

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO  
ALAMEDA, EN LA PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO,  
PERIODO MARZO - SETIEMBRE DEL AÑO 2015”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:  
JORGE LUIS AMÉZQUITA RÍOS**

**ASESOR:  
Mg. EDGAR ARONÉS MEDINA**

**AYACUCHO-PERÚ**

**2016**

## DEDICATORIA

*Con todo cariño*

*A mi abuelo Vicente y en memoria a mi*

*Abuela Matiasa, por sus inagotables sacrificios*

*y esfuerzos que me su piercn brindar durante*

*mi formación profesional.*

*A más queridos padres Carmen y Jorge*

*por todo su apoyo y aliento*

*brindados en todo momento.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al asesor Mg. Edgar ARONÉS MEDINA por sus sugerencias y orientación durante el desarrollo de la presente investigación.

A la plana docente de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por la colaboración desinteresada en el desarrollo de esta investigación.

Mi reconocimiento al Dr. Raúl Ricardo VELIZ FLORES, Mg. Tarcila ALCARRAZ ALFARO, Mg. Gloria Inés BARBOZA PALOMINO, Mg. Abraham TREJO ESPINOZA, Ing. Anibal GARCÍA BENDEZÚ y al Mg. Gabriel CERRÓN LEANDRO; quienes han contribuido en la materialización del presente trabajo.

## **RECONOCIMIENTO**

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría y optar el Grado Académico de Magister en Ingeniería Ambiental.

## ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA.....  | ii   |
| AGRADECIMIENTO.....   | iii  |
| RECONOCIMIENTO.....   | iv   |
| RESUMEN.....  | viii |
| ABSTRACT.....   | x    |
| INTRODUCCIÓN.....   | xii  |
| CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....  | 1    |
| 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....   | 1    |
| 1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....   | 2    |
| 1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....   | 2    |
| 1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....  | 5    |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN.....   | 5    |
| 1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....   | 7    |
| 1.6.1. Objetivo general.....  | 7    |
| 1.6.2. Objetivos específicos.....   | 7    |
| 1.7. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....   | 7    |
| 1.7.1. Hipótesis general.....   | 7    |
| 1.7.2. Hipótesis específicas.....   | 7    |
| CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....  | 8    |
| 2.1. ANTECEDENTES.....  | 8    |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....  | 8    |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....   | 9    |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....  | 10   |
| 2.2. MARCO TEÓRICO.....   | 10   |
| 2.2.1. EL AGUA.....   | 10   |
| 2.2.1.1. Propiedades del agua.....  | 11   |
| 2.2.1.2. Tipos de agua.....   | 12   |
| 2.2.2. Problemática del agua dulce.....   | 14   |
| 2.2.3. Fuentes de agua.....   | 15   |
| 2.2.4. El Agua en el Perú.....  | 15   |
| 2.2.5. Contaminación del agua.....  | 16   |
| Principales contaminantes del agua.....   | 17   |
| 2.3. CALIDAD DE AGUA.....   | 18   |
| 2.4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la evaluación de la calidad del agua..... | 19   |
| 2.4.1. Fosfatos.....  | 19   |
| 2.4.2. Oxígeno disuelto.....  | 19   |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 2.4.3.                                  | Potencial de hidrógeno .....   | 20 |
| 2.4.4.                                  | Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....                               | 21 |
| 2.4.5.                                  | Nitratos.....  | 22 |
| 2.4.6.                                  | Coliformes fecales y coliformes totales .....                          | 22 |
| 2.4.7.                                  | Temperatura .....  | 24 |
| 2.4.8.                                  | Sólidos disueltos totales (SDT).....                                   | 24 |
| 2.4.9.                                  | Total de sólidos suspendidos (TSS).....                                | 25 |
| 2.4.9.                                  | Turbiedad .....  | 26 |
| 2.4.10.                                 | Salinidad .....  | 27 |
| 2.4.11.                                 | Conductividad .....  | 28 |
| 2.5.                                    | ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA.....  | 28 |
| 2.5.1.                                  | Índices fisicoquímicos y microbiológicos de calidad de las aguas ..... | 31 |
| 2.5.2.                                  | Índice de calidad general (ICG).....                                   | 32 |
| 2.5.3.                                  | Índice simplificado de calidad de aguas (ISQA).....                    | 33 |
| 2.5.4.                                  | Índice automático de calidad de aguas (IAQA).....                      | 35 |
| 2.5.5.                                  | Índice de la fundación nacional de saneamiento (ISNF).....             | 35 |
| 2.6.                                    | CORRIENTES SUPERFICIALES.....  | 35 |
| 2.6.1.                                  | Los ríos .....   | 35 |
| 2.6.2.                                  | Río Alameda .....  | 38 |
| 2.7.                                    | LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA.....                                     | 41 |
| 2.7.1.                                  | Marco normativo .....  | 41 |
| 2.7.2.                                  | Normativa ambiental general.....                                       | 42 |
| 2.7.3.                                  | Ley General del Ambiente .....   | 43 |
| 2.7.4.                                  | Normatividad de aguas .....  | 44 |
| 2.8.                                    | ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA ..             | 46 |
| 2.9.                                    | ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL "ICA" .....           | 49 |
| CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS..... |  | 56 |
| 3.1.                                    | NATURALEZA DEL ESTUDIO .....   | 56 |
| 3.2.                                    | UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y LUGAR DE TRABAJO .....                          | 56 |
| 3.3.                                    | CLIMATOLOGÍA.....  | 57 |
| 3.4.                                    | POBLACIÓN MUESTRA.....   | 57 |
| 3.4.1.                                  | POBLACIÓN .....  | 57 |
| 3.4.2.                                  | MUESTRA.....   | 57 |
| 3.5.                                    | EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS .....                                  | 59 |
| 3.5.1.                                  | EQUIPOS.....   | 59 |
| 3.5.2.                                  | MATERIALES .....   | 60 |
| 3.5.3.                                  | REACTIVOS .....  | 60 |
| 3.6.                                    | MÉTODOS Y EQUIPOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS...              | 61 |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| 3.7.                                     | DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS Y EQUIPOS DE ANÁLISIS .....   | 61  |
| 3.7.1.                                   | Fosfatos .....   | 61  |
| 3.7.2.                                   | Oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, conductividad, salinidad,<br>temperatura, sólidos disueltos totales (SDT)..... | 62  |
| 3.7.3.                                   | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....  | 62  |
| 3.7.4.                                   | Nitratos .....   | 62  |
| 3.7.5.                                   | Coliformes fecales y coliformes totales .....  | 62  |
| 3.7.6.                                   | Total de sólidos suspendidos (TSS).....  | 63  |
| 3.7.7.                                   | Turbiedad .....  | 63  |
| 3.8.                                     | CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA.....  | 63  |
| 3.8.1.                                   | Valoración de la calidad del agua en función de coliformes fecales .....   | 63  |
| 3.8.2.                                   | Valoración de la calidad del agua en función de pH .....   | 64  |
| 3.8.3.                                   | Valoración de la calidad del agua en función del DBO <sub>5</sub> .....  | 64  |
| 3.8.4.                                   | Valoración de la calidad del agua en función del nitrato .....   | 64  |
| 3.8.5.                                   | Valoración de la calidad del agua en función del fosfato .....   | 64  |
| 3.8.6.                                   | Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura.....  | 64  |
| 3.8.7.                                   | Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez .....  | 64  |
| 3.8.8.                                   | Valoración de la calidad del agua en función de sólidos disueltos totales<br>(SDT).....                                  | 65  |
| 3.8.9.                                   | Valoración de la calidad del agua en función del % de Saturación de oxígeno<br>disuelto (OD).....                        | 65  |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....             |  | 66  |
| 4.1.                                     | MUESTREO.....  | 66  |
| 4.2.                                     | ELABORACIÓN DE CURVAS PATRÓN.....  | 66  |
| 4.2.1.                                   | Curva patrón para determinación de fosfatos.....   | 67  |
| 4.2.2.                                   | Curva patrón para determinación de nitratos.....   | 67  |
| 4.3.                                     | CONDICIONES Y PARÁMETROS DE MUESTREO .....   | 68  |
| 4.4.                                     | VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA CALCULAR ICA .....  | 72  |
| 4.5.                                     | DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).....  | 82  |
| 4.6.                                     | CAUDAL DEL RÍO ALAMEDA Y EFLUENTE DE LA PTAR LA TOTORA.....  | 89  |
| CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... |  | 90  |
| 5.1.                                     | Elaboración de curvas patrón .....   | 90  |
| 5.2.                                     | Condiciones y parámetros de muestreo .....   | 90  |
| 5.3.                                     | Determinación del Índice de calidad del agua.....  | 95  |
| CONCLUSIONES.....                        |  | 97  |
| RECOMENDACIONES .....                    |  | 99  |
| BIBLIOGRAFÍA.....                        |  | 100 |
| ANEXOS.....                              |  | 106 |

## **RESUMEN**

El río Alameda atraviesa la ciudad de Ayacucho y tiene presencia de actividades antropogénicas, los mismos que utilizan el agua del río para agricultura, ganadería y en algunos casos para recreación y consumo. Se debe prestar atención al crecimiento y desarrollo de la población humana y su presencia en las márgenes del río, generalmente viviendas que generan contaminación (principalmente aguas residuales), residuos sólidos, efluentes de pequeñas empresas y el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) La Totorá.

El objetivo de la investigación fue determinar el Índice de Calidad de las aguas del río Alameda, para ello fue necesario evaluar los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos; y evaluar las condiciones de calidad del agua del río Alameda.

Para la determinación de las condiciones de calidad se establecieron 5 estaciones de muestreo a lo largo del río. Los muestreos se realizaron en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y setiembre del año 2015 (en temporadas de lluvia y de sequía), todos los puntos de ubicación de los muestreos se realizaron mediante georeferencia con el equipo GPS (Global Positioning System). El tipo de investigación es básica, el nivel de investigación es descriptiva y el diseño de investigación es no experimental y longitudinal.

Los parámetros de pH, temperatura, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y turbidez se midieron con equipos portátiles en los lugares de muestreo. Los sólidos suspendidos por el método gravimétrico, nitratos y fosfatos por espectrofotometría UV-Visible, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) por el método Winkler y los coliformes fecales y totales por el



método de los tubos múltiples y con 9 de estos parámetros se calculó el Índice de Calidad del Agua.

El Índice de Calidad de Agua (ICA) para el río Alameda resultó en los 5 primeros meses de calidad regular antes del efluente de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá y de calidad mala después del punto de descarga de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá. Asimismo, la calidad es mala en los efluentes de la PTAR La Totorá. En el último mes en la primera estación (RA-01) la calidad del agua fue buena, en la segunda y tercera estación (RA-02 y RA-03) la calidad de agua fue regular, en la estación PT-01 la calidad del agua fue mala y en la última estación (RA-04), la calidad del agua fue regular, por estos resultados consideramos que las aguas del efluente del PTAR están contaminadas.

No todas las características fisicoquímicas (Oxígeno disuelto, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno) y microbiológicas (Coliformes fecales y coliformes totales) determinadas de las aguas del río Alameda están dentro de los estándares de calidad de aguas para riego de vegetales y bebida de animales, según las normas legales publicadas en el diario "El Peruano" de julio del 2008.

**Palabras clave:** agua, río Alameda, Índice de Calidad del Agua (ICA).

## **ABSTRACT**

The Alameda river through the city of Ayacucho and has presence of anthropogenic activities, the same as using the river water for agriculture, livestock and in some cases for recreation and consumption. Attention should be paid to the growth and development of the human population and its presence on the riverbanks, usually homes that generate pollution (mainly sewage), solid waste, effluents of small businesses and effluent treatment plant Wastewater (WWTP) La Totorá.

The aim of the research was to determine the Quality Index Alameda river waters, for it was necessary to evaluate the physico-chemical, microbiological parameters; and assess water quality conditions of the river Alameda.

To determine the quality conditions five sampling stations were established along the river. Sampling was conducted during the months of March, April, May, June, July and September 2015 (during the rainy season and drought), all points of location of the samples were performed using georeference with GPS equipment (Global Positioning System). The research is basic, the level of research is descriptive research design is not experimental and longitudinal.

The parameters of pH, temperature, conductivity, salinity, total dissolved solids, dissolved oxygen and turbidity were measured with portable computers sampling locations. Suspended solids by gravimetric method, nitrates and phosphates by UV-Visible, biochemical oxygen demand (BOD 5) by the Winkler method and fecal and total coliforms by the method of multiple tubes and 9 of these parameters are calculated the Water Quality Index.

Index Water Quality (ICA) for the Alameda river resulted in the first 5 months of regular quality before the effluent from the water treatment plant Wastewater La Totorá and sleazy after the point of discharge of effluents Plant Wastewater Treatment La Totorá. Also, the quality is poor in the effluents of the WWTP La Totorá. In the last month in the first season (RA-01) water quality was good, the second and third season (RA-02 and RA-03) water quality was regularly in the PT-01 station quality water was bad last season (RA-04), water quality was fair, these results we believe that the waters of WWTP effluent contaminated.

Not all physico-chemical characteristics (dissolved oxygen, phosphates, biochemical oxygen demand) and microbiological (fecal coliform and total coliform) certain of the waters of the Alameda river are within the standards of water quality for irrigation of vegetable and animal consumption, according to regulations published in the newspaper "El Peruano" July 2008.

**Keywords:** water, Alameda, Water Quality Index (ICA) river.

## INTRODUCCIÓN

El agua es el componente principal de la materia viva: constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. El agua es la sustancia fundamental de la vida en el planeta Tierra y en las actividades en la agricultura, la industria, la generación de electricidad y transporte.

Los ríos son, desde los inicios de la civilización, uno de los medios usados por el hombre para desprenderse de parte de sus residuos, recepcionando sus aguas los vertidos de sustancias más tóxicas. Los recursos acuíferos se contaminan cada día por las emisiones de desechos industriales y urbanos no tratados. La contaminación de ríos y arroyos por contaminantes químicos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves del siglo XXI.

La contaminación proveniente de las actividades realizadas por la población que habita a lo largo de la ribera del río Alameda tiene efectos nocivos en las aguas del río Alameda, influyendo en la calidad físicoquímica y microbiológica del agua de dicho río. Por ello, es necesario evaluar los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua del río Alameda, que nos permita establecer la calidad del agua del río con la finalidad de prevenir problemas de contaminación que generan riesgos a la agricultura, actividad ganadera, salud pública y ambiental.

La investigación se realizó estableciendo estaciones de muestreo a lo largo del río Alameda, las muestras se evaluaron y se analizaron en el Laboratorio de Química Analítica e Instrumental de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas y Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Al margen del conocimiento que se tiene de las diferentes formas de contaminación que sufren las aguas del río la Alameda, es común observar que dichas aguas se emplean para el riego de cultivos, lavado de ropas y otras actividades, por eso es importante evaluar el Índice de calidad del agua, para sugerir alternativas de solución, como es el de hacer el servicio de alcantarillado de aguas residuales domésticas en la ribera del río Alameda.

Al determinar las diferentes concentraciones de los parámetros establecidos para identificar las condiciones del Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Alameda y en función de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la legislación peruana, permite determinar si el uso en riego de vegetales y bebidas de animales, cumple o no con los requisitos el agua del río Alameda.

# **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

## **1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Los ríos forman parte de la circulación general del agua o ciclo hidrológico. En muchos casos, los ríos han sido y siguen siendo utilizados como sumideros para los desechos de la agricultura, la industria y aguas servidas. Debido a su corriente y naturaleza ecológica, los ríos son capaces de depurarse por sí mismos al admitir cantidades asombrosas de afluentes. Sin embargo, todos los ríos tienen un límite de capacidad de asimilación de aguas residuales y fertilizantes provenientes de las tierras de cultivo. Si se supera este límite, la proliferación de bacterias, algas y vida vegetal consumirá todo el oxígeno disuelto en el agua, eutrofización, lo que provoca la destrucción de todo el ecosistema fluvial ya que se interrumpen las cadenas tróficas. (1)

Estos desechos no solo destruyen la vida en el momento en el que se produce la contaminación, sino que también se acumulan lentamente en los sedimentos y suelos de la llanura de inundación. El ser humano no está exento de los peligros que se derivan del consumo del agua o de alimentos que producen utilizando aguas de estos ríos y suelos contaminados. (2)

Aguas arriba del río, todavía se mantiene la actividad agrícola y pecuaria ejercida por comuneros y propietarios individuales, la presencia de la actividad humana generan desechos de origen inorgánico y orgánico, a ello se añade la construcción de viviendas que en su mayoría son de material noble y carecen de servicios básicos y en forma desordenada, lo que se traduce que estos desechos son vertidos al río Alameda afectando la flora y fauna de esta microcuenca.

En aguas de los ríos, lagos y lagunas, los vegetales acuáticos proliferan debido a la presencia de elementos nutritivos como nitratos y fosfatos que actúan como fertilizantes. Las principales fuentes de nutrientes son las aguas residuales y los escurrimientos agrícolas que originan el crecimiento masivo de algas y lirios, que genera grandes cantidades de masas vegetales sobre las aguas y su posterior acumulación sobre las riberas. Cuando las plantas mueren, para su descomposición consume el oxígeno disuelto en el agua provocando condiciones anaeróbicas. (3)

## **1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Espacial**

- **Lugar:** Distritos de Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto, Jesús Nazareno y Mariscal Cáceres.
- **Provincia:** Huamanga
- **Departamento:** Ayacucho

### **1.2.2. Temporal**

El periodo de evaluación de las aguas del río Alameda se ejecutará en la época de lluvia y época de estiaje, durante el periodo de marzo a setiembre del 2015. El trabajo de investigación se enfocará básicamente en el cauce del río Alameda, en una longitud aproximada de 10 kilómetros.

## **1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.3.1. Situación problemática**

La contaminación de los ríos es un problema crítico debido a muchos factores, entre ellos la falta de un adecuado control de las actividades humanas y también a la escasa colaboración y comprensión de los usuarios: empresas, hogares, agricultores, etc. La contaminación del río se manifiesta en toda la extensión de su corriente. Generalmente el agua para beber es retirada “aguas arriba” y los desechos agrarios y aguas residuales son descargados a lo largo de la ribera del río Alameda.

La contaminación de los ríos es la problemática más antigua de contaminación ambiental. El aumento de la población que se asienta en las riberas de los ríos, aunado con la actividad industrial, han tenido como consecuencia un incremento

en los volúmenes vertidos a los cuerpos de agua, con la consecuente entrada de contaminantes.

Fundamentalmente, el agua se contamina por las actividades humanas, ya que la población va requiriendo con el tiempo más cantidad de agua para sus actividades; la consecuencia de esto es la incorporación a los ríos de materiales considerados como extraños, tales como productos químicos, microorganismos, aguas residuales y desechos industriales.

El daño a una cuenca suele relacionarse por la evidente pérdida de la biodiversidad en el ecosistema acuático, llegando a afectar la salud humana. Los contaminantes no sólo ingresan al organismo a través de una ingesta directa de agua en mal estado, sino que también pueden incorporarse a través del consumo de peces que habitan aguas contaminadas. Los agentes infecciosos provenientes de las aguas residuales pueden provocar trastornos gastrointestinales en las personas.

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Caso de la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua de los campos de cultivo juegan un papel importante. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor, olor y color asociado con el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas, y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos.

Las industrias erróneamente arrojan sus desechos al drenaje a sabiendas que este llega al mar y lo contamina. La población también contribuye con este problema al arrojar basura en las playas y las aguas lo trasladan mar adentro; y mientras continúe este problema las personas se enferman con más frecuencia al acudir a playas sucias. En la actualidad existe cerca de 4,6 millones de residuos plásticos en el fondo del mar lo que provoca contaminación marina. El solo hecho de esta contaminación preocupa a los pescadores ya que los peces se alejan cada vez más de las playas y mares sucios en algunos casos esta contaminación causa que los peces y la flora marina mueran.



La zona del cauce del río Alameda, se ve afectado por la actividad agrícola que genera residuos de agroquímicos y fertilizantes. La tala de árboles y arbustos que los pobladores lo usan como leña para cocinar y para venderla, impacta negativamente sobre la flora y fauna de la quebrada y del mismo río.

Se debe prestar atención al crecimiento y desarrollo de la población humana y su presencia en las márgenes del río, generalmente viviendas con habitantes que generan contaminación tanto orgánica como inorgánica en lugares donde antes eran áreas verdes y de cultivo.

La Entidad Prestadora de Servicio y Saneamiento de Ayacucho (SEDA), debe de realizar proyectos de alcantarillado para todas las viviendas que se encuentran al margen del río Alameda, La Municipalidad Provincial de Huamanga debe de realizar manejos de residuos sólidos de las viviendas y de las pequeñas empresas que se encuentran en dicho margen del río. También es notorio la presencia de animales de granja (porcinos, aves de corral), que deben ser criados con responsabilidad por parte de sus propietarios. (4)

### **1.3.2. Planteamiento del problema**

Para efectuar el presente proyecto de investigación se procederá a recopilar información para conocer la real situación de la contaminación de las aguas del río Alameda en los últimos años, que permita recomendar acciones a la autoridad competente para la implementación de un plan de recuperación de la Microcuenca del Río Alameda (MRA).

La intervención se realizará estableciendo puntos de muestreo río arriba y río abajo a partir del puente BM2-GRA y el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá con las aguas del río Alameda.

La parte por donde discurren las aguas del río Alameda, próxima a los distritos de Carmen Alto y zona sur del distrito de Ayacucho es zona de recreación donde se ubica la Alameda de Valdelirios y soporta una presencia considerable de visitantes.

La producción de desperdicios orgánicos e inorgánicos en cantidades y volúmenes considerables y las actividades humanas (uso de detergentes y jabones en el lavado de ropa, vertido de aguas usadas, lubricantes y otros) que se producen en las zonas urbanas de los distritos de Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto, Mariscal Cáceres y Jesús de Nazareno, más el efluente de la Planta de Aguas Residuales La Totorá, son las causantes de la contaminación de las aguas del río.

Las aguas se usan río abajo con fines agrícolas y para bebida de animales, todo esto tiene como consecuencia la contaminación de las aguas, de las plantas de tallo corto y tallo largo, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) La "Totorá" descarga sus efluentes al río Alameda contaminando las plantas y aguas con coliformes fecales, dichas plantas se comercializan en los mercados de la ciudad causando enfermedades a las personas que consumen dichos vegetales. (id.4)

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.4.1. Problema general**

¿Cuál es el índice de calidad del agua del río Alameda de la provincia de Huamanga, en los meses de marzo a setiembre del año 2015?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

1. ¿Cuál es la concentración de los parámetros que determinan el índice de calidad en las aguas del río Alameda?
2. ¿Cuál es la condición del agua del río Alameda en función de los estándares de calidad ambiental (ECA)?

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

El conocimiento de la contaminación proveniente de las actividades humanas que causan efectos nocivos en las aguas del río Alameda, ayudará a establecer la calidad de sus aguas con la finalidad de prevenir problemas de contaminación que generan riesgos a la salud pública y ambiental.

Al margen del conocimiento que se tiene de las diferentes formas de contaminación que sufren las aguas del río Alameda, es común observar que dichas aguas se emplean para el riego de cultivos, lavado de ropas y otras

actividades. Esta situación real y tangible ha sido considerada para realizar este trabajo de investigación, con la finalidad de evaluar los parámetros del Índice de calidad del agua y los efectos nocivos para la salud humana y la biota. Además incentiva la formulación y ejecución del presente proyecto, la inacción de las autoridades locales y regionales para implementar medidas correctivas pertinentes.

El campo de aplicación de este trabajo de investigación se orienta a la evaluación de la presencia de agentes contaminantes en el río Alameda y si esta concentración se encuentra o no por encima de los ECA.

Según la normalización ISO 14000, la definición de Medio Ambiente viene hacer el entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, las aguas, la tierra, los recursos naturales, los seres humanos, la fauna, la flora y las interrelaciones entre cada una de ellas. Bajo esta definición determinamos la importancia de la conservación del medio ambiente para todos, no puede existir buena calidad de agua si el hombre lo contamina o no existirá buena salud humana si existen aguas contaminadas, el hombre es el ser racional encargado y llamado a evitar y controlar la contaminación del medio ambiente, pues el hombre mismo es quien manipula y transforma el medio ambiente.

El Estado Peruano vela por el medio ambiente y lo reglamenta en el artículo 67° de la constitución política, además emite el Código Nacional del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, aprobado por el Decreto Legislativo N° 613, en la que se indica la implementación de un Programa de Monitoreo del diagnóstico de contaminación, para comprobar las condiciones reales en las que se encontraban en la emisión de contaminantes al medio ambiente y que posteriormente con esta información podían elaborar un informe detallado para dar solución a estos problemas ambientales.

La Ley General de aguas, clasifica las aguas de acuerdo al uso que se le va dar, para el caso del río Alameda le corresponde la clase III (agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales). El desarrollo del presente estudio es factible técnica y administrativamente, porque se cuenta con las condiciones para ejecutar el proyecto.

## **1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar el índice de calidad del agua del río Alameda de la provincia de Huamanga en los meses de marzo a setiembre del año 2015.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

1. Determinar la concentración de los parámetros del Índice de calidad en las aguas del río Alameda.
2. Identificar la condición del agua del río Alameda, en función de los estándares de calidad ambiental (ECA).

## **1.7. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. Hipótesis general**

El índice de calidad del agua del río Alameda de la provincia de Huamanga es mala de acuerdo a los parámetros evaluados del índice de calidad del agua (ICA).

### **1.7.2. Hipótesis específicas**

1. La concentración de los parámetros que determinan el índice de calidad del agua del río Alameda se encuentra en niveles que causa efectos nocivos en la flora y fauna de la microcuenca.
2. La calidad de agua del río Alameda, en función de los parámetros evaluados no es apto para uso en riego de vegetales y consumo animal.

## **CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. ANTECEDENTES**

#### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

- **Investigación: Índice de calidad de agua en fuentes superficiales utilizados en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Revista Ingenieras Universidad de Medellín; volumen 8, N° 15. Artículo (p. 79-94): desarrollado por Patricia Torres, Camilo Hernán Cruz y Paola Janeth Patiño. 2009.**

#### **Resumen:**

El deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción, la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura.

Una herramienta son los Índices de calidad del agua (ICA); los de tipo multiplicativo son más sensibles a las variaciones en el tiempo y en el espacio, además permiten una comparación con la normativa vigente en la zona de estudio, como en el río Cauca que está expuesto a constantes variaciones de calidad.

Para el uso de estas fuentes para abastecimiento humano, valores entre 90-100 de la generalidad de los ICA implican tratamientos menores como solo desinfección, mientras que entre 50-90 requieren tratamiento convencional y en algunos casos tratamientos especiales que están asociados a mayores costos y complejidad. (5)

## **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

- **Investigación: Caracterización físico-química de los ríos de las cuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.** Revista *Sciendo*; volumen 10, N° 2. Artículo (p.31-40): desarrollado por Manuel Walter Ronal Pereda, Ivonne Ascencio Gabriel. La Libertad, 2008.

### **Resumen:**

En la actualidad muchos de los ríos del Perú, son utilizados como depósito final de la evacuación de aguas residuales de las empresas industriales, mineras y domésticas. Encontrándose notablemente modificadas en sus características físico químicas y en un estado de degradación general. La presente caracterización hidroquímica se realizó en las cuencas Perejil, Chuyugual y Caballo Moro (2330 y 4090 m.s.n.m. y E: 0792130 y 0815570 N: 9111590 y 9140160 UTM), en La Libertad, entre agosto y octubre del 2008, como parte del programa de monitoreo de estas cuencas (2008-2009) establecido por el Convenio UNT-AMAS-2008.

En total se establecieron 18 estaciones de muestreo, con 6 estaciones control y 12 estaciones problema, evaluándose los parámetros físicos químicos como: caudal (L/seg), temperatura (°C), pH, conductividad eléctrica (uS/cm), oxígeno disuelto (mg/L), nitritos (mg/L), nitratos (mg/L), amonio (mg/L), fosfatos (mg/L), color aparente (Unidades PCU). Respecto a la temperatura y el color aparente, los valores de comparación no se encuentran en nuestra legislación; el pH, nitratos y conductividad eléctrica cumplen con lo establecido en el DS 002-2008-MINAM.

Los nitritos, nitrógeno amoniacal y los fosfatos evidencian contaminación inorgánica, por descargas de aguas con residuos de detergentes y abonos orgánicos y las concentraciones de nitrógeno amoniacal sobre el límite permisible, está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües y también es un indicador de contaminación. En general estos ríos, están siendo alteradas en su condición físico-químico y este cambio se debería a influencias antrópicos, como las actividades extractivas establecidas en la superficie (minería), la ganadería y la agricultura, así como a la mala disposición de las aguas residuales de los centros poblados. (6)

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

- Investigación: **Características Físico-químicas y Determinación de la Calidad del Agua del Río Yucaes, Ayacucho**, desarrollado por Tarcila Alcarraz Alfaro, Gloria Barboza Palomino, Alcira Córdova Miranda, Anna Zegara Vila en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, el año 2013.

#### **Resumen**

Para determinar las características fisicoquímicas y el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Yucaes se establecieron 4 estaciones de muestreo en el tramo de la comunidad de Muyurina, teniendo en cuenta la contaminación por las actividades antropogénicas y la confluencia con el río Muyurina aparentemente más contaminado.

Los parámetros de pH, temperatura, conductividad y turbidez se midieron con equipos portátiles en los lugares de muestreo. La salinidad, acidez, cloruros y dureza se determinaron mediante análisis químico por volumetría. Los sólidos totales y sólidos suspendidos por método gravimétrico. Nitratos, nitritos, fosfatos, Demanda Química de Oxígeno (DQO), por espectrofotometría UV-Visible y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) por el método Winkler. Con 8 parámetros de estos se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) para cada estación y meses de muestreo.

Las características fisicoquímicas determinadas de las aguas del río Yucaes están dentro de los estándares de calidad de aguas para riego de vegetales y bebida de animales, según las normas legales publicadas en el diario "El Peruano" de julio 2008. Asimismo el Índice de Calidad del Agua (ICA) para el río Yucaes resultó de buena calidad antes de la confluencia, por estos resultados consideramos que la investigación realizada es un aporte importante para las autoridades y usuarios (agricultores, consumidores y público en general que acude al valle de Muyurina). (7)

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. EL AGUA**

El agua (del latín *aqua*) es una sustancia cuya molécula está formada por dos

átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor. (8)

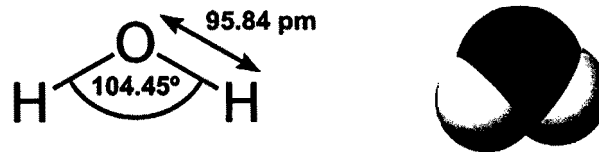


FIGURA 2.1: Molécula del Agua

#### 2.2.1.1. Propiedades del agua

El agua es una sustancia que químicamente se formula como  $H_2O$ , es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno.

Fue Henry Cavendish quien descubrió en 1781 que el agua es una sustancia compuesta y no un elemento, como se pensaba desde la Antigüedad. Los resultados de dicho descubrimiento fueron desarrollados por Antoine Laurent de Lavoisier, dando a conocer que el agua estaba formada por oxígeno e hidrógeno. En 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista y geógrafo alemán Alexander Von Humboldt demostraron que el agua estaba formada por dos volúmenes de hidrógeno por cada volumen de oxígeno ( $H_2O$ ).

##### a) Propiedades físicas

El agua es un líquido inodoro e insípido. Tiene un cierto color azul cuando se concentra en grandes masas. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de fusión del agua pura es de  $0^{\circ}C$  y el punto de ebullición es de  $100^{\circ}C$ , cristaliza en el sistema hexagonal, llamándose nieve o hielo según se presente de forma esponjosa o compacta, se expande al congelarse, es decir aumenta de volumen, de ahí que la densidad del hielo sea menor que la del agua y por ello el hielo flota en el agua líquida. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de  $4^{\circ}C$ , que es de  $1g/cc$ .

Su capacidad calorífica es superior a la de cualquier otro líquido o sólido, siendo su calor específico de  $1 cal/g$ , esto significa que una masa de agua puede



absorber o desprender grandes cantidades de calor, sin experimentar apenas cambios de temperatura, lo que tiene gran influencia en el clima (las grandes masas de agua de los océanos tardan más tiempo en calentarse y enfriarse que el suelo terrestre). Sus calores latentes de vaporización y de fusión (540 y 80 cal/g, respectivamente) son también excepcionalmente elevados.

### b) Propiedades químicas

El agua es el compuesto químico más familiar para nosotros, el más abundante y el de mayor significación para nuestra vida. Su excepcional importancia, desde el punto de vista químico, reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, no solo en organismos vivos, sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en el laboratorio y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua, esto es en disolución. Normalmente se dice que el agua es el disolvente universal, puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en ella.

No posee propiedades ácidas ni básicas, combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas. (id.8)

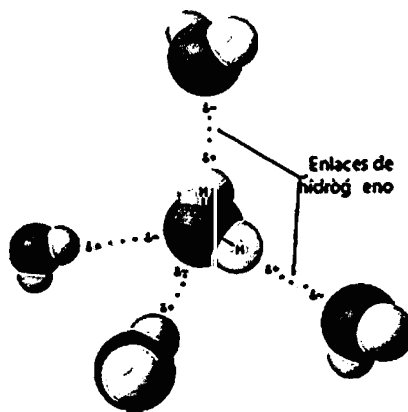


FIGURA 2.2: Enlaces de hidrógeno entre moléculas de agua.

#### 2.2.1.2. Tipos de agua

El agua se puede presentar en estado sólido, líquido o gaseoso, siendo una de las pocas sustancias que pueden encontrarse en todos ellos de forma natural. El agua adopta formas muy distintas sobre la tierra: como vapor de agua, conformando parte de la atmósfera; como agua marina, eventualmente en forma de icebergs en los océanos; en glaciares y ríos en las montañas, y en los

acuíferos subterráneos su forma líquida. El agua recibe diversos nombres, según su forma y características: (id.8)

- **Según su estado físico:**
  - Hielo (estado sólido)
  - Agua (estado líquido)
  - Vapor (estado gaseoso)
- **Partículas de agua en la atmósfera**
  - Partículas en suspensión
  - Nubes
  - Niebla
  - Bruma
- **Partículas en ascenso (impulsadas por el viento)**
  - Ventisca
  - Nieve revuelta
- **Según su circunstancia**
  - Agua subterránea
  - Agua de deshielo
  - Agua meteórica
  - Agua inherente – la que forma parte de una roca
  - Agua fósil
  - Agua dulce
  - Agua superficial
  - Agua mineral – rica en minerales
  - Agua salobre ligeramente salada
  - Agua muerta
  - Agua de mar
  - Salmuera
- **Según sus usos**
  - Agua entubada
  - Agua embotellada
  - Agua potable
  - Agua purificada
- **Atendiendo a otras propiedades**
  - Agua blanda
  - Agua dura

- Agua de cristalización
- Hidratos
- Agua pesada
- Agua de tritio
- Agua negra
- Aguas grises
- Agua disfórica
- **Según la microbiología**
  - Agua potable
  - Agua residual
  - Agua lluvia o agua de superficie.

### **2.2.2. Problemática del agua dulce**

Las aguas dulces que podemos aprovechar son superficiales, como los ríos y lagos, y subterráneas, conocidas como acuíferos. También se puede recoger el agua de lluvia y almacenarla, afortunadamente, la naturaleza nos permite disponer de agua todo el año. Parte de la lluvia queda retenida en los suelos y es liberada después, lentamente, a través de los ríos y acuíferos. Para disponer de agua en los periodos secos hemos de cuidar tanto que el agua sea bien almacenada por el suelo como de la salud de los ríos y acuíferos.

La vegetación cumple un papel fundamental en estos aspectos. Cuando llueve sobre suelos desnudos el agua corre velozmente por su superficie, llena los cauces rápidamente, acrecentando el peligro de inundaciones, y la mayor parte acaba en poco tiempo en el mar. Sin embargo, cuando el suelo está cubierto de vegetación, sean bosques, matorral o prados, el agua es frenada por las propias plantas, que hacen de barreras, dando tiempo a que el suelo absorba buena parte de la lluvia, se empape, y se enriquezcan los acuíferos.

Después debemos cuidar los ríos y los acuíferos, evitando su contaminación y el consumo excesivo de agua, para garantizar que sigamos disponiendo de agua dulce en los periodos secos. Los ríos son mucho más que simples canales por los que el agua se transporta de un lugar a otro. Son complejos ecosistemas en los que la interacción de los diferentes elementos que los integran conformando un formidable patrimonio natural.

En ocasiones escuchamos que el agua que no se utiliza se 'pierde en el mar', cuando el desagüe natural de los ríos tiene una gran importancia tanto para la conservación de ciertos ecosistemas naturales como para muchas actividades humanas. El agua de los ríos en sus desembocaduras contribuye, en muchos casos, a la recarga de los acuíferos subterráneos, mejorando así estas importantes reservas. También influye en el clima, especialmente en el régimen de precipitaciones. (9)

### **2.2.3. Fuentes de agua**

El agua existe en casi todas partes en el planeta, y una de las cualidades que hacen que sea esencial para la vida es la capacidad de existir como un sólido, líquido y gas dentro de un estrecho rango de temperaturas. El agua líquida cubre la mayor parte de la superficie de la Tierra y existe debajo de la tierra. El vapor de agua forma parte de la atmósfera, y el agua sólida cubre las capas de hielo en ambos polos. Todos proporcionan a los seres humanos con el agua que necesitan para vivir.

