L
31	Hierro (Fe)	mg/L	0.056	0.040	0.043	0.110	0.173	0.168	0.213	1	mg/L
32	Manganeso (Mn)	mg/L	0.1756	0.0570	0.0373	0.0285	0.0323	0.0277	0.0289	0.4	mg/L
33	Mercurio (Hg)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	mg/L
34	Níquel (Ni)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.025	mg/L
35	Plata (Ag)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.05	mg/L
36	Plomo (Pb)	mg/L	0.0032	0.0026	0.0021	0.0017	0.0009	0.0012	0.0024	0.05	mg/L
37	Selenio (Se)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.05	mg/L
38	Vanadio (V)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0003	0.0005	<0.0002	0.1	mg/L
39	Zinc (Zn)	mg/L	0.032	0.011	0.008	0.004	0.007	0.008	0.004	5	mg/L

*D.S N° 002-2008-MINAM- Categoría I: Poblacional y recreacional- A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

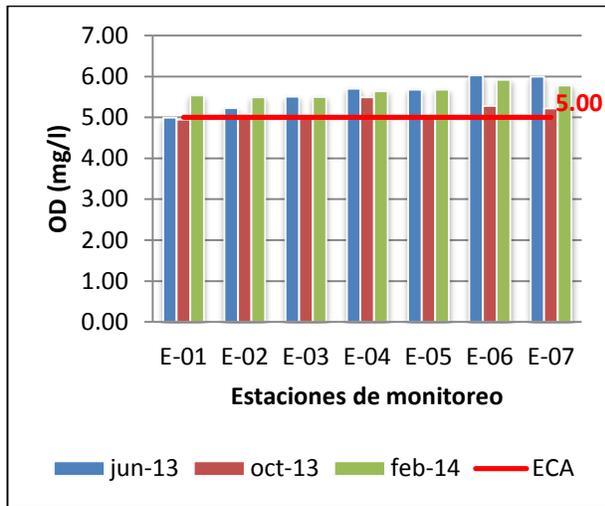


Gráfico 01. Valores de Oxígeno Disuelto en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

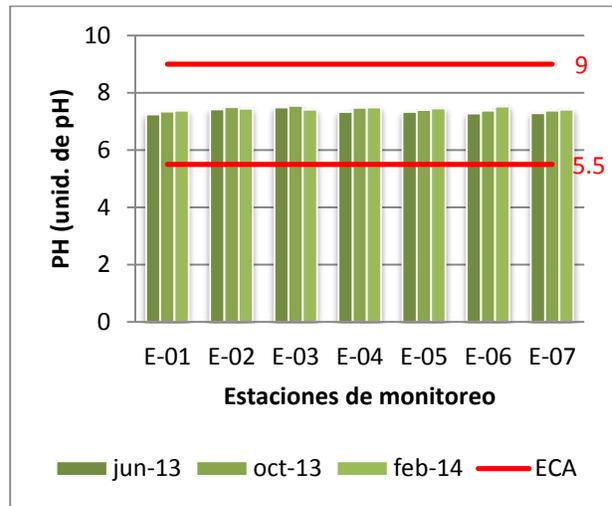


Gráfico 02. Valores de pH en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

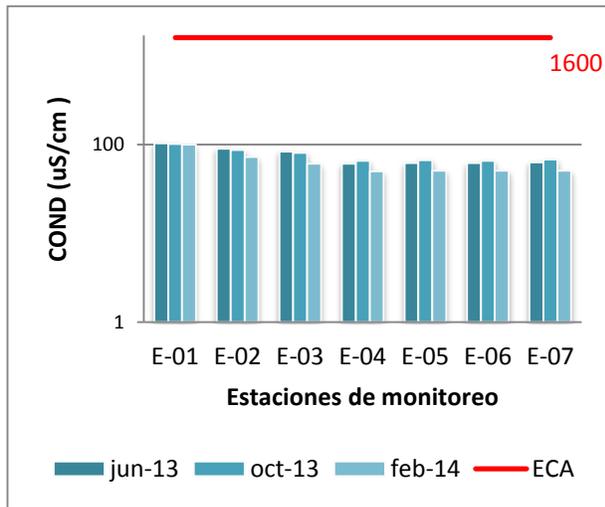


Gráfico 03. Valores de Conductividad eléctrica en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

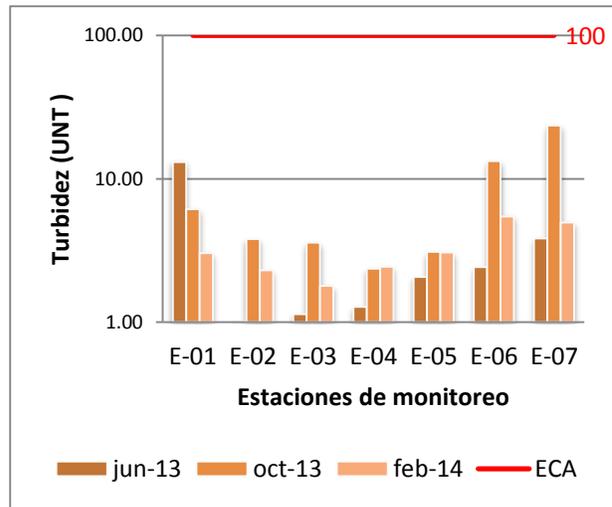


Gráfico 04. Valores de Turbidez en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

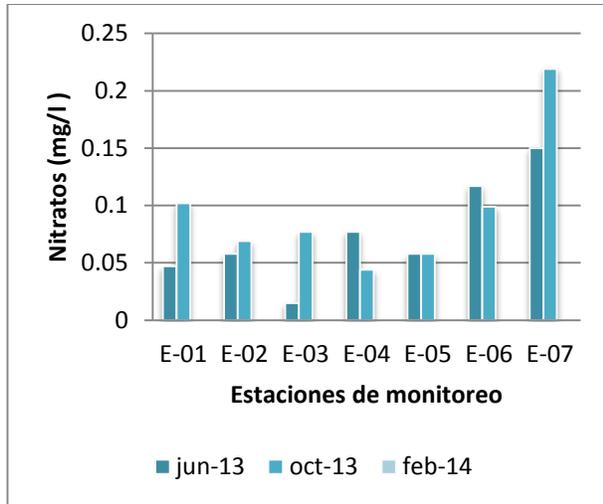


Gráfico 05. Concentraciones de Nitratos en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

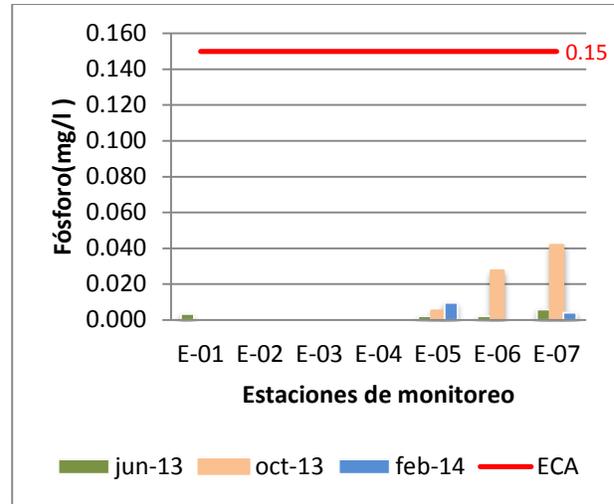


Gráfico 06. Concentraciones de Fósforo en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

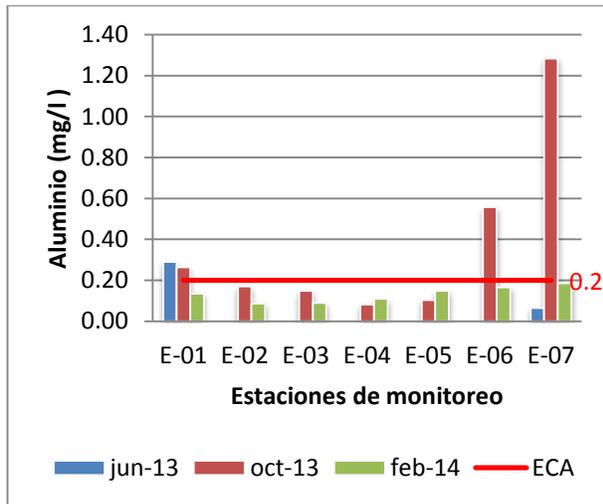


Gráfico 07. Concentraciones de Aluminio en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

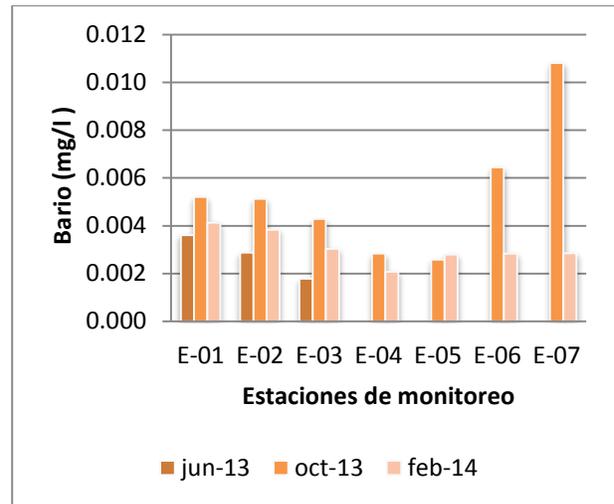


Gráfico 08. Concentraciones de Bario en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

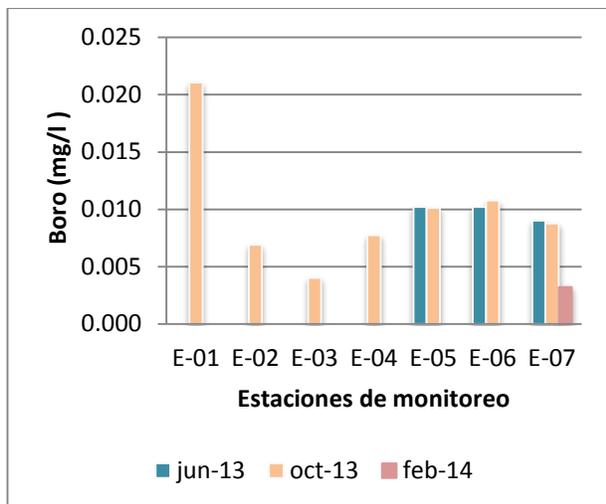


Gráfico 09. Concentraciones de Boro en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

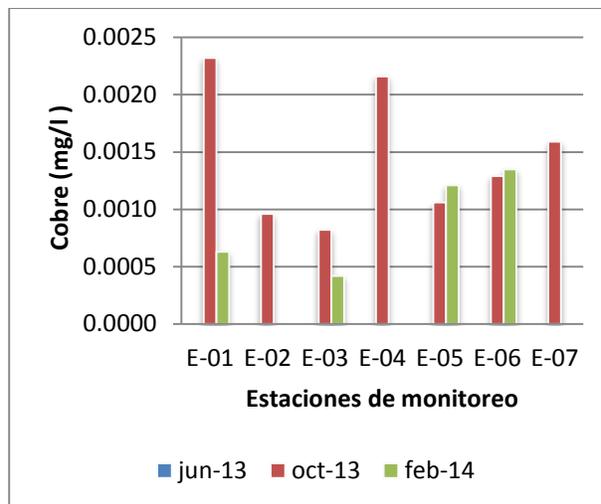


Gráfico 10. Concentraciones de Cobre en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

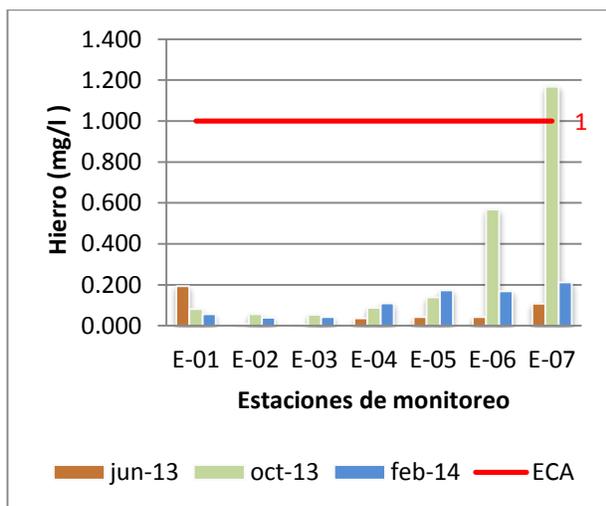


Gráfico 11. Concentraciones de Hierro en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