El 97% del agua de la superficie del mundo está en los océanos, cubriendo el 71% de la superficie del globo. El agua dulce en lagos y ríos da cuenta del otro 1%. El agua del océano es 220 veces más salada que el agua dulce. De acuerdo con el Servicio Geológico de EE.UU. (USGS, por sus siglas en inglés), evaporar un pie cúbico (0,02 m cúbicos) de agua de mar produce 2,2 libras (0,99 kg) de sal, mientras que una muestra similar de un lago de agua dulce producirá sólo una centésima parte de una libra. La sal en los océanos es una combinación de sales minerales y materia biológica decaída que se ha acumulado por tanto como 500 millones de años. (10)

### **2.2.4. El Agua en el Perú**

El Perú cuenta con 106 cuencas hidrográficas por las que escurren 2'043.548,26 millones de metros cúbicos (MMC) al año. Asimismo, cuenta con 12.200 lagunas en la sierra y más de 1.007 ríos, con los que se alcanza una disponibilidad media de recursos hídricos de 2,458 MMC concentrados principalmente en la vertiente amazónica. Sin embargo, su disponibilidad en el territorio nacional es irregular, puesto que casi el 70% de todo el agua precipitada se produce entre los meses de diciembre y marzo, contrastando con épocas de extrema aridez en algunos

meses. Además, muchas lagunas han sufrido el impacto de la contaminación por desechos mineros, agrícolas y urbanos, y el asentamiento de pueblos o centros recreativos en sus orillas.

Nuestro país cuenta con tres vertientes hidrográficas: la del Atlántico (genera 97,7% de los recursos hídricos), la vertiente del Pacífico (1,8% de los recursos hídricos) y la vertiente del Titicaca (el restante 0,5%). Paradójicamente, la población está ubicada en su mayoría en la vertiente del Pacífico, generando un problema de estrés hídrico: situación donde existe una demanda mayor de agua que la cantidad disponible, o cuando el uso del agua se ve restringido por su baja calidad.

De hecho, el balance hídrico realizado en la vertiente del Pacífico para proyectar los requerimientos de agua y la oferta de esta, indica que, si bien en agregado se cubre la demanda de agua, en más del 68% de las cuencas de la vertiente el balance es negativo. Por ejemplo, 9 de cada 10 peruanos vive en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas; y 1 de cada 2 se asienta en la costa.

De esta manera, aunque el Perú cuenta con la mayor disponibilidad per cápita de agua dulce renovable en América Latina (74,546 MMC/persona al año), la distribución de los recursos hídricos es asimétrica. La concentración de núcleos urbanos y de las actividades productivas en las tres vertientes hidrográficas genera una situación donde la demanda por recursos hídricos es máxima en las zonas donde la disponibilidad y el abastecimiento de agua son más escasos. (11)

### **2.2.5. Contaminación del agua**

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural. El agua que procede de ríos, lagos y quebradas es objeto de una severa contaminación, muchas veces producto de las actividades del hombre.

El agua es un elemento esencial de la naturaleza, contribuye al bienestar general del hombre, de los animales y de las plantas. Es uno de los pocos elementos sin los cuales no podría mantenerse la vida en el planeta.

Los residuos de plástico que son arrojados al mar matan a un millón de animales al año. La contaminación de pozos y acuíferos tiene consecuencias perjudiciales para la salud humana y degradan el medio marino. Muchos animales marinos y aves mueren al tragar desechos que flotan, porque creen que es comida.

Los ríos y mares poseen una elevada capacidad de reciclarse a sí mismos. Las bacterias que componen el agua descomponen los desechos orgánicos, que alimentan a peces y plantas. Gracias a su actividad estos seres vivos hacen que el oxígeno y el carbono retornen a la biosfera.

Existen varias fuentes de contaminación hídrica a causa de actividades domésticas, industriales o agrícolas. Ríos y canales son contaminados por los desechos del alcantarillado, residuos industriales, detergentes y pesticidas que se escurren en tierras agrícolas.

A medida que crecen las poblaciones, se complican los ciclos ecológicos de las aguas. Los habitantes de zonas urbanas descargan sus residuos en ríos que en muchas ocasiones no son depurados y las industrias liberan sin control sustancias que las bacterias son incapaces de eliminar.

Otro gran problema del agua es el mal uso que se le ha dado. Se utiliza agua potable para regar sembrados, para disfrute y recreación, y para diversos usos domésticos e industriales. Se olvida muchas veces, que este es un recurso no renovable y vital para el hombre y los seres vivos.

#### **Principales contaminantes del agua**

- Los agentes patógenos: algunas bacterias, virus y parásitos, provenientes de desechos orgánicos, que entran en contacto con el agua.
- Los desechos que requieren oxígeno: algunos desperdicios pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Cuando existen grandes poblaciones de estas bacterias pueden llegar a

agotar el oxígeno del agua, matando toda la vida acuática.

- Las sustancias químicas inorgánicas como los ácidos y los compuestos de metales tóxicos envenenan el agua.
- Las sustancias químicas orgánicas como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes amenazan la vida en el agua.
- Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. Estas mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y provocando la muerte de varias especies marinas.
- La mayor fuente de contaminación proviene de los sedimentos o materia suspendida que enturbian el agua.
- El aumento de la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, vulnerando la supervivencia de los organismos acuáticos.

Algunos datos:

- Más de 5 millones de personas mueren cada año por beber agua contaminada.
- El 90% del agua que consume la población mundial es agua subterránea.
- 4 litros de pintura o 1 litro de aceite para coches penetran en la tierra y contaminan 1 millón de litros de agua potable.
- 4 litros de gasolina derramados en la tierra contaminan 3 millones de litros de agua. (12)

### **2.3. CALIDAD DE AGUA**

La calidad del agua está definida por la presencia de diversas sustancias de naturaleza biológica, física y química. La calidad del agua potable está definida por parámetros físicos, químicos y bacteriológicos cuya concentración o presencia en el agua la hacen apta para el consumo humano, y no significa riesgo para la salud de las personas.

La norma sobre calidad del agua nacional vigente, establece un valor máximo permisible para cada parámetro, los que constituyen los estándares de calidad del agua. Los estándares de calidad sirven como referencia de la calidad del producto que se ofrece, están dados por valores, por encima de los cuales la calidad no es la óptima. (13)

## **2.4. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**

### **2.4.1. Fosfatos**

Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de sodio, potasio y amonio.

En la naturaleza existen numerosos minerales del grupo de los fosfatos (250 aproximadamente) pero la mayoría de ellos son muy raros y sin ninguna importancia económica. Geológica y técnicamente es un mineral importante, principal portador del ácido fosfórico en el reino mineral; muy difundido en toda suerte de yacimientos del más variado origen, por su importancia como elemento constitutivo de las rocas eruptivas de toda especie y acompañante de los minerales metálicos.

Es un componente de numerosas moléculas importantes para el organismo (por ejemplo ATP y ADN). En el metabolismo intermediario de todas las células del cuerpo asume una tarea importante, en forma de ácido fosfórico. La transformación, utilización y acumulación de energía se realiza por desgaste y síntesis de adenosín-trifosfato (ATP).

Para la transmisión de información genética desempeña el fósforo un papel importante en forma de ácido nucleico (ADN). Además el fósforo garantiza un valor pH constante (equilibrio ácido-básico) de la sangre. Funciona de amortiguador regulando el pH. En conexión con el calcio asume funciones de apoyo del tejido óseo. Ahí se encuentra la mayor cantidad de fósforo. (id.2)

### **2.4.2. Oxígeno disuelto (OD)**

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.



El oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire que se ha disuelto en el agua, por lo que están muy influidos por las turbulencias del río (que aumentan el OD) o ríos sin velocidad (en los que baja el OD).

Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas, por lo que ríos con muchas plantas en días de sol pueden presentar sobresaturación de OD. Otros factores como la salinidad, o la altitud (debido a que cambia la presión) también afectan los niveles de OD.

Además, la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) depende de la temperatura. El agua más fría puede contener más oxígeno en ella que el agua más caliente. Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 7 y 12 partes por millón (ppm o mg/L). A veces se expresan en términos de Porcentaje de Saturación.

Los niveles bajos de OD pueden encontrarse en áreas donde el material orgánico (vertidos de depuradoras, granjas, plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren oxígeno para descomponer desechos orgánicos y por lo tanto, disminuyen el oxígeno del agua. (14)

### **2.4.3. Potencial de hidrógeno (pH)**

Una de las constantes homeostáticas más importantes del organismo es la relacionada con el equilibrio en las concentraciones de los hidrogeniones ( $H^+$ ) y los hidroxilos ( $OH^-$ ), constituyentes fundamentales del agua, considerada como el solvente universal ideal.

Cuando la cantidad de hidrogeniones es igual a la cantidad de hidroxilos, estamos hablando del agua pura. Si la solución acuosa presenta una mayor concentración de hidroxilos que de hidrogeniones, estaremos ante una solución alcalina (o base) y cada vez más alcalina, entre mayor cantidad de hidroxilos disueltos presenta la solución.

Por el contrario, si la solución acuosa presenta una mayor concentración de hidrogeniones que de hidroxilos, estaremos hablando de una solución ácida, y cada vez más ácida entre mayor cantidad de hidrogeniones disueltos tenga.

La relación entre los hidrogeniones y los hidroxilos determina lo que se denomina la reacción activa de la solución. En realidad, cualquier compuesto capaz de liberar, una vez se ionice, un ion hidrógeno se denomina ácido, mientras que cualquier sustancia capaz de aceptar un ion hidrógeno se le cataloga como base. (15)

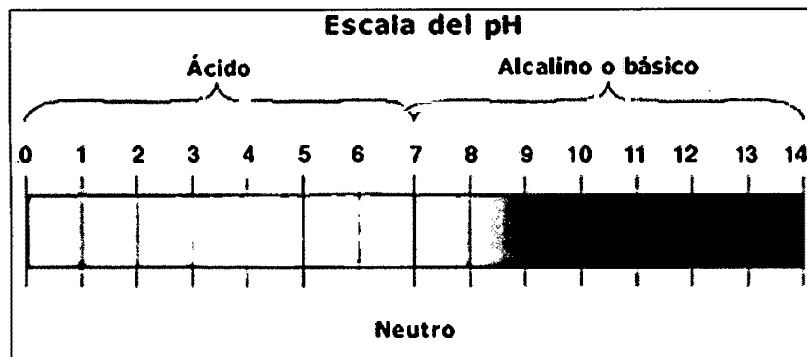


FIGURA N°2.3: Escala del pH.

#### 2.4.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción ( $DBO_5$ ) y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $mgO_2/L$ ).

El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. La curva de consumo de oxígeno suele ser al principio débil y después se eleva rápidamente hasta un máximo sostenido, bajo la acción de la fase logarítmica de crecimiento de los microorganismos.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras. No es aplicable, sin embargo, a las aguas potables, ya que al tener un contenido tan

bajo de materia oxidable la precisión del método no sería adecuada. En este caso se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.

Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ). Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. (16)

#### **2.4.5. Nitratos**

Los nitratos son sales o ésteres del ácido nítrico  $HNO_3$ . En los nitratos está presente el anión  $NO_3^-$ . El nitrógeno en estado de oxidación +5 se encuentra en el centro de un triángulo formado por los tres oxígenos. La estructura es estabilizada por efectos mesoméricos.

Los nitratos inorgánicos se forman en la naturaleza por la descomposición de los compuestos nitrogenados como las proteínas, la urea, etc. En esta descomposición se forma amoníaco o amonio respectivamente. En presencia de oxígeno éste es oxidado por microorganismos de tipo nitrobacter a ácido nítrico que ataca cualquier base (generalmente carbonatos) que hay en el medio formando el nitrato correspondiente.

Otra fuente de formación es a través de los óxidos de nitrógeno que se generan en las descargas eléctricas de las tormentas a partir del nitrógeno y del oxígeno del aire. Con el agua de la lluvia de nuevo se forma ácido nítrico que ataca los carbonatos y otros minerales básicos que encuentra en el medio para formar los nitratos correspondientes.

Los nitratos orgánicos son ésteres del ácido nítrico con alcoholes. El nitrato orgánico más conocido es, probablemente, la nitroglicerina, formada a partir de una mezcla de glicerina, ácido nítrico y ácido sulfúrico concentrado. (17)

#### **2.4.6. Coliformes fecales y coliformes totales**

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860. Von Escherich la bautizó como *bacterium coli* ("bacteria del intestino", del griego *κολων*, *kolon*, "intestino"). Con posterioridad, la microbiología sistemática nombraría el género *Escherichia* en honor a su descubridor.

El grupo contempla a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas:

1. Ser aerobias o anaerobias facultativas.
2. Ser bacilos Gram negativos.
3. No ser esporógenas.

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, aún existen muchos coliformes de vida libre.

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

Asimismo, el número de coliformes fecales en el agua es directamente proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aislan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces. Los **coliformes totales** comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales son aquellos de origen intestinal. (18)

#### **2.4.7. Temperatura**

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.

En el caso de un sólido, los movimientos en cuestión resultan ser las vibraciones de las partículas en sus sitios dentro del sólido. En el caso de un gas ideal monoatómico se trata de los movimientos traslacionales de sus partículas (para los gases multiatómicos los movimientos rotacional y vibracional deben tomarse en cuenta también).

La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el kelvin (K), y la escala correspondiente es la escala Kelvin o escala absoluta, que asocia el valor «cero kelvin» (0 K) al «cero absoluto», y se gradúa con un tamaño de grado igual al del grado Celsius. Sin embargo, fuera del ámbito científico el uso de otras escalas de temperatura es común.

La escala más extendida es la escala Celsius, llamada «centígrada»; y, en mucha menor medida, y prácticamente solo en los Estados Unidos, la escala Fahrenheit. También se usa a veces la escala Rankine (°R) que establece su punto de referencia en el mismo punto de la escala Kelvin, el cero absoluto, pero con un tamaño de grado igual al de la Fahrenheit, y es usada únicamente en Estados Unidos, y solo en algunos campos de la ingeniería. (19)

#### **2.4.8. Sólidos disueltos totales (SDT)**

Es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de

suspensión micro-granular (sol coloide). En general, la definición operativa es que los sólidos deben ser lo suficientemente pequeño como para sobrevivir filtración a través de un filtro con poros de 2 micrómetros (tamaño nominal, o más pequeño).

EL total de sólidos disueltos se diferencia del total de sólidos en suspensión (TSS), ya que este último se compone de sustancias que no pueden pasar a través de un filtro de dos micrómetros, aunque estas sean también suspendidas indefinidamente en una solución líquida. El término "sólidos sedimentables" se refiere a materiales de cualquier tamaño que no se mantienen suspendidos o disueltos en un tanque de retención que no está sujeto a movimiento, y por lo tanto excluye a sólidos disueltos totales y total de sólidos en suspensión. Sólidos sedimentables pueden incluir partículas grandes o moléculas insolubles.

El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  (o más pequeños).

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón, se ha establecido un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos para el agua potable en los Estados Unidos. Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas. SIGLER *et al* (2014). (20)

#### **2.4.9. Total de sólidos suspendidos (TSS)**

Se entiende por Total de sólidos en suspensión o TSS a un parámetro utilizado en la calificación de la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/L), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del

líquido. Algunas veces se asocia a la turbidez del agua.

Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.

Una muestra bien mezclada se pasa a través de un filtro estándar de fibra de vidrio, previamente pesado, y el residuo retenido se seca a 103-105°C hasta peso constante. El incremento de peso del filtro representa el total de sólidos suspendidos.

Si el material suspendido taponara el filtro y prolonga la filtración, la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos disueltos totales puede dar un estimado de los sólidos suspendidos totales. Este método es aplicable a aguas potables, superficiales, y salinas, aguas residuales domésticas e industriales y lluvia ácida, en un intervalo de 4 a 20 mg/L. (21)

#### **2.4.9. Turbiedad**

Se entiende por turbiedad a la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el líquido (generalmente se hace referencia al agua), más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad.

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son: presencia de fitoplancton, y/o crecimiento de las algas; presencia de sedimentos procedentes de la erosión; presencia de sedimentos resuspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa); descarga de efluentes, como por ejemplo escorrentías urbanas, mezclados en el agua que se analiza; límite de turbidez del agua para consumo humano.

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará

idealmente por debajo de 1 NTU. Los sistemas filtrantes, de las plantas de tratamiento del agua para consumo humano deben asegurar que la turbidez no supere 1 NTU (0.6 NTU para filtración convencional o directa) en por lo menos 95% de las muestras diarias de cualquier mes.

Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente, mientras que se favorece la multiplicación de otros. Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar la concentración de oxígeno más aún. (22)

#### **2.4.10. Salinidad**

La salinidad es el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua. Dicho de otra manera, es válida la expresión salinidad para referirse al contenido salino en suelos o en agua. El sabor salado del agua se debe a que contiene cloruro de sodio (NaCl). El porcentaje medio que existe en los océanos es de 3,5% (35 gramos por cada litro de agua). Además esta salinidad varía según la intensidad de la evaporación o el aporte de agua dulce de los ríos aumenta en relación a la cantidad de agua.

La acción y efecto de disminuir o aumentar la salinidad se denomina desalinización y salinización, respectivamente. Por cierto, la mayoría de los lagos son de agua dulce. Pero, en las masas de agua de mayor salinidad, es más posible flotar con facilidad. Aunque, aun así en la hidrósfera, se ha comprobado que la mayor parte de la agua, es salada.

Este proceso de evaporación es más intenso en las zonas tropicales, y menor en las zonas polares. Las aguas superficiales son más saladas porque la evaporación hace que la concentración de sal aumente. El contenido salino de muchos lagos, ríos, o arroyos es tan pequeño, que a esas aguas se las denomina agua dulce. El contenido de sal en agua potable es, por definición, menor a 0,05 % si no, el agua es señalada como salobre, o definida como salina si contiene de 3 a 5 % de sal en volumen. Por encima de 5% se la considera salmuera. El océano es naturalmente salino con aproximadamente 3,5 % de sal.



Algunos lagos o mares son más salinos. El mar Muerto, por ejemplo, tiene un contenido superficial de alrededor del 15 %. (23)

#### **2.4.11. Conductividad**

Conductividad es la propiedad de aquello que es conductivo (es decir, que tiene la facultad de conducir). Se trata de una propiedad física que disponen aquellos objetos capaces de transmitir la electricidad o el calor.

La conductividad eléctrica, por lo tanto, es la capacidad de los cuerpos que permiten el paso de la corriente a través de sí mismos. Esta propiedad natural está vinculada a la facilidad con la que los electrones pueden atravesarlos y resulta inversa a la resistividad. Es importante diferenciar entre la conductividad y la conductancia (la aptitud de un cuerpo para conducir la corriente entre distintos puntos). La conductancia es la propiedad de la resistencia.

En los líquidos, la conductividad está vinculada a la existencia de sales en etapa de solución ya que, con su disociación, se producen iones negativos y positivos que pueden trasladar la energía eléctrica cuando el líquido es sometido a un campo eléctrico. Dichos conductores iónicos reciben el nombre de electrolitos.

En el caso de los sólidos, los materiales con capacidad de conductividad son los que tienen bandas de valencia que se superponen con la conducción y crean una nube de electrones libres que generan la corriente al estar sometidos al campo eléctrico.

La conductividad térmica, por último, es la propiedad de los cuerpos capaces de conducir el calor. El proceso implica la transferencia de la energía cinética de molécula a molécula. La propiedad inversa a la conductividad térmica recibe el nombre resistencia térmica (la capacidad de un material para generar oposición al transporte del calor). (24)

#### **2.5. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA**

El Índice de calidad del agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en

tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100%.

El ICA fue desarrollado de acuerdo con las siguientes etapas: La primera etapa consistió en crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua. La segunda involucró el desarrollo de una escala de calificación para cada parámetro de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación. Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon los modelos matemáticos para cada parámetro, los cuales convierten los datos físicos en correspondientes índices de calidad por parámetro ( $I_i$ ). Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia en la calidad del agua, este hecho se modeló introduciendo pesos o factores de ponderación ( $W_i$ ) según su orden de importancia respectivo. Finalmente, los índices por parámetro son promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua.

El propósito de los índices de calidad de aguas (ICA), es simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (National Sanitation Foundation – NSF 1970).

Los ICA tienen como objeto estimar (valores entre 0 y 1) el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico continental. Con ello se pretende reconocer problemas de contaminación de una forma ágil, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables físicas químicas determinadas; esto se resalta cuando hay que realizar una gran cantidad de evaluaciones de forma periódica.

**Tabla 2.1:** Parámetros del Índice de Calidad del Agua (ICA)

| <b>Parámetro</b>                                     | <b>Peso (Wi)</b> |
|--|------------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)                  | 5.0              |
| Oxígeno disuelto                                     | 5.0              |
| Coliformes fecales                                   | 4.0              |
| Coliformes totales                                   | 3.0              |
| Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes) | 3.0              |
| Conductividad eléctrica                              | 2.0              |
| Fosfatos totales ( $\text{PO}_4^{-3}$ )              | 2.0              |
| Grasas y aceites                                     | 2.0              |
| Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ )                | 2.0              |
| Nitrógeno en nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ )         | 2.0              |
| Alcalinidad  | 1.0              |
| Color  | 1.0              |
| Dureza total   | 1.0              |
| Potencial de Hidrógeno (pH)                          | 1.0              |
| Sólidos suspendidos                                  | 1.0              |
| Cloruros ( $\text{Cl}^{-1}$ )                        | 0.5              |
| Sólidos disueltos                                    | 0.5              |
| Turbiedad  | 0.5              |

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, Buenos Aires, Argentina.1999.

El procedimiento para definir uno u otro índice sigue de manera general los siguientes pasos:

- Selección de las variables físicas y químicas.
- Asignación de valores de calidad (0 a 1) a diferentes concentraciones de las variables, o establecimiento de una relación (ecuación) entre índice – variable.
- Asignación de coeficientes de ponderación (importancia para cada variable).

Las variables físico químicas que se involucraron en el cálculo de los ICA recayeron en condiciones generales de la calidad del agua y no en contaminantes específicos. Acorde con el índice obtenido, la calidad de un cuerpo de agua según el INSF queda definida como:

Excelente : 91 –100

Buena : 71 –90

Regular : 51 – 70

Mala : 26 –50

Pésima : 0 -25

Algunas de las variables incluidas en estos índices merecen cuestionamiento,

este es el caso de la temperatura, la cual varía de forma natural con la altitud y épocas del año, Behar et al (1997) plantean inquietudes por la presencia de nitratos, otras variables como las impurezas aparentes constituyen una escala subjetiva. (25)

### 2.5.1. Índices fisicoquímicos y microbiológicos de calidad de las aguas

Mediante estos índices se va a obtener un valor numérico adimensional que engloba las magnitudes de ciertos parámetros individuales, cuyo número y tipo varía según el índice. Se usan para evaluar la calidad de un agua y su evolución con el tiempo y tienen como inconveniente su poca robustez debido a que simplifican mucho la calidad al definirla mediante un único valor numérico. Los parámetros más comúnmente utilizados en los índices se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 2.2:** Parámetros utilizados en los Índices Fisicoquímicos de Calidad de aguas (ICA).

|                                   |  |   |
|-----------------------------------|--|---|
| <b>Parámetros organolépticos</b>  | Color, Turbidez, Olor, Sabor   |   |
| <b>Parámetros físicos</b>         | Sólidos Totales (residuo seco)   | Sólidos Suspendidos (sedimentables y no sedimentables)                          |
|                                   |  | Sólidos filtrables (coloidales y disueltos)                                     |
|                                   | Temperatura, Conductividad, Radiactividad  |   |
| <b>Parámetros químicos</b>        | Salinidad, Dureza, pH, Alcalinidad, Acidez, Oxígeno Disuelto, Materia Orgánica, DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), COT (carbono orgánico total) Bionutrientes (N,P) |   |
|                                   | Otros Compuestos   | Metales pesados, Aniones y Cationes, Sustancias indeseables, Sustancias tóxicas |
| <b>Parámetros microbiológicos</b> | Indicadores  | Coliformes (totales y fecales), Streptococos fecales, Enterococos fecales       |
|                                   | Ensayos específicos (salmonela, legionela ...)   |   |

Fuente: Índices Globales de Calidad de las Aguas. Milariun Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Catalán España. 2004.

En las tablas 2.3 y 2.4 se muestran a continuación algunos valores típicos que toman estos parámetros y una comparación entre las aguas subterráneas y superficiales relativa a los mismos:

**Tabla 2.3:** Análisis típico de calidad de agua bruta dulce.

| PARÁMETRO                      | Río<br>(curso<br>alto) | Río<br>(curso<br>bajo) | Acuífero<br>calizo | Acuífero de<br>arena o<br>arcilla |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| pH                             | 6                      | 7.5                    | 7.2                | 7.8                               |
| Sólidos totales (mg/L)         | 50                     | 400                    | 300                | 525                               |
| Alcalinidad (mg/L)             | 20                     | 175                    | 110                | -                                 |
| Dureza (mg/L)                  | 10                     | 200                    | 200                | 350                               |
| Color (UC)                     | 70                     | 40                     | <5                 | <3                                |
| Turbidez (NTU)                 | 5                      | 50                     | <5                 | 0.1                               |
| Coliformes totales (en 100 mL) | 20                     | 2000                   | 5                  | detectable                        |

Fuente: Índices Globales de Calidad de las Aguas. Milariun Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Catalán España. 2004.

**Tabla 2.4:** Comparación de calidad de agua superficial y subterránea.

| Parámetro                             | Agua superficial                                   | Agua subterránea                         |
|---------------------------------------|--|--|
| Temperatura                           | Varía con estación                                 | Constante                                |
| Turbidez y sólidos suspendidos        | Varía y suele ser alta<br>Varía (suelo, lluvia...) | Baja o nula<br>Constante y niveles altos |
| Contenido mineral Fe, Mn y divalentes | Algo<br>Poco                                       | Siempre alto                             |
| Dióxido de carbono                    | Saturación   | (sin) Siempre algo                       |
| Oxígeno disuelto                      | contaminación)                                     | Bajo, requiere aireación                 |
| Amonio                                | Sólo en agua contaminada                           | En aumento                               |
| Sulfuro de hidrógeno                  | Nada   | Normalmente algo                         |
| Sílice                                | Niveles moderados                                  | Ausente                                  |
| Nitrato                               | Ausente  | En aumento                               |
| Organismos vivos                      | Puede tener altos niveles                          | Normalmente nada                         |

Fuente: Índices Globales de Calidad de las Aguas. Milariun Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Catalán España. 2004.

Los índices fisicoquímicos más utilizados en la actualidad son: el índice de calidad general (ICG), el índice simplificado de calidad de aguas (ISQA) y el índice automático de calidad de aguas (IAQA). (26)

### 2.5.2. Índice de Calidad General (ICG)

Es el índice más empleado en España. Es una adaptación del índice Lamontagne y Provencher del Servicio de Calidad de las Aguas del Ministerio de Riquezas Naturales del Estado de Quebec en Canadá. Es un valor adimensional obtenido a partir de 23 parámetros procesados mediante ecuaciones lineales, de los cuales 9 se utilizan siempre (básicos) y 14 según su influencia en la calidad (complementarios). Los 9 parámetros básicos son: coliformes totales, conductividad, DBO, DQO-Mn, fósforos totales, sólidos en suspensión, nitratos, oxígeno disuelto y pH.

El índice de calidad general se puede expresar como:

$$ICG = \sum [F_1 \cdot (K_i) \cdot F_2 \cdot (K_i)]$$

En donde:

- $K_i$ : valor analítico de cada parámetro, siendo  $i = 1, 2, 3, \dots, 23$
- $F_1$ : función que transforma el valor analítico de cada parámetro en un valor adimensional. Se obtiene de esta forma el nivel de calidad ( $Q_i$ ).
- $F_2$ : función que pondera la influencia de cada parámetro en el global del índice. Se obtiene así el peso específico de cada parámetro ( $P_i$ ):

$P_i = [(1 / a_i) / \sum (1 / a_i)]$ ; siendo  $a_i = 1$  (muy importante) hasta  $a_i = 4$  (poco importante)

Por tanto, el ICG se puede expresar finalmente como:

$$ICG = \sum (Q_i \cdot P_i)$$

Un parámetro complementario se utilizará si su  $Q_i < 60$ , es decir, si tiene una influencia negativa alta dentro de la calidad del agua. Si algún parámetro tiene  $Q_i = 0$  se considera agua contaminada. (id.26)

La clasificación de las aguas en función de su ICG se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.5:** Clasificación de las aguas en función de su ICG.

| ICG                 | Calidad del agua                       |
|---------------------|--|
| ICG = 100           | Excelente                              |
| $85 \leq ICG < 100$ | Muy buena                              |
| $75 \leq ICG < 85$  | Buena                                  |
| $65 \leq ICG < 75$  | Utilizable                             |
| $50 \leq ICG < 65$  | Mala (limitaciones en su uso)          |
| $ICG < 50$          | Pésima (graves limitaciones en su uso) |

Fuente: Índices Globales de Calidad de las Aguas. Miliarin Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Catalán España. 2004.

### 2.5.3. Índice Simplificado de Calidad de Aguas (ISQA)

Índice muy fácil de utilizar que proporciona una idea rápida e intuitiva de la calidad, pero que precisa ser completado con otros índices para obtener una visión real de la situación. Se obtiene a partir de una sencilla fórmula que combina 5 parámetros fisicoquímicos:

$$ISQA = E \cdot (A + B + C + D)$$

En donde:

- E: temperatura del agua (T en °C). Puede tomar valores comprendidos entre 0,8 y 1 según:
  - $E = 1$  si  $T \leq 20$  °C
  - $E = 1 - (T - 20) \cdot 0,0125$  si  $T > 20$  °C
  
- A: demanda química orgánica según la oxidabilidad al permanganato (DQO-Mn en mg/L). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 30 según:
  - $A = 30 - DQO-Mn$  si  $DQO-Mn \leq 10$  mg/L
  - $A = 21 - (0,35 \cdot DQO-Mn)$  si  $60$  mg/L  $\geq$   $DQO-Mn > 10$  mg/L
  - $A = 0$  si  $DQO-Mn > 60$  mg/L

Tradicionalmente ésta ha sido la forma de obtener el parámetro A, pero a partir de 2003 se empezó a calcular mediante el carbono orgánico total (COT en mg/L), que también estima la cantidad de materia orgánica presente en el agua, pero de una manera más reproducible y fiable. En este caso el parámetro A puede tomar valores comprendidos entre 0 y 30 según:

- $A = 30 - COT$  si  $COT \leq 5$  mg/L
  - $A = 21 - (0,35 \cdot COT)$  si  $12$  mg/L  $\geq$   $COT > 5$  mg/L
  - $A = 0$  si  $COT > 12$  mg/L
- 
- B: sólidos en suspensión totales (SST en mg/L). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 25 según:
    - $B = 25 - (0,15 \cdot SST)$  si  $SST \leq 100$  mg/L
    - $B = 17 - (0,07 \cdot SST)$  si  $250$  mg/L  $\geq$   $SST > 100$  mg/L
    - $B = 0$  si  $SST > 250$  mg/L
  
  - C: oxígeno disuelto (O<sub>2</sub> en mg/L). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 25 según:
    - $C = 2,5 \cdot O_2$  si  $O_2 < 10$  mg/L
    - $C = 25$  si  $O_2 \geq 10$  mg/L

- D: conductividad (CE en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 18 °C). Si la conductividad se mide a 25 °C, para obtener la conversión a 18 °C se multiplicará por 0,86. Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 20 según:
  - $D = (3,6 - \log CE) \cdot 15,4$  si  $CE \leq 4000 \mu\text{S}/\text{cm}$
  - $D = 0$  si  $CE > 4000 \mu\text{S}/\text{cm}$

El ISQA va a oscilar entre 0 (calidad mínima) y 100 (calidad máxima) de manera similar a como lo hace el ICG. (id.26)

#### 2.5.4. Índice Automático de Calidad de Aguas (IAQA)

Es una variante del ISQA, en la que se utiliza siempre COT como parámetro A y turbidez como parámetro B. Los valores de los parámetros se obtienen de redes automáticas de control, lo que facilita resultados en tiempo real y en continuo. (id.26)

#### 2.5.5. Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (ISNF)

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del "WQI" que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no. (27)

## 2.6. CORRIENTES SUPERFICIALES

### 2.6.1. Los ríos

Los ríos son un claro ejemplo de aguas superficiales. Se definen como la corriente natural de agua que fluye por un lecho, desde un lugar elevado a otro más bajo. La gran mayoría de los ríos desaguan en el mar o en un lago, aunque algunos desaparecen debido a que sus aguas se filtran en la tierra o se evaporan en la atmósfera.



Se constituyen como una importante fuente de suministro de agua tanto para usos agrícolas como domésticos. Pero, en los últimos años, los ríos, se han visto afectados por los efectos negativos de la contaminación.

La cantidad de agua que circula por un río, caudal, varía en el tiempo y en el espacio. Estas variaciones definen el régimen hidrológico de un río. Las variaciones temporales se dan durante o justo después de las tormentas. La escorrentía que produce la arroyada incrementa el caudal. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas o llanura de inundación.

El agua que circula bajo tierra, como la de la arroyada en surcos o el agua subterránea, tarda mucho más en alimentar el caudal del río y puede llegar a él días, semanas o meses después de la lluvia que generó la escorrentía. Aparte, el caudal de un río aportado por las aguas subterráneas recibe el nombre de caudal basal, que fluctúa en función de la altura del nivel freático.

Si no llueve en absoluto o la media de las precipitaciones es inferior a lo normal durante largos periodos de tiempo, el río puede llegar a secarse cuando el aporte de agua de lluvia acumulada en el suelo y el subsuelo reduzca el caudal basal a cero. Esto puede tener consecuencias desastrosas para la vida del río y sus riberas y para la gente que dependa de éste para su suministro de agua.

La variación espacial se da porque el caudal del río aumenta aguas abajo, a medida que se van recogiendo las aguas de la cuenca de drenaje y los aportes de las cuencas de otros ríos que se unen a él como tributarios. Debido a esto, el río suele ser pequeño en las montañas, cerca de su nacimiento, y mucho mayor en las tierras bajas, próximas a su desembocadura. La excepción son los desiertos, en los que la cantidad de agua que se pierde por la filtración o evaporación en la atmósfera supera la cantidad que aportan las corrientes superficiales. Por ejemplo, el caudal del Nilo, que es el río más largo del mundo, disminuye notablemente cuando desciende desde las montañas del Sudán y Etiopía a través del desierto de Nubia y de Sahara hasta el mar Mediterráneo.

La cantidad, variaciones y regularidad de las aguas de un río son de enorme importancia para las plantas, animales y personas que viven a lo largo de su curso. Los ríos y sus llanuras de inundación sostienen diversos y valiosos ecosistemas, no sólo por la capacidad del agua dulce para permitir la vida sino también por las abundantes plantas e insectos que mantiene y que forman la base de las cadenas tróficas. En el cauce de los ríos, los peces se alimentan de plantas y los insectos son alimento de aves, anfibio, reptil y mamíferos. Fuera del cauce, los humedales producidos por filtración de agua e inundación albergan entornos ricos y variados, no sólo importantes para las especies autóctonas, sino también para las aves migratorias y los animales que utilizan los humedales como lugar de paso en sus migraciones estacionales.

Los ecosistemas de los ríos, también llamados ecosistemas fluviales, pueden ser considerados como un grupo perteneciente a los más importantes de la naturaleza y su existencia depende totalmente del régimen de los mismos. Por lo tanto, se debe tener gran cuidado para no alterar este régimen al actuar sobre el río y su cuenca, ya que una gestión poco responsable de los recursos del agua o su sobreexplotación pueden tener efectos desastrosos para el ecosistema de ribera.

El uso de los ríos y el conflicto entre la naturaleza y la explotación de los recursos fluviales no es algo nuevo. Los ríos y sus llanuras de inundación, estuarios y deltas han jugado un papel central en la historia, ya que han influido en la agricultura, el transporte, la industria, el vertido de desechos y los asentamientos humanos. De hecho, los ríos Tigris y Éufrates, en la actual Irak, convirtieron a Mesopotamia, que significa literalmente 'entre ríos', en la cuna de la civilización hacia la segunda mitad del IV milenio a.C. La larga asociación histórica entre sociedad y ríos es evidente por la gran importancia estratégica, comercial y religiosa de éstos. Por ejemplo, el Ganges en la India es sagrado para los hindúes, que lo visitan para su purificación al bañarse en sus aguas.

En un principio, los ríos atrajeron a la población por la seguridad que ofrecían en el suministro de agua y los ricos suelos agrícolas que proporcionaban. A lo largo del río se podía viajar y explorar nuevas regiones o transportar productos voluminosos a largas distancias sin necesidad de construir carreteras que

cruzarán terrenos difíciles o espesa vegetación. Más tarde ayudó en los primeros tiempos de la revolución industrial al proporcionar a la vez una importante materia prima y una fuente de energía para accionar las norias. Muchas industrias permanecen todavía junto a los ríos, aunque ya no empleen comercialmente esta energía hidráulica.

En muchos casos, los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos de la agricultura y de la industria. Gracias a su corriente y naturaleza ecológica, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos al admitir cantidades asombrosas de afluentes. Sin embargo, todos los ríos tienen un límite de capacidad de asimilación de aguas residuales y fertilizantes provenientes de las tierras de cultivo. Si se supera este límite, la proliferación de bacterias, algas y vida vegetal consumirá todo el oxígeno disuelto en el agua, eutrofización, lo que provoca la destrucción de todo el ecosistema fluvial ya que se interrumpen las cadenas tróficas.

La contaminación del agua por sustancias químicas que no suelen estar presentes en el sistema puede tener terribles consecuencias, ya que los ríos son muy vulnerables al envenenamiento por los productos tóxicos que generan la minería, las fundiciones y la industria, tales como metales pesados: plomo, cinc, cadmio..., ácidos, disolventes, etc.

Estas sustancias químicas no sólo destruyen la vida en el momento en el que se produce la contaminación, sino que también se acumulan lentamente en los sedimentos y suelos de la llanura de inundación. Las mutaciones y esterilidad que provocan en los animales al comer la vegetación que crece sobre estos terrenos, en la que se concentran los contaminantes, pueden conducir a la destrucción irreversible de comunidades naturales enteras y a la permanente degradación de los paisajes. (28)

### **2.6.2. Río Alameda**

El río Alameda discurre por el este de la ciudad de Ayacucho, recibe el aporte de la Quebrada Wichccana que discurre por el norte de la ciudad, este último cuerpo de agua es el actual receptor de las aguas provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá. El río Alameda se une

posteriormente al río Huatatas para formar el río Chacco, el cual a 4 km aguas debajo de su formación, confluye con el río Checcla y da lugar al río Ocopa. Este último río, a partir de su unión con la quebrada Jangana a la altura de la localidad de San Juan de Viñaca, forma el río Pongora.

Los ríos por lo general, como en casi toda la sierra peruana, son de carácter estacional, siendo el río Alameda sus flujos mayores en la época lluviosa, que ocurre en los meses de Diciembre a Marzo. La época de estiaje ocurre de Junio a Noviembre, pero se acentúa extremadamente en los meses de Junio a Agosto.



Figura 2.4: La capacidad de auto regeneración es alta.

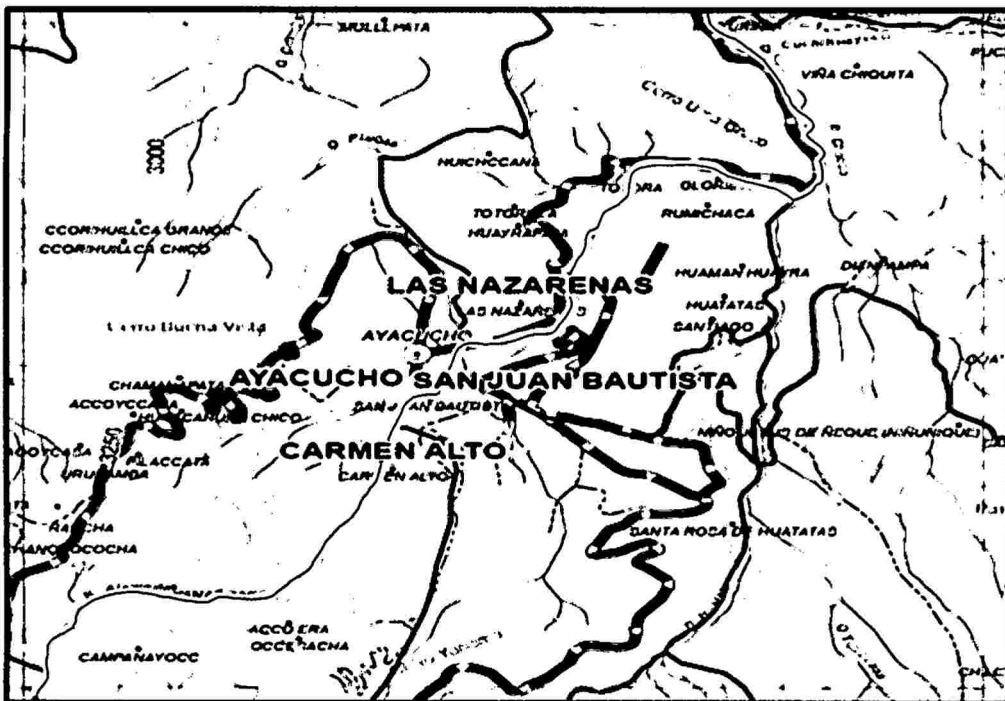
El ser humano y los animales no están exentos de los peligros que se derivan del consumo directo del agua o de los alimentos que proceden de estos ríos y suelos contaminados. Los problemas para la salud pública que pueden presentarse son reales, aunque no están suficientemente estudiados.

La mayoría de los ríos de las naciones industrializadas están contaminados en mayor o menor grado. La sociedad del mañana no sólo debe hacer frente al desafío de reducir los aportes actuales de contaminantes, sino que también tendrá que reconstruir la ecología natural de estos ríos. Tendrá que limpiar los suelos y sedimentos de las sustancias químicas que los contaminan para hacer seguro el consumo de agua.

En los países en desarrollo, el desafío está en no repetir los errores cometidos por las naciones industrializadas y en prevenir la contaminación de sus ríos y

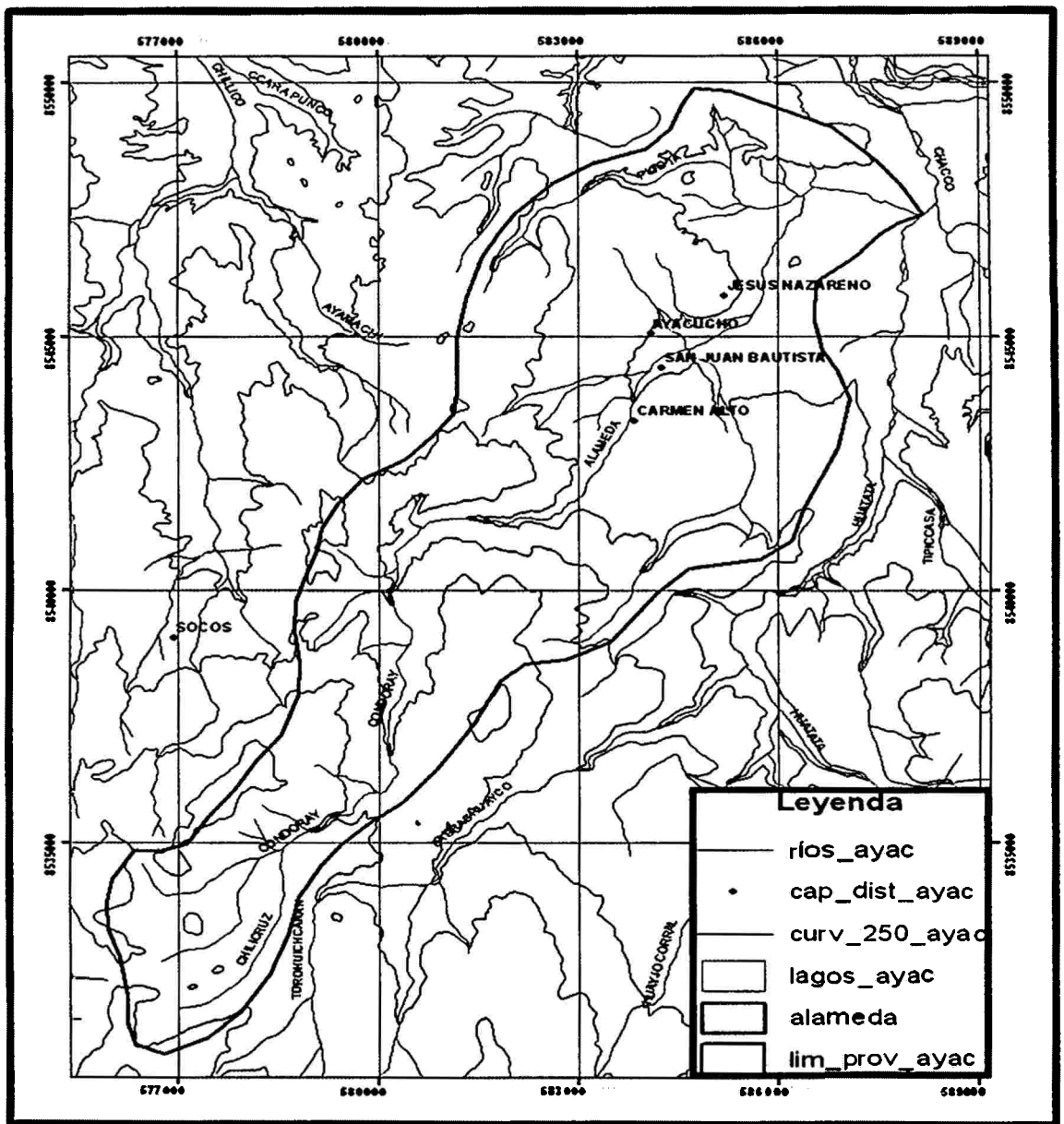
ecosistemas vírgenes. Los ríos de estos países, como en el caso del Amazonas en América del Sur, son el último refugio de muchas especies de animales y plantas y el suministro de agua que pueden aportar es la mejor esperanza para el desarrollo sostenible de muchas naciones.

La importancia de los ríos trasciende las fronteras nacionales y los intereses locales. De ahí que para su conservación y manejo se necesite un acercamiento equilibrado entre los países en desarrollo y los desarrollados, para dividir equitativamente entre ambos los costos de su conservación gracias al reconocimiento de los ríos como un recurso natural mundial. (29)



**FIGURA 2.5:** Ubicación del río Alameda.

Fuente: GRA-SIGR-Mapa Huamanga.



**Figura 2.6:** Mapa de Ubicación de la Micro Cuenca del Río Alameda-Ayacucheo.

Fuente: GRA-SIGR-Mapa Huamanga.

## 2.7. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA

### 2.7.1. Marco normativo

El Derecho Ambiental constituye una rama del Derecho y a la vez una disciplina transversal a todas las demás, abocada a regular las conductas humanas con incidencia en el ambiente así como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la gobernanza ambiental, propiamente. De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, la definición Derecho Ambiental es tan amplia como la definición de Ambiente.

En sus últimos documentos de trabajo y, considerando el contexto planetario, PNUMA establece que el “ambiente” abarca todos los factores físicos y sociales que constituyen el entorno de los seres humanos, que incluye elementos como la tierra, el agua, la atmósfera, el clima, el ruido, el olor, el sabor, la energía, la disposición de residuos, la contaminación continental y marítima, los factores biológicos de animales y plantas, así como los valores culturales, los sitios históricos, los monumentos y los paisajes .

El numeral 22 del artículo 2º de la Constitución Política del Perú declara el derecho fundamental e irrenunciable a gozar de un ambiente adecuado y equilibrado para el desarrollo de la vida, aparejado al deber personalísimo y societal de conservarlo. De otro lado, la Ley General del Ambiente -Ley Nº 28611 del 15 de octubre de 2005, define el entorno o ambiente como el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico, que en forma individual o asociada conforman el medio en el que se desarrolla la vida, siendo los factores que aseguran la salud individual y colectiva de las personas así como la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y el patrimonio cultural asociado a ellos, entre otros. (30)

### **2.7.2. Normativa ambiental general**

En sentido amplio, la legislación ambiental peruana comprende todas las normas legales vigentes, promulgadas por los diversos organismos públicos de los niveles de gobierno nacional, regional y local (a saber, Tratados Internacionales, Constitución, Leyes, Decretos, Resoluciones, etc.) que directa o indirectamente inciden sobre el ambiente y sobre el desarrollo adecuado de la vida.

El Compendio de la Legislación Ambiental Peruana comprende las normas que regulan los elementos asociados al ambiente natural o biósfera (aire, suelos, aguas, recursos naturales no renovables, diversidad biológica, etc.) al ambiente humano o tecnósfera (las ciudades y los aspectos asociados a su administración como la salud ambiental, la generación de residuos sólidos, emisiones gaseosas, vertimientos residuales, radiaciones no ionizantes, patrimonio cultural, etc.) y al ambiente en su conjunto.

Éstas últimas son las normas ambientales propiamente dichas. Decreto Supremo 008-2005-PCM - Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, artículo 4º. Diagnóstico Ambiental del Perú. Grupo de Trabajo Multisectorial creado a través de la R.M Nº 025-2008-PCM. En puridad, el marco legal vigente establece que el Ministerio del Ambiente –MINAM es el organismo rector del sector ambiental, que desarrolla, dirige, supervisa y ejecuta la Política Nacional del Ambiente.

La Política Nacional del Ambiente se instrumentaliza a través de normas legales. Las normas legales apuntan a la conservación del ambiente, a propiciar el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta; y a contribuir al desarrollo integral social, económico y cultural de la persona humana, en permanente armonía con el entorno, asegurando a las presentes y futuras generaciones el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida. (id.30)

### **2.7.3. Ley General del Ambiente**

La Ley General del Ambiente reemplazó al Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales aprobado mediante Decreto Legislativo Nº 613. Este Código constituyó el primer intento legislativo de agrupar, concordar y sistematizar todos los aspectos relacionados a la regulación en materia ambiental. Sin embargo muchas de sus disposiciones fueron dejadas sin efecto a través de los Decreto Legislativo Nº 708 y Nº 757, en el marco del régimen de promoción a las inversiones de la década de 1990.

La Ley General del Ambiente vigente recoge los principios internacionales en materia de protección y conservación del ambiente, los recursos naturales, el daño ambiental, entre otros. Asimismo, ha confirmado el carácter transectorial de la gestión ambiental en el país, ahora coordinado a nivel nacional a través del Ministerio del Ambiente.

Si bien el derecho a un ambiente adecuado y equilibrado para el desarrollo de la vida se encuentra recogido como un derecho fundamental en el numeral 22º del Artículo 2º de la Constitución Política; el primer artículo del Título Preliminar de la Ley General del Ambiente califica a este derecho como irrenunciable y señala que viene aparejado con el deber de conservar el ambiente.



Por otro lado, a través de esta norma se ha podido articular el Sistema Ambiental Nacional y la creación de los Sistemas Nacionales de Gestión Ambiental, Evaluación del Impacto Ambiental, Información Ambiental, Áreas Naturales Protegidas y el recientemente creado Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (31)

#### **2.7.4. Normatividad de aguas**

La protección de los recursos de agua fue regulada en el Perú por la Ley General de Aguas (MINAG, 1969) (DL 17752). Esta norma faculta como autoridades competentes al Ministerio de Agricultura como ente encargado de la conservación e incremento de los recursos hídricos y al Ministerio de Salud en lo que respecta a la preservación de los recursos hídricos. Las modificaciones a los Títulos I, II y III de esta ley (promulgados por Decreto Supremo N° 007-83-SA) establecieron los límites para proteger el agua superficial de acuerdo a una clasificación de usos.

En el Artículo 81° se expresa que: "Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento, la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasificarán respecto a sus usos de la siguiente manera":

- I. Aguas de Abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimientos domésticos con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial.

**Tabla 2.6:** Para los efectos de Protección de las aguas, correspondientes a los diferentes usos regirán los siguientes valores límites bacteriológicos

| PARÁMETRO          | CLASE DE USOS (N.M.P./100mL) |       |      |      |      |       |
|--------------------|------------------------------|-------|------|------|------|-------|
|                    | I                            | II    | III  | IV   | V    | VI    |
| Coliformes Fecales | 8.8                          | 20000 | 5000 | 5000 | 1000 | 20000 |
| Coliformes Totales | 0                            | 4000  | 1000 | 1000 | 200  | 4000  |

Fuente: Ley General de Aguas, Decreto Legislativo N°17752 y modificatorias a los artículos 81 y 82 de los Reglamentos de los Títulos I, II y III introducidos por el DS N° 007-83-S.A.

**Tabla 2.7:** Para los efectos de Protección de las aguas, correspondientes a los diferentes usos, regirán los siguientes valores límites de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 5 días, 20 °C y de Oxígeno Disuelto (O.D.)

| PARÁMETRO | CLASE DE USOS (mg/L) |    |     |    |    |    |
|-----------|----------------------|----|-----|----|----|----|
|           | I                    | II | III | IV | V  | VI |
| D.B.O.    | 5                    | 5  | 15  | 10 | 10 | 10 |
| O.D.      | 3                    | 3  | 3   | 3  | 5  | 4  |

Fuente: Ley General de Aguas, Decreto Legislativo N°17752 y modificatorias a los artículos 81 y 82 de los Reglamentos de los Títulos I, II y III introducidos por el DS N° 007-83-S.A.

**Tabla 2.8:** Para los efectos de Protección de las aguas, correspondientes a los diferentes usos, regirán los siguientes valores límites de Sustancias Potencialmente Peligrosas:

| PARÁMETRO | CLASE DE USOS (mg/m3) |     |     |    |      |      |
|-----------|-----------------------|-----|-----|----|------|------|
|           | I                     | II  | III | IV | V    | VI   |
| Fenoles   | 0.5                   | 1   | 1   | -  | 1    | 100  |
| Sulfuros  | 1                     | 2   | 1   | -  | 2    | 2    |
| Arsénico  | 100                   | 100 | 200 | -  | 10   | 50   |
| Nitratos  | 10                    | 10  | 100 | -  | N.A. | N.A. |

N.A.: Valor no Aplicable.

Fuente: Ley General de Aguas, Decreto Legislativo N°17752 y modificatorias a los artículos 81 y 82 de los Reglamentos de los Títulos I, II y III introducidos por el DS N° 007-83-S.A.

La Ley General del Ambiente (Ley 28611) (Congreso de la República, 2005) menciona cuatro aspectos importantes con relación al agua:

1. El Estado a través de las instituciones señaladas por la ley están a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.
  2. Las empresas o entidades que realicen actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares de conformidad a las normas legales vigentes.
  3. El Estado peruano emite autorización de vertimientos para los residuos domésticos, industriales o de cualquier otra actividad, basándose en la capacidad de carga de los cuerpos receptores que no cause deterioro a la calidad de las aguas como cuerpo receptor.
  4. En cuanto no se establezcan en el país los LMPs y los ECAs para el control y protección ambiental, se harán referencia a los establecidos por instituciones de derecho internacional como los de la Organización Mundial de la Salud.
- (32)

## **2.8. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA**

El estado peruano con decreto supremo N° 002-2008-MINAM aprueba los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no presentan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. (33)

**Tabla 2.9:** Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua de acuerdo al Decreto Supremo N° 002-2008-MINAN. (Categoría 3: Riego de Vegetales)

| <b>PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO</b> |               |              |            |
|--|---------------|--------------|------------|
| <b>PARÁMETROS</b>  | <b>UNIDAD</b> | <b>VALOR</b> |            |
| <b>Fisicoquímicos</b>  |               |              |            |
| Bicarbonatos   | mg/L          | 370          |            |
| Calcio   | mg/L          | 200          |            |
| Carbonatos   | mg/L          | 5            |            |
| Cloruros   | mg/L          | 100-700      |            |
| Conductibilidad  | µS/cm         | <2000        |            |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno  | mg/L          | 15           |            |
| Demanda Química de Oxígeno   | mg/L          | 10           |            |
| Fluoruros  | mg/L          | 1            |            |
| Fosfatos= P  | mg/L          | 1            |            |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N)                          | mg/L          | 10           |            |
| Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N)                          | mg/L          | 0.06         |            |
| Oxígeno Disuelto   | mg/L          | ≥ 4          |            |
| pH   | Unidad        | de           | 6.5 - 8.5  |
| Sodio  | pH            | 200          |            |
| Sulfatos   | mg/L          | 300          |            |
| <b>Inorgánicos</b>   |               |              |            |
| Aluminio   |               | 5            |            |
| Arsénico   | mg/L          | 0.05         |            |
| Cadmio   | mg/L          | 0.005        |            |
| Cromo (+6)   | mg/L          | 0.1          |            |
| Hierro   | mg/L          | 1            |            |
| Plomo  | mg/L          | 0.05         |            |
| Manganeso  | mg/L          | 0.2          |            |
| Zinc   | mg/L          | 2            |            |
| <b>Biológicos</b>  |               |              |            |
| Coliformes Termotolerantes   |               | Tallo        | Bajo Tallo |
| Coliformes Totales   | NMP/100 mL    | alto         | 2          |
| Enterococos  | NMP/100 mL    |              |            |
| Escherichia Coli   | NMP/100 mL    |              | 5          |
|  | NMP/100 mL    |              | 000        |
|  |               |              | 20         |
|  |               |              | 100        |
|  |               |              | 100        |
|  |               |              | 100        |

Fuente: El Peruano, Diario Oficial, Lima jueves 31 de julio de 2008

**Tabla 2.10:** Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua de acuerdo al Decreto Supremo N° 002-2008-MINAN. (Categoría 3: Bebidas de Animales)

| <b>PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES</b>  |                   |                   |
|---|-------------------|-------------------|
| <b>PARÁMETROS</b>                           | <b>UNIDAD</b>     | <b>VALOR</b>      |
| <b>Fisicoquímico</b>                        |                   |                   |
| Conductividad                               | µS/cm             | <= 5 0 0 0        |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno               | mg/L              | < = 15            |
| Demanda Química de Oxígeno                  | mg/L              | 40                |
| Fluoruros                                   | mg/L              | 2                 |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N) | mg/L              | 50                |
| Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N) | mg/L              | 1                 |
| Oxígeno Disuelto                            | mg/L              | > 5               |
| pH  | Unidad de pH      | 6,5-8,4           |
| Sulfatos                                    | mg/L              | 500               |
| <b>Inorgánicos</b>                          |                   |                   |
| Aluminio                                    | mg/L              | 5                 |
| Arsénico                                    | mg/L              | 0.1               |
| Cadmio                                      | mg/L              | 0.01              |
| Cromo (+6)                                  | mg/L              | 1                 |
| Hierro                                      | mg/L              | 1                 |
| Plomo                                       | mg/L              | 0.05              |
| Manganeso                                   | mg/L              | 0.2               |
| Zinc  | mg/L              | 24                |
| <b>Biológicos</b>                           |                   |                   |
|   | <b>Tallo Bajo</b> | <b>Tallo alto</b> |
| Coliformes Termotolerantes                  | NMP/100 mL        | 1 000             |
| Coliformes Totales                          | NMP/100 mL        | 5 000             |
| Enterococos                                 | NMP/100 mL        | 20                |
| Escherichia Coli                            | NMP/100 mL        | 100               |

Fuente: El Peruano, Diario Oficial, Lima jueves 31 de julio de 2008

**Tabla 2.11:** Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua de acuerdo al Decreto Supremo N° 002-2008-MINAN. (Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático para ríos de Costa y Sierra).

| <b>PARÁMETRO</b>              | <b>UNIDAD</b> | <b>VALOR</b> |
|-------------------------------|---------------|--------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L          | <10          |
| Temperatura                   | Celsius       |              |
| Oxígeno Disuelto              | mg/L          | ≥ 5          |
| pH                            | Unidad        | 6.5-8.5      |
| Solidos Disueltos Totales     | mg/L          | 500          |
| Solidos Suspendidos Totales   | mg/L          | ≤25-100      |
| Fosfato Total                 | mg/L          | 0.5          |
| Nitratos                      | mg/L          | 10           |
| Coliformes Termotolerantes    | (NMP/100mL)   | 2000         |
| Coliformes Totales            | (NMP/100mL)   | 3000         |

Fuente: El Peruano, Diario Oficial, Lima jueves 31 de julio de 2008

## 2.9. ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL “ICA”

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

**Tabla 2.12:** Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

| CALIDAD DE AGUA | COLOR | VALOR    |
|-----------------|-------|----------|
| Excelente       |       | 91 a 100 |
| Buena           |       | 71 a 90  |
| Regular         |       | 51 a 70  |
| Mala            |       | 26 a 50  |
| Pésima          |       | 0 a 25   |

Fuente: Lobos, Josh. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerron Grande PAES 2002.

Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices ( $ICA_a$ ) o una función ponderada multiplicativa ( $ICA_m$ ). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue: (id.27)

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Dónde:  $ICA_a$ : Índice de Calidad de Agua.

$Sub_i$ : Subíndice del parámetro i.

$w_i$ : Pesos asignados a cada parámetro ( $Sub_i$ ).

Los pesos de los diversos parámetros son:

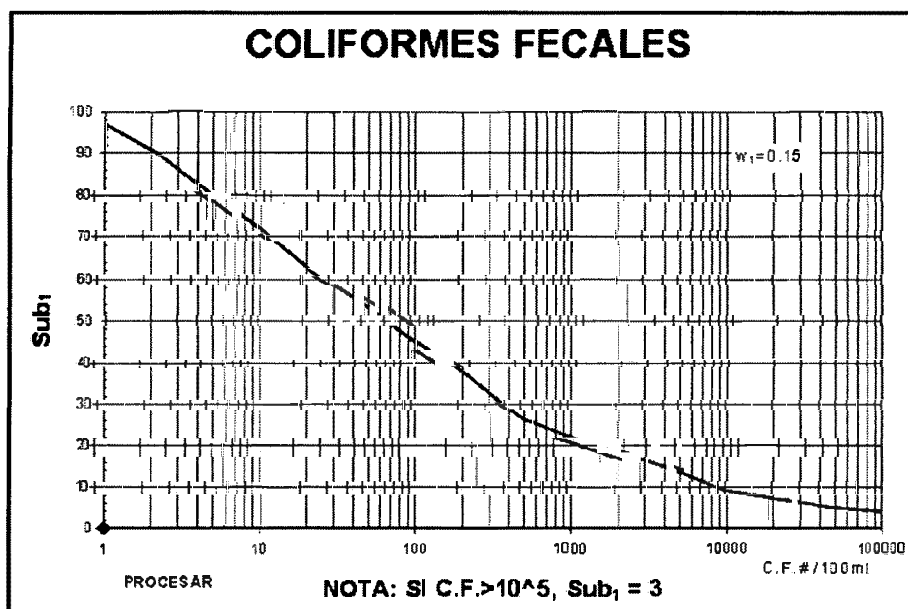
**Tabla 2.13:** Pesos relativos para cada parámetro del "ICA".

| <b>I</b> | <b>Sub<sub>i</sub></b>    | <b>w<sub>i</sub></b> |
|----------|---------------------------|----------------------|
| 1        | Coliformes Fecales        | 0.15                 |
| 2        | pH                        | 0.12                 |
| 3        | DBO <sub>5</sub>          | 0.10                 |
| 4        | Nitratos                  | 0.10                 |
| 5        | Fosfatos                  | 0.10                 |
| 6        | Temperatura               | 0.10                 |
| 7        | Turbidez                  | 0.08                 |
| 8        | Sólidos Disueltos Totales | 0.08                 |
| 9        | Oxígeno Disuelto          | 0.17                 |

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador

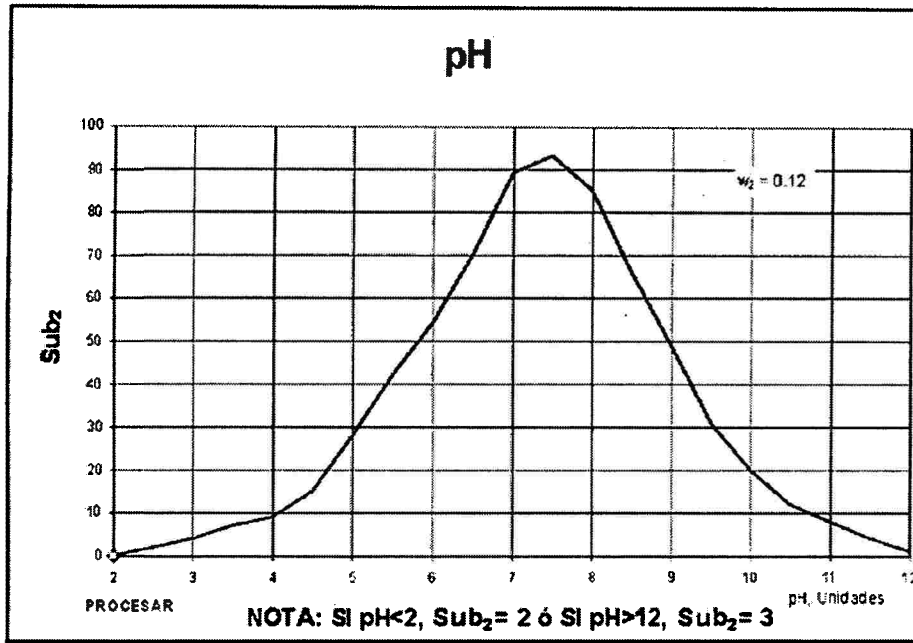
### Curvas de Función

Los investigadores promediaron todas las curvas para producir, de la misma manera, una curva promedio para cada contaminante. Luego las curvas fueron graficadas a través del uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio. (34)



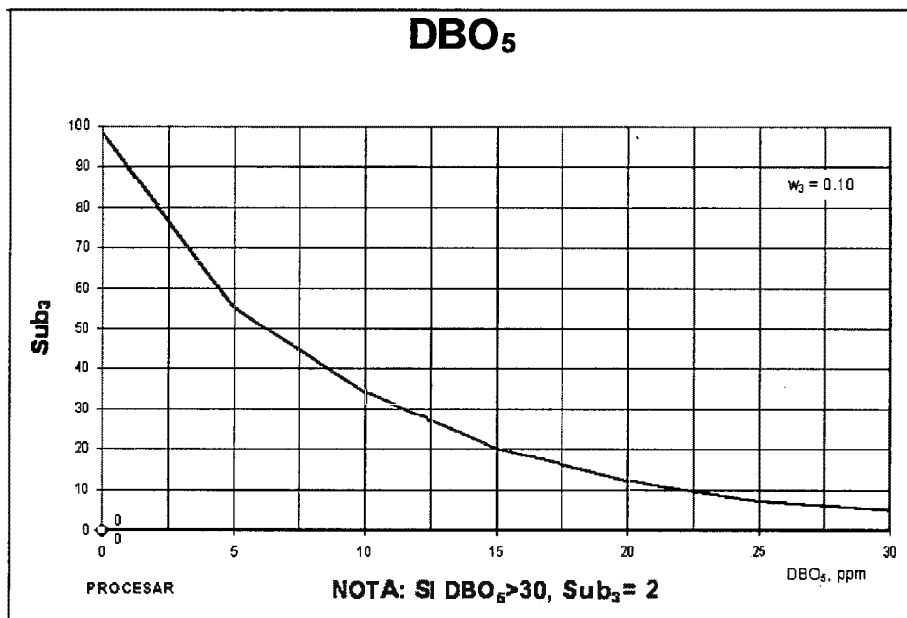
**Figura 2.7:** Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador



**Figura 2.8: Valoración de la calidad de agua en función del pH**

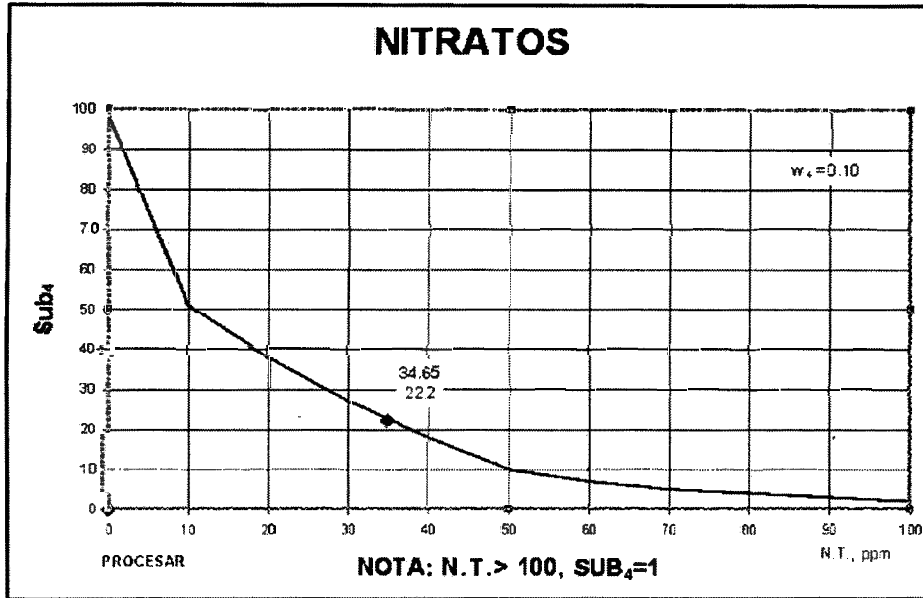
Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador



**Figura 2.9: Valoración de la calidad de agua en función de la DBO<sub>5</sub>**

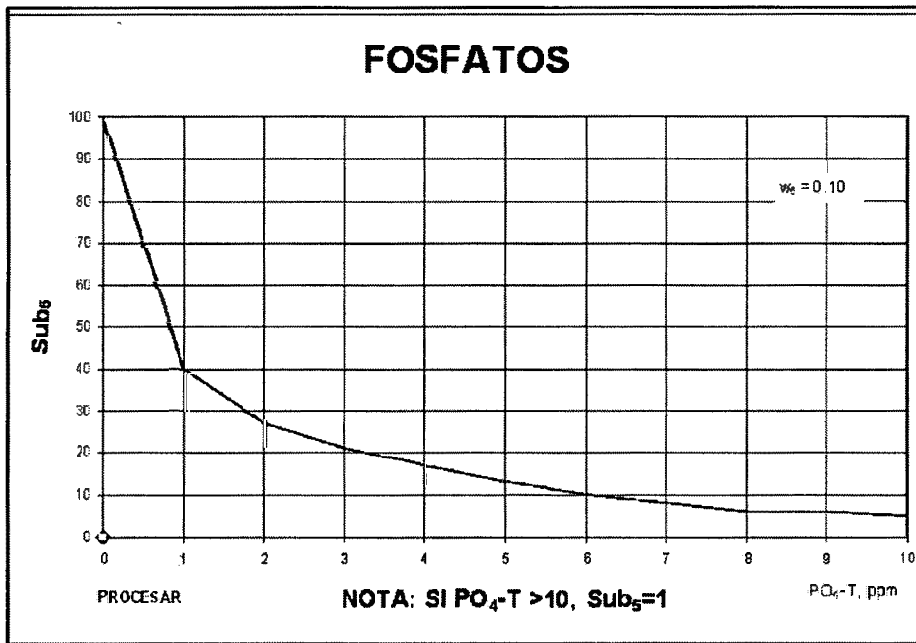
Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador





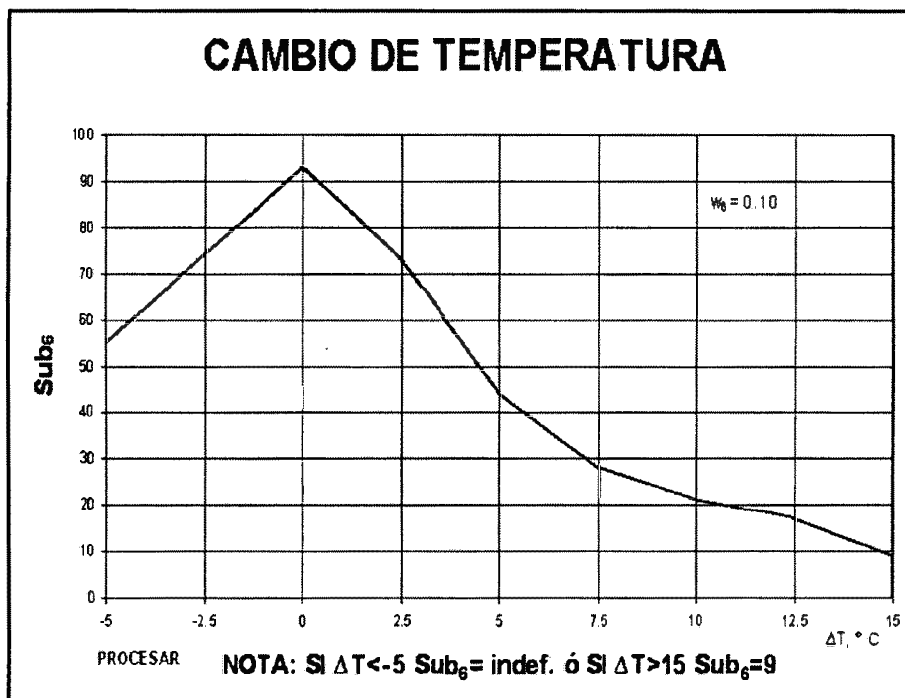
**Figura 2.10: Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno**