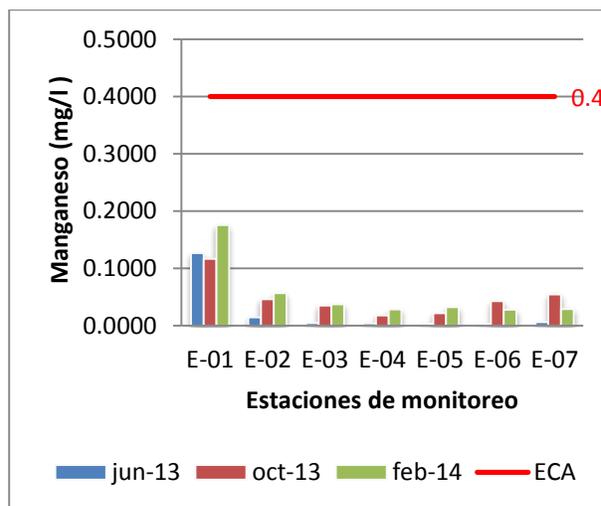


Gráfico 12. Concentraciones de Manganeso en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

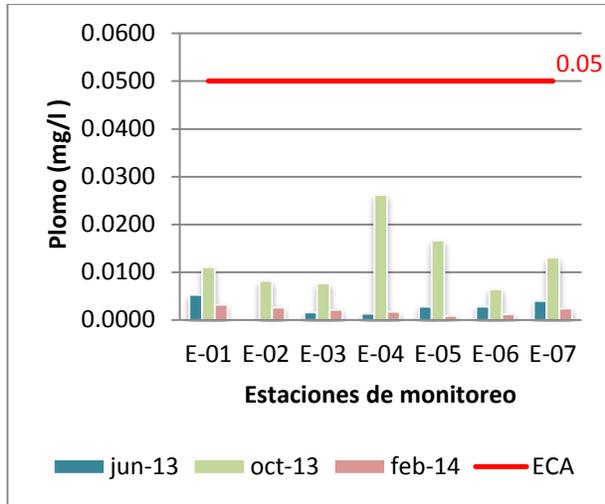


Gráfico 13. Concentraciones de Plomo en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

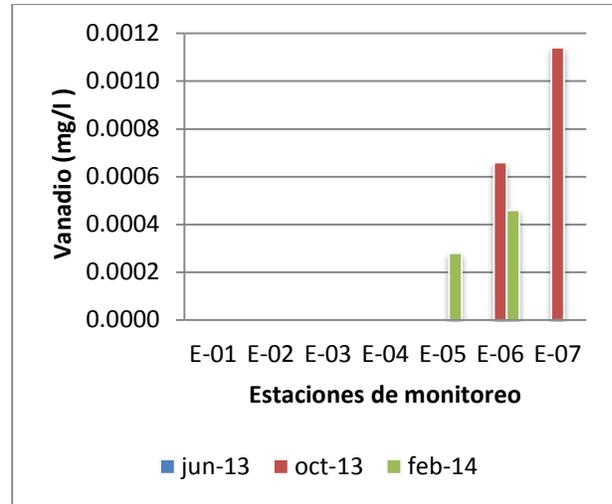


Gráfico 14. Concentraciones de Vanadio en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

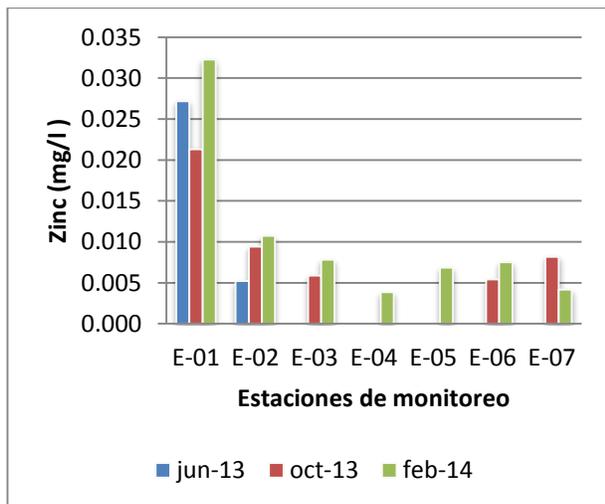


Gráfico 15. Concentraciones de Zinc en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

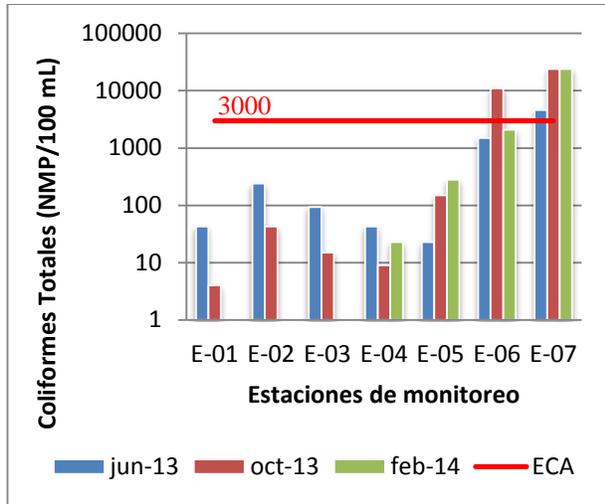


Gráfico 16. Valores de Coliformes Totales en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