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador



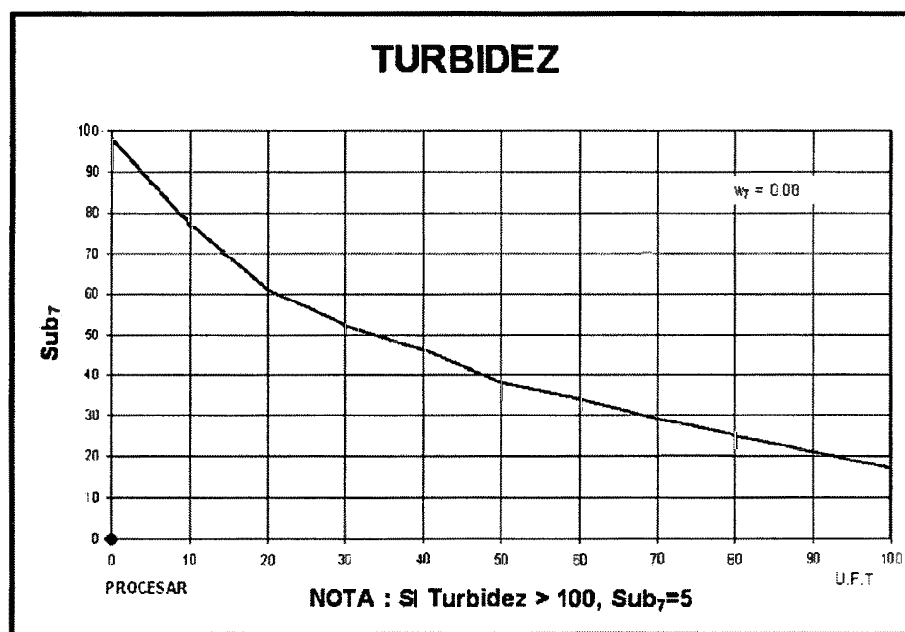
**Figura 2.11: Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo**

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador



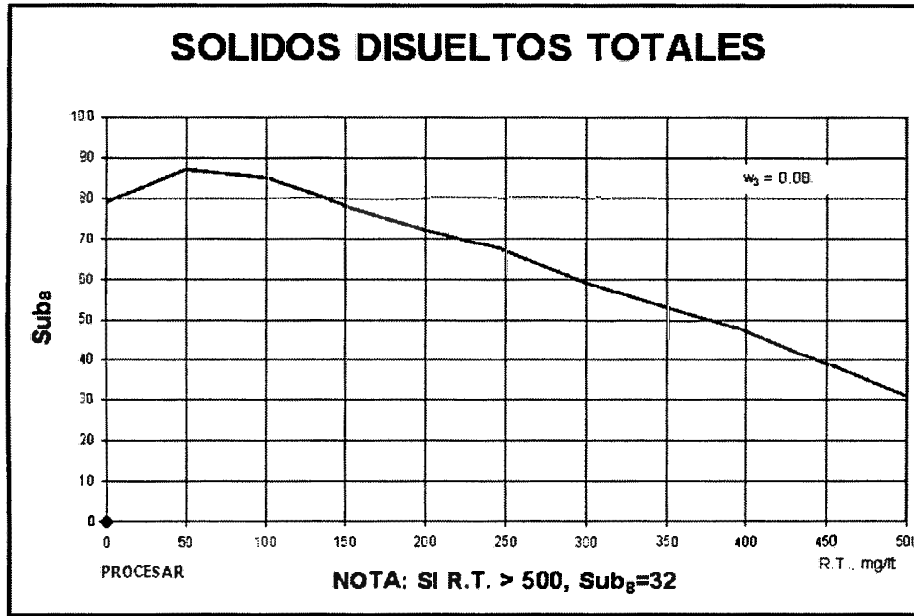
**Figura 2.12: Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura**

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador



**Figura 2.13: Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.**

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador



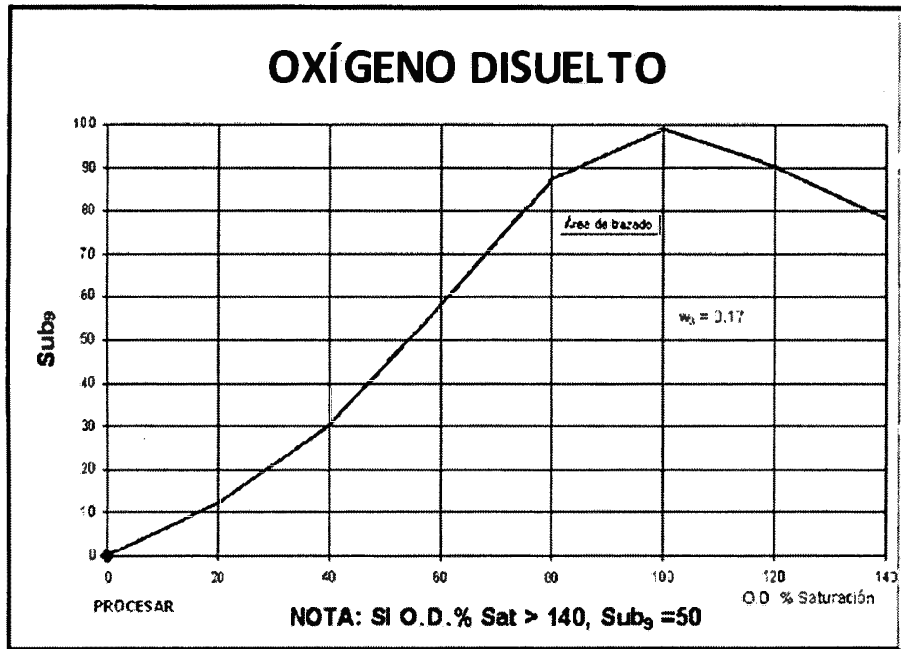
**Figura 2.14:** Valoración de la calidad de agua en función de los sólidos disueltos totales

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador

**Tabla 2.14:** Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce

| Temp. °C | OD mg/L | Temp. °C | OD mg/L | Temp. °C | OD mg/L | Temp. °C | OD mg/L |
|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| 1        | 14.19   | 12       | 10.76   | 23       | 8.56    | 34       | 7.05    |
| 2        | 13.81   | 13       | 10.52   | 24       | 8.4     | 35       | 6.93    |
| 3        | 13.44   | 14       | 10.29   | 25       | 8.24    | 36       | 6.82    |
| 4        | 13.09   | 15       | 10.07   | 26       | 8.09    | 37       | 6.71    |
| 5        | 12.75   | 16       | 9.85    | 27       | 7.95    | 38       | 6.61    |
| 6        | 12.43   | 17       | 9.65    | 28       | 7.81    | 39       | 6.51    |
| 7        | 12.12   | 18       | 9.45    | 29       | 7.67    | 40       | 6.41    |
| 8        | 11.83   | 19       | 9.26    | 30       | 7.54    | 41       | 6.31    |
| 9        | 11.55   | 20       | 9.07    | 31       | 7.41    | 42       | 6.22    |
| 10       | 11.27   | 21       | 8.9     | 32       | 7.28    | 43       | 6.13    |
| 11       | 11.01   | 22       | 8.72    | 33       | 7.16    | 44       | 6.04    |

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador



**Figura 2.15: Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno Disuelto**

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador

$$\%Sat = \frac{OD \text{ esperado}}{OD \text{ teórico}} * 100$$

**Figura 2.16: Ecuación para la obtención del % de Saturación**

Fuente: Servicio Nacional de Servicios Territoriales, Índice de Calidad del Agua General (ICA). San Salvador

Donde:

- %Sat. : % de Saturación
- OD esperado : Oxígeno Disuelto esperado
- OD teórico : Oxígeno Disuelto teórico

## **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. NATURALEZA DEL ESTUDIO**

El alcance de la investigación realizado fue de tipo básico y el nivel un estudio descriptivo – longitudinal (no experimental). El nivel de estudio es descriptivo, porque se realizó sin provocar situaciones que estén fuera de la realidad, tampoco se manipularon variables deliberadamente; es decir, miden y evalúan datos sobre diversos conceptos del fenómeno a investigar. En este caso realizaremos el estudio del índice de Calidad del río Alameda. El diseño de investigación es longitudinal porque se captó información en diferentes momentos.

### **3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y LUGAR DE TRABAJO**

Geográficamente el área se encuentra situada entre los distritos de Carmen Alto, San Juan Bautista, Ayacucho, Jesús Nazareno y Mariscal Cáceres, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; principalmente en el recorrido del río Alameda. Se encuentra aproximadamente entre los paralelos 13° 07' – 13° 12' de Latitud Sur y los meridianos 74° 12' – 74° 17' de Longitud Oeste de Greenwich. La altitud del área de estudio varía de 2 624 a 2 740 msnm.

Los análisis de estudio se llevaron a cabo en los Laboratorios de Suelos, Plantas y Aguas “Nicolás Rolet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias, Laboratorio de Química Analítica e Instrumental de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia y el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

### **3.3. CLIMATOLOGÍA**

Ayacucho está ubicado climatológicamente según la altura en la zona quechua de acuerdo a la clasificación hecha por el estudioso Javier Pulgar Vidal; que dividió el territorio del Perú en ocho regiones naturales. Esta zona se caracteriza por tener quebradas amplias con fondos planos: El clima es templado y seco, con una temperatura promedio de 17.5 °C y una humedad relativa promedio de 56%.

Por información de la estación meteorológica de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), la precipitación total promedio anual registrada es de 539 mm, las mismas que se producen durante los meses de diciembre a marzo: Los demás meses son prácticamente sin precipitaciones, especialmente durante los meses de mayo a setiembre dónde se reportan valores nulos.

Puede considerarse como valle a mediana altura; en cuanto a la humedad se le puede considerar como zona semiárida. La cuenca no es muy amplia, está limitada por los contrafuertes de los Andes, cuyos cerros rodean la ciudad y no son muy altos. En estas condiciones de topografía se dan la irradiación, la formación de nubes y lluvias. Que en conjunto hacen el clima de Ayacucho.

### **3.4. POBLACIÓN MUESTRA**

#### **3.4.1. POBLACIÓN**

La población a trabajar en este proyecto se constituyó por las aguas de la Micro Cuenca del río Alameda, que permita evaluar los parámetros para determinar la calidad del agua.

#### **3.4.2. MUESTRA**

La muestra estuvo constituida por el agua del río Alameda, en el tramo del puente BM2-GRA y el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá. Los analitos son los parámetros evaluados del Índice de Calidad del río Alameda para lo cual se tomaron alícuotas para su respectivo análisis químico. La muestra seleccionada para la presente investigación fue del tipo de muestreo aleatorio simple.

### Estaciones de muestreo

Estas han sido situadas en puntos en las que las características del flujo sean tales que favorezcan al máximo las condiciones de mezcla de las aguas y de uniformidad, el cual permita obtener una muestra representativa.

A lo largo del río Alameda se establecieron cinco puntos de muestreo para el estudio del Índice de Calidad del Agua del río Alameda, el primer punto se situó en la parte alta del río y el último en la parte baja después de la salida de las aguas tratadas de la PTAR Totorá.

Los lugares de las estaciones para la toma de muestra, se presentan en la figura 3.1.



Figura Nº 3.1: Estaciones de muestreo en el río Alameda

### Frecuencia de muestreo

El muestreo se realizó en los meses de marzo a setiembre del año 2015, periodo en el cual se recogieron manualmente las muestras de las estaciones de muestreo. La periodicidad de los muestreos fue mensual, debido a que la variación de los caudales era pequeña.

### **Procedimiento del muestreo**

Las muestras para los análisis fueron tomadas a un nivel intermedio de profundidad de la superficie del río Alameda, tapándolas inmediatamente.

### **Volumen de muestra**

Las muestras son alícuotas que se tomaron del río Alameda. El tamaño de muestra para cada unidad experimental fue de un litro.

### **Envases para Muestras**

Los envases empleados para guardar las muestras fueron de material de polietileno con tapas de seguridad y fue de un litro de capacidad.

### **Conservación de Muestras**

A las muestras destinadas al análisis químico en los Laboratorios, se transportaron de forma inmediata a los respectivos Laboratorios de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

## **3.5. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS**

### **3.5.1. EQUIPOS**

- Espectrofotómetro UV/VIS (THERMA SCIENTIFIC-GENESIS-6)
- Espectrofotómetro Visible (JENWAY 6320D)
- Equipo de posicionamiento geográfico (GPS-Montana-650)
- Balanza Analítica (Electronic Balanzi) 200 g.
- Autoclave (PPSS. YX-28D.)
- Incubadora para determinar Demanda Bioquímica de Oxígeno (J.P. Selecta S.A. MEDILON,50Hz,250 W)
- Incubadora para determinación de Coliformes Fecales y Totales (JSGL-100T)
- Cronómetro (KENKO-5898)
- Equipo Multiparámetro (Hach Co.USA, HQ40D)
- Cámara Fotográfica (SONY-DSC-W610)
- Computadora (HP, Intel Core i7)
- Oxímetro (EXTECH)
- Termómetro Ambiental (BOECO)
- Refrigeradora (MIRAY. MI-23)



- Estufa para la determinación del total de sólidos suspendidos (MLW-400)
- Baño maría (Memmert-IP-20)
- Equipo turbidímetro (Lovibond/Turbi Check, SN-12/39000)

### **3.5.2. MATERIALES**

- Matraz Erlenmeyer 125 mL
- Fiolas 50 mL
- Pipetas graduadas 10 mL
- Vasos precipitado 250 mL
- Pissetas 1.0 L
- Probetas 50 mL
- Espátulas
- Lunas de reloj 6 cm
- Embudos simples 6 cm
- Frascos de muestreo poletileno 1.0 L
- Papel filtro N°42
- Filtros para análisis gravimétrico (AP40/Millipore)
- Wincha (Sole) 3,0 m
- Tubos de ensayo 10 mL
- Campanas de Durhan
- Gradillas
- Mechero de Bunsen
- Pipeta automática 100-1000 µm
- Puntero (Tips)
- Frasco winkler 250 mL

### **3.5.3. REACTIVOS**

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico concentrado
- Agua pectonada
- Caldo lactosado verde brillante bilis
- Ácido ascórbico
- Tartrato de antimonilítico potásico
- Molibdato amónico
- Caldo lauryl sulfato triptosa
- Caldo EC, medio para Escherichia coli.

- Ácido clorhídrico
- Fosfato diácido de potasio
- Nitrato de potasio
- Reactivo blanco (agua destilada y ácido clorhídrico)
- Alcohol medicinal (96%)

### 3.6. MÉTODOS Y EQUIPOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS

Los métodos y equipos para la evaluación de los parámetros a medir se presentan en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1: Métodos y equipos para la evaluación de los parámetros.**

| PARÁMETRO                     | MÉTODO             | EQUIPO            | UNIDADES  |
|-------------------------------|--------------------|-------------------|-----------|
| Fosfatos                      | Espectrofotometría | Espectrofotómetro | ppm       |
| Oxígeno Disuelto              | VS                 | Multiparámetro    | %         |
| pH                            |                    | Multiparámetro    | pH        |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | Winkler            | Espectrofotómetro | mg/L      |
| Nitratos                      | Espectrofotometría |                   | NMP/100mL |
| Coliformes Fecales            | UV                 | Multiparámetro    | °C        |
| Temperatura                   | Tubos Múltiples    | Multiparámetro    | ppm       |
| Sólidos Disueltos Totales     |                    |                   | ppm       |
| Total de Sólidos Suspendidos  | Gravimetría        | Turbidímetro      | NTU       |
| Turbiedad                     | Nefelométrico      |                   |           |

### 3.7. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS Y EQUIPOS DE ANÁLISIS

#### 3.7.1. Fosfatos

Se empleó el método del ácido ascórbico, su principio se basa en que el molibdato amónico y el tartrato antimónico potásico reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un ácido heteropoliácido fosfomolibdico que se reduce a azul de molibdeno, de color azul intenso por el ácido ascórbico, que tiene fuente de absorbancia a 880 nm, lo cual indica la concentración de fosfatos en las muestras, el método detallado se presenta en el anexo 1.

### **3.7.2. Oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, conductividad, salinidad, temperatura, sólidos disueltos totales (SDT)**

Estos parámetros se evaluaron en el lugar de muestreo, utilizando un equipo multiparámetro portátil que es un sistema resistente al agua, robusto y fácil de usar, es la solución ideal para la evaluación en lagos y ríos, gracias a la sonda multisensorial basada en un microprocesador y es posible medir varios parámetros necesarios para evaluar la calidad del agua, previa calibración del equipo. (35).

### **3.7.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Se empleó el método Winkler. El principio es la determinación de la concentración de oxígeno disuelto, antes y después de un periodo de incubación de 5 días a 20°C y en la oscuridad, en muestras crudas o de oxígeno disuelto no conocido, se debe trabajar varias diluciones. Los equipos utilizados son el oxímetro y la estufa. (36).

### **3.7.4. Nitratos**

Se empleó el método espectrofotométrico UV, esta técnica se utiliza solamente para muestras poco contaminadas y suministros de agua potable. La curva de calibración de bajo contenido de materia orgánica, es decir, aguas con  $\text{NO}_3^-$  verifica la ley de Beer hasta los 11.0 mg/L.

La medida de absorción UV 220 nm hace posible la determinación rápida del  $\text{NO}_3^-$ , dado que la materia orgánica disuelta pueda absorber también a 220 nm y  $\text{NO}_3^-$  no lo hace a 275 nm, se puede utilizar una segunda medida a 275 nm para corregir el valor de  $\text{NO}_3^-$ . Esta corrección empírica dependerá de la naturaleza y concentración de la materia orgánica y pueda variar de unas aguas a otras, el método detallado se presenta en el anexo 1.

### **3.7.5. Coliformes fecales y coliformes totales**

Se empleó el método de tubos múltiples que requiere de la inoculación de volúmenes determinados de muestra, siendo cada volumen inoculado en serie de 5 tubos. La selección de estos volúmenes debe ser hecha cuidadosamente por el analista (en base a su experiencia sobre la probable densidad de coliformes presentes en una muestra o con datos previos sobre la misma) de tal

modo que por lo menos un tubo inoculado con el menor volumen seleccionado obtenga resultado negativo, el método detallado se presenta en el anexo 1.

### **3.7.6. Total de sólidos suspendidos (TSS)**

Se determinó por el método gravimétrico. La determinación de los sólidos suspendidos totales (TSS) se basa en el incremento de peso que experimenta un filtro de fibra de vidrio (previamente tarado) tras la filtración al vacío, de una muestra que posteriormente es secada a peso constante a 103-105 °C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión.

La diferencia entre los sólidos totales y los disueltos totales, puede emplearse como estimación de los sólidos suspendidos totales, el método detallado se presenta en el anexo 1.

### **3.7.7. Turbiedad**

Se utilizó un turbidímetro portátil, se determinó la turbidez de las muestras en el lugar de muestreo. El turbidímetro Lovibond/Turbi Check, SN-12/39000 es un medidor portátil con una gran pantalla que cumple todas las exigencias para medir la turbidez in situ. El rango de medición del turbidímetro es de 0 a 1000 NTU, está seccionado en dos rangos automáticos para aumentar la precisión. El teclado sencillo permite que el turbidímetro PCE-TUM 20 sea de fácil manejo. Usa una fuente luminosa LED con una longitud de onda de 830 nm del espectro electromagnético que es invisible al ojo humano. (37).

## **3.8. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA**

Los pasos a seguir para calcular los (Sub<sub>i</sub>) del índice de Calidad del Agua son:

### **3.8.1. Valoración de la calidad del agua en función de coliformes fecales**

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (Sub<sub>1</sub>) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje (X) de la Figura 2.7 se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>1</sub>) de Coliformes fecales, se procede a multiplicarlo al peso  $w_1$ .

### **3.8.2. Valoración de la calidad del agua en función de pH**

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub2) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub<sub>2</sub>) es igual a 3. Si el valor de pH está entre 2 y 10 buscar el valor en el eje (X) de la Figura 2.8 se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>2</sub>) de pH y se procede a multiplicarlo al peso  $w_2$ .

### **3.8.3. Valoración de la calidad del agua en función del DBO<sub>5</sub>**

Si la DBO<sub>5</sub> es mayor de 30 mg/L el (Sub3) es igual a 2. Si la DBO<sub>5</sub> es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje (X) de la Figura 2.9 se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub3) de DBO<sub>5</sub> y se procede a multiplicarlo al peso  $w_3$ .

### **3.8.4. Valoración de la calidad del agua en función del nitrato**

Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub4) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje (X) de la Figura 2.10 se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub4) de Nitratos y se procede a multiplicarlo al peso  $w_4$ .

### **3.8.5. Valoración de la calidad del agua en función del fosfato**

Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub5) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje (X) de la Figura 2.11 se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub5) y se procede a multiplicarlo al peso  $w_5$ .

### **3.8.6. Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura**

Para el parámetro de Temperatura (Sub5) primero hay que calcular la diferencia entre la T°muestra y la T°ambiente y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub5) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje (X) de la Figura 2.12 se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub6) de Temperatura y se procede a multiplicarlo al peso  $w_6$ .

### **3.8.7. Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez**

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub7) es igual a 5. Si la Turbidez es

menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje (X) de la **Figura 2.13** se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub7) de Turbidez y se procede a multiplicarlo al peso  $w_7$ .

### **3.8.8. Valoración de la calidad del agua en función de sólidos disueltos totales (SDT)**

Si los Sólidos Disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje (X) de la **Figura 2.14** se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub8) de Residuo Total y se procede a multiplicarlo al peso  $w_8$ .

### **3.8.9. Valoración de la calidad del agua en función del % de Saturación de oxígeno disuelto (OD)**

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto hay que identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua (**Tabla 2.14**). Luego si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el (Sub9) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje (X) de la **Figura 2.15** se procede a interpolar al valor en el eje (Y). El valor encontrado es el (Sub9) de Oxígeno Disuelto y se procede a multiplicarlo al peso  $w_9$ . (id.34)

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. MUESTREO

La ubicación de las estaciones de muestro en el río Alameda, se especifican en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1:** Ubicación de las estaciones de muestreo.

| Estación | Altura<br>(msnm) | GPS (Coordenadas UTM) |        |         | Descripción  |
|----------|------------------|-----------------------|--------|---------|--|
|          |                  | Zona                  | Este   | Norte   |  |
| RA-01    | 2782             | 18 S                  | 583580 | 8543008 | Aproximadamente a 1500 m río arriba del puente Alameda                                   |
| RA-02    | 2706             | 18 S                  | 584657 | 8544803 | Aproximadamente a 20 m río arriba del puente Evitamiento                                 |
| RA-03    | 2616             | 18 S                  | 585986 | 8547107 | Aproximadamente a 30 m río arriba del afluente de las aguas residuales la Totorá         |
| RA-04    | 2607             | 18 S                  | 586038 | 8547226 | Aproximadamente a 50 m río abajo después de la mezcla con las aguas residuales la Totorá |
| PT-01    | 2612             | 18 S                  | 585991 | 8547142 | Efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales la Totorá                       |

### 4.2. ELABORACIÓN DE CURVAS PATRÓN

Para la determinación de parámetros como: nitratos y fosfatos, en muestras de

las aguas del río Alameda, se han elaborado curvas patrón, las que se muestran a continuación.

#### 4.2.1. Curva patrón para determinación de fosfatos

Para la determinación de fosfatos en agua, se elaboró la curva patrón con solución estándar de fosfato ácido de sodio a diferentes concentraciones, midiendo sus absorbancias a 880 nm de longitud de onda (Fig. 4.1).

Tabla 4.2: Absorbancia Vs Concentración para la curva patrón de fosfatos.

| Absorbancia | Concentración Fosfatos (ppm) |
|-------------|------------------------------|
| 0,024       | 0,06                         |
| 0,035       | 0,10                         |
| 0,270       | 0,50                         |
| 0,543       | 1,00                         |
| 0,861       | 1,50                         |
| 1,151       | 2,00                         |
| 1,434       | 2,50                         |

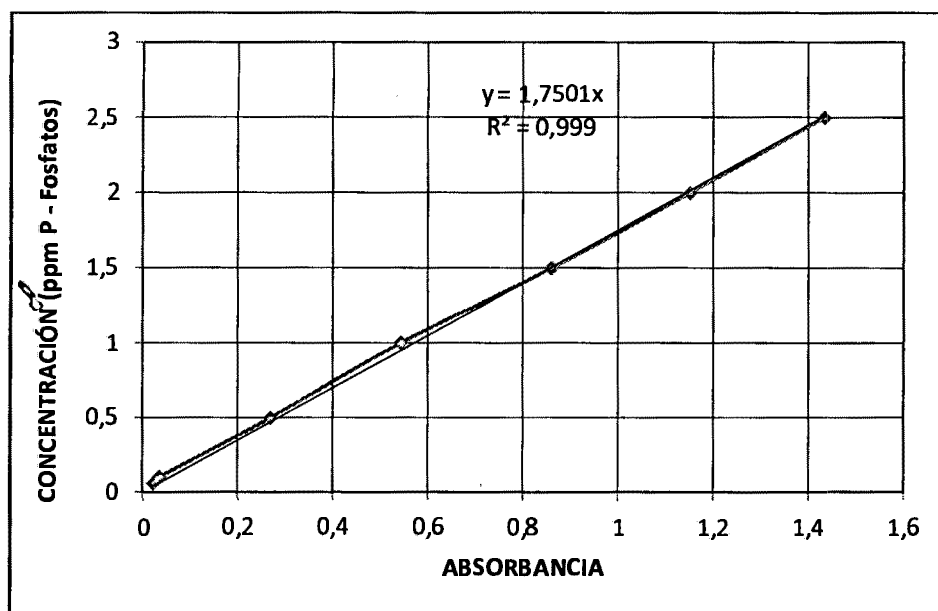


Figura 4.1: Curva patrón para la determinación de fosfatos en aguas.

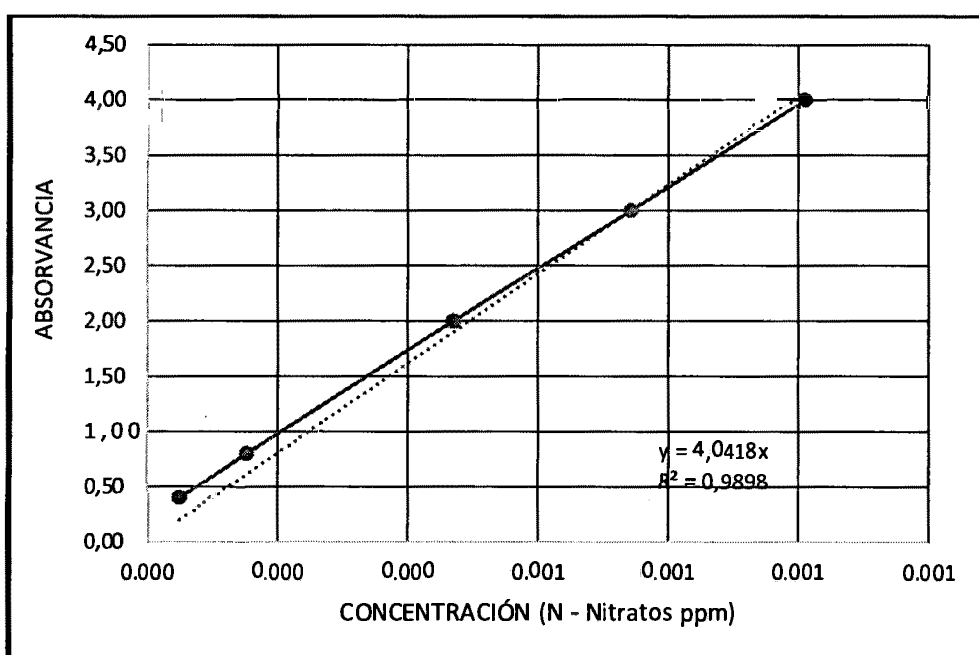
#### 4.2.2. Curva Patrón para determinación de nitratos

Para la determinación de nitratos en agua, se elaboró la curva patrón con solución estándar de nitrato de potasio a diferentes concentraciones, midiendo sus absorbancias a 220 y 275 nm de longitudes de ondas (Fig. 4.2).



**Tabla 4.3:** Absorbancia Vs Concentración para la curva patrón de nitratos.

| Absorbancia corregida | Concentración Nitratos (ppm) |
|-----------------------|------------------------------|
| 0,049                 | 0,40                         |
| 0,152                 | 0,80                         |
| 0,470                 | 2,00                         |
| 0,743                 | 3,00                         |
| 1,010                 | 4,00                         |



**Figura 4.2:** Curva patrón para la determinación de nitratos en aguas.

#### 4.3. CONDICIONES Y PARÁMETROS DE MUESTREO

Las condiciones de muestreo y los parámetros medidos en el lugar de cada estación de muestreo en el área de estudio del río Alameda se detallan en las tablas 4.4 al 4.15.

**Tabla 4.4:** Condiciones y parámetros del primer muestreo en el río Alameda  
(20/03/15)

| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida | ESTACIONES |           |           |           |           |
|--------------------------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                          |                  | 1          | 2         | 3         | 4         | 5         |
| Hora de muestreo         |                  | 5.52 a.m.  | 6.29 a.m. | 6.55 a.m. | 7.00 a.m. | 7.15 a.m. |
| Temperatura Agua         | °C               | 14         | 15        | 16        | 20        | 18        |
| Temperatura Ambiente     | °C               | 12         | 13        | 15        | 15        | 15        |
| pH                       |                  | 7,88       | 7,93      | 8,14      | 7,70      | 7,79      |
| Conductividad            | µS/cm            | 117        | 140       | 340       | 770       | 530       |
| Oxígeno Disuelto         | mg/L             | 0,99       | 1,01      | 1,25      | 1,25      | 1,20      |
| Turbidez                 | NTU              | 9,11       | 26,8      | 13,6      | 16,6      | 17,5      |
| Salinidad                | ppm              | 0,06       | 0,07      | 0,16      | 0,38      | 0,26      |
| Sólidos Disueltos        |                  |            |           |           |           |           |
| Totales                  | ppm              | 58         | 70        | 170       | 387       | 267       |

**Tabla 4.5:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas del río Alameda, primer muestreo (20/03/15)

| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida                      | ESTACIONES         |                    |                    |                    |                    |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                          |                                       | 1                  | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  |
| Sólidos Suspensión       | mg/L                                  | 17,1               | 19,3               | 31,3               | 44,2               | 35,4               |
| Fosfatos                 | mg(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P) | 0,0403             | 0,1015             | 0,1190             | 2,4221             | 1,884              |
| Nitratos                 | mg(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N)  | 0,3095             | 0,0542             | 0,5512             | 0,1727             | 0,0633             |
| Coliformes Fecales       | NMP/100mL                             | 11x10 <sup>1</sup> | 90x10 <sup>1</sup> | 11x10 <sup>3</sup> | 12x10 <sup>5</sup> | 12x10 <sup>4</sup> |
| Coliformes Totales       | NMP/100mL                             | 70x10 <sup>3</sup> | 90x10 <sup>3</sup> | 12x10 <sup>4</sup> | 80x10 <sup>5</sup> | 26x10 <sup>6</sup> |
| DBO <sub>5</sub>         | mgO <sub>2</sub> /L                   | 1,80               | 5,01               | 0,6                | 18,93              | 15,09              |

**Tabla 4.6:** Condiciones y parámetros del segundo muestreo en el río Alameda  
(11/04/15)

| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida | ESTACIONES |           |           |           |           |
|--------------------------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                          |                  | 1          | 2         | 3         | 4         | 5         |
| Hora de muestreo         |                  | 8.10 a.m.  | 8.40 a.m. | 9.00 a.m. | 9.10 a.m. | 9.20 a.m. |
| Temperatura Agua         | °C               | 12         | 13        | 15        | 19        | 19        |
| Temperatura Ambiente     | °C               | 17         | 16        | 15        | 15        | 17        |
| pH                       |                  | 7,69       | 7,98      | 8,10      | 7,75      | 7,71      |
| Conductividad            | µS/cm            | 100        | 145       | 332       | 788       | 697       |
| Oxígeno Disuelto         | mg/L             | 0,34       | 0,33      | 0,52      | 0,64      | 0,59      |
| Turbidez                 | NTU              | 29,4       | 18,9      | 16,3      | 41,6      | 47,7      |
| Salinidad                | ppm              | 0,05       | 0,07      | 0,16      | 0,38      | 0,26      |
| Sólidos Disueltos        |                  |            |           |           |           |           |
| Totales                  | ppm              | 50         | 72        | 332       | 394       | 348       |

**Tabla 4.7:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas del río Alameda, segundo muestreo (11/04/15)

| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida           | ESTACIONES       |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                          |                            | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
| Sólidos Suspensión       | mg/L                       | 14,8             | 14,5             | 29,7             | 44,0             | 34,7             |
| Fosfatos                 | mg( $\text{PO}_4^{3-}$ -P) | 0,0263           | 0,1698           | 0,1208           | 2,4624           | 2,2874           |
| Nitratos                 | mg( $\text{NO}_3^-$ -N)    | 0,0529           | 0,0787           | 0,3355           | 0,1522           | 0,0948           |
| Coliformes Fecales       | NMP/100mL                  | 90               | $21 \times 10^2$ | $21 \times 10^3$ | $60 \times 10^5$ | $21 \times 10^4$ |
| Coliformes Totales       | NMP/100mL                  | $60 \times 10^2$ | $12 \times 10^3$ | $22 \times 10^3$ | $13 \times 10^5$ | $50 \times 10^5$ |
| DBO <sub>5</sub>         | mgO <sub>2</sub> /L        | 6,67             | 8,17             | 7,42             | 37,72            | 42,22            |

**Tabla 4.8:** Condiciones y parámetros del tercer muestreo en el río Alameda (08/05/15)

| Condiciones y Parámetros  | Unidad de Medida | de | ESTACIONES |            |            |            |            |
|---------------------------|------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           |                  |    | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          |
| Hora de muestreo          |                  |    | 9.45 a.m.  | 10.15 a.m. | 10.35 a.m. | 10.50 a.m. | 10.55 a.m. |
| Temperatura Agua          | °C               |    | 14         | 15         | 18         | 20         | 20         |
| Temperatura Ambiente      | °C               |    | 12         | 20         | 22         | 22         | 24         |
| pH                        |                  |    | 7,94       | 7,90       | 8,10       | 7,60       | 7,50       |
| Conductividad             | µS/cm            |    | 158        | 186        | 334        | 882        | 805        |
| Oxígeno Disuelto          | mg/L             |    | 3,4        | 4,0        | 5,3        | 6,8        | 6,2        |
| Turbidez                  | NTU              |    | 15,5       | 12,1       | 13,1       | 30,0       | 31,6       |
| Salinidad                 | ppm              |    | 0,07       | 0,09       | 0,16       | 0,47       | 0,40       |
| Sólidos Disueltos Totales | ppm              |    | 158        | 93         | 167        | 442        | 400        |

**Tabla 4.9:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas del río Alameda, tercer muestreo (08/05/15)

| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida           | ESTACIONES       |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                          |                            | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
| Sólidos Suspensión       | mg/L                       | 13,8             | 15,4             | 23,8             | 41,3             | 38,1             |
| Fosfatos                 | mg( $\text{PO}_4^{3-}$ -P) | 0,0648           | 0,1085           | 0,1400           | 2,1911           | 2,1701           |
| Nitratos                 | mg( $\text{NO}_3^-$ -N)    | 0,0463           | 0,0720           | 0,2796           | 0,1240           | 0,1113           |
| Coliformes Fecales       | NMP/100mL                  | $14 \times 10^1$ | $17 \times 10^2$ | $70 \times 10^3$ | $70 \times 10^5$ | $80 \times 10^4$ |
| Coliformes Totales       | NMP/100mL                  | $12 \times 10^3$ | $70 \times 10^3$ | $11 \times 10^4$ | $14 \times 10^6$ | $11 \times 10^6$ |
| DBO <sub>5</sub>         | mgO <sub>2</sub> /L        | 5,02             | 5,55             | 5,40             | 32,55            | 37,72            |

**Tabla 4.10: Condiciones y parámetros del cuarto muestreo en el río Alameda (05/06/15)**

| Condiciones y Parámetros  | Unidad de Medida | ESTACIONES |            |            |            |            |
|---------------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           |                  | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          |
| Hora de muestreo          |                  | 9.49 a.m.  | 10.11 a.m. | 10.31 a.m. | 10.39 a.m. | 10.43 a.m. |
| Temperatura Agua          | °C               | 15         | 13         | 18         | 19         | 18         |
| Temperatura Ambiente      | °C               | 20         | 18         | 21         | 20         | 20         |
| pH                        |                  | 9,07       | 7,82       | 8,15       | 8,46       | 8,46       |
| Conductividad             | µS/cm            | 198        | 276        | 569        | 889        | 868        |
| Oxígeno Disuelto          | mg/L             | 6,75       | 6,44       | 5,67       | 5,62       | 5,67       |
| Turbidez                  | NTU              | 12,1       | 4,31       | 34,7       | 4,04       | 5,59       |
| Salinidad                 | ppm              | 0,09       | 0,13       | 0,28       | 0,44       | 0,42       |
| Sólidos Disueltos Totales | ppm              | 99         | 138        | 285        | 490        | 445        |

**Tabla 4.11: Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas del río Alameda, cuarto muestreo (05/06/15)**

| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida    | ESTACIONES       |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                          |                     | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
| Sólidos Suspensión       | mg/L                | 21,2             | 23,7             | 45,5             | 46,3             | 46,3             |
| Fosfatos                 | mg( $PO_4^{3-}$ -P) | 0,0700           | 0,2153           | 0,2363           | 2,6146           | 2,4571           |
| Nitratos                 | mg( $NO_3^-$ -N)    | 0,2571           | 0,1113           | 0,5361           | 0,1497           | 0,1494           |
| Coliformes Fecales       | NMP/100mL           | $13 \times 10^1$ | $33 \times 10^2$ | $17 \times 10^3$ | $17 \times 10^5$ | $11 \times 10^4$ |
| Coliformes Totales       | NMP/100mL           | $14 \times 10^3$ | $22 \times 10^3$ | $90 \times 10^3$ | $21 \times 10^5$ | $17 \times 10^5$ |
| DBO <sub>5</sub>         | mgO <sub>2</sub> /L | 3,975            | 6,0              | 5,775            | 33,3             | 42,15            |

**Tabla 4.12: Condiciones y parámetros del quinto muestreo en el río Alameda (09/07/15)**

| Condiciones y Parámetros  | Unidad de Medida | ESTACIONES |           |           |           |           |
|---------------------------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           |                  | 1          | 2         | 3         | 4         | 5         |
| Hora de muestreo          |                  | 7:33 a.m.  | 7:48 a.m. | 8:25 a.m. | 8:35 a.m. | 8:41 a.m. |
| Temperatura Agua          | °C               | 9          | 9         | 10        | 15        | 14        |
| Temperatura Ambiente      | °C               | 15         | 12        | 6         | 5         | 10        |
| pH                        |                  | 7,91       | 8,38      | 8,95      | 7,64      | 7,76      |
| Conductividad             | µS/cm            | 191        | 238       | 432       | 905       | 794       |
| Oxígeno Disuelto          | mg/L             | 5,69       | 5,65      | 5,67      | 4,68      | 4,73      |
| Turbidez                  | NTU              | 9,63       | 11,9      | 26,3      | 31,2      | 34,5      |
| Salinidad                 | ppm              | 0,09       | 0,11      | 0,21      | 0,45      | 0,39      |
| Sólidos Disueltos Totales | ppm              | 96         | 119       | 216       | 393       | 456       |

**Tabla 4.13:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas del río Alameda, quinto muestreo (09/07/15)

| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida    | ESTACIONES       |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                          |                     | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
| Sólidos Suspensión       | mg/L                | 30,4             | 21,2             | 35,4             | 45,4             | 41,2             |
| Fosfatos                 | mg( $PO_4^{3-}$ -P) | 0,0350           | 0,2205           | 0,2083           | 2,3644           | 2,1474           |
| Nitratos                 | mg( $NO_3^-$ -N)    | 0,0104           | 0,0448           | 0,3367           | 0,1220           | 0,0502           |
| Coliformes Fecales       | NMP/100mL           | $17 \times 10^1$ | $21 \times 10^2$ | $27 \times 10^3$ | $13 \times 10^5$ | $21 \times 10^6$ |
| Coliformes Totales       | NMP/100mL           | $21 \times 10^3$ | $33 \times 10^3$ | $11 \times 10^4$ | $17 \times 10^6$ | $11 \times 10^6$ |
| DBO <sub>5</sub>         | mgO <sub>2</sub> /L | 26,17            | 28,65            | 26,70            | 51,45            | 51,0             |

**Tabla 4.14:** Condiciones y parámetros del sexto muestreo en el río Alameda (17/09/15)

| Condiciones y Parámetros  | Unidad de Medida | ESTACIONES |           |           |           |           |
|---------------------------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           |                  | 1          | 2         | 3         | 4         | 5         |
| Hora de muestreo          |                  | 7:10 a.m.  | 7:33 a.m. | 7:50 a.m. | 8:00 a.m. | 8:10 a.m. |
| Temperatura Agua          | °C               | 13         | 13        | 16        | 20        | 19        |
| Temperatura Ambiente      | °C               | 11         | 12        | 12        | 13        | 14        |
| pH                        |                  | 8,25       | 7,70      | 8,17      | 7,60      | 7,59      |
| Conductividad             | µS/cm            | 201        | 331       | 671       | 930       | 908       |
| Oxígeno Disuelto          | mg/L             | 3,65       | 2,57      | 3,94      | 3,67      | 3,0       |
| Turbidez                  | NTU              | 2,98       | 3,86      | 4,42      | 51,4      | 38,2      |
| Salinidad                 | ppm              | 0,10       | 0,16      | 0,83      | 0,46      | 0,45      |
| Sólidos Disueltos Totales | ppm              | 100        | 165       | 335       | 470       | 454       |

**Tabla 4.15:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas del río Alameda, sexto muestreo (17/09/15)

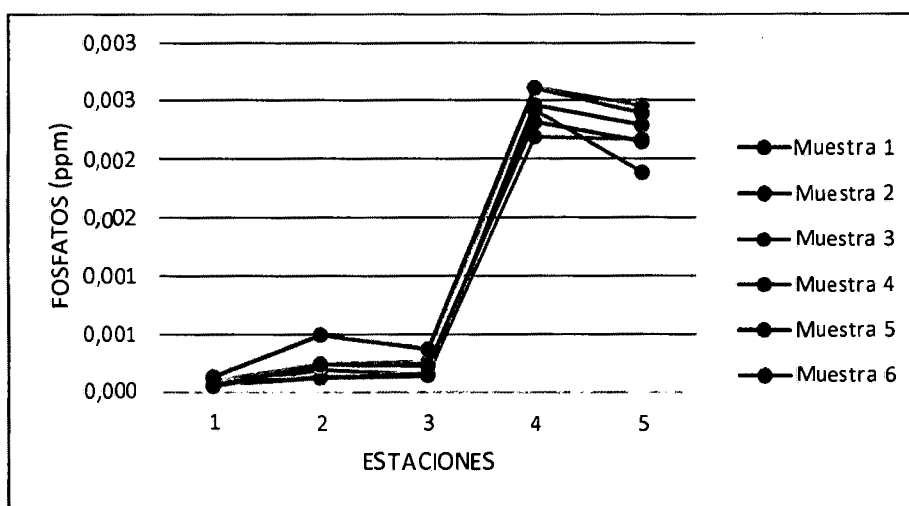
| Condiciones y Parámetros | Unidad de Medida    | ESTACIONES       |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                          |                     | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
| Sólidos Suspensión       | mg/L                | 21,8             | 22,1             | 36,2             | 46,4             | 41,8             |
| Fosfatos                 | mg( $PO_4^{3-}$ -P) | 0,1120           | 0,4743           | 0,3518           | 2,6146           | 2,3941           |
| Nitratos                 | mg( $NO_3^-$ -N)    | 0,0116           | 0,1546           | 0,5879           | 0,2007           | 0,0713           |
| Coliformes Fecales       | NMP/100mL           | $20 \times 10^1$ | $17 \times 10^2$ | $13 \times 10^3$ | $14 \times 10^5$ | $26 \times 10^4$ |
| Coliformes Totales       | NMP/100mL           | $17 \times 10^3$ | $17 \times 10^3$ | $80 \times 10^3$ | $17 \times 10^6$ | $90 \times 10^5$ |
| DBO <sub>5</sub>         | mgO <sub>2</sub> /L | 5,40             | 9,60             | 9,90             | 44,25            | 39,3             |

#### 4.4 VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA CALCULAR ICA

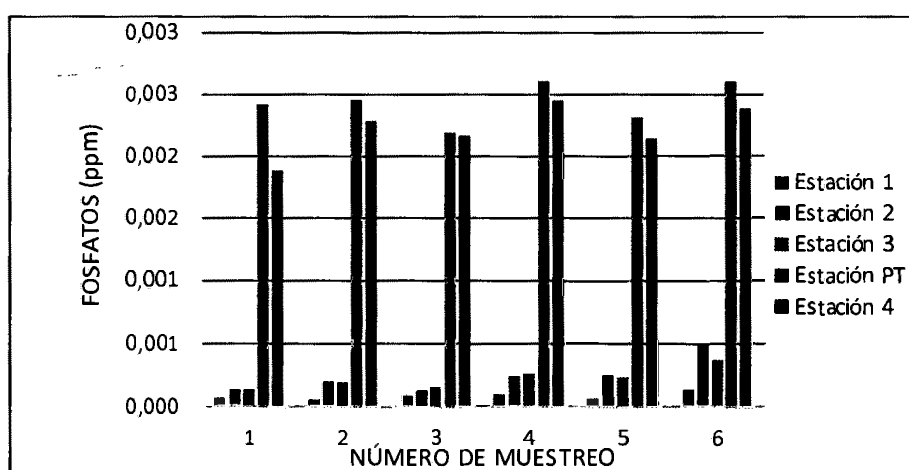
En las tablas 4.16 al 4.24 y las figuras 4.3 al 4.20 se muestran las variaciones de los diferentes parámetros según estaciones y meses de muestreo, que intervienen en el cálculo del Índice de Calidad del Agua.

**Tabla 4.16:** Variación de fosfatos por estaciones y meses de muestreo.

| MUESTREO   | Fosfatos           |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1) | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 0,0403             | 0,1015             | 0,1190             | 2,4221             | 1,884              |
| 11/04/2015 | 0,0263             | 0,1698             | 0,1208             | 2,4624             | 2,2874             |
| 08/05/2015 | 0,0648             | 0,1085             | 0,1400             | 2,1911             | 2,1701             |
| 05/06/2015 | 0,0700             | 0,2153             | 0,2363             | 2,6146             | 2,4571             |
| 09/07/2015 | 0,0350             | 0,2205             | 0,2083             | 2,3644             | 2,1474             |
| 17/09/2015 | 0,1120             | 0,4743             | 0,3518             | 2,6146             | 2,3941             |



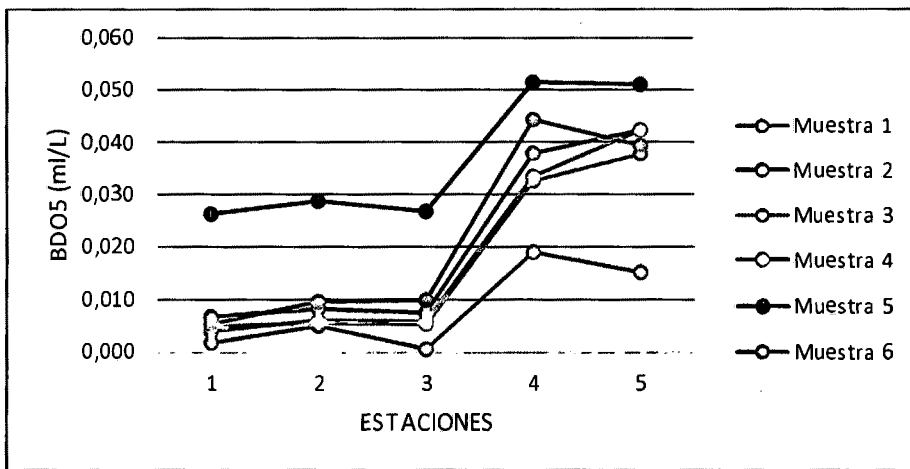
**Figura 4.3:** Variación de Fosfatos según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



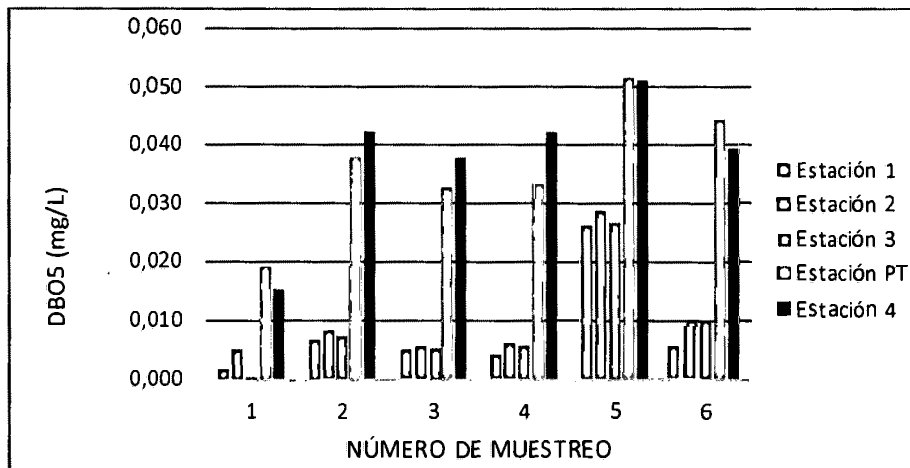
**Figura 4.4:** Variación de Fosfatos según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

**Tabla 4.17:** Variación del DBO<sub>5</sub> por estaciones y meses de muestreo.

| MUESTREO   | DBO <sub>5</sub>   |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1) | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 1,800              | 5,010              | 0,600              | 18,930             | 15,090             |
| 11/04/2015 | 6,670              | 8,170              | 7,420              | 37,720             | 42,220             |
| 08/05/2015 | 5,020              | 5,550              | 5,400              | 32,550             | 37,720             |
| 05/06/2015 | 3,975              | 6,000              | 5,775              | 33,300             | 42,150             |
| 09/07/2015 | 26,170             | 28,650             | 26,700             | 51,450             | 51,000             |
| 17/09/2015 | 5,400              | 9,600              | 9,900              | 44,250             | 39,300             |



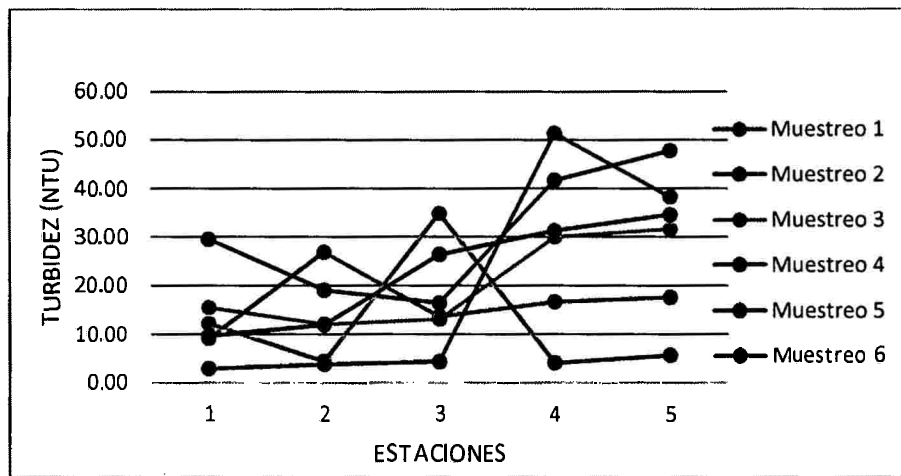
**Figura 4.5:** Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



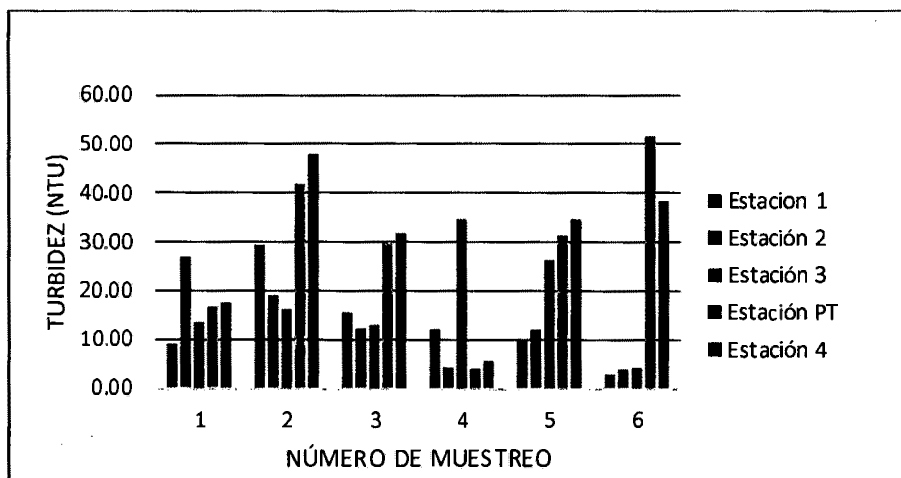
**Figura 4.6:** Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

**Tabla 4.18:** Variación de la Turbidez por estaciones y meses de muestreo.

| MUESTREO   | Turbidez           |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1) | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 9,11               | 26,80              | 13,60              | 16,60              | 17,50              |
| 11/04/2015 | 29,40              | 18,90              | 16,30              | 41,60              | 47,70              |
| 08/05/2015 | 15,50              | 12,10              | 13,10              | 30,00              | 31,60              |
| 05/06/2015 | 12,10              | 4,31               | 34,70              | 4,040              | 5,59               |
| 09/07/2015 | 9,63               | 11,90              | 26,30              | 31,20              | 34,50              |
| 17/09/2015 | 2,98               | 3,86               | 4,42               | 51,40              | 38,20              |



**Figura 4.7:** Variación de la Turbidez según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)

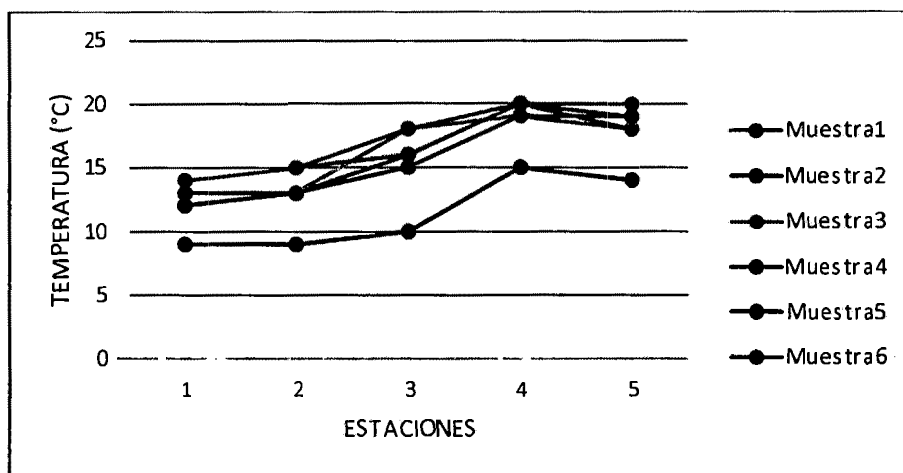


**Figura 4.8:** Variación de la Turbidez según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

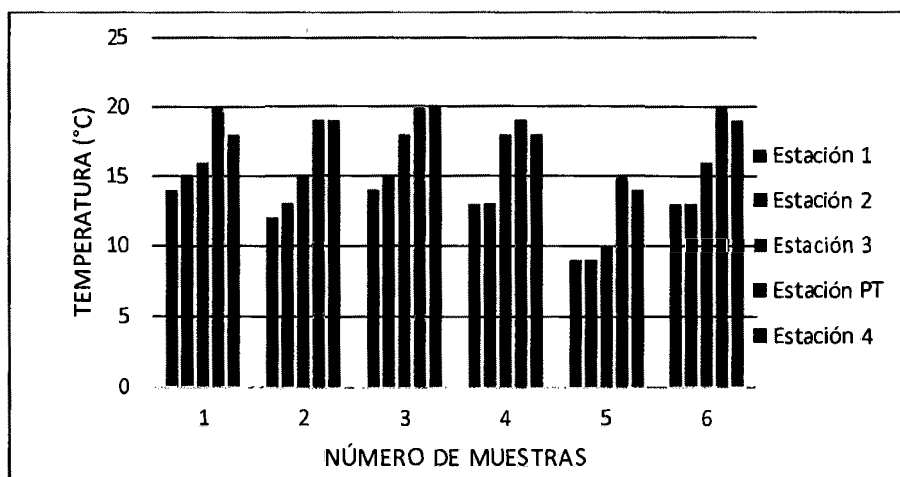


**TABLA 4.19:** Variación de la Temperatura por estaciones y meses de muestreo.

| MUESTREO   | Temperatura        |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1) | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 14                 | 15                 | 16                 | 20                 | 18                 |
| 11/04/2015 | 12                 | 13                 | 15                 | 19                 | 19                 |
| 08/05/2015 | 14                 | 15                 | 18                 | 20                 | 20                 |
| 05/06/2015 | 15                 | 13                 | 18                 | 19                 | 18                 |
| 09/07/2015 | 9                  | 9                  | 10                 | 15                 | 14                 |
| 17/09/2015 | 13                 | 13                 | 16                 | 20                 | 19                 |



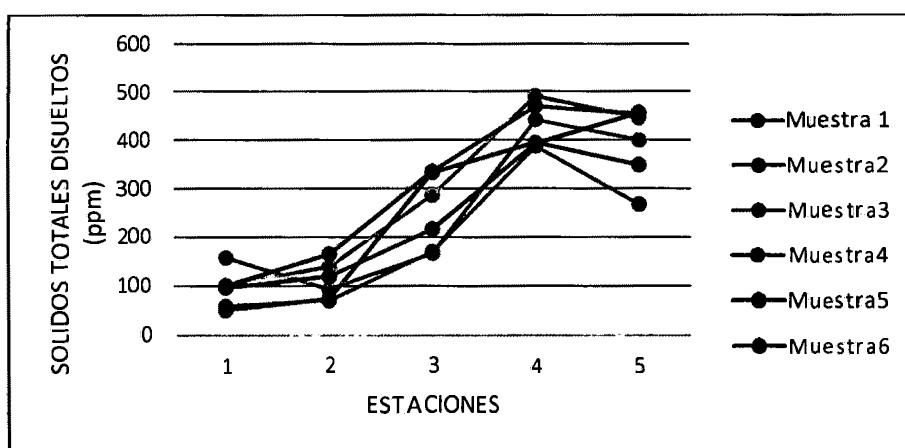
**Figura 4.9:** Variación de la Temperatura según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



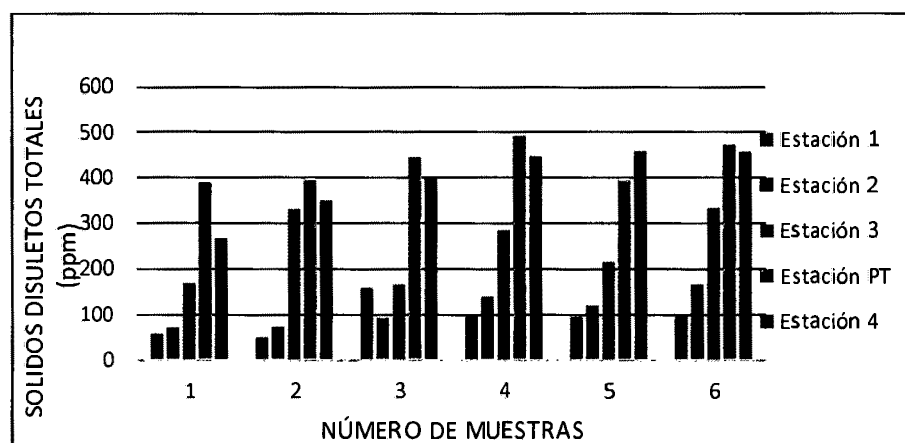
**Figura 4.10:** Variación de la Temperatura según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

**Tabla 4.20:** Variación de los Sólidos Totales Disueltos por estaciones y meses de muestreo.

| MUESTREO   | Sólidos Totales Disueltos |                    |                    |                    |                    |
|------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1)        | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 58                        | 70                 | 170                | 387                | 267                |
| 11/04/2015 | 50                        | 72                 | 332                | 394                | 348                |
| 08/05/2015 | 158                       | 93                 | 167                | 442                | 400                |
| 05/06/2015 | 99                        | 138                | 285                | 490                | 445                |
| 09/07/2015 | 96                        | 119                | 216                | 393                | 456                |
| 17/09/2015 | 100                       | 165                | 335                | 470                | 454                |



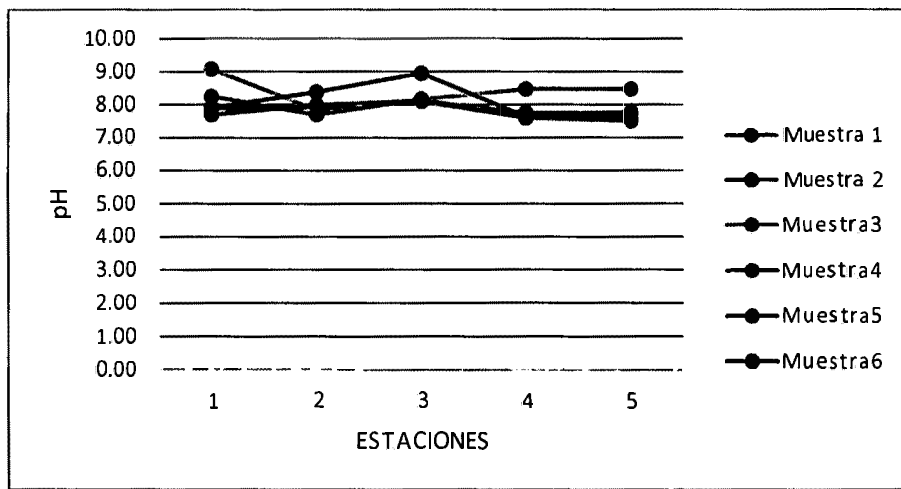
**Figura 4.11:** Variación de los Sólidos Totales Disueltos según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



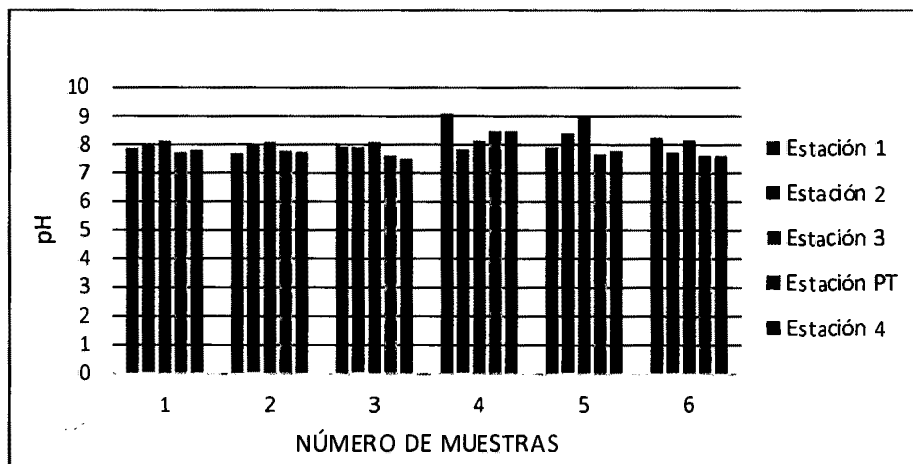
**Figura 4.12:** Variación de los Sólidos Totales Disueltos según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

**Tabla 4.21:** Variación del pH por estaciones y meses de muestreo.

| MUESTREO   | pH                 |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1) | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 7,88               | 7,93               | 8,14               | 7,70               | 7,79               |
| 11/04/2015 | 7,69               | 7,98               | 8,10               | 7,75               | 7,71               |
| 08/05/2015 | 7,94               | 7,90               | 8,10               | 7,60               | 7,50               |
| 05/06/2015 | 9,07               | 7,82               | 8,15               | 8,46               | 8,46               |
| 09/07/2015 | 7,91               | 8,38               | 8,95               | 7,64               | 7,76               |
| 17/09/2015 | 8,25               | 7,70               | 8,17               | 7,60               | 7,59               |



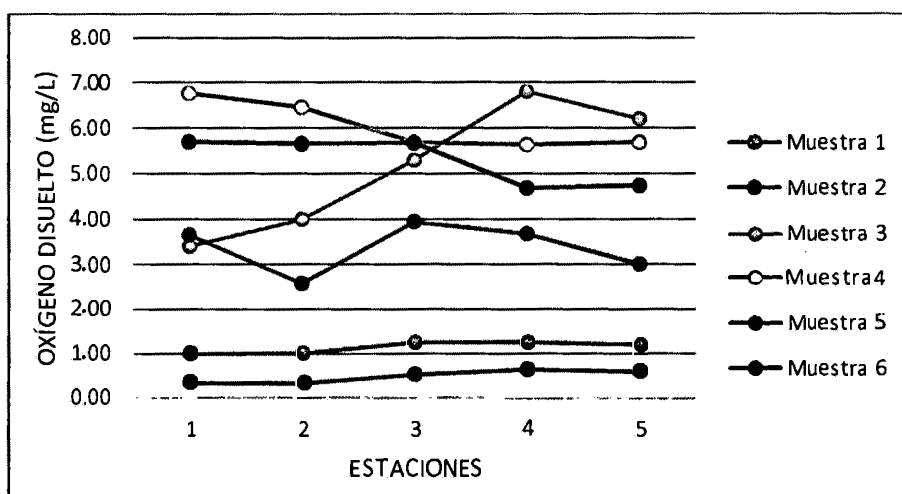
**Figura 4.13:** Variación del pH según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



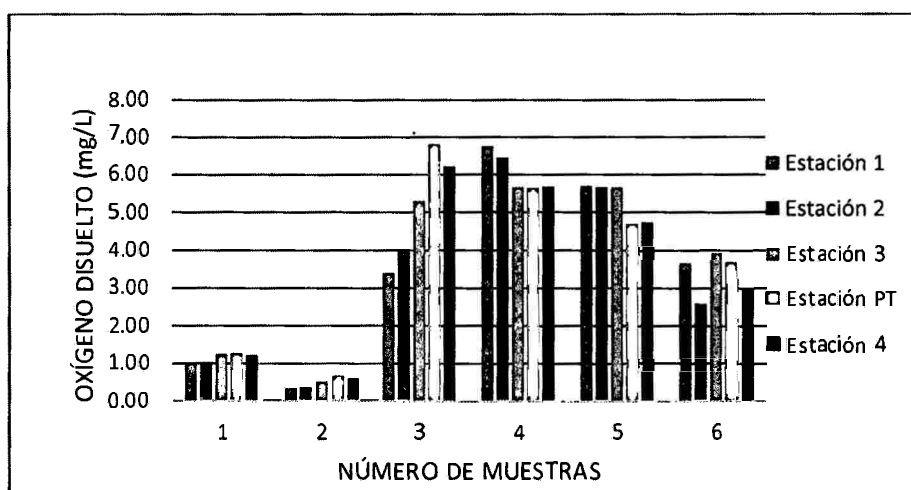
**Figura 4.14:** Variación del pH según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

**Tabla 4.22:** Variación del Oxígeno Disuelto por estaciones y meses de muestreo

| MUESTREO   | Oxígeno Disuelto   |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1) | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 0,99               | 1,01               | 1,25               | 1,25               | 1,20               |
| 11/04/2015 | 0,34               | 0,33               | 0,52               | 0,64               | 0,59               |
| 08/05/2015 | 3,4                | 4,00               | 5,30               | 6,80               | 6,20               |
| 05/06/2015 | 6,75               | 6,44               | 5,67               | 5,62               | 5,67               |
| 09/07/2015 | 5,69               | 5,65               | 5,67               | 4,68               | 4,73               |
| 17/09/2015 | 3,65               | 2,57               | 3,94               | 3,67               | 3,00               |



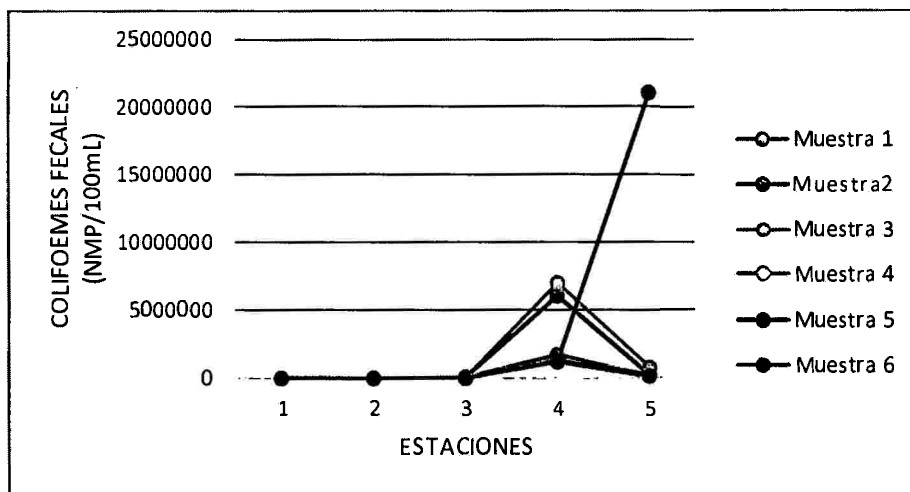
**Figura 4.15:** Variación del Oxígeno Disuelto según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



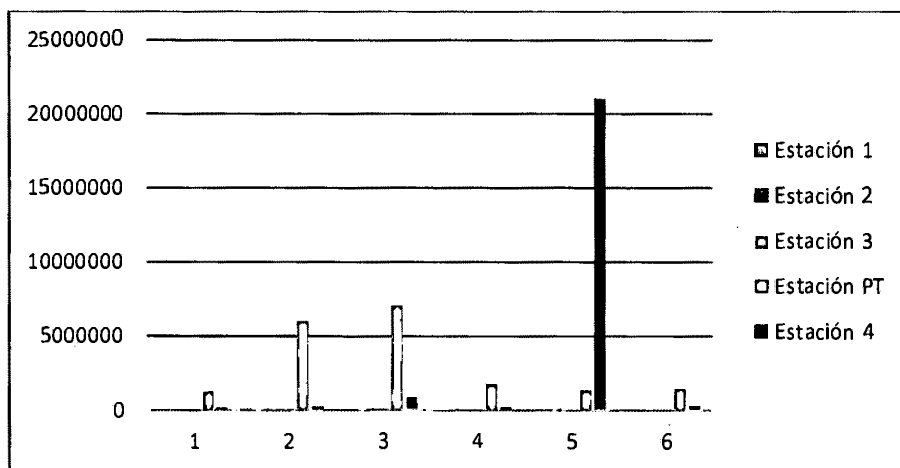
**Figura 4.16:** Variación del Oxígeno Disuelto según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

**Tabla 4.23:** Variación de los Coliformes fecales por estaciones y meses de muestreo

| MUESTREO   | Coliformes Fecales (NMP/100mL) |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1)             | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 110                            | 900,00             | 11000,00           | 1200000,00         | 120000,00          |
| 11/04/2015 | 90,00                          | 2100,00            | 21000,00           | 6000000,00         | 210000,00          |
| 08/05/2015 | 140,00                         | 1700,00            | 70000,00           | 7000000,00         | 800000,00          |
| 05/06/2015 | 130,00                         | 3300,00            | 17000,00           | 1700000,00         | 110000,00          |
| 09/07/2015 | 170,00                         | 2100,00            | 27000,00           | 1300000,00         | 21000000,00        |
| 17/09/2015 | 200,00                         | 1700,00            | 13000,00           | 1400000,00         | 260000,00          |



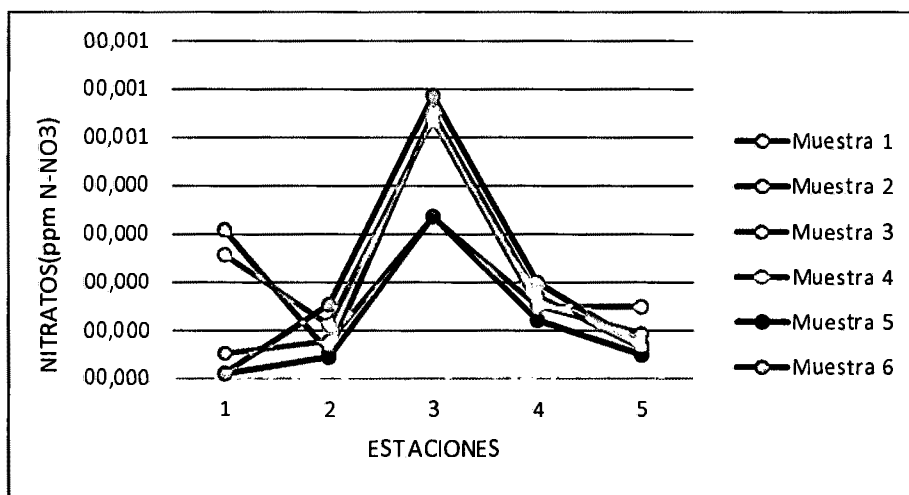
**Figura 4.17:** Variación de los Coliformes fecales según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



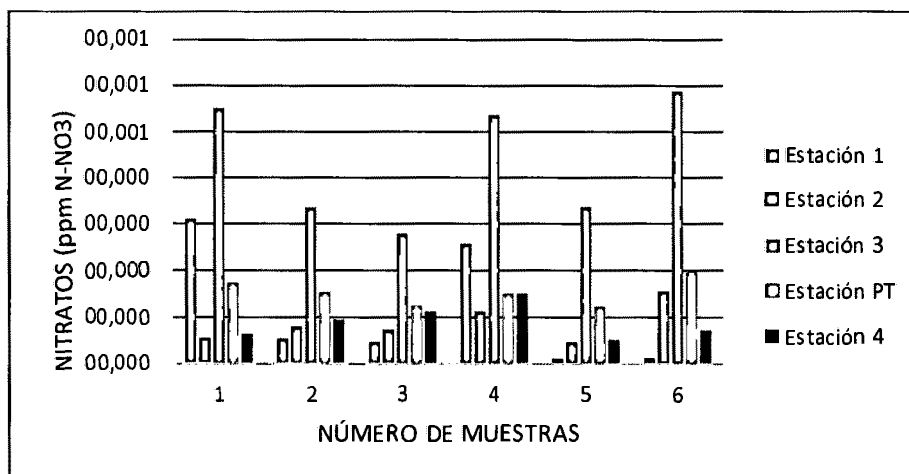
**Figura 4.18:** Variación de los Coliformes fecales según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

**Tabla 4.24:** Variación de los Nitratos por estaciones y meses de muestreo

| MUESTREO   | Nitratos           |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Estación RA-01 (1) | Estación RA-02 (2) | Estación RA-03 (3) | Estación PT-01 (4) | Estación RA-04 (5) |
| 20/03/2015 | 0,3095             | 0,0542             | 0,5512             | 0,1727             | 0,0633             |
| 11/04/2015 | 0,0529             | 0,0787             | 0,3355             | 0,1522             | 0,0948             |
| 08/05/2015 | 0,0463             | 0,0720             | 0,2796             | 0,1240             | 0,1113             |
| 05/06/2015 | 0,2571             | 0,1113             | 0,5369             | 0,1497             | 0,1494             |
| 09/07/2015 | 0,0104             | 0,0448             | 0,3367             | 0,1220             | 0,0502             |
| 17/09/2015 | 0,0116             | 0,1546             | 0,5879             | 0,2007             | 0,0713             |



**Figura 4.19:** Variación de los Nitratos según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (a)



**Figura 4.20:** Variación de los Nitratos según estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda. (b)

#### 4.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

Teniendo en cuenta el uso de las aguas del río Alameda, para agricultura y recreación, se ha utilizado 8 parámetros fisicoquímicos y un parámetro microbiológico (tablas 4.4 al 4.15) para determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA), según la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF).