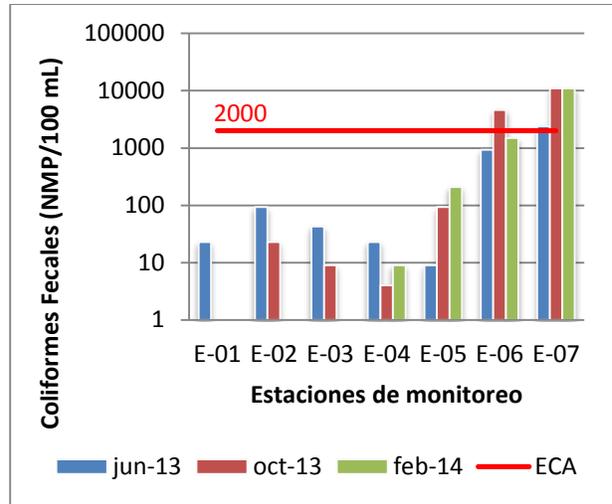


Gráfico 17. Valores de Coliformes Fecales en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

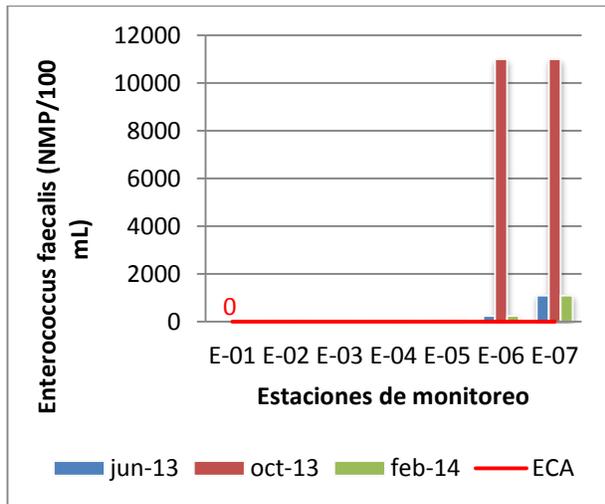


Gráfico 18. Valores de Enterococcus faecalis en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

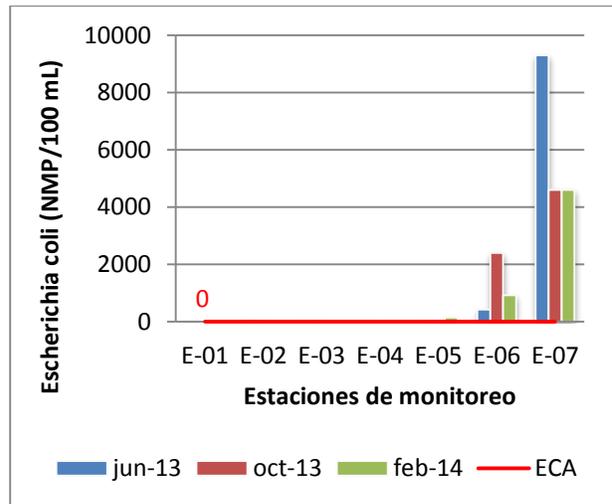


Gráfico 19. Valores de Escherichia coli en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

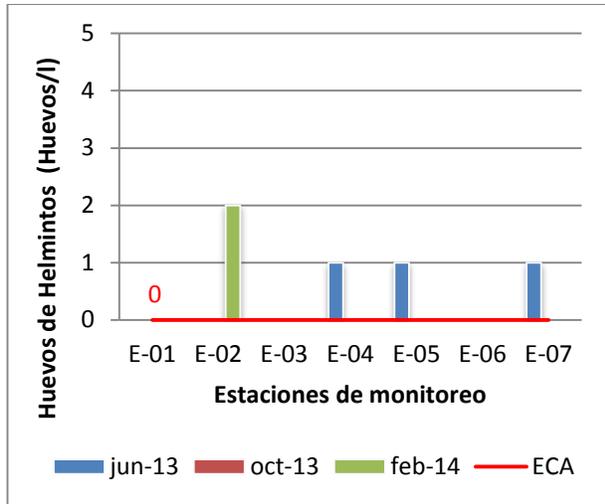


Gráfico 20. Valores de Huevos de Helmintos en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

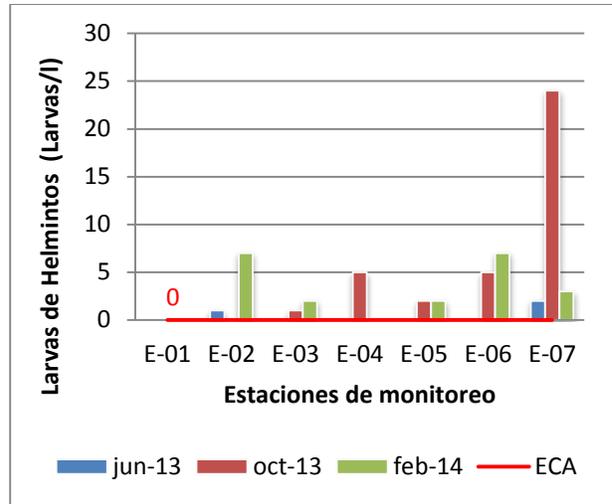


Gráfico 21. Valores de Larvas de Helmintos en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

Cuadro N° 10: Resultados de las mediciones de campo y análisis en laboratorio de los principales afluentes del río Paria- Época de lluvias (Febrero-Marzo de 2014)

Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo			Valores de ECA de agua	
		E-05-06-1	E-05-06-2	E-06-07	Valor	Unidades
		Riachuelo Ichic Ollco, Afluente al Río Paria a 3429 m.s.n.m	Canal de riego en el Centro poblado de Yarush, Afluente al Río Paria a 3316 m.s.n.m	Riachuelo Ichic Urán, Afluente al Río Paria a 3314 m.s.n.m		
pH	Unid. de pH	7.16	6.75	7.30	5.5 -9.0	Unid. de pH
Conductividad	uS/cm	29	56	64	1600	uS/cm
Turbidez	UNT	5.88	32.00	7.67	100	UNT
Aluminio (Al)	mg/L	0.33	0.73	0.51	0.2	mg/L
Hierro (Fe)	mg/L	0.530	0.060	0.771	1	mg/L

4.2.2 Cálculo del índice de calidad del agua

Cuadro N° 11: Cálculo del índice de calidad del agua en Época de Estiaje (Junio-Julio de 2013)