**Tabla 4.25:** Parámetros para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) primer muestreo.

| Parámetros           | Unidad    | ESTACIONES |        |                    |                    |                    |
|----------------------|-----------|------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      |           | 1          | 2      | 3                  | 4                  | 5                  |
| Temperatura agua     | °C        | 14         | 15     | 16                 | 20                 | 18                 |
| Temperatura ambiente | °C        | 12         | 13     | 15                 | 15                 | 15                 |
| ΔT                   | °C        | 2          | 2      | 1                  | 5                  | 3                  |
| pH                   |           | 7,88       | 7,93   | 8,14               | 7,70               | 7,79               |
| Turbidez             | NTU       | 9,11       | 26,8   | 13,6               | 16,6               | 17,5               |
| Sólidos Totales      | ppm       | 58         | 70     | 170                | 387                | 267                |
| Fosfatos             | ppm       | 0,0403     | 0,1015 | 0,1190             | 2,4221             | 1,884              |
| Nitratos             | ppm       | 0,3095     | 0,0542 | 0,5512             | 0,1727             | 0,0633             |
| DBO <sub>5</sub>     | mg/L      | 1,8        | 5,01   | 0,6                | 18,93              | 15,09              |
| Coliforme Fecal      | NMP/100mL | 11x10      | 90x10  | 11x10 <sup>3</sup> | 12x10 <sup>5</sup> | 12x10 <sup>4</sup> |
| Oxígeno Disuelto     | mg/L      | 0,99       | 1,01   | 1,25               | 1,25               | 1,20               |
| % Saturación         |           | 9,7        | 9,9    | 12,7               | 14,7               | 12,8               |
| OD* %Saturación      |           | 9,68       | 10,08  | 15,88              | 18,49              | 15,48              |

**Tabla 4.26:** Parámetros para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) segundo muestreo.

| Parámetros           | Unidad    | ESTACIONES |                    |                    |                    |                    |
|----------------------|-----------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      |           | 1          | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  |
| Temperatura agua     | °C        | 12         | 13                 | 15                 | 19                 | 19                 |
| Temperatura ambiente | °C        | 17         | 16                 | 15                 | 15                 | 17                 |
| ΔT                   | °C        | -5         | -3                 | 0                  | 4                  | 2                  |
| pH                   |           | 7,69       | 7,98               | 8,10               | 7,75               | 7,71               |
| Turbidez             | NTU       | 29,4       | 18,9               | 16,3               | 41,6               | 47,7               |
| Sólidos Totales      | ppm       | 50         | 72                 | 332                | 394                | 348                |
| Fosfatos             | ppm       | 0,0263     | 0,1698             | 0,1208             | 2,4624             | 2,2874             |
| Nitratos             | ppm       | 0,0529     | 0,0787             | 0,3355             | 0,1522             | 0,0948             |
| DBO <sub>5</sub>     | mg/L      | 6,67       | 8,17               | 7,42               | 37,72              | 42,22              |
| Coliforme Fecal      | NMP/100mL | 90         | 21x10 <sup>2</sup> | 21x10 <sup>3</sup> | 60x10 <sup>5</sup> | 21x10 <sup>4</sup> |
| Oxígeno Disuelto     | mg/L      | 0,34       | 0,33               | 0,52               | 0,64               | 0,59               |
| % Saturación         |           | 3,2        | 3,2                | 5,2                | 7,0                | 6,4                |
| OD* %Saturación      |           | 1,10       | 1,07               | 2,72               | 4,53               | 3,79               |

**Tabla 4.27:** Parámetros para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) tercer muestreo.

| Parámetros           | Unidad    | ESTACIONES |                    |                    |                    |                    |
|----------------------|-----------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      |           | 1          | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  |
| Temperatura agua     | °C        | 14         | 15                 | 18                 | 20                 | 20                 |
| Temperatura ambiente | °C        | 12         | 20                 | 22                 | 22                 | 24                 |
| ΔT                   | °C        | 2          | -5                 | -4                 | -2                 | -4                 |
| pH                   |           | 7,94       | 7,90               | 8,10               | 7,60               | 7,50               |
| Turbidez             | NTU       | 15,5       | 12,1               | 13,1               | 30,0               | 31,6               |
| Sólidos Totales      | ppm       | 158        | 93                 | 167                | 442                | 400                |
| Fosfatos             | ppm       | 0,0648     | 0,1085             | 0,1400             | 2,1911             | 2,1701             |
| Nitratos             | ppm       | 0,0463     | 0,0720             | 0,2796             | 0,1240             | 0,1113             |
| DBO <sub>5</sub>     | mg/L      | 5,02       | 5,55               | 5,4                | 32,55              | 37,72              |
| Coliforme Fecal      | NMP/100mL | 14x10      | 17x10 <sup>2</sup> | 70x10 <sup>3</sup> | 70x10 <sup>5</sup> | 80x10 <sup>4</sup> |
| Oxígeno Disuelto     | mg/L      | 3,4        | 4,0                | 5,3                | 6,8                | 6,2                |
| % Saturación         |           | 3,4        | 4,0                | 5,3                | 6,8                | 6,2                |
| OD* %Saturación      |           | 1,15       | 1,61               | 2,65               | 4,28               | 3,55               |

**Tabla 4.28:** Parámetros para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) cuarto muestreo.

| Parámetros           | Unidad    | ESTACIONES |                    |                    |                    |                    |
|----------------------|-----------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      |           | 1          | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  |
| Temperatura agua     | °C        | 15         | 13                 | 18                 | 19                 | 18                 |
| Temperatura ambiente | °C        | 20         | 18                 | 21                 | 20                 | 20                 |
| ΔT                   | °C        | -5         | -5                 | -3                 | -1                 | -2                 |
| pH                   |           | 9,07       | 7,82               | 8,15               | 8,46               | 8,46               |
| Turbidez             | NTU       | 12,1       | 4,31               | 34,7               | 4,04               | 5,59               |
| Sólidos Totales      | ppm       | 99         | 138                | 285                | 490                | 445                |
| Fosfatos             | ppm       | 0,0700     | 0,2153             | 0,2363             | 2,6146             | 2,4571             |
| Nitratos             | ppm       | 0,2571     | 0,1113             | 0,5369             | 0,1497             | 0,1494             |
| DBO <sub>5</sub>     | mg/L      | 3,975      | 6,0                | 5,775              | 33,3               | 42,15              |
| Coliforme Fecal      | NMP/100mL | 13x10      | 33x10 <sup>2</sup> | 17x10 <sup>3</sup> | 17x10 <sup>5</sup> | 11x10 <sup>4</sup> |
| Oxígeno Disuelto     | mg/L      | 6,75       | 6,44               | 5,67               | 5,62               | 5,67               |
| % Saturación         |           | 64,2       | 61,3               | 60,1               | 60,7               | 60,0               |
| OD* %Saturación      |           | 433        | 395                | 341                | 341                | 340                |

**Tabla 4.29:** Parámetros para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) quinto muestreo.

| Parámetros           | Unidad    | ESTACIONES |                    |                     |                    |                    |
|----------------------|-----------|------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|                      |           | 1          | 2                  | 3                   | 4                  | 5                  |
| Temperatura agua     | °C        | 9          | 9                  | 10                  | 15                 | 14                 |
| Temperatura ambiente | °C        | 15         | 12                 | 6                   | 5                  | 10                 |
| ΔT                   | °C        | -5         | -3                 | 4                   | 10                 | 4                  |
| pH                   |           | 7,91       | 8,38               | 8,95                | 7,64               | 7,76               |
| Turbidez             | NTU       | 9,63       | 11,9               | 26,3                | 31,2               | 34,5               |
| Sólidos Totales      | ppm       | 96         | 119                | 216                 | 393                | 456                |
| Fosfatos             | ppm       | 0,0350     | 0,2205             | 0,2083              | 2,3644             | 2,1474             |
| Nitratos             | ppm       | 0,0104     | 0,0448             | 0,3367              | 0,1220             | 0,0502             |
| DBO <sub>5</sub>     | mg/L      | 26,17      | 28,65              | 26,70               | 51,45              | 51,0               |
| Coliforme Fecal      | NMP/100mL | 17x10      | 21x10 <sup>2</sup> | 27x210 <sup>3</sup> | 13x10 <sup>5</sup> | 21x10 <sup>6</sup> |
| Oxígeno Disuelto     | mg/L      | 5,69       | 5,65               | 5,67                | 4,68               | 4,73               |
| % Saturación         |           | 48,1       | 47,8               | 49,7                | 46,5               | 46,0               |
| OD* %Saturación      |           | 273        | 270                | 265                 | 217                | 217                |



**Tabla 4.30:** Parámetros para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) sexto muestreo.

| Parámetros           | Unidad    | ESTACIONES |                    |                    |                    |                    |
|----------------------|-----------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      |           | 1          | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  |
| Temperatura agua     | °C        | 13         | 13                 | 16                 | 20                 | 19                 |
| Temperatura ambiente | °C        | 11         | 12                 | 12                 | 13                 | 14                 |
| ΔT                   | °C        | 2          | 1                  | 4                  | 7                  | 5                  |
| pH                   |           | 8,25       | 7,70               | 8,17               | 7,60               | 7,59               |
| Turbidez             | NTU       | 2,98       | 3,86               | 4,42               | 51,4               | 38,2               |
| Sólidos Totales      | ppm       | 100        | 165                | 355                | 470                | 454                |
| Fosfatos             | ppm       | 0,1120     | 0,4743             | 0,3518             | 2,6146             | 2,3941             |
| Nitratos             | ppm       | 0,0116     | 0,1546             | 0,5879             | 0,2007             | 0,0713             |
| DBO <sub>5</sub>     | mg/L      | 5,4        | 9,6                | 9,9                | 44,25              | 39,3               |
| Coliforme Fecal      | NMP/100mL | 20x10      | 17x10 <sup>2</sup> | 13x10 <sup>3</sup> | 14x10 <sup>5</sup> | 26x10 <sup>4</sup> |
| Oxígeno Disuelto     | mg/L      | 3,65       | 2,57               | 3,94               | 3,67               | 3,0                |
| % Saturación         |           | 34,7       | 24,5               | 40,0               | 37,3               | 32,4               |
| OD* %Saturación      |           | 126        | 63                 | 157                | 137                | 98                 |

Para determinar el ICA se empleó la siguiente fórmula:

$$ICA_a = \sum_{I=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Donde: ICA<sub>a</sub>: Índice de Calidad de Agua.

Sub<sub>i</sub>: Subíndice del parámetro i.

w<sub>i</sub> : Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi).

En las tablas 4.31 al 4.36 se muestran los valores del subíndice de cada parámetro y del factor de ponderación para cada subíndice, así como los valores determinados del ICA por estaciones y meses de muestreo de las aguas del río Alameda.

**Tabla 4.31:** Determinación de los Índices de Calidad del Agua primer muestreo.

| Parámetro        | Wi  | Estaciones de muestreo |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
|------------------|-----|------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
|                  |     | 1                      |             | 2        |             | 3        |             | 4        |             | 5        |             |
|                  |     | Sub<br>i               | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i |
| Coliformes       | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| F.               | 5   | 42                     | 6,3         | 22       | 3,3         | 21       | 3,15        | 3        | 0,45        | 4        | 0,6         |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| pH               | 2   | 85                     | 10,2        | 85       | 10,2        | 84       | 10,08       | 85       | 10,2        | 85       | 10,2        |
| DBO <sub>5</sub> | 0,1 | 96                     | 9,6         | 90       | 9           | 97       | 9,7         | 13       | 1,3         | 20       | 2           |
| Nitratos         | 0,1 | 99                     | 9,9         | 99       | 9,9         | 97       | 9,7         | 98       | 9,8         | 99       | 9,9         |
| Fosfatos         | 0,1 | 100                    | 10          | 99       | 9,9         | 99       | 9,9         | 24       | 2,4         | 28       | 2,8         |
| ΔT               | 0,1 | 75                     | 7,5         | 75       | 7,5         | 85       | 8,5         | 44       | 4,4         | 70       | 7           |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| Turbidez         | 8   | 77                     | 6,16        | 66       | 5,28        | 70       | 5,6         | 68       | 5,44        | 65       | 5,2         |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| STD              | 8   | 87                     | 6,96        | 86       | 6,88        | 77       | 6,16        | 60       | 4,8         | 65       | 5,2         |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| ODx%Sat          | 7   | 5                      | 0,85        | 6        | 1,02        | 9        | 1,53        | 11       | 1,87        | 9        | 1,53        |
| ICA              |     |                        | 67,47       |          | 62,98       |          | 64,32       |          | 40,66       |          | 44,43       |

**Tabla 4.32:** Determinación de los Índices de Calidad del Agua segundo muestreo.

| Parámetro        | Wi  | Estaciones de muestreo |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
|------------------|-----|------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
|                  |     | 1                      |             | 2        |             | 3        |             | 4        |             | 5        |             |
|                  |     | Sub<br>i               | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i |
| Coliformes       | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| F.               | 5   | 46                     | 6,9         | 21       | 3,15        | 8        | 1,2         | 3        | 0,45        | 4        | 0,6         |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| pH               | 2   | 85                     | 10,2        | 85       | 10,2        | 84       | 10,08       | 85       | 10,2        | 85       | 10,2        |
| DBO <sub>5</sub> | 0,1 | 55                     | 5,5         | 41       | 4,1         | 45       | 4,5         | 2        | 0,2         | 2        | 0,2         |
| Nitratos         | 0,1 | 99                     | 9,9         | 99       | 9,9         | 97       | 9,7         | 98       | 9,8         | 99       | 9,9         |
| Fosfatos         | 0,1 | 100                    | 10          | 99       | 9,9         | 99       | 9,9         | 24       | 2,4         | 28       | 2,8         |
| ΔT               | 0,1 | 56                     | 5,6         | 72       | 7,2         | 93       | 9,3         | 50       | 5           | 75       | 7,5         |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| Turbidez         | 8   | 54                     | 4,32        | 64       | 5,12        | 68       | 5,44        | 47       | 3,76        | 40       | 3,2         |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| STD              | 8   | 88                     | 7,04        | 86       | 6,88        | 70       | 5,6         | 48       | 3,84        | 53       | 4,24        |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| ODx%Sat          | 7   | 1                      | 0,17        | 1        | 0,17        | 2        | 0,34        | 2,5      | 0,425       | 2,5      | 0,425       |
| ICA              |     |                        | 59,63       |          | 56,62       |          | 56,06       |          | 36,075      |          | 39,065      |

**Tabla 4.33: Determinación de los Índices de Calidad del Agua tercer muestreo.**

| Parámetro        | Wi  | Estaciones de muestreo |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
|------------------|-----|------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
|                  |     | 1                      |             | 2        |             | 3        |             | 4        |             | 5        |             |
|                  |     | Sub<br>i               | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i |
| Coliformes       | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| F.               | 5   | 44                     | 6,6         | 21       | 3,15        | 4        | 0,6         | 3        | 0,45        | 4        | 0,6         |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| pH               | 2   | 85                     | 10,2        | 85       | 10,2        | 84       | 10,08       | 85       | 10,2        | 85       | 10,2        |
| DBO <sub>5</sub> | 0,1 | 55                     | 5,5         | 55       | 5,5         | 55       | 5,5         | 2        | 0,2         | 2        | 0,2         |
| Nitratos         | 0,1 | 99                     | 9,9         | 99       | 9,9         | 98       | 9,8         | 98       | 9,8         | 98       | 9,8         |
| Fosfatos         | 0,1 | 100                    | 10          | 99       | 9,9         | 99       | 9,9         | 27       | 2,7         | 27       | 2,7         |
| ΔT               | 0,1 | 75                     | 7,5         | 56       | 5,6         | 58       | 5,8         | 74       | 7,4         | 58       | 5,8         |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| Turbidez         | 8   | 70                     | 5,6         | 76       | 6,08        | 70       | 5,6         | 53       | 4,24        | 52       | 4,16        |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| STD              | 8   | 78                     | 6,24        | 86       | 6,88        | 78       | 6,24        | 39       | 3,12        | 48       | 3,84        |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| ODx%Sat          | 7   | 1                      | 0,17        | 1,1      | 0,187       | 2        | 0,34        | 2,5      | 0,425       | 2,3      | 0,391       |
| ICA              |     |                        | 61,71       |          | 57,397      |          | 53,86       |          | 38,535      |          | 37,691      |

**Tabla 4.34: Determinación de los Índices de Calidad del Agua cuarto muestreo.**

| Parámetro        | Wi  | Estaciones de muestreo |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
|------------------|-----|------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
|                  |     | 1                      |             | 2        |             | 3        |             | 4        |             | 5        |             |
|                  |     | Sub<br>i               | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i |
| Coliformes       | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| F.               | 5   | 44                     | 6,6         | 18       | 2,7         | 5        | 0,75        | 3        | 0,45        | 4        | 0,6         |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| pH               | 2   | 47                     | 5,64        | 85       | 10,2        | 84       | 10,08       | 84       | 10,08       | 84       | 10,08       |
| DBO <sub>5</sub> | 0,1 | 74                     | 7,4         | 50       | 5           | 55       | 5,5         | 2        | 0,2         | 2        | 0,2         |
| Nitratos         | 0,1 | 98                     | 9,8         | 99       | 9,9         | 97       | 9,7         | 98       | 9,8         | 98       | 9,8         |
| Fosfatos         | 0,1 | 100                    | 10          | 98       | 9,8         | 98       | 9,8         | 25       | 2,5         | 24       | 2,4         |
| ΔT               | 0,1 | 56                     | 5,6         | 56       | 5,6         | 58       | 5,8         | 85       | 8,5         | 74       | 7,4         |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| Turbidez         | 8   | 76                     | 6,08        | 88       | 7,04        | 50       | 4           | 46       | 3,68        | 97       | 7,76        |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| STD              | 8   | 85                     | 6,8         | 80       | 6,4         | 62       | 4,96        | 39       | 3,12        | 32       | 2,56        |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| ODx%Sat          | 7   | 50                     | 8,5         | 50       | 8,5         | 50       | 8,5         | 50       | 8,5         | 50       | 8,5         |
| ICA              |     |                        | 66,42       |          | 65,14       |          | 59,09       |          | 46,83       |          | 49,3        |

**Tabla 4.35:** Determinación de los Índices de Calidad del Agua quinto muestreo.

| Parámetro        | Wi  | Estaciones de muestreo |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
|------------------|-----|------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
|                  |     | 1                      |             | 2        |             | 3        |             | 4        |             | 5        |             |
|                  |     | Sub<br>i               | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i |
| Coliformes       | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| F.               | 5   | 44                     | 6,6         | 21       | 3,15        | 8        | 1,2         | 3        | 0,45        | 3        | 0,45        |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| pH               | 2   | 85                     | 10,2        | 85       | 10,2        | 84       | 10,08       | 85       | 10,2        | 85       | 10,2        |
| DBO <sub>5</sub> | 0,1 | 8                      | 0,8         | 6        | 0,6         | 97       | 9,7         | 13       | 1,3         | 2        | 0,2         |
| Nitratos         | 0,1 | 99                     | 9,9         | 98       | 9,8         | 98       | 9,8         | 98       | 9,8         | 99       | 9,9         |
| Fosfatos         | 0,1 | 100                    | 10          | 98       | 9,8         | 98       | 9,8         | 26       | 2,6         | 27       | 2,7         |
| ΔT               | 0,1 | 56                     | 5,6         | 72       | 7,2         | 50       | 5           | 22       | 2,2         | 50       | 5           |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| Turbidez         | 8   | 77                     | 6,16        | 76       | 6,08        | 66       | 5,28        | 52       | 4,16        | 50       | 4           |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| STD              | 8   | 86                     | 6,88        | 83       | 6,64        | 70       | 5,6         | 39       | 3,12        | 48       | 3,84        |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| ODx%Sat          | 7   | 50                     | 8,5         | 50       | 8,5         | 50       | 8,5         | 50       | 8,5         | 50       | 8,5         |
| ICA              |     |                        | 64,64       |          | 61,97       |          | 64,96       |          | 42,33       |          | 44,79       |

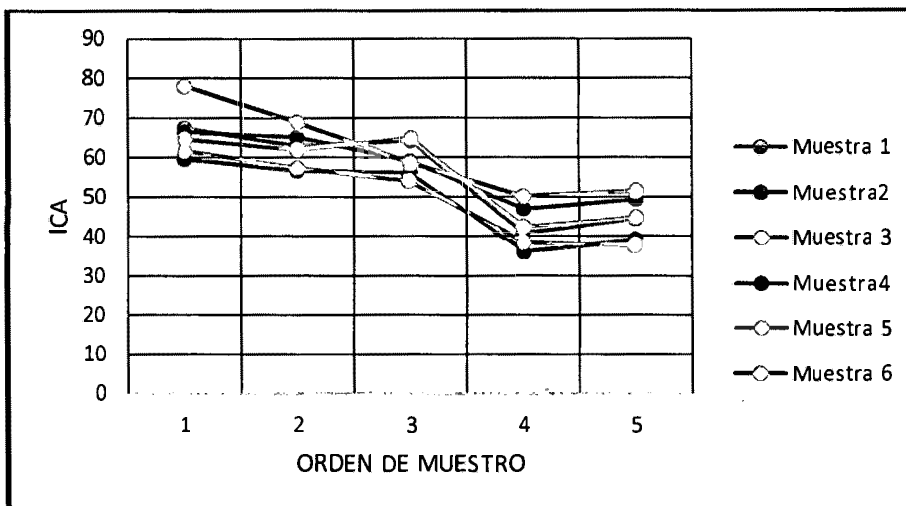
**Tabla 4.36:** Determinación de los Índices de Calidad del Agua sexto muestreo.

| Parámetro        | Wi  | Estaciones de muestreo |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
|------------------|-----|------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
|                  |     | 1                      |             | 2        |             | 3        |             | 4        |             | 5        |             |
|                  |     | Sub<br>i               | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i | Sub<br>i | Subi.W<br>i |
| Coliformes       | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| F.               | 5   | 42                     | 6,3         | 21       | 3,15        | 8        | 1,2         | 3        | 0,45        | 4        | 0,6         |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| pH               | 2   | 84                     | 10,08       | 85       | 10,2        | 84       | 10,08       | 85       | 10,2        | 85       | 10,2        |
| DBO <sub>5</sub> | 0,1 | 55                     | 5,5         | 36       | 3,6         | 34       | 3,4         | 2        | 0,2         | 2        | 0,2         |
| Nitratos         | 0,1 | 99                     | 9,9         | 98       | 9,8         | 97       | 9,7         | 98       | 9,8         | 99       | 9,9         |
| Fosfatos         | 0,1 | 99                     | 9,9         | 96       | 9,6         | 97       | 9,7         | 25       | 2,5         | 25       | 2,5         |
| ΔT               | 0,1 | 75                     | 7,5         | 85       | 8,5         | 50       | 5           | 42       | 4,2         | 44       | 4,4         |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| Turbidez         | 8   | 90                     | 7,2         | 91       | 7,28        | 88       | 7,04        | 39       | 3,12        | 48       | 3,84        |
|                  | 0,0 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| STD              | 8   | 85                     | 6,8         | 78       | 6,24        | 50       | 4           | 76       | 6,08        | 39       | 3,12        |
|                  | 0,1 |                        |             |          |             |          |             |          |             |          |             |
| ODx%Sat          | 7   | 87                     | 14,79       | 62       | 10,54       | 50       | 8,5         | 80       | 13,6        | 98       | 16,66       |
| ICA              |     |                        | 77,97       |          | 68,91       |          | 58,62       |          | 50,15       |          | 51,42       |

En las figuras 4.21 al 4.22 se observa la variación del ICA con respecto al tiempo y espacio.

**Tabla 4.37:** Variación del Índice de Calidad del Agua en función a los meses de muestreo de las aguas del río Alameda.

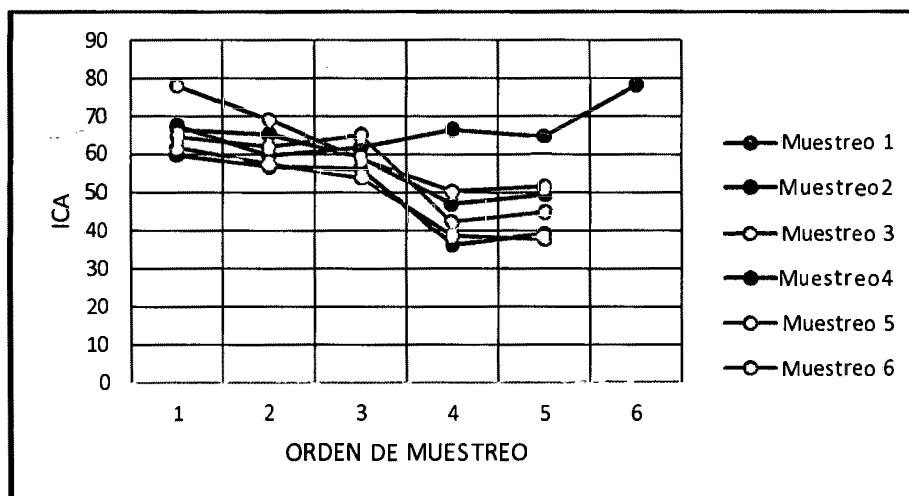
| ICA       |            |            |            |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Muestreo  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Estación 5 |
| Marzo     | 67,47      | 62,98      | 64,32      | 40,66      | 44,43      |
| Abril     | 59,63      | 56,62      | 56,06      | 36,075     | 39,065     |
| Mayo      | 61,71      | 57,397     | 53,86      | 38,535     | 37,691     |
| Junio     | 66,42      | 65,14      | 59,09      | 46,83      | 49,3       |
| Julio     | 64,64      | 61,97      | 64,96      | 42,33      | 44,79      |
| Setiembre | 77,97      | 68,91      | 58,62      | 50,15      | 51,42      |



**Figura 4.21:** Variación del Índice de Calidad del Agua en función a los meses de muestreo de las aguas del río Alameda.

**Tabla 4.38:** Variación del Índice de Calidad del Agua en función de las estaciones de muestreo de las aguas del río Alameda.

| ICA        |       |        |        |       |       |           |
|------------|-------|--------|--------|-------|-------|-----------|
| Muestreo   | Marzo | Abril  | Mayo   | Junio | Julio | Setiembre |
| Estación 1 | 67,47 | 59,63  | 61,71  | 66,42 | 64,64 | 77,97     |
| Estación 2 | 62,98 | 56,62  | 57,397 | 65,14 | 61,97 | 68,91     |
| Estación 3 | 64,32 | 56,06  | 53,86  | 59,09 | 64,96 | 58,62     |
| Estación 4 | 40,66 | 36,075 | 38,535 | 46,83 | 42,33 | 50,15     |
| Estación 5 | 44,43 | 39,065 | 37,691 | 49,3  | 44,79 | 51,42     |



**Figura 4.22:** Variación del Índice de Calidad del Agua en función a las estaciones de muestreo de las aguas del río Alameda.

#### 4.6. CAUDAL DEL RÍO ALAMEDA Y EFLUENTE DE LA PTAR LA TOTORA

La determinación del caudal se realizó utilizando el método del flotador, el caudal en el río Alameda en época de lluvia (marzo), es de aproximadamente 278,6 L/s en la estación RA-03 y en época de estiaje (julio) el caudal es aproximadamente 330 L/s. El método para determinar el caudal se presenta en el anexo 1.

El caudal promedio diario de tratamiento de las aguas servidas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá en el año 2014, por información de SEDA, fue de 323,5 L/s. Se tuvo un promedio mínimo diario de 131,9 L/s y un promedio máximo diario de 546,8 L/s. El caudal promedio diario de tratamiento de aguas servidas en el PTAR La Totorá correspondiente al año 2014, se presenta en la tabla 4.39.

**Tabla 4.39:** Caudal tratado de agua servidas en la PTAR la Totorá, 2014 (L/s).

| MES   |     |       |     |       |       |     |       |       |       |       |       |
|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ene   | Feb | Mar   | Abr | May   | Jun   | Jul | Ago   | Set   | Oct   | Nov   | Dic   |
| 351,3 | 333 | 335,4 | 301 | 313,4 | 307,9 | 309 | 310,5 | 330,3 | 329,2 | 327,4 | 345,5 |

FUENTE SEDA, Oficina de Desarrollo Institucional. 2015

## **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. Elaboración de curvas patrón**

En este trabajo de investigación sólo se elaboraron 2 curvas patrón, las cuales se muestran en las tablas 4.2 y 4.3, en las figuras 4.1 y 4.2, para los parámetros nitratos y fosfatos, las curvas patrón fueron corregidas por regresión lineal de mínimos cuadrados, cuyos coeficientes de correlación resultaron igual a 0,9898 para el caso de nitratos y 0,999 para el de fosfatos.

Las ecuaciones resultaron para el caso de nitratos:  $y=4,0418x$  y para el de fosfatos:  $y=1,7501x$ , con los que se determinaron los valores de los parámetros mencionados, estos valores obtenidos pueden ser utilizados para elaborar otros trabajos de investigación.

### **5.2. Condiciones y parámetros de muestreo**

De las tablas 4.4 al 4.15, se reportan las condiciones y parámetros de los 6 periodos en las 5 estaciones de muestreo del río Alameda, siendo las horas de muestreo entre las 7.0 a ma a 10.0 am. Se observa una variación de temperatura de agua entre 12 a 20 °C para los meses de marzo a junio, en el mes de julio entre 9 a 15 °C, que se justifica por el clima de la temporada y en setiembre entre 13 a 20 °C.

De la figura 4.13, se observa los valores de pH encontrados en el río Alameda, para los meses de marzo, abril, mayo y julio los valores más altos están en la estación RA-03 por presencia de materia orgánica en descomposición, en marzo el valor más alto fue de 8.14, en los meses de abril y mayo fue de 8,10. En junio el valor más alto fue 9,07 en la estación RA-01 por materia orgánica en

descomposición, en julio el valor más alto fue 8,95 en la estación RA-03 por presencia de materia orgánica en descomposición y en setiembre el valor más alto fue de 8,25 en la estación RA-01 por materia orgánica en descomposición. En los meses de junio y julio los valores más altos de pH encontrados en las estaciones RA-01 y RA-03 sobrepasan los estándares de calidad de agua para pH (6,5-8,5).

En las tablas 4.4, 4.6, 4.8, 4.10, 4.12 y 4.14, en los que se reportan los valores encontrados de conductividad en el río Alameda, se observa que no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para conductividad (<2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). En todos los meses los máximos valores hallados fueron de 770  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en marzo, en abril fue 788  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en mayo fue 882  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en junio fue 889  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en julio fue de 905  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en setiembre 930  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En todos los meses evaluados los valores más altos se encontraron en la estación PT-01 de los efluentes de las aguas residuales de la PTAR La Totorá.

De la figura 4.15, donde se reportan los valores de oxígeno disuelto observados en el río Alameda, el valor más alto para el mes de marzo fue de 1,25 mg/L en las estaciones RA-03 y PT-01 (figura 12 del anexo 2). En el mes de abril el valor más alto resultó ser de 0,64 mg/L y en el mes de mayo el máximo valor fue 6,8, ambos en la estación PT-01. En junio el valor más alto fue 6,75 mg/L en la estación RA-01.

El valor más alto de oxígeno disuelto para el mes de julio fue 5,69 mg/L en la estación RA-01, para setiembre el valor más alto hallado fue de 3,94 mg/L en la estación RA-03. Para el oxígeno disuelto el estándar de calidad de agua es de  $\geq 4$  mg/L y se observa que en los meses marzo, abril, setiembre y en la estación RA-01 del mes de mayo los valores encontrados están por debajo de los estándares de calidad del agua.

En la figura 4.7, se observan los valores encontrados de turbiedad en el río Alameda, para el mes de marzo con su más alto valor de 26,8 NTU en la estación RA-02 por presencia de materia orgánica en descomposición y por la presencia de lluvias. En abril el valor más alto fue 47,7 NTU en la estación RA-04 por la presencia las aguas residuales de la PTAR La Totorá, en los meses de



mayo y julio los valores más altos resultaron ser de 31,6 NTU y 34,5 NTU respectivamente y se hallaron en la estación RA-04 por la presencia de las aguas residuales de la PTAR la Totorá.

En junio el valor más alto fue de 34,7 NTU en la estación RA-03 por presencia de materia orgánica en descomposición, en setiembre el máximo valor encontrado resulto ser de 51,4 NTU en la estación PT.01 por presencia de lluvias y de las aguas residuales de la PTAR La Totorá.

En las tablas 4.4, 4.6, 4.8, 4.10, 4.12, y 4.14, los valores más altos de salinidad en el río se hallaron en los 5 primeros meses (marzo, abril, mayo, junio y julio) en la estación PT-01 y resultando un valor de 0,38 ppm para marzo y abril, en mayo fue de 0,47 ppm, en junio fue de 0,44 ppm, en julio fue de 0,45 ppm y se debe a la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá, en el mes de setiembre el valor más alto hallado fue de 0,83 ppm en la estación RA-03.

El valor de salinidad para agua dulce es de  $<0,5$  g/L, en los 5 primeros meses no sobrepasan los valores para agua dulce y los valores más altos se encuentran en la estación PT-01 por la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá, en setiembre solo en la estación RA-03 se encontró el valor más alto y no sobrepasa los valores para agua dulce, la salinidad se refiere a la cantidad de Cloruro de Sodio (ClNa) presente en el agua. (id.23)

En la figura 4.11, para los valores de sólidos disueltos totales encontrados en los 4 primeros meses y en la estación PT-01 se hallaron los valores más altos, siendo para marzo de 387 ppm, en abril fue de 394 ppm, en mayo fue de 442 ppm y en junio de 490 ppm por la presencia de las aguas residuales de la PTAR la Totorá. En julio el valor más alto se encontró en la estación RA-04 y fue de 456 ppm y es por la presencia de las aguas residuales de la PTAR la Totorá.

En setiembre el valor más alto se encontró en la estación PT-01 y fue de 470 ppm por la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá. El valor máximo que se encontró en la evaluación de sólidos disueltos totales del río Yucaes fue de 282 ppm ALCARRAZ *et al* (2013), lo que indica que en el río Alameda hay mayor concentración de sólidos disueltos totales. (id.7)

En las tablas 4.5, 4.7, 4.9, 4.11, 4.13 y 4.15, los valores de los sólidos en suspensión en todos los meses evaluados alcanzaron su valor más alto en la estación PT-01 de la PTAR La Totorá, los valores resultaron ser para el mes de marzo de 44,2 ppm, en abril fue de 44,0 ppm, en mayo fue de 41,3 ppm, en junio fue de 46,3 ppm, en julio fue de 45,4 ppm y en setiembre es de 46,4 ppm. Estos resultados serán de utilidad para planes de recuperación del río Alameda. En la evaluación de sólidos en suspensión en las muestras del río Yucaes, el más alto valor es de 282 ppm ALCARRAZ *et al* (2013), que supera a los valores máximos de las muestras evaluadas del río Alameda. (id.7)

En la figura 4.3, todos los máximos valores encontrados de fosfatos en todos los meses se hallaron en la estación PT-01 por la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá, los valores más altos para el mes de marzo es de 2,4221 ppm, en abril fue de 2,4624 ppm, en mayo es de 2,1911 ppm, en junio es de 2,6146 ppm, en julio fue de 2,3644 ppm y en setiembre es de 2,6146 ppm. En todos los meses en las 2 últimas estaciones PT-01 y RA-04 sobrepasan los estándares de calidad de aguas para fosfatos (1 ppm). En el muestreo del río Yucaes, los valores de fosfatos se incrementan a lo largo del río con la tendencia de incrementarse en las últimas estaciones ALCARRAZ *et al* (2013), y no sobrepasan los estándares de calidad de aguas. (id.7)

De la figura 4.19, los máximos valores encontrados de nitratos en todos los meses de muestreo se hallaron en la estación RA-03 por la presencia de materia orgánica en descomposición y lixiviados de fertilizantes de los cultivos ubicados alrededor del río, los valores máximos para el mes de marzo fue de 0,5512 ppm, en el mes de abril fue de 0,3355 ppm, en el mes de mayo fue de 0,2796 ppm, en el mes de junio fue de 0,5369 ppm, en el mes de julio es de 0,3367 ppm y en el mes de setiembre resultó ser de 0,5879 ppm. Todos los valores de las estaciones no sobrepasaron los estándares de calidad del agua para nitratos. (10 ppm). De igual manera los valores hallados de nitratos en las muestras del río Yucaes no sobrepasan los estándares de calidad del agua ALCARRAZ *et al* (2013). (id.7)

En la figura 4.17, los máximos valores de coliformes fecales para los 4 primeros meses se hallaron en la estación PT-01, el valor más alto para marzo fue de

$12 \times 10^5$  NMP/100mL, en abril fue de  $60 \times 10^5$  NMP/100mL, en mayo fue de  $70 \times 10^5$  NMP/100mL, en junio resulto ser de  $17 \times 10^5$  NMP/100mL, estos resultados se deben a la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá. Para el mes de julio el máximo valor encontrado es de  $21 \times 10^6$  NMP/100mL en la estación RA-04 por la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá y en setiembre el máximo valor fue de  $14 \times 10^5$  NMP/100mL en la estación PT-01 y se da por la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá.

Se observa que los valores máximos se dan en las 2 últimas estaciones PT-01 y RA-04, donde se encuentran las descargas de aguas residuales de la PTAR La Totorá, los valores que sobrepasan los estándares de calidad de agua se encuentran en las 4 últimas estaciones en todos los meses (con excepción de la segunda estación en el mes de marzo), los valores encontrados para coliformes fecales sobrepasan en su mayoría a los estándares de calidad de agua que es menor a 1000 NMP/100mL, El máximo valor de recuentos de coliformes fecales en la bocatoma de la Planta de Tratamiento N°01: La Atarjea es de  $27 \times 10^3$  NMP/100mL, Romero *et al* (2015) lo cual es inferior a todos los valores máximos del río Alameda. (38)

De las tablas 4.5, 4.7, 4.9, 4.11, 4.13 y 4.15, se observa que el valor máximo de coliforme total para el mes de marzo fue de  $26 \times 10^6$  NMP/100mL en la estación RA-04 por la presencia de las aguas residuales de la PTAR la Totorá, para los últimos 5 meses los valores máximos se dieron en la estación PT-01 por la presencia de aguas residuales de la PTAR La Totorá, siendo el máximo valor para abril de  $13 \times 10^6$  NMP/100mL, para mayo  $14 \times 10^6$  NMP/100mL, en junio es de  $21 \times 10^6$  NMP/100mL, en julio es de  $17 \times 10^6$  NMP/100mL y en setiembre es de  $90 \times 10^5$  NMP/100mL. Los valores encontrados en todas las estaciones sobrepasan los estándares de calidad de agua que es menor a 5000 NMP/100mL, lo cual indica contaminación de las aguas del río por coliformes totales. El valor máximo de coliformes totales en los recuentos de la bocatoma de la Planta de Tratamiento N° 01: La Atarjea es de  $50 \times 10^4$  NMP/100mL, Romero *et al* (2015) que también sobrepasan los estándares de calidad de agua. (id.38)

En la figura 4.5, para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Alameda, el máximo valor en el mes de marzo se obtuvo en la estación PT-01 y corresponde

a 18,93 mg/L por la presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá; en abril, mayo y junio los valores máximos se dieron en la estación RA-04, en abril es de 42,22 mg/L, en mayo es de 37,72 mg/L y en junio es de 42,15 mg/L. En julio el valor máximo es de 51,45 mg/L y en setiembre el valor máximo es de 44,25 mg/L, ambos en la estación PT-01 y se debe a la presencia de aguas residuales del PTAR La Totorá, hay valores que sobrepasan los estándares de calidad de agua para DBO<sub>5</sub> que es  $\leq 15$  mg/L y los problemas de contaminación se dan en las 2 últimas estaciones mayormente. En la evaluación del DBO<sub>5</sub> de las muestras del agua del río Yucaes muestran que los valores aumentan a lo largo del río ALCARRAZ *et al* (2013), siendo mayor en las últimas estaciones. (id.7)

### **5.3. Determinación del Índice de calidad del agua**

El uso de las aguas del río Alameda (agricultura y actividad ganadera), según la tabla 2.9 y 2.10, los resultados que se reportan en las tablas 4.31 a 4.38 y las figuras 4.21 y 4.22, para los valores del ICA de los 5 primeros meses (marzo, abril, mayo, junio y julio) corresponden a una calidad regular de agua en las 3 primeras estaciones (RA-01, RA-02 y RA-03), mientras que las 2 últimas estaciones (PT-01 y RA-04), corresponden a una calidad de agua mala, por presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá.

Para el sexto mes los valores de ICA corresponde a una calidad de agua buena en la primera estación (RA-01), en las estaciones RA-02, RA-03 y RA-04 la calidad de agua es regular y en la estación PT-01 la calidad de agua es mala, por presencia de las aguas residuales de la PTAR La Totorá. Según la clasificación del ICA (propuesto por Brown), la calidad de agua buena tiene el valor de 71-90, la calidad del agua regular tiene el valor de 51-70 y la calidad de agua mala tiene el valor de 26-50.

En la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA), teniendo en cuenta el uso de las aguas del río Yucaes (agricultura y recreación), se observa que los resultados del agua del río son de calidad buena antes de la confluencia con el río Muyurina y de calidad regular después de la confluencia. ALCARRAZ *et al* (2013). (id.7)

Se debe impartir un programa de educación ambiental a los pobladores de la ribera del río Alameda, hacer trabajos de campo sobre seguridad ambiental, que se fundamenta desde campañas de sensibilización mediante material informativo como: afiches señalizaciones, trípticos, etc. Luego hacer campañas de limpieza, teniendo como fin brindar protección al medio ecológico del río Alameda, las cuales consisten en: reparto de bolsas especiales para basura, limpieza periódica del área contaminada, distribución de trípticos informativos, instalación de señales y carteles informativos en diferentes lugares del río Alameda; puesto de tachos de basura en puntos estratégicos de dicho río.

La realización de talleres interactivos a los niños y adolescentes sobre la importancia de cuidar el medio ambiente (juegos ecológicos) y se imparta información a través de los medios de comunicación (televisión, radio, internet), sobre la importancia del cuidado del medio ambiente.

## **CONCLUSIONES**

1. El Índice de Calidad del Agua (ICA) en el río Alameda, en los primeros 5 meses resultó de regular calidad antes de la confluencia con las aguas tratadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá y de mala calidad después de la confluencia con las aguas tratadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá. En el último mes en la estación RA-01, el agua resultó de buena calidad, en las estaciones RA-02, RA-03 y RA-04 la calidad del agua fue regular y en la estación PT-01 la calidad de agua fue mala.
2. Para el parámetro pH evaluado en el río Alameda, solo sobrepasan los estándares de calidad de agua en los meses de junio (primera estación, 9,07) y en julio (tercera estación, 8,95), el oxígeno disuelto en el río sobrepasa los estándares de calidad mayormente en el mes de mayo, en junio y julio todas las estaciones. En los meses de marzo, abril y setiembre los valores de oxígeno disuelto no están dentro de los estándares de calidad del agua.
3. Los sólidos disueltos totales y los sólidos suspendidos presentan un comportamiento variable, a lo largo del río Alameda aumentan las concentraciones de ambos parámetros y es notorio que mayormente en la estación PT-01 presenta máximos valores.
4. Los fosfatos en las aguas del río Alameda superan los estándares de calidad de agua mayormente en las estaciones PT-01 y RA-04. El  $\text{DBO}_5$  en el río supera los estándares de calidad del agua mayormente en las dos últimas estaciones y en estas dos estaciones es notorio la contaminación y debemos aclarar que en el mes de julio todas las estaciones superan los estándares de calidad del agua.

5. Los parámetros microbiológicos evaluados en las aguas del río Alameda para el caso de coliformes fecales muestran valores que superan los estándares de calidad del agua, mayormente en las cuatro últimas estaciones de todos los meses evaluados y los coliformes totales en todos los meses superan los estándares de calidad del agua. Los valores encontrados de turbidez y temperatura ayudarán para las medidas de recuperación del río Alameda, estos parámetros mayormente aumentan a lo largo del río.
6. Los parámetros fisicoquímicos (conductividad, salinidad y nitratos), determinados en el río Alameda están dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para riego de vegetales y bebida de animales según las normas legales publicadas en el diario "El Peruano" de julio 2008, Decreto Supremo 002-2008-MINAM. (33)

## **RECOMENDACIONES**

1. Para restaurar la calidad del agua del río Alameda, la Municipalidad Provincial de Huamanga debe establecer políticas y estrategias para sensibilizar y crear conciencia en la población que habita a lo largo de la ribera del río Alameda, para disminuir en lo posible las causas de la contaminación ambiental en las aguas del río Alameda.
2. Los vecinos que habitan a lo largo de la ribera del río Alameda y las quebradas afluentes, depositan sus residuos sólidos y tienen sus alcantarillados instalados hacia el río Alameda. El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho (SEDA) debe realizar trabajos de instalación de sistemas de alcantarillados, con la finalidad de evitar la contaminación de las aguas del río Alameda.
3. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho (SEDA) y la Municipalidad Provincial de Huamanga debe planificar el monitoreo permanente de la evaluación de presencia de contaminantes en las aguas del río Alameda y establecer una información histórica de la calidad del agua implementado en un sistema de información geográfica (GIS), el que sería muy útil para evaluar las tendencias de contaminación, evaluar zonas de riesgo para un determinado contaminante y entender espacialmente la contaminación en toda la micro cuenca del río Alameda.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. ROULIN, Alexandre.  
2014 Los Ríos. Madrid: Enciclopedia Medioambiental. Consulta: 11 de febrero de 2014.  
<<http://ambientum.com/enciclopedia/>>
2. GONZALES, C.  
2014 Los Fosfatos en Los Ríos: Grillitus Consulta: 19 febrero de:  
[http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm)
3. ECHEVARRÍA, Luis.  
2014 Contaminación de los Ríos por Fosfatos. México: Industria del Agua Iberoamericana. Consulta: 19 de febrero de 2014.  
<[http://www.aguamarket.com/sql/temas\\_interes/233.asp](http://www.aguamarket.com/sql/temas_interes/233.asp).
4. ARCE, Maite.  
2014 Contaminación de los Ríos, Lagos y los Mares. Chicago. Consulta: 19 de febrero de 2014.  
<[http://www.aguasimple.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=220:ique-es-la-contaminacion-de-losrios&catid=33:notas-de-agua-v3&Itemid6](http://www.aguasimple.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=220:ique-es-la-contaminacion-de-losrios&catid=33:notas-de-agua-v3&Itemid6)>
5. TORRES, Patricia.  
2014 Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizados en la producción de agua para consumo humano. Una Revisión Crítica, Universidad de Medellín. Consulta: 10 de agosto de 2014.  
<[http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11C\\_Agu/100CoAcu.htm](http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11C_Agu/100CoAcu.htm)>
6. RONAL, Manuel.  
2014 Caracterización Físico-Química de los Ríos de las Cuencas Perejil, La Libertad. La Libertad: Sciendo. Consulta: 10 de agosto de 2014.  
<[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172646342008000400012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172646342008000400012&script=sci_arttext)>
7. ALCARRAZ Tarcila; BARBOZA Gloria; CORDOVA Alcira; ZEGARRA Anna.  
2013 Características Físicoquímicas Y Determinación de la Calidad Del Agua del Río Yucaes. Universidad Nacional

San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería  
Química y Metalurgia. AYACUCHO–2013.

8. LOPEZ, Catalina.  
2015 Agua. Consulta: 23 de mayo de 2015.  
[https://www.google.com.pe/?gws\\_rd=ssl#q=agua&tbm=bks](https://www.google.com.pe/?gws_rd=ssl#q=agua&tbm=bks)
9. SEEBACHER, Stefan.  
2014 Problemática del Agua Dulce en el Mundo. París. Consulta:  
19 de febrero de 2014.  
<http://www.ifrc.org/es/noticias/discursos-y-articulos-de-opinion/articulos-deopinion.>>
10. AGRAZ, María.  
2014 Fuentes de Agua en el Mundo. Argentina. Consulta: 19 de  
febrero de 2014.  
<<http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20131002140427AAXjpiZ>.
11. MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ.  
2015 El Agua en el Perú. Perú. Consulta: 07 de julio de 2015.  
<http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/situacion-del-aguaen-el-peru>
12. HERNÁNDEZ, Guadalupe.  
2015 Contaminación del Agua. Consulta: 23 de mayo del 2015.  
<https://www.inspiration.org/cambioclimatico/contaminacion/contaminaciondelagua>
13. CALVO, Mariano.  
2014 Problemática del Agua Dulce en el Mundo. Holanda.  
Consulta: 07 de febrero de 2014.  
<<http://www.lenntech.com/espanolt.>>
14. GONZALES, T.  
2014 Oxígeno Disuelto. España. Consulta 01 de noviembre de  
2014.  
[https://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/OxigenoDisuelto.htm](https://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/OxigenoDisuelto.htm)
15. ANDY, C.  
2014 Potencial Hidrógeno. Consulta 01 de noviembre de 2014.  
<http://www.bioquimicayfisiologia.com/2014/07/concepto-de-potencial-de-hidrogeno-ph.html>

16. ANDREO, Marisa.  
2014 Demanda Bioquímica de Oxígeno. Consulta 01 de noviembre de 2014.  
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DBO.htm>.
17. LABIOSA, Rochelly.  
2014 Nitratos. Consulta 01 de noviembre de 2014.  
[https://www3.epa.gov/region10/pdf/sites/yakimagw/Lower\\_Yakima\\_Valley\\_FAQ\\_Nitrate\\_Espanol.pdf](https://www3.epa.gov/region10/pdf/sites/yakimagw/Lower_Yakima_Valley_FAQ_Nitrate_Espanol.pdf)
18. MARA, P.  
2014 Coliforme Fecal. Consulta 01 de noviembre de 2014.  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/013761/013761-03.pdf>
19. MELO RUIZ, Virginia.  
2014 Temperatura. Consulta 01 de noviembre de:  
[https://books.google.es/books?id=KHec9weY8Y0C&pg=PA11&dq=segunda+ley+de+la+termodin%C3%A1mica&hl=es&ei=GAzETKXKJM3CswaBnNHVCA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result#v=onepage&q=segunda%20ley%20de%20la%20termodin%C3%A1mica&f=false](https://books.google.es/books?id=KHec9weY8Y0C&pg=PA11&dq=segunda+ley+de+la+termodin%C3%A1mica&hl=es&ei=GAzETKXKJM3CswaBnNHVCA&sa=X&oi=book_result&ct=result#v=onepage&q=segunda%20ley%20de%20la%20termodin%C3%A1mica&f=false)
20. SIGLER Adam y BAUDER Jim.  
2014 Sólidos Disueltos Totales. Consulta 01 de noviembre de 2014.  
[http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)
21. MUNICIPIO DE GARZÓN, HUILA. COLOMBIA.  
2014 Total Sólidos Suspendidos. Consulta 01 de noviembre de 2014.  
<http://www.aguapasion.es/blog/osmosis-inversa/46449-total-solidos-disueltos-tds-que-por-medirlo>.
22. OLSEN, Eugene.  
2014 Turbiedad. Consulta 01 de noviembre de 2014.  
<http://turbiedaddelagua.blogspot.pe/p/bibliografia.html>
23. BERGMAN, Yemifer.  
2015 Salinidad. Consulta 18 de octubre de 2015.  
[http://www.windows2universe.org/earth/Water/dissolved\\_salts.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/earth/Water/dissolved_salts.html&lang=sp)

24. LIDE, David.  
2015 Conductividad. Consulta 18 de octubre de 2015.  
<http://definicion.de/conductividad/#ixzz3oxazygra>
25. DIRECCIÓN DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE, ARGENTINA.  
2014 Índice de Calidad del Agua. Buenos Aires. Consulta: 19 de febrero de 2014.  
<[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/03dim\\_ambiental/03\\_02\\_Agua/data\\_agua/Recuadroll.2.2.2.htm](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/Recuadroll.2.2.2.htm)
26. ENRIQUE, Oromendía.  
2004 Índices Globales de la Calidad de las Aguas. Consulta: 10 de Abril de 2015.  
<http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>
27. SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES, SAN SALVADOR.  
2015 Índice de Calidad del Agua General (ICA) Consulta: 10 de Abril de 2016.  
[www.snet.gob.sv/Hidrología/Documentos/calculolCA.pdf](http://www.snet.gob.sv/Hidrología/Documentos/calculolCA.pdf).
28. ENCICLOPEDIA MEDIOAMBIENTAL DE AGUAS, UNIVERSIDAD DE SEVILLA.  
2015 Aguas: Los Ríos. Consulta: 10 de Julio de 2015.  
[http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/Rios.asp7/](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Rios.asp7/)
29. EPS AYACUCHO S. A.  
2001 Proyecto de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho, Estudio Definitivo. Estudio de Impacto Ambiental. Consulting Engineers Salzgitter GMBH. Ayacucho-Perú.
30. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA.  
2015 Marco Normativo General. Consulta: 14 de Julio de 2015.  
[http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2013/10/compendio\\_01\\_\\_marco\\_normativo\\_general\\_2.pdf](http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2013/10/compendio_01__marco_normativo_general_2.pdf). Publicado en el Diario el Peruano. Lima Perú.
31. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA.  
2015 Ley General del Ambiente. Consulta: 14 de Julio de 2015.  
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uplo>

ads/sites/22/2013/10/ds\_002\_2008\_eca\_agua.pdf.

Publicado en el Diario el Peruano. Lima Perú.

32. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA.

2015 Decreto Supremo N° 007-83-SA. Consulta: 18 de Julio de 2015.[http://www.southperupanel.org/files/eias/06.%20EIA\\_EIS\\_PLAYA%20LOBERIA/Anexos\\_Cap3/Anexo%201/Anexo1.PDF](http://www.southperupanel.org/files/eias/06.%20EIA_EIS_PLAYA%20LOBERIA/Anexos_Cap3/Anexo%201/Anexo1.PDF). Publicado en el Diario el Peruano. Perú.

33. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA.

2014 Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Consulta: 07 de febrero de 2014.

[http://www.ana.gob.pe/media/664662/ds\\_002\\_2008\\_minam.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/664662/ds_002_2008_minam.pdf). Publicado en el Diario el Peruano. Lima Perú

34. FERNÁNDEZ PEREDA, Nelson.

2014 Índices de Calidad (ICAs) y de contaminación del agua de importancia Mundial. Consulta: 20 de Junio de 2015. [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaig/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaig/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf).

35. INFOAGRO. INSTRUMENTOS.

2015 Instrumento medidor multiparámetro para medir la calidad del agua. Perú-Lima. Consulta: 10 de octubre de 2015. [http://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/instrucciones/instrucciones\\_medidor\\_calidad\\_agua\\_hi9828.pdf](http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/instrucciones/instrucciones_medidor_calidad_agua_hi9828.pdf)

36. OMEGA PERÚ S.A.

2015 Método Winkler para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Perú-Lima. Consulta: 18 de octubre de 2015. [www.omegaperu.com.pe](http://www.omegaperu.com.pe).

37. TURBIDIMETRO. PCE INSTRUMENTS.

2015 Turbidímetro, Instrumento para medir la turbidez del Agua. España. Consulta: 10 de octubre de 2015.

[https://www.pceinstruments.com/espanol/instrumentomedida/medidor/turbidimetro-kat\\_70147\\_1.htm](https://www.pceinstruments.com/espanol/instrumentomedida/medidor/turbidimetro-kat_70147_1.htm)

38. ROMERO Leonardo; PAZ Marco; BARZOLA Carmen; LOZANO César; PONCE Milagros; LEÓN Jorge.

2015 REVISTA PERUANA DE BIOLOGÍA. Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción

bacteriana en la potabilización del agua. Consulta: 17 de diciembre 2015.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172799332003000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172799332003000200004&script=sci_arttext). Publicado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima Perú.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE FOSFATOS**

**1. Discusión general**

**a) Principio:** El molibdato amónico y el tartrato antimonilítico potásico reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un ácido heteropoliácido fosfomolibdico que se reduce a azul de molibdeno, de color intenso por el ácido asacorbico.

**b) Interferencias:** Los arseniatos reaccionan con el reactivo de molibdato y producen un color azul similar al formado con el fosfato.

Concentraciones de arseniato tan bajas como 0.1 mg As/L interfieren en las determinaciones de fosfato. El cromo hexavalente y el nitrito interfieren y dan resultados un 3% más bajo a concentraciones de 1mg/L y del 10 y 15% más bajos a la de 10mg/L.

Sulfuros ( $Na_2S$ ) y silicato no interfieren a concentraciones de 1.0 y 10.0 mg/L.

**c) Concentración mínima detectable:** Aproximadamente 10 ug P/L.

**2. Instrumental**

**a) Equipo colorimétrico:** Se necesita uno de los siguientes:  
Espectrofotómetro. Para utilizar a 880 nm.

**3. Reactivos**

**a) Solución de ácido sulfúrico 5N.**

Diluir 70 ml de  $H_2SO_4$  concentrado en agua destilada y llevar a 500 ml. Con agua destilada.

**b) Solución de tartrato de antimonilítico potásico.**

Disolver 1.3715 g de  $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot \frac{1}{2} H_2O$  en 400 ml de agua destilada en una fiola de 500 ml y diluir a este volumen. Consérvese en frasco con tapa de vidrio.

**c) Solución de molibdato amónico.**

Disolver 20 g de  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  en 500 ml de agua destilada. Consérvese en frasco con tapón de vidrio.

**d) Solución de Ácido ascórbico 0.01M.**

Disolver 0.44 g de ácido ascórbico en 25 ml de agua destilada. La solución es estable por una semana aproximadamente a  $5^\circ C$ .



**e) Reactivo Combinado.**

Mezclar para un volumen final de 100 ml de reactivo.

- 50 ml de la solución de ácido sulfúrico 5N.
- 50 ml de la solución de tartrato de antimonílico potásico.
- 15 ml de la solución de molibdato de amónico.
- 30 ml de la solución de ácido ascórbico.

Mézclense tras la adición de cada reactivo. Dejar que todos los reactivos alcancen la temperatura ambiente antes de mezclarlos y seguir el orden citado. Mezclar bien este reactivo, es estable por 4 horas.

**f) Solución stock de fosfato.**

Disolver 0.2195 g de fosfato de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), previamente secado en la estufa a 105 °C; en 1.0 litro de agua destilada.

1 ml = 0.05 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}$

**g) Solución patrón de fosfato.**

Diluir 10 ml de la solución stock de fosfato en 100 ml con agua destilada.

1 ml = 0.005 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}$

**4.1 Procedimiento**

**a) Tratamiento de la muestra:** Tomar con la pipeta 50 ml de muestra y llevarlo a un Erlenmeyer de 125 ml. Añádase 0.05 ml (1 gota) de indicador de fenoltaleína. Si aparece un color rojo añádase solución  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N gota a gota hasta que desaparezca. Añádase 8.0 ml de reactivo combinado y mézclase bien. Al cabo de 10 minutos, pero antes de 30, mídase la absorbancia de cada muestra a 880 nm, con blanco de reactivo como referencia.

**b) Corrección de la turbiedad o color interferente:** El color natural del agua no suele interferir a la elevada longitud de onda empleada. Con aguas turbias o muy coloreadas, prepárese un blanco por adición a la muestra de todos los reactivos, excepto el ácido ascórbico y el tartrato antimonílico potásico.

**c) Preparación de la curva de calibración:** Prepárense curvas individuales de calibrado a partir de una serie de 36 patrones dentro de los rangos de fosfatos indicados anteriormente 1c. Utilícese un blanco de agua destilada con el reactivo combinado para realizar las lecturas de la curva de calibrado. Compárese la absorbancia con la concentración de fosfato para obtener una línea recta que se pase por el origen. Ensáyese un patrón de fosfato, por lo menos cada juego de muestras.

## **5. Cálculo**

d) Preparar la curva de calibración a partir de la serie de patrones antes indicada; la concentración de las muestras se determinan en base a las absorbancias.

e) Para convertir el fósforo del fosfato hay que multiplicar por el factor indicado de 3.07 a las concentraciones.

## MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE NITRATOS

Se empleó el método espectrofotométrico, es una técnica recomendada para muestras de agua no contaminadas (bajo contenido de materia orgánica: aguas naturales) y agua potable. La Ley de Beer cumple su linealidad hasta 11 mg/L. Se mide la absorbancia de nitrato en el rango UV a 220 nm y como también la materia orgánica absorbe a esta longitud de onda se realiza una segunda medición a 275 nm, donde el nitrato no absorbe, para hacer la corrección correspondiente que dependerá de la naturaleza y concentración de la materia orgánica.

### **Reactivos:**

- Solución stock de nitrato de potasio: Se pesó 0.1805 g de  $\text{KNO}_3$  previamente secado a  $105^\circ\text{C}$  por 24 horas, se disolvió y enrazó en una fiola de 250 ml.
- Solución intermedia de  $\text{KNO}_3$ : Se diluyó 5 ml de la solución anterior a 50 ml.
- Solución de HCL 1N.

### **Procedimiento:** Para la curva patrón:

- Se transfirió 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 10,0; 15,0 y 20,0 ml de la solución intermedia a fiolas de 50 ml y se enrazó todas con agua destilada.
- Se agregó a cada fiola 1,0 ml de HCL 1N y se homogenizó.
- Se leyó sus absorbancias a 220 y 275 nm, calibrando el espectrofotómetro UV con un blanco que contenía agua destilada y HCL 1N en la misma proporción.

### Para las muestras:

- Se filtraron las muestras y se midieron 50 ml de cada muestra en 4 fiolas, se agregaron 1 ml de HCl 1N a cada una, se homogenizaron y se midieron sus absorbancias a 220 y 275 nm.

### **Cálculos:**

- Se corrigieron las absorbancias debido a la presencia de materia orgánica, con la siguiente relación:  $A = A_{220} - 2A_{275}$ .
- Se graficó la curva patrón: Absorbancia Vs Concentración, se corrigió la recta por regresión lineal y se determinó la concentración de nitrato en ppm  $\text{N-NO}_3^-$  de las muestras analizadas.

## **MÉTODO DEL RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES POR LA TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE**

### **1. MATERIALES:**

- Pipetas de 1 y 10 ml estériles.
- Campanas de Durham.
- Tubos con 10 ml de CLVBB.
- Tubos con 10 ml de medio EC.
- Tubos con 10 ml de Caldo lauryl sulfato tryptosa a concentración normal.
- Tubos con 10 ml de Caldo lauryl sulfato tryptosa a doble concentración.
- Frascos con agua de dilución estériles.
- Incubadora.
- Antoclave.
- Baño maría.
- Muestra de agua (residual y/o natural)

### **2. MÉTODO:**

Técnica del Número Más Probable (NMP). Standart Methods For the Examination of Water and Wastewater. 16 th. Ed.

## **2 FUNDAMENTO**

La técnica del Número Más Probable o de **tubos Múltiples** de fermentación requiere de la inoculación de volúmenes determinados de muestra, siendo cada volumen inoculado en serie de 5 tubos. La selección de estos volúmenes debe ser hecha cuidadosamente por el analista (en base a su experiencia sobre la probable densidad de coliformes presentes en una muestra o con datos previos sobre la misma) de tal modo que por lo menos un tubo inoculado con el menor volumen seleccionado obtenga resultado negativo.

Esta técnica puede ser aplicada en exámenes de rutina de muestras obviamente contaminadas, no destinadas a consumo humano (ejemplo: aguas residuales, crudas, aguas residuales tratadas no cloradas, aguas naturales). También puede aplicarse a aguas crudas de plantas potabilizadoras si es que análisis anteriores indican que los resultados de la prueba presunta son comparables a la prueba confirmativa.

Se debe prestar especial atención a la interpretación de los resultados porque puede obtenerse falsos positivos, ocasionados por ciertas especies de bacterias que no son coliformes.

### **3 PROCEDIMIENTO:**

- a) Identificar la muestra a ser analizada y definir los volúmenes de la misma a ser inoculados, en función de su procedencia, en todo caso si los volúmenes son muy pequeños realizar diluciones sucesivas.
- b) La selección del rango de diluciones de la muestra va variar según la carga del contaminante; se sugiere, para aguas residuales crudas, las siembras de las diluciones entre  $10^{-4}$  a  $10^{-7}$ , cinco tubos por serie. Por ejemplo, para la vigilancia de la remoción bacteriana en lagunas que sugieren las siguientes diluciones: laguna primaria  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$ .

### **4 PREPARACIÓN DE DILUCIONES**

Con una pipeta estéril de 10 ml y teniendo en cuenta los cuidados de asepsia, transferir 10 ml de la muestra de un frasco conteniendo 90 ml de agua de dilución estéril, así se tiene preparado la primera dilución ( $10^{-1}$ ) siendo que 1 ml de la muestra correspondiente a 0.1 ml de la muestra.

- Homogenizar el frasco que contiene la primera dilución ( $10^{-1}$ ) y con una pipeta nueva esterilizada, transferir 10 ml a otro frasco conteniendo 90 ml de agua de dilución estéril, consiguiéndose así, la segunda dilución decimal ( $10^{-2}$ ), siendo que 1 ml de la misma corresponde a 0.01 ml de la muestra.
- Proceder de la misma forma la secuencia de diluciones deseadas ( $10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, \dots$ ).

### **5 PRUEBA PRESUNTIVA:**

- Sembrar 1 ml de cada uno de las diluciones seleccionadas en 10 ml de caldo lauryl sulfato triptosa, cada dilución se debe sembrar con 5 repeticiones.
- Incubar a  $35 \pm 2$  °C durante 24 a 48 horas.
- Realizar la primera lectura de la prueba transcurrido las 24 horas; la producción de gas en los tubos de fermentación se toma como resultado positivo. Los tubos negativos deberán ser incubados por 24 horas adicionales.

## **6 PRUEBA CONFIRMATIVA PARA COLIFORMES TOTALES:**

- Elegir tres series de diluciones consecutivas que incluya la serie que tenga el mayor número positivos y las series de las diluciones subsiguientes.
- Confirmar en caldo lactosado verde brillante bilis (CLVBB) 2%, sembrar un inóculo de cada tubo positivo de las tres series seleccionadas, en igual número de tubos con CLVBB, la inoculación se debe realizar con un asa de Kolle.
- Incubar a  $35 \pm 02$  °C durante 24 horas.
- Realizar la primera lectura, considerar como positivos los tubos en los cuales se observe la producción de gas. Los tubos negativos deberán ser inoculados por 24 horas adicionales.
- Anotar el número de tubos confirmados como positivos. Leer en la tabla del **NMP**.

## **7. PRUEBA CONFIRMATIVA PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES:**

- Seleccionar tres series de tubos positivos de la prueba presuntiva (caldo lauryl sulfato tryptosa) siguiendo el mismo criterio de selección que se usó para la prueba confirmativa de coliformes totales.
- Confirmar en caldo EC, Medio para *Escherichia coli*, sembrar un inóculo de cada tubo positivo de las tres series seleccionadas, en igual número de tubos de Medio EC.
- Incubar en baño maría a  $44.5 \pm 0.2$  °C durante 24 horas.
- Realizar la lectura considerando como positivos los tubos de fermentación en los cuales se ha producido gas.
- Anotar el número de tubos confirmados como positivos.
- Leer en la tabla del **NMP**.

## **8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS:**

### **Cálculo del número más probable (NMP/100ml):**

- La densidad de coliformes se expresa en **NMP** de coliformes por 100 ml, el cual se calculó a través de tablas, en este caso con límites de confianza de 95% para cada valor de **NMP** determinado.
- La tabla **NMP**, presenta valores para varias combinaciones de resultados positivos y negativos, cuando son inoculados cinco porciones de 10 ml, cinco porciones de 1 ml y cinco porciones de 0.1 ml de muestra. Aunque los

volúmenes indicados se refieren más específicamente a muestras de aguas poco poluidas, esta tabla también puede ser utilizada con volúmenes mayores y menores de muestra. Para su utilización se requiere de los resultados positivos de tres series consecutivas inoculadas.

**Uso de la tabla del NMP:**

- Seleccionar la tabla del **NMP** según el número de tubos usados para cada serie (en caso de análisis de alimentos se usan una serie de tres tubos).
- Si se usa las diluciones para lectura del **NMP** se efectúa directamente en la tabla.
- Cuando se inocula tres series de tubos y se usan diluciones diferentes a las que figuran en la tabla; con el código formado se efectúa la lectura del **NMP** en la tabla y para el cálculo del **NMP** obtenido con las diluciones usadas en el análisis se emplea la siguiente fórmula.

$$\text{NMP} = \text{NMP correspondiente el código} \times \frac{10}{\text{Mayor volumen inoculado}}$$

- Cuando se inocula más de tres diluciones, la selección de las series que se usarán para formar el código se hará formando como primera serie la de menos dilución que tenga el mayor número de tubos positivos.
- Cuando se usan cuatro o más diluciones y ninguna serie tenga todos los tubos positivos, para formar el código se tomará como primera serie la de mayor dilución que tenga el mayor número de tubos positivos.
- Cuando se usan más de cuatro diluciones y los resultados indiquen la presencia de tubos positivos en las diluciones mayores que las seleccionadas para el código, los tubos de la dilución que se encuentra fuera del código se agregan al número de tubos positivos de la última dilución seleccionada para el código.
- Cuando los resultados son positivos en todos los tubos de todas de las diluciones sembradas, formar el código con las tres diluciones mayores.
- Cuando los resultados son negativos en todos los tubos de todas de las diluciones sembradas, formar el código con las tres diluciones menores.
- Los resultados se expresan como :
  - **NMP** de coliformes totales/100ml.
  - **NMP** de coliformes termotolerantes/100ml.

## **9. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

Las bacteria coliformes tanto totales como termotolerantes son indicadores de contaminación fecal; resultados positivos de la prueba evidencian que el cuerpo de agua investigado está contaminado con heces, si los conteos son muy altos significan además una contaminación reciente. La presencia de estos indicadores representa un peligro potencial de que estas aguas podrían contener microorganismos patógenos de origen entérico.



## **MÉTODO DE GRAVIMETRÍA PARA LA OBTENCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

### **1. FUNDAMENTO:**

La determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) se basa en el incremento de peso que experimenta un filtro de fibra de vidrio (previamente tarado) tras la filtración al vacío, de una muestra que posteriormente es secada a peso constante a 103-105 °C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión.

La diferencia entre los sólidos totales y los disueltos totales, puede emplearse como estimación de los sólidos suspendidos totales.

### **2. ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a todo tipo de aguas.

### **3. INTERFERENCIAS**

- La temperatura a la cual el residuo se seca, tiene un efecto importante sobre los resultados, ya que estos pueden resultar menores (por pérdidas en el peso de la materia orgánica, desprendimiento de gases por descomposición química o por la oxidación del residuo) o mayores por la oclusión del agua.
- Eliminar de las muestras las partículas gruesas flotantes o los aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos.
- Un residuo excesivo sobre el filtro puede formar una costra hidrófila, por lo que debe limitarse el tamaño de la muestra para tratar de obtener un residuo no mayor de 200 mg.
- Los resultados de muestras ricas en grasas y aceites flotantes pueden ser cuestionables debido a la dificultad de secarlas a peso constante en un tiempo prudencial.
- El tipo de soporte del filtro, el tamaño del poro, la porosidad, el área y el espesor del filtro, así como la naturaleza física y el tamaño de las partículas y la cantidad de material depositado en el filtro, son los factores principales que afectan a la separación de los sólidos suspendidos de los disueltos.
- Los tiempos de filtración prolongados, consecuencia de la obstrucción del filtro, pueden originar resultados altos debido a una cantidad excesiva de sólidos capturados en el filtro obturado.

## **4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA ANALÍTICA**

### **4.1 Recolección, preservación y almacenaje de muestras:**

- Las muestras deben recolectarse en frascos plásticos o de vidrio y refrigerarse inmediatamente. Realizar el análisis lo antes posible, y en caso de requerirse almacenamiento, hacerlo a temperatura 6°C por un tiempo máximo de 7 días.

### **4.2 Equipos y materiales:**

- Equipo de filtración
- Filtros para análisis gravimétrico: AP40 Millipore o equivalente (como GF 1822047 ó 934AH Whatman)
- Estufa
- Desecador con sílica azul como indicador colorimétrico de humedad
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Probetas de diferentes volúmenes

### **4.3 Procedimiento:**

Las condiciones ambientales no son críticas para la realización de este ensayo.

Preparación del filtro de fibra de vidrio:

- Alistar la estufa a una temperatura entre 103-105 °C.
- Empleando grafito, marcar el filtro de forma inequívoca (ej.: mediante numeración consecutiva).
- Colocar el filtro (con la cara rugosa hacia arriba), en el equipo de filtración.
- Aplicar vacío y lavar el filtro con 3 porciones sucesivas de 20 mL de agua destilada.
- Mantener la filtración hasta la remoción total de las trazas de agua. Desechar el filtrado.
- Retirar el filtro, colocarlo en un papel de aluminio y secarlo en estufa a 103-105°C durante una hora.
- Enfriar en el desecador hasta su empleo, pesar el filtro, y registrar los datos.
- Repetir hasta que la variación del peso sea < 4% ó de 0.5 mg (lo que resulte menor). Anotar el peso del filtro (peso A).