Factores	Estación de Muestreo						
	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
F1	7.9	7.9	5.3	7.9	7.7	5.1	15.4
F2	7.9	7.9	5.3	7.9	7.7	5.1	15.4
Excursión							
Ex1	0.0020	4	9	23	43	240	0.5333
Ex2	9	43	23	9	4	430	0.2000
Ex3	0.4522	1		1	1		1100.00
Ex4							9300.00
Ex5							1.00
Ex6							2.00
nse	0.25	1.26	0.84	0.87	1.23	17.18	266.76
F3	19.92	55.81	45.71	46.48	55.17	94.50	99.63
CCME	87	67	73	72	68	45	41
WQI	Buena	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Marginal	Pobre

Cuadro N° 12: Cálculo del índice de calidad del agua en período intermedio (Octubre de 2013)

Factores	Estación de Muestreo						
	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
F1	7.9	5.3	7.9	5.3	7.7	15.4	17.95
F2	7.9	5.3	7.9	5.3	7.7	15.4	17.95
Excursión							
Ex1	0.0101	23	0.0081	9	90	2.6667	7.0000
Ex2	23	9	9	5	43	1.3000	4.5000
Ex3	0.32		4		2	11000	11000.00
Ex4			1			2400	4600.00
Ex5						5	24.00
Ex6						1.79	5.42
Ex7							
nse	0.61	0.84	0.37	0.37	3.46	343.87	401.05
F3	38.04	45.71	26.93	26.92	77.59	99.71	99.75
CCME	77	73	83	84	55	41	41
WQI	Aceptable	Aceptable	Buena	Buena	Marginal	Pobre	Pobre

Cuadro N° 13: Cálculo del índice de calidad del agua en Época de lluvias (Febrero de 2014).

Factores	Estación de Muestreo						
	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
F1	0.0	7.9	5.3	5.3	7.7	7.7	12.82
F2	0.0	7.9	5.3	5.3	7.7	7.7	12.82
Excursión							
Ex1		4	Ausencia	20	93	240	7.000
Ex2		2	2	4	150	930	4.500
Ex3		7			2	7	1100
Ex4							4600
Ex5							
Ex6							
Ex7							
nse	0.00	0.34	0.05	0.63	6.28	30.18	146.45
F3	0.00	25.49	5.00	38.71	86.27	96.79	99.32
CCME	100	84	95	77	50	44	42
WQI	Excelente	Buena	Buena	Aceptable	Marginal	Pobre	Pobre

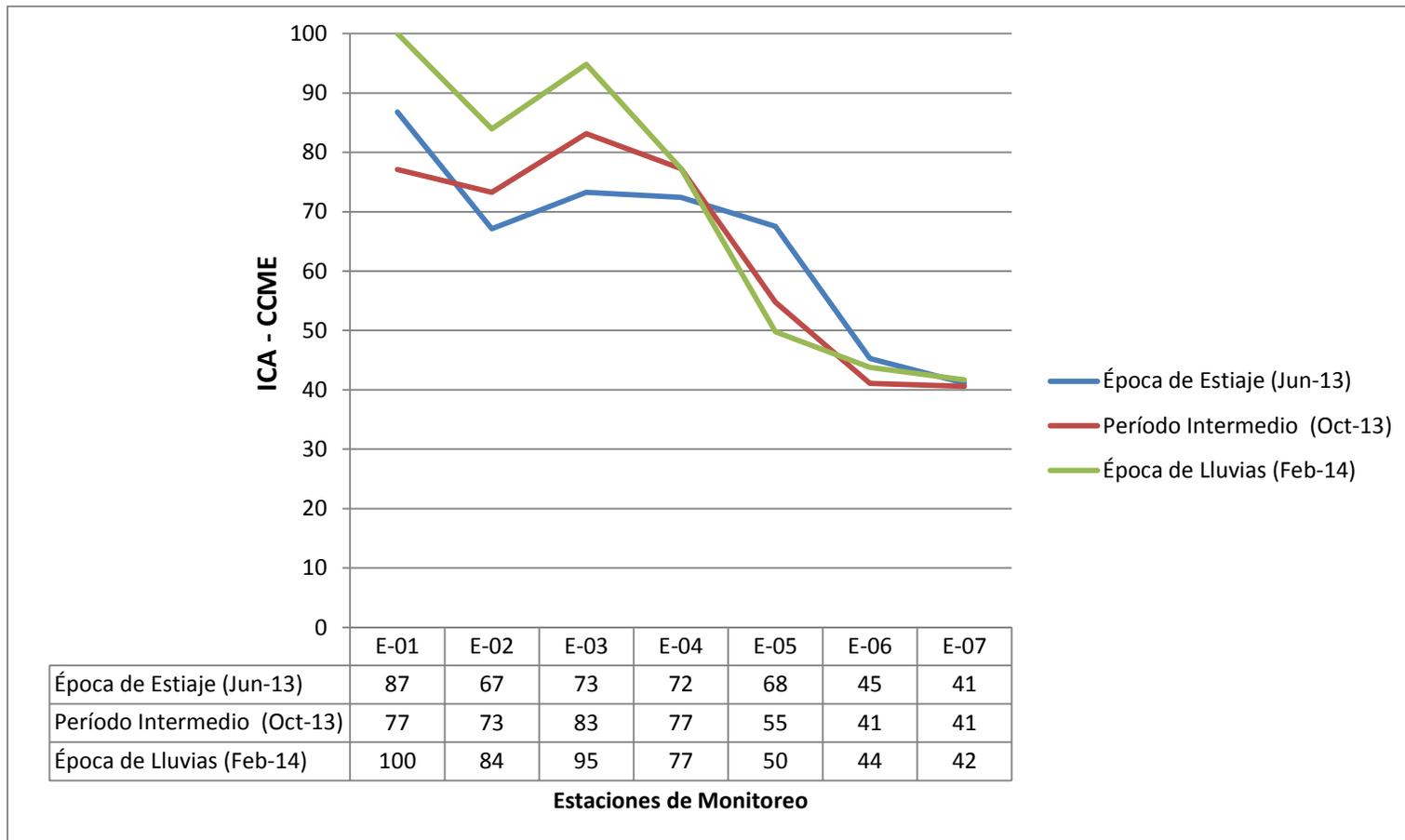


Gráfico 22. Tendencia del Índice de Calidad del Agua (ICA) del Río Paria en las 07 estaciones de muestreo durante la época de estiaje, período intermedio y época de lluvias.

V. DISCUSIÓN.

- En el cuadro N° 05 se muestran los resultados de la identificación de procesos naturales y actividades humanas que influyen sobre la calidad del agua del río Paria. En el tramo comprendido entre la estación de monitoreo E-01 y E-04 (quebrada Cojup) se identificó como actividad humana predominante la crianza de ganado vacuno y equino, por otro lado los procesos naturales identificados fueron erosión pluvial del tipo escurrimiento superficial concentrado y la meteorización de rocas. En el tramo comprendido entre la estación de monitoreo E-04 y E-07 se observa que predomina el desarrollo de las actividades agrícola, crianza de ganado y animales domésticos así mismo se evidenció la presencia de asentamientos humanos (centros poblados de Yarush, Llupa y Unchus).
- La concentración de metales pesados no esenciales como el cromo, cadmio, mercurio, arsénico y antimonio, en las siete estaciones de muestreo, se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método de ensayo, esto debido a que en el área aledaña al recorrido del Río Paria no se ha identificado la presencia de actividades humanas como la minería que aporten metales a las aguas del río (cuadros N° 07, 08 y 09)
- Los valores de oxígeno disuelto y pH no presentaron variaciones significativas en las 07 estaciones de monitoreo y en las tres épocas de muestreo (gráficos 01, 02 y 03). El pH es el parámetro que presentó valores más estables en las tres épocas de muestreo esto coincide con los resultados obtenidos en el estudio de

contaminación de ríos urbanos: el caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, México (Olguín et al., 2010).

- Los valores de conductividad eléctrica mostraron una tendencia decreciente a medida que el río Paria desciende desde la E-01 hasta la E-07, así mismo hay un descenso en el periodo de lluvia, este comportamiento está directamente relacionado con el fenómeno de dilución (gráfico 03).
- La turbidez presentó valores altos en el mes de octubre en las estaciones E-01, E-06 y E-07, sin embargo estos no superaron el valor establecido en el estándar de calidad ambiental (ECA) de agua (gráfico 04). En las estaciones de muestreo E-06 y E-07 se presentaron valores altos de turbidez debido al proceso de erosión pluvial con intensidad severa que se presenta en esta zona, el cual incrementa el contenido de sólidos en suspensión y material coloidal en el agua.
- Las concentraciones de nitratos se incrementaron a medida que el río desciende de E-01 hasta la E-07 debido a la presencia de actividad ganadera, agrícola y presencia de centros poblados. En general las concentraciones de nitratos fueron mayores en el período intermedio (mes de octubre), mientras que en la época de lluvias (febrero) las concentraciones se encontraron por debajo del límite de detección del método de ensayo debido al fenómeno de dilución (gráfico 05). Las concentraciones de nitratos en las 07 estaciones durante las tres épocas de estudio se encontraron por debajo del valor establecido en el ECA de agua (10 mg/l). La presencia de nitratos en las estaciones E-01, E-02, E-03 y E-04 se debe principalmente al aporte de la actividad ganadera, excretas

del ganado vacuno y equino. En las estaciones E-05, E-06 y E-07 el aporte de nitratos es de la actividad agrícola por el uso de fertilizantes nitrogenados.

- Se determinó la presencia de fósforo total, en concentraciones significativas, en las estaciones E-05, E-06 y E-07, presentando mayor concentración en el período intermedio (gráfico 06). Las concentraciones de fósforo se encontraron por debajo del valor establecido en el ECA de agua. La presencia de fósforo en estas tres estaciones se debe principalmente al aporte de la actividad agrícola por el uso de fertilizantes fosforados.
- El aluminio presentó concentraciones altas en las estaciones de monitoreo E-01, E-06 y E-07, sobrepasando el valor del ECA en el período intermedio. En la época de lluvias las concentraciones de aluminio disminuyeron encontrándose por debajo del valor del ECA (gráfico 07). La concentración alta de aluminio en la estación de muestreo E-01 (salida de la laguna de Palcacocha) se debe a que tanto la base como el dique morrénico de la laguna se encuentran formados por rocas de tipo granodiorita y tonalita las cuales tienen en su composición aluminosilicatos, los que son incorporados al agua por el efecto de la meteorización de las rocas. En las estaciones E-06 y E-07, el aluminio presenta concentraciones altas debido al aporte de los afluentes: Riachuelo Ichic Ollco, Riachuelo Ichic Urán y canal de riego, en los que se ha encontrado concentraciones de aluminio de 0.33, 0.51 y 0.73 mg/l respectivamente.
- El boro, bario y cobre alcanzaron mayores concentraciones en el período intermedio (octubre), sin embargo no superaron los valores del ECA para agua (0.5 mg/l, 0.7 mg/l y 2 mg/l respectivamente) (gráficos 08, 09 y 10). Estos

elementos son incorporados al agua debido a la erosión de los suelos y meteorización de las rocas.

- El hierro presentó concentraciones altas en las estaciones de monitoreo E-05, E-06 y E-07 en el período intermedio, sobrepasando el valor del ECA en la estación E-07. En general en la época de lluvias las concentraciones de hierro disminuyeron encontrándose por debajo del valor del ECA (gráfico 11). En las estaciones E-06 y E-07, el hierro presenta concentraciones altas debido al aporte de los afluentes: Riachuelo Ichic Ollco y Riachuelo Ichic Urán, en los que se ha encontrado concentraciones de hierro de 0.530, y 0.771 mg/l respectivamente (cuadro 10).
- En la Estación E-01 se encontraron concentraciones significativas de zinc y manganeso, en las épocas de estiaje y precipitación, sin embargo éstas no superan los valores del ECA de agua (0.4 mg/l y 5 mg/l respectivamente) (gráfico 12 y 15). El zinc y manganeso son incorporados al agua debido a la meteorización de las rocas.
- En las siete estaciones de muestreo se encontraron concentraciones de plomo en el período intermedio (octubre) que no superan el valor del ECA (gráfico 13). El plomo es incorporado al agua debido a la meteorización de las rocas.
- En las estaciones E-05, 06 y 07 se encontraron concentraciones de vanadio que no superan los valores del ECA de agua (0.1 mg/l) (gráfico 14). El vanadio es incorporado al agua debido a la meteorización de las rocas.
- Los coliformes totales y fecales alcanzaron valores altos en las estaciones E-06 y E-07, llegando a superar los valores del ECA en el mes de octubre en ambas

estaciones y en el mes de febrero en la estación E-07. En los meses de junio y octubre se encontró presencia de coliformes totales y fecales en las siete estaciones de muestreo, mientras que en el mes de febrero en las estaciones E-01, E-02 y E-03 los valores de ambos parámetros se encontraron por debajo del límite de detección del método de ensayo, esto se debe a que durante la época de lluvias los coliformes de las estaciones E-01, E-02 y E-03, ubicadas en la quebrada Cojup; son arrastrados hacia las estaciones ubicadas aguas abajo E-04, E-05, E-06 y E-07 acumulándose en estos puntos. El aporte de coliformes al cuerpo de agua se debe principalmente a la actividad ganadera que se desarrolla en la quebrada Cojup.

- En las estaciones E-06 y E-07 se encontraron valores altos de *Enterococcus faecalis* y *Escherichia coli* en los meses de junio y octubre. En las siete estaciones se superaron los valores del ECA para agua. Similar al caso de los coliformes se presentan los procesos de arrastre de contaminantes desde las estaciones ubicadas en la zona alta hacia las estaciones de la zona baja. Los aportes de *Enterococcus faecalis* al agua se deben principalmente a la actividad ganadera desarrollada en la cabecera de la quebrada Cojup; mientras que el aporte de *Escherichia coli* es aporte de excretas humanas.
- En el muestreo realizado en el mes de junio se identificaron huevos de helmintos en las estaciones E-04, E-05 y E-07. En la época de lluvias sólo se encontró huevos de helmintos en la estación E-02, no se encontraron huevos de helmintos en las otras estaciones de muestreo debido al arrastre que ejerce el agua por incremento de su caudal.

- En el muestreo realizado en el mes de octubre se encontraron larvas de helmintos en las estaciones E-03, E-04, E-05, E-06 y E-07, mientras que en época de lluvias (mes de febrero) se encontraron larvas de helmintos en E-02, E-03, E-05, E-06 y E-07. En general se encontró mayor cantidad de larvas de helmintos en el mes de octubre mes en el comienzan las lluvias. Los huevos y larvas de helmintos provienen de las heces del ganado.
- Para integrar los resultados de los indicadores físicos, químicos y biológicos se calculó el Índice de Calidad del agua (ICA) para cada estación de muestreo en las épocas de estiaje y lluvias y en el periodo intermedio (cuadros N° 10, 11 y 12), encontrándose que la calidad del agua del río Paria varía en el rango de bueno (E-01) a pobre (E-07) en la época de estiaje, de aceptable (E-01) a pobre (E-07) en el período intermedio y de excelente (E-01) a pobre (E-07) en la época de lluvias. En general el río Paria presenta mejor calidad del agua en la época de lluvias debido al efecto de dilución de algunos contaminantes (gráfico 22)
- La calidad del agua a la salida de la laguna Palcacocha E-01 varía entre aceptable y excelente debido a que no existe presencia de actividades humanas que ejerzan un impacto negativo significativo sobre el cuerpo de agua.
- La calidad del agua del río Paria en las estaciones E-02, E-03, E-04 y E-05 varía entre marginal y buena, en las cuatro estaciones se ha encontrado presencia de *Enterococcus faecalis* y *Escherichia coli*, en E-02, E-04 y E-05 se han identificado huevos y larvas de helmintos; los parásitos identificados en las estaciones E-02 y E-04 proceden de las heces del ganado vacuno y equino que

son criados dentro de la quebrada Cojup; mientras que los identificados en la estación E-05 proceden de excretas humanas debido a que esta estación se encuentra en las inmediaciones del centro poblado de Yarush.

- La calidad del agua del río Paria en la Estación E-06 (ingreso a la captación Yarush) varía entre pobre y marginal, debido a la presencia de *Enterococcus faecalis* y *Escherichia coli* en cantidades altas. Cabe señalar que aguas arriba del punto de muestreo se ubican viviendas del centro poblado de Yarush.
- La calidad del agua del río Paria en la Estación E-07 (ingreso a la captación Paria) es pobre debido a la presencia de coliformes totales, coliformes fecales, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* en cantidades elevadas, así mismo se ha identificado la presencia de huevos y larvas de helmintos.
- Los indicadores biológicos (presencia de microorganismos y parásitos) de las siete estaciones de muestreo tienen una influencia negativa en la calidad del agua debido a que éstos superan los valores establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua - Categoría I: Poblacional y recreacional- A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Mientras que los indicadores químicos, principalmente metales, no disminuyen la calidad del agua pues en general se encuentran dentro de las concentraciones establecidas por el ECA para agua.

VI. CONCLUSIONES.

- Los principales procesos naturales que tienen influencia directa sobre la calidad del agua del río Paria son erosión pluvial del tipo de escurrimiento superficial concentrado y la meteorización de rocas, estos procesos influyen sobre la calidad fisicoquímica y química del agua, produciendo un incremento de la turbidez así como la incorporación al agua de metales como aluminio, boro, bario, cobre, plomo, manganeso, hierro y zinc en el agua
- Las principales actividades humanas que influyen sobre la calidad del agua del río Paria son la ganadería, agricultura y la inadecuada disposición de excretas de las poblaciones aledañas al río. Las actividades agrícolas y ganaderas contribuyeron a incrementar las concentraciones de nitratos y fósforo en el agua. Así mismo la actividad ganadera y la inadecuada disposición de excretas modificaron de manera negativa la calidad microbiológica del agua produciendo incrementos en los valores de coliformes totales y fecales, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* y huevos y larvas de helmintos los cuales inclusive superan los valores del Estándar de calidad ambiental para agua.
- La calidad del agua de río Paria medida a través del Índice de Calidad del agua del Consejo canadiense de ministros del ambiente varía entre bueno (E-01) a pobre (E-07) en la época de estiaje, entre aceptable (E-01) a pobre (E-07) en el período intermedio y entre excelente (E-01) a pobre (E-07) en la época de lluvias. Los mejores valores del ICA se obtuvieron en las estaciones ubicadas

en la quebrada Cojup (E-01, E-02, E-03 y E-04). Por lo que se concluye que el río Paria presenta mejor calidad en su nacimiento y en la época de lluvias.

- En general los indicadores fisicoquímicos como pH, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez durante el periodo de muestreo presentaron valores que se encuentran dentro de los valores establecidos en el ECA para agua.
- Los indicadores químicos como cromo VI, antimonio, arsénico, berilio, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plata y selenio presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de ensayo en las tres épocas de muestreo. En consecuencia las concentraciones de estos metales también se encontraron por debajo de los valores establecidos en el ECA para agua.
- Los indicadores microbiológicos como *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Blastocystis hominis*, *Cyclospora Cayetanensis*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolítica* y *Giardia lamblia* no fueron identificados en las aguas del río Paria durante el período de muestreo.
- Los resultados obtenidos refuerzan la hipótesis que los procesos naturales y las actividades humanas influyen de forma negativa en la calidad de agua del río Paria.

VII. RECOMENDACIONES.

- Complementar el presente trabajo de investigación con la evaluación de macroinvertebrados y macrofitas los cuales son indicadores biológicos de la calidad del agua.
- Las autoridades de los distritos de Independencia y Huaraz y los directivos de la empresa prestadora de servicio de saneamiento la cual hace uso de las aguas del río Paria para brindar el servicio de potabilización del agua deberán plantear e implementar alternativas de gestión de este recurso hídrico, las acciones a tomarse deberán enfocarse en la implementación de un sistema de crianza de ganado en la quebrada Cojup y en brindar un adecuado sistema de saneamiento (agua potable, desagüe y gestión de residuos sólidos) a los centros poblados aledaños al río Paria.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIROMENT. (2001). *“Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. CCME Water Quality Index 1.0, Use’s Manual”*. Quebec. Canadá.
- CEPIS/OPS. (2004). *“Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría Tomo I”*. Lima. Perú.
- ERMISA. (2006). *“Estado de la Situación sobre la Gestión del agua en la Minería: El caso Peruano”*. Lima. Perú.
- LÓPEZ J, ET AL. (2002). *“Tratamientos Pasivos de Drenajes Ácidos de Mina: Estado Actual y Perspectivas de Futuro. Boletín Geológico y Minero”*. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- MEJÍA CLARA MARIO RENÉ. (2005). *“Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras”*. Turrialba. Costa Rica.
- OLGUÍN E, GONZÁLEZ R, ET AL. (2010). *“Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México”*. Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal 1(2)::178--190
- ONGLEY E. (1997). *“Lucha Contra la Contaminación agrícola de los recursos hídricos.- Estudios de la FAO riego y drenaje”*. Roma, Italia.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2006). *“Guías para la calidad del agua potable, Volumen 1”*. Génova. Suiza.

- SEOANEZ CALVO MARIANO (1995). *“Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Manual para responsables medioambientales”*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España.
- SILVA ESPEJO RAQUEL CAROLINA. (2009) *“Procesos Geodinámicos y Peligros Geológicos en los Depósitos Morrénicos de la Laguna Palcacocha Cordillera Blanca – Ancash”*.
- UNESCO/WHO/UNEP. (1996) *“Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring”*. Londres. Inglaterra.
- VIDAL, M; LÓPEZ, A; SANTOALLA, M, VALLES, V (2000). *“Factor analyses for the water resources contamination due to the use the livestock slurries as fertilizers agricultural water management”*.
- Ley N° 29338. Ley General de Recursos Hídricos. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 30 de marzo de 2009.
- Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 13 de Octubre de 2005.
- D.S N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 28 de setiembre de 2010.
- Blastocystis hominis, [en línea]. 31 agosto de 2013, [03 de octubre de 2013]. Disponible en la Web: http://es.wikipedia.org/wiki/Blastocystis_hominis.
- Leptosol dístico-Afloramiento lítico, [en línea]. [12 de abril de 2014]. Disponible en la Web: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Leptosol.htm>

ANEXOS.

ANEXO N° 01

PANEL FOTOGRÁFICO

1.1 ESTACIONES DE MUESTREO.



*E-01: Salida de la laguna
Palcacocha a 4569 m.s.n.m*



*E-02: Río Paria a 4300
m.s.n.m - Quebrada Cojup*



E-03: Río Paria a 4100 m.s.n.m, 4 m aguas arriba del puente de madera - Quebrada Cojup



E-04: Río Paria a 3800 m.s.n.m, 1 m aguas abajo del puente Cojup- Portada de ingreso a la Quebrada Cojup.



E-05: Río Paria a 3442 m.s.n.m, 50 m aguas arriba del puente Yarush



E-06: Río Paria a 3339 m.s.n.m (ingreso a la captación Yarush)



*E-07: Río Paria a 3277
m.s.n.m (ingreso a la
captación Paria)*

1.2 TRABAJOS DE CAMPO.



Recolección de muestras y medición de parámetros de campo



Instalación de filtros para muestreo de parásitos

1.3 IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES HUMANAS



Crianza de ganado vacuno y equino en la quebrada Cojup.



Desarrollo de agricultura extensiva en el centro poblado de Llupa



Crianza de ganado y animales domésticos en el centro poblado de Llupa

1.4 PRINCIPALES AFLUENTES DEL RÍO PARIA



Riachuelo Ichic Olloco.



Riachuelo Ichic Urán.

ANEXO N° 02

MAPAS TEMÁTICOS

- **Mapa de ubicación de de estaciones de muestreo de agua.**
- **Mapa geológico de la subcuenca Quillcay**
- **Mapa de suelos de la subcuenca Quillcay**
- **Mapa geológico de la subcuenca Quillcay**
- **Mapa de capacidad de uso mayor de suelos de la subcuenca Quillcay**
- **Mapa Hidrográfico de la subcuenca Quillcay**
- **Mapa de cobertura vegetal de la subcuenca Quillcay**
- **Mapa de erosión de suelos de la subcuenca Quillcay**
- **Mapa de centros poblados de la subcuenca Quillcay**

ANEXO N° 03
INFORMES DE ENSAYO.