Análisis de la muestra:

- Esperar a que la muestra se encuentre a temperatura ambiente.

- En función del aspecto de la muestra, seleccionar el volumen a filtrar (ver nota).
- Coger el filtro previamente tarado del desecador, llevarlo al equipo de filtración e iniciar la succión.
- Agitar la muestra adecuadamente y depositar el volumen seleccionado sobre el filtro.
- Una vez que la muestra haya terminado de filtrar, lavar 3 veces sucesivas con volúmenes de 10 mL de agua destilada dejando secar entre lavados.
- Retirar el filtro y llevarlo al papel de aluminio (al mismo donde se guardó en el desecador) y secarlo en la estufa a 103-105°C durante una hora. A criterio del analista, el secado puede extenderse (incluida toda la noche), cuando la apariencia física de la muestra denote presencia de grasa o alto contenido de sales.
- Enfriar en desecador, pesar el filtro y registrar los datos.
- Repetir el ciclo de secado, enfriamiento, desecado y pesado, hasta que la variación del peso sea < 4% ó de 0.5 mg (lo que resulte menor). Anotar los pesos del filtro (peso B).

#### **4.4 Cálculos y presentación de resultados:**

En mg sólidos suspendidos totales/L = [(B- A) X 1000] / volumen muestra (mL)

Dónde:

A: peso del filtro seco antes de la filtración (en mg)

B: peso del filtro+ residuo seco (en mg)

En ambos casos, se empleará el promedio de los dos valores que cumplan el requisito de peso constante antes enunciado. Los resultados inferiores a 1 mg/L deben informarse como "< 1 mg/L". Resultados entre 1-10 mg/L, se informarán con una cifra decimal; superiores a 10 mg/L, se redondearán a la unidad.

#### **4.5 Control de calidad del método:**

Se realizará con base a los criterios de precisión y exactitud.

*Precisión:* realizar una muestra por duplicado por cada lote de diez o menos muestras. Se considerará satisfactoria siempre que no exceda 10 % expresada como coeficiente de variación.

*Exactitud:* analizar una muestra de control sintética. Se considerará satisfactoria siempre que el error no exceda 10 %.

## MÉTODO DEL FLOTADOR PARA DETERMINAR EL CAUDAL DEL LAS AGUAS DEL RÍO

En este método, de igual manera, se utilizan los valores promedio de las variables determinadas. Para adelantar los procedimientos se requieren los siguientes materiales y equipos:

- ✓ Un objeto flotante, puede ser una bola de ping-pong, una botella plástica pequeña, una rama, un trozo de madera que flote libremente en el agua.
- ✓ Un reloj o cronómetro.
- ✓ Un decámetro o cinta medidora.
- ✓ Una regla o tabla de madera graduada

a. Primer paso. Seleccionar el lugar adecuado. Seleccionar en el río un tramo plano recto y uniforme, sin piedras grandes, ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, ni impedimentos.

b. Segundo paso. Medición de la velocidad. En el tramo seleccionado ubicar dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y medir la distancia, ejemplo, 12 metros (cualquier medida, preferiblemente, del orden de los 10 metros). Una persona se ubica en el punto A con el flotador y otra en el punto B con el reloj o cronómetro. Medir el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B. Se recomienda realizar un mínimo de 3 mediciones y calcular el promedio. Suponiendo que el promedio del tiempo de recorrido fue de 8 segundos. La velocidad de la corriente de agua del río se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad} = \text{Distancia (A-B)} \div \text{Tiempo de recorrido,}$$

$$\text{Para el ejemplo, se tendría: Velocidad} = 12 \div 8 = 1,5 \text{ m/s}$$

c. Tercer paso. Medición del área de la sección transversal del río. En el tramo seleccionado, ubicar la sección o el ancho del río que presente las condiciones promedio y en la que se facilite la medición del área transversal. Un método práctico, con aceptable aproximación para calcular el área transversal, es tomar la altura promedio. Esto consiste en dividir el ancho del río, en, por lo menos, tres partes y medir la profundidad en cada punto para luego calcular el promedio.

Profundidad (metros):  $h_1$  0,00,  $h_2$  0,22,  $h_3$  0,35,  $h_4$  0,44,  $h_5$  0,30,  $h_6$  0,00

Cálculo de la profundidad promedio, de conformidad con los valores expuestos anteriormente. Puesto que la profundidad promedio,  $h$  (m) =  $(h_1+h_2+h_3+h_4+h_5+h_6) \div 6$ , para el ejemplo, se tiene:  $h$  (m) =  $(0 + 0,22 + 0,35 + 0,44 + 0,30 + 0) \div 6 = 0,22$  m. Una vez que se ha determinado el valor promedio de la profundidad, proceder a realizar la medición del ancho ( $A_r$ ) del río. Suponiendo que para el ejemplo, ese valor fue de 2,4 m., de conformidad con lo presentado anteriormente. El área de la sección transversal (AT) del río se calcula en base a la siguiente ecuación:  $AT = \text{Ancho} \times \text{Profundidad Promedio} = A_r \times (h_m)$ ; ecuación para el ejemplo, el área de la sección transversal será igual a:

$$AT = 2,4 \times 0,22 = 0,53 \text{ m}^2$$

d. Cuarto paso. Cálculo del caudal del río. Con los datos obtenidos proceder a calcular el caudal del río, QR, en base a la siguiente ecuación:

$$QR \text{ (m}^3\text{/s)} = \text{Velocidad (m/s)} \times \text{Area (m}^2\text{)}$$

$$QR \text{ (m}^3\text{/s)} = 1,5 \text{ (m/s)} \times 0,53 \text{ (m}^2\text{)} = 0,795 \text{ m}^3\text{/s} \text{ ó } QR = 795 \text{ L/s, en razón que } 1 \text{ m}^3 \text{ es igual a } 1000 \text{ litros.}$$

## ANEXO 2

### 1. ESTACIONES DE MUESTREO



**Figura 01:** Estación de muestreo RA-01 del río Alameda.



**Figura 02:** Estación de muestreo RA-02 del río Alameda.



**Figura 03:** Estación de muestreo RA-03 del río Alameda.



**Figura 04:** Estación de muestreo PT-01 del río Alameda.



**Figura 05:** Estación de muestreo RA-04 del río Alameda.

## **2. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL EN EL LUGAR DE MUESTREO**



**Figura 06:** Medición de la temperatura ambiental del río Alameda.  
Estación RA-02



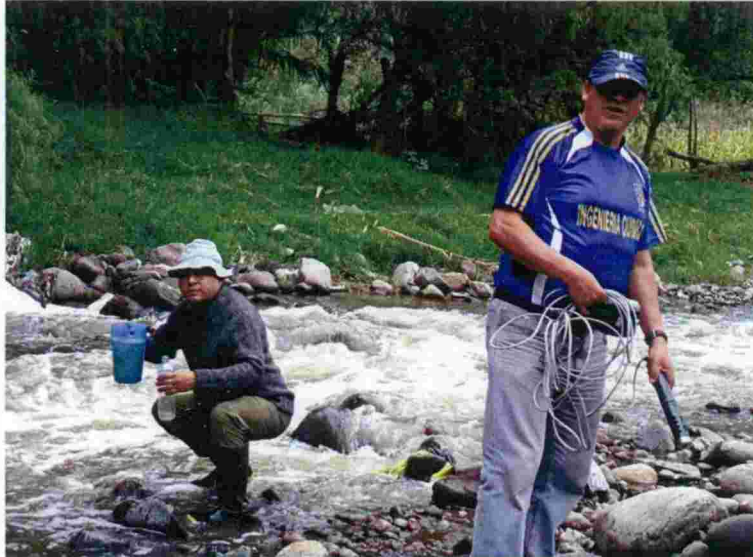
### 3. TOMA DE MUESTRAS DE LAS AGUAS DEL RÍO ALAMEDA



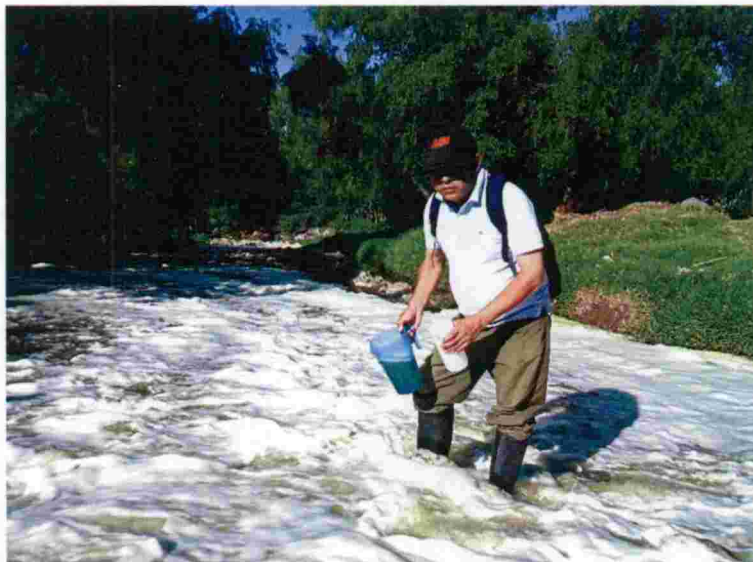
**Figura 07:** Toma de muestras de las aguas del río Alameda. Estación RA-01.



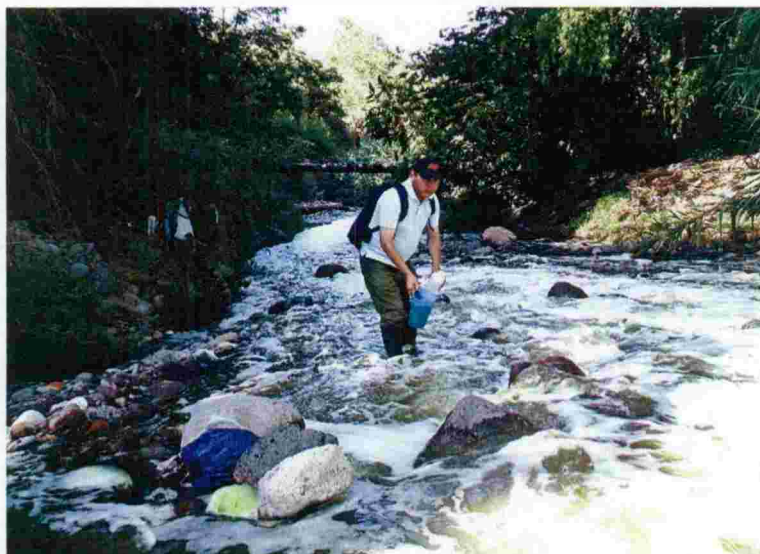
**Figura 08:** Toma de muestras de las aguas del río Alameda. Estación RA-02.



**Figura 09:** Toma de muestras de las aguas del río Alameda. Estación RA-03.



**Figura 10:** Toma de muestras de las aguas del río Alameda. Estación PT-01.



**Figura 11:** Toma de muestras de las aguas del río Alameda. Estación RA-04.

#### **4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN**



**Figura 12:** Efluentes del PTAR La Totora a las aguas del río Alameda.



**Figura 13:** Efluentes del PTAR La Totora a las aguas del río Alameda.



**Figura 14:** Disposición de residuos sólidos a orillas del río Alameda. Estación RA-02.



**Figura 15:** Disposición de residuos sólidos a orillas del río Alameda.  
Estación RA-04.



**Figura 16:** Disposición de residuos líquidos a orillas del río Alameda.  
Estación RA-01.

## 5. MEDICIÓN CON EL MULTIPARÁMETRO EN EL RIO ALAMEDA.



Figura 17: Medición con el equipo multiparámetro: Estación RA-02.

## 6. MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO ALAMEDA POR EL MÉTODO DEL FLOTADOR



Figura 18: Medición del caudal del río Alameda. Estación RA-03

## ANEXO 3

377222

**NORMAS LEGALES**

El Peruano  
Lima, jueves 31 de julio de 2008

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

Regístrese, comuníquese y publíquese.

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

232229-1

### AMBIENTE

#### Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO  
N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DECRETA:

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

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

Artículo 2°.- Refrendo

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

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

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

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

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

# El Peruano

DIARIO OFICIAL

### REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

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

LA DIRECCIÓN

# APRUEBAN LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA.

EF/04/199  
Lima, jueves 31 de julio de 2009

NORMAS LEGALES

377223

## ANEXO I

### ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

#### CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

| PARÁMETRO                                    | UNIDAD                       | Agua específica destinada a la producción de agua potable |  |  | Agua específica para usos recreativos y otros usos |                                |
|--|------------------------------|---|--|--|--|--------------------------------|
|  |                              | A1  | A2   | A3   | B1   | B2                             |
|  |                              | Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección        | Agua que pueden ser potabilizadas con un tratamiento con cloro | Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado | Cualidad Primaria                                  | Cualidad Secundaria            |
| VALOR  | VALOR                        | VALOR   | VALOR  | VALOR  |  |                                |
| <b>ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS</b>             |                              |   |  |  |  |                                |
| Astringencia y grasas (MEH)                  | mg/l                         | 1   | 1,00   | 1,00   | Ausencia de polímeros volátiles                    | **                             |
| Cianuro Libre                                | mg/l                         | 0,005   | 0,022  | 0,022  | 0,022  | 0,022                          |
| Cianuro Total                                | mg/l                         | 0,08  | 0,08   | 0,08   | 0,08   | **                             |
| Cloruros                                     | mg/l                         | 250   | 250  | 250  | **   | **                             |
| Color  | Color verdadero a 20°C Pt/Co | 15  | 100  | 200  | sin cambio notable                                 | sin cambio notable             |
| Conductividad                                | µm/cm @ 25°C                 | 1.500   | 1.600  | **   | **   | **                             |
| DBO <sub>5</sub>                             | mg/L                         | 3   | 5  | 10   | 5  | 10                             |
| DQO  | mg/L                         | 10  | 20   | 30   | 30   | 50                             |
| Dureza                                       | mg/l                         | 500   | **   | **   | **   | **                             |
| Detergentes (SAAM)                           | mg/l                         | 0,5   | 0,5  | na   | 0,5  | Ausencia de espuma persistente |
| Fenoles                                      | mg/l                         | 0,003   | 0,01   | 0,1  | **   | **                             |
| Fluoruros                                    | mg/l                         | 1   | **   | **   | **   | **                             |
| Fósforo Total                                | mg/l P                       | 0,1   | 0,15   | 0,15   | **   | **                             |
| Materiales Plásticos                         |                              | Ausencia de material flotante                             | **   | **   | Ausencia de material flotante                      | Ausencia de material flotante  |
| Nitratos                                     | mg/l N                       | 10  | 10   | 10   | 10   | **                             |
| Nitritos                                     | mg/l N                       | 1   | 1  | 1  | 1(5)   | **                             |
| Nitrogeno amoniacal                          | mg/l N                       | 1,5   | 2  | 3,7  | **   | **                             |
| Olor   |                              | Aceptable   | **   | **   | Aceptable  | **                             |
| Oxígeno Disuelto                             | mg/l                         | ≥ 6   | ≥ 5  | ≥ 4  | ≥ 5  | ≥ 4                            |
| pH   | Unidad de pH                 | 6,5 - 8,5   | 5,5 - 9,0  | 5,5 - 9,0  | 6-9 (2,5)  | **                             |
| Sólidos Disueltos Totales                    | mg/l                         | 1.000   | 1000   | 1.500  | **   | **                             |
| Sulfatos                                     | mg/l                         | 250   | **   | **   | **   | **                             |
| Sulfuros                                     | mg/l                         | 0,05  | **   | **   | 0,05   | **                             |
| Turbiedad                                    | UNT @                        | 5   | 100  | **   | 100  | **                             |
| <b>INORGÁNICOS</b>                           |                              |   |  |  |  |                                |
| Aluminio                                     | mg/l                         | 0,2   | 0,2  | 0,2  | 0,2  | **                             |
| Antimonio                                    | mg/l                         | 0,005   | 0,006  | 0,006  | 0,006  | **                             |
| Arsénico                                     | mg/l                         | 0,01  | 0,01   | 0,05   | 0,01   | **                             |
| Bario  | mg/l                         | 0,7   | 0,7  | 1  | 0,7  | **                             |
| Berilio                                      | mg/l                         | 0,004   | 0,04   | 0,04   | 0,04   | **                             |
| Boro   | mg/l                         | 0,5   | 0,5  | 0,75   | 0,5  | **                             |
| Calcio                                       | mg/l                         | 0,003   | 0,003  | 0,01   | 0,01   | **                             |
| Cobalto                                      | mg/l                         | 2   | 2  | 2  | 2  | **                             |
| Cromo Total                                  | mg/l                         | 0,05  | 0,05   | 0,05   | 0,05   | **                             |
| Cromo VI                                     | mg/l                         | 0,05  | 0,05   | 0,05   | 0,05   | **                             |
| Hierro                                       | mg/l                         | 0,3   | 1  | 1  | 0,3  | **                             |
| Manganeso                                    | mg/l                         | 0,1   | 0,4  | 0,5  | 0,1  | **                             |
| Mercurio                                     | mg/l                         | 0,001   | 0,002  | 0,002  | 0,001  | **                             |
| Níquel                                       | mg/l                         | 0,02  | 0,025  | 0,025  | 0,02   | **                             |
| Plata  | mg/l                         | 0,01  | 0,05   | 0,05   | 0,01   | 0,05                           |
| Plomo  | mg/l                         | 0,01  | 0,05   | 0,05   | 0,01   | **                             |
| Selenio                                      | mg/l                         | 0,01  | 0,05   | 0,05   | 0,01   | **                             |
| Uranio                                       | mg/l                         | 0,02  | 0,02   | 0,02   | 0,02   | 0,02                           |
| Vanadio                                      | mg/l                         | 0,1   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1                            |
| Zinc   | mg/l                         | 3   | 5  | 5  | 3  | **                             |
| <b>ORGÁNICOS</b>                             |                              |   |  |  |  |                                |
| <b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>     |                              |   |  |  |  |                                |
| Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)      | mg/l                         | 0,05  | 0,2  | 0,2  | **   | **                             |
| Toluenes aromáticos                          | mg/l                         | 0,1   | 0,1  | 0,1  | **   | **                             |
| <b>Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)</b> |                              |   |  |  |  |                                |
| 1,1-Tricloroetano - 71-55-6                  | mg/l                         | 2   | 2  | **   | **   | **                             |
| 1,1-Dicloroetano - 75-35-4                   | mg/l                         | 0,03  | 0,03   | **   | **   | **                             |
| 1,2-Dicloroetano - 107-06-2                  | mg/l                         | 0,03  | 0,03   | **   | **   | **                             |
| 1,2-Diclorobenceno - 85-90-1                 | mg/l                         | 1   | 1  | **   | **   | **                             |
| Hexoclorobutadieno - 67-68-3                 | mg/l                         | 0,0005  | 0,0005   | **   | **   | **                             |
| Tetracloroetano - 127-18-4                   | mg/l                         | 0,04  | 0,04   | **   | **   | **                             |
| Tetracloro de Carbono - 56-23-5              | mg/l                         | 0,002   | 0,002  | **   | **   | **                             |
| Tricloroetano - 79-01-6                      | mg/l                         | 0,07  | 0,07   | **   | **   | **                             |
| <b>BTEX</b>                                  |                              |   |  |  |  |                                |



| PARÁMETRO                                  | UNIDAD               | Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable |   |   | Aguas superficiales destinadas para recreación |                     |
|--|----------------------|--|---|---|--|---------------------|
|  |                      | A1   | A2  | A3  | B1   | B2                  |
|  |                      | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección            | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado | Contacto Primaria                              | Contacto Secundario |
|  |                      | VALOR  | VALOR   | VALOR   | VALOR  | VALOR               |
| Benceno - 71-43-2                          | mg/L                 | 0,01   | 0,01  | **  | **   | **                  |
| Etilbenceno - 100-41-4                     | mg/L                 | 0,3  | 0,3   | **  | **   | **                  |
| Toluenes - 108-88-3                        | mg/L                 | 0,7  | 0,7   | **  | **   | **                  |
| Xileno - 133-20-7                          | mg/L                 | 0,5  | 0,5   | **  | **   | **                  |
| <b>Hidrocarburos Aromáticos</b>            |                      |  |   |   |  |                     |
| Benzofeneno - 50-32-8                      | mg/L                 | 0,007  | 0,007   | **  | **   | **                  |
| Policlorofenol (PCF)                       | mg/L                 | 0,038  | 0,038   | **  | **   | **                  |
| Indolobencenos (Totales)                   | mg/L                 | 0,62   | 0,62  | **  | **   | **                  |
| <b>Plaguicidas</b>                         |                      |  |   |   |  |                     |
| <b>Organofosforados</b>                    |                      |  |   |   |  |                     |
| Malatión                                   | mg/L                 | 0,001  | 0,001   | **  | **   | **                  |
| Metamidofós (restringido)                  | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| Paraatión (restringido)                    | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| Patatión                                   | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| <b>Organoclorados (COP)*</b>               |                      |  |   |   |  |                     |
| Aldrin - 309-00-2                          | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| Clodano                                    | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| DDT  | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| Dieldrin - 60-57-1                         | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| Endosulfán                                 | mg/L                 | 0,00056  | 0,00056   | **  | **   | **                  |
| Enfentra - 72-20-5                         | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| Heptacloro - 76-24-8                       | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| Heptaclorociclopenteno 1074-57-3           | mg/L                 | 0,0003   | 0,0003  | **  | **   | **                  |
| Lindano                                    | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| <b>Carbamatos</b>                          |                      |  |   |   |  |                     |
| Aldrin (restringido)                       | mg/L                 | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | **   | **                  |
| <b>Policloros Bifenilos Totales (PCBT)</b> |                      |  |   |   |  |                     |
|  | mg/L                 | 0,00001  | 0,00001   | **  | **   | **                  |
| <b>Otros</b>                               |                      |  |   |   |  |                     |
| Asbesto                                    | Miliones de fibras/L | 7  | **  | **  | **   | **                  |
| <b>MICROBIOLÓGICO</b>                      |                      |  |   |   |  |                     |
| Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)       | NMP/100 ml           | 0  | 2 000   | 2 000   | 200  | 1 000               |
| Coliformes Totales (35 - 37 °C)            | NMP/100 ml           | 50   | 3 000   | 50 000  | 1 000  | 4 000               |
| Enterococos fecales                        | NMP/100 ml           | 0  | 0   |   | 200  | **                  |
| Escherichia coli                           | NMP/100 ml           | 0  | 0   |   | Ausencia                                       | Ausencia            |
| Formas parasitarias                        | Organismos/litro     | 0  | 0   |   | 0  | Ausencia            |
| Giardias y cisticidas                      | Organismos/litro     | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | Ausencia                                       | Ausencia            |
| Salmonella                                 | Presencia/100 ml     | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | 0  | 0                   |
| Vibrio Cholerae                            | Presencia/100 ml     | Ausencia   | Ausencia  | Ausencia  | Ausencia                                       | Ausencia            |

UNIT Unidad) 1) volumétrica 2) subletal

NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

\* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

\*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS

| PARÁMETRO                   | UNIDADES     | AGUA DE MAR  |   |   |
|-----------------------------|--------------|--|---|---|
|                             |              | Sub Categoría 1<br>Extracción y Cultivo de<br>Moluscos Bivalvos (C1) | Sub Categoría 2<br>Extracción y cultivo de otras<br>especies hidrobiológicas (C2) | Sub Categoría 3<br>Otras Actividades (C3) |
| <b>ORGANOLÉPTICOS</b>       |              |  |   |   |
| Hidrocarburos de Petróleo   |              | No Visible   | No Visible  | No Visible                                |
| <b>FISICQUÍMICOS</b>        |              |  |   |   |
| Aceites y grasas            | mg/L         | 1,0  | 1,0   | 2,0                                       |
| DBO <sub>5</sub>            | mg/L         | **   | 10,0  | 10,0                                      |
| Oxígeno Disuelto            | mg/L         | >=4  | >=3   | >=2,5                                     |
| pH                          | Unidad de pH | 7 - 8,5  | 6,8 - 8,5   | 5,8 - 8,5                                 |
| Sólidos Suspensivos Totales | mg/L         | **   | 500   | 700                                       |
| Sulfuro de Hidrógeno        | mg/L         | **   | 0,06  | 0,08                                      |
| Temperatura                 | °Celsius     | ** de 15 a 3 °C  | ** de 15 a 3 °C   | ** de 15 a 3 °C                           |
| <b>INORGÁNICOS</b>          |              |  |   |   |
| Amoníaco                    | mg/L         | **   | 0,08  | 0,21                                      |
| Arqueico total              | mg/L         | 0,05   | 0,05  | 0,05                                      |
| Cadmio total                | mg/L         | 0,0093   | 0,0093  | 0,0093                                    |
| Cobre total                 | mg/L         | 0,031  | 0,05  | 0,05                                      |
| Cromo VI                    | mg/L         | 0,05   | 0,05  | 0,05                                      |
| Fosfatos (P-PO4)            | mg/L         | **   | 0,03-0,09   | 0,1                                       |

| PARÁMETRO   | UNIDADES | AGUA DE MAR  |   |   |
|---|----------|--|---|---|
|   |          | Sub Categoría 1<br>Extracción y Cultivo de<br>Moluscos Bivalvos (C1) | Sub Categoría 2<br>Extracción y cultivo de otras<br>especies hidrobiológicas (C2) | Sub Categoría 3<br>Otras Actividades (C3) |
| Mercurio total  | mg/l     | 0,00094  | 0,0001  | 0,0001                                    |
| Níquel total  | mg/l     | 0,0092   | 0,1   | 0,1                                       |
| Nitratos (N-NO3)  | mg/l     | **   | 0,07 - 0,28   | 0,3                                       |
| Piomo total   | mg/l     | 0,0051   | 0,0081  | 0,0081                                    |
| Selenio (Se-S-03)   | mg/l     | **   | 0,14-0,71   | **  |
| Zinc total  | mg/l     | 0,081  | 0,081   | 0,081                                     |
| <b>ORGÁNICOS</b>  |          |  |   |   |
| Hidrocarburos de petróleo totales<br>(fracción aromática) | mg/l     | 0,007  | 0,007   | 0,01                                      |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b>                                    |          |  |   |   |
| Coliformes Termotolerantes                                | N/100ml  | * ≤14 (línea aprobada)   | ≤30   | 1000                                      |
| Coliformes Totales/Aerobios                               | N/100ml  | * ≤89 (línea aprobada)   |   |   |

NM P/ 100 ml. Límite o más probable en 100 ml.

\* Área Aprobada: Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos orgánicos para el consumo directo y consumo, libre de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o sus toxinas, de bacterias o virus y polvos, insectos peligrosos.

\*\* Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación que no se utilizan moluscos bivalvos orgánicos para consumo humano luego de ser depurados.

\*\*\* Se entenderá que el presente uso del parámetro no es relevante, salvo causa específica que lo Autoridad competente lo determine.

\*\*\*\* La temperatura corresponde al promedio mensual mensual del área evaluada.

**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

| PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO |              |         |
|---|--------------|---------|
| PARÁMETROS  | UNIDAD       | VALOR   |
| <b>Físicoquímicos</b>   |              |         |
| Bicarbonatos  | mg/L         | 370     |
| Calcio  | mg/L         | 290     |
| Carbonatos  | mg/L         | 5       |
| Cloruros  | mg/L         | 100-700 |
| Conductividad   | (µS/cm)      | <2000   |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno                                 | mg/L         | 15      |
| Demanda Química de Oxígeno                                    | mg/L         | 40      |
| Fluoruros   | mg/L         | 1       |
| Fosfatos - P  | mg/L         | 1       |
| Nitratos (NO3-N)  | mg/L         | 10      |
| Nitratos (NO2-N)  | mg/L         | 0,05    |
| Oxígeno Disuelto  | mg/L         | >=4     |
| pH  | Unidad de pH | 6,5-8,5 |
| Sodio   | mg/L         | 200     |
| Sulfatos  | mg/L         | 300     |
| Sulfuros  | mg/L         | 0,05    |
| <b>Inorgánicos</b>  |              |         |
| Aluminio  | mg/L         | 5       |
| Arsénico  | mg/L         | 0,05    |
| Bario total   | mg/L         | 0,7     |
| Boro  | mg/L         | 0,5-6   |
| Cadmio  | mg/L         | 0,005   |
| Cianuro Total   | mg/L         | 0,1     |
| Cobalto   | mg/L         | 0,05    |
| Cobre   | mg/L         | 0,2     |
| Cromo (6+)  | mg/L         | 0,1     |
| Hierro  | mg/L         | 1       |
| Litio   | mg/L         | 2,5     |
| Magnesio  | mg/L         | 150     |
| Manganeso   | mg/L         | 0,2     |
| Mercurio  | mg/L         | 0,001   |
| Níquel  | mg/L         | 0,2     |
| Plata   | mg/L         | 0,05    |
| Piomo   | mg/L         | 0,05    |
| Selenio   | mg/L         | 0,05    |
| Zinc  | mg/L         | 2       |
| <b>Orgánicos</b>  |              |         |
| Aceites y Grasas  | mg/L         | 1       |
| Fenoles   | mg/L         | 0,001   |
| S.A.A.M. (detergentes)  | mg/L         | 1       |
| <b>Plaguicidas</b>  |              |         |
| Aldicarb  | ug/L         | 1       |
| Aldrin (CAS 309-90-2)   | ug/L         | 0,004   |
| Clordano (CAS 57-74-9)  | ug/L         | 0,3     |
| DDT   | ug/L         | 0,001   |
| Dieldrin (N° CAS 7520-8)                                      | ug/L         | 0,7     |
| Endrin  | ug/L         | 0,004   |

| PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO |        |       |
|---|--------|-------|
| PARÁMETROS  | UNIDAD | VALOR |
| Endosulfán  | ug/L   | 0,02  |
| Heptacloro (N° CAS 75-44-8) y heptacloropirrado               | ug/L   | 0,1   |
| Lindano   | ug/L   | 4     |
| Paratión  | ug/L   | 7,5   |

## CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

| PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES         |              |                      |                      |
|--|--------------|----------------------|----------------------|
| PARÁMETROS                                 | Unidad       | Vegetales Tallo Bajo | Vegetales Tallo Alto |
|  |              | Valor                | Valor                |
| <b>Biológicos</b>                          |              |                      |                      |
| Coliformos Termotolerantes                 | NMP/100mL    | 1 000                | 2 000(3)             |
| Coliformos Totales                         | NMP/100mL    | 5 000                | 5 000(3)             |
| Enterococos                                | NMP/100mL    | 20                   | 100                  |
| Escherichia coli                           | NMP/100mL    | 100                  | 100                  |
| Huevos de Helminths                        | huevos/Litro | <1                   | <1(1)                |
| Salmonella sp.                             |              | Ausente              | Ausente              |
| Vibrio cholerae                            |              | Ausente              | Ausente              |
| <b>PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES</b> |              |                      |                      |
| PARÁMETROS                                 | UNIDAD       | VALOR                |                      |
| <b>Físicoquímicos</b>                      |              |                      |                      |
| Conductividad Eléctrica                    | (µS/cm)      | <=5000               |                      |
| Demanda Biológica de Oxígeno               | mg/L         | <=15                 |                      |
| Demanda Química de Oxígeno                 | mg/L         | 40                   |                      |
| Fluoruro                                   | mg/L         | 2                    |                      |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)              | mg/L         | 50                   |                      |
| Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)              | mg/L         | 1                    |                      |
| Oxígeno Disuelto                           | mg/L         | > 5                  |                      |
| pH   | Unidad de pH | 6,5-8,4              |                      |
| Sulfatos                                   | mg/L         | 500                  |                      |
| Sulfuro                                    | mg/L         | 0,05                 |                      |
| <b>Inorgánicos</b>                         |              |                      |                      |
| Aluminio                                   | mg/L         | 5                    |                      |
| Artenico                                   | mg/L         | 0,1                  |                      |
| Bario                                      | mg/L         | 0,1                  |                      |
| Boro                                       | mg/L         | 5                    |                      |
| Cadmio                                     | mg/L         | 0,01                 |                      |
| Cianuro WAD                                | mg/L         | 0,1                  |                      |
| Cobalto                                    | mg/L         | 1                    |                      |
| Cobre                                      | mg/L         | 0,5                  |                      |
| Cromo (6+)                                 | mg/L         | 1                    |                      |
| Hierro                                     | mg/L         | 1                    |                      |
| Litio                                      | mg/L         | 2,5                  |                      |
| Magnesio                                   | mg/L         | 150                  |                      |
| Manganeso                                  | mg/L         | 0,2                  |                      |
| Mercurio                                   | mg/L         | 0,001                |                      |
| Níquel                                     | mg/L         | 0,2                  |                      |
| Plata                                      | mg/L         | 0,05                 |                      |
| Plomo                                      | mg/L         | 0,05                 |                      |
| Selenio                                    | mg/L         | 0,05                 |                      |
| Zinc                                       | mg/L         | 24                   |                      |
| <b>Orgánicos</b>                           |              |                      |                      |
| Ácidos y Grasas                            | mg/L         | 1                    |                      |
| Fenoles                                    | mg/L         | 0,001                |                      |
| S.A.A. (detergentes)                       | mg/L         | 1                    |                      |
| <b>Plaguicidas</b>                         |              |                      |                      |
| Aldicarb                                   | ug/L         | 1                    |                      |
| Aldrin (CAS 309-00-2)                      | ug/L         | 0,03                 |                      |
| Carbendazim (CAS 57-74-9)                  | ug/L         | 0,3                  |                      |
| DDT  | ug/L         | 1                    |                      |
| Dieldrin (N° CAS 72-20-8)                  | ug/L         | 0,7                  |                      |
| Endosulfán                                 | ug/L         | 0,02                 |                      |

|   |              |       |
|---|--------------|-------|
| Endrín  | ug/L         | 0,004 |
| Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloro pólido | ug/L         | 0,1   |
| Lindano   | ug/L         | 4     |
| Paration  | ug/L         | 7,5   |
| <b>Biológicos</b>                               |              |       |
| Coliformos Termotolerantes                      | NMP/100 mL   | 1000  |
| Coliformos Totales                              | NMP/100 mL   | 5000  |
| Enteroococos                                    | NMP/100 mL   | 20    |
| <i>Escherichia coli</i>                         | NMP/100 mL   | 100   |
| Huevos del helmintos                            | huevo/filtro | <1    |
| <i>Salmonella</i> sp                            | Ausente      |       |
| <i>Vibrio cholerae</i>                          | Ausente      |       |

**NOTA:**

NMP/100: Número más probable en 100 ml.

Vegetales de Tallo alto: Son plantas cultivables o no, de parte arbustiva o arbórea y tienen una buena longitud de tallo. Las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo: Frutales, árboles frutales, etc.

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

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

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

SAAH: Sustancias activas de azul de metileno.

**CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

| PARÁMETROS   | UNIDADES     | LAGUNAS Y LAAGOS             | RÍOS                         |                              | ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS |               |
|--|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|
|  |              |                              | COSTA Y SIERRA               | SELVA                        | ESTUARIOS                   | MARINOS       |
| <b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>                          |              |                              |                              |                              |                             |               |
| Aceites y grasas                                   | mg/L         | Ausencia de película visible | Ausencia de película visible | Ausencia de película visible | 1                           | 1             |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )  | mg/L         | <5                           | <10                          | <10                          | 15                          | 10            |
| Nitrogeno amoniacal                                | mg/L         | <0,2                         | <0,2                         | 0,05                         | 0,05                        | 0,05          |
| Temperatura  | Celsius      |                              |                              |                              |                             | delta 3 °C    |
| Oxígeno Disuelto                                   | mg/L         | ≥5                           | ≥5                           | ≥5                           | ≥4                          | ≥4            |
| pH   | unidad       | 6,5-8,5                      | 6,5-8,5                      |                              | 6,8-8,5                     | 6,8-8,5       |
| Sólidos Disueltos Totales                          | mg/L         | 500                          | 500                          | 500                          | 500                         | 500           |
| Sólidos Suspensos Totales                          | mg/L         | ≤25                          | ≤25 - 100                    | ≤25 - 100                    | ≤25-100                     | 30,00         |
| <b>INORGÁNICOS</b>                                 |              |                              |                              |                              |                             |               |
| Arsénico   | mg/L         | 0,01                         | 0,05                         | 0,05                         | 0,05                        | 0,05          |
| Bario  | mg/L         | 0,7                          | 0,7                          | 1                            | 1                           | —             |
| Cadmio   | mg/L         | 0,004                        | 0,004                        | 0,004                        | 0,005                       | 0,005         |
| Cianuro Libre                                      | mg/L         | 0,022                        | 0,022                        | 0,022                        | 0,022                       | —             |
| Clorofila A  | mg/L         | 10                           | —                            | —                            | —                           | —             |
| Cobre  | mg/L         | 0,02                         | 0,02                         | 0,02                         | 0,05                        | 0,05          |
| Cromo VI   | mg/L         | 0,05                         | 0,05                         | 0,05                         | 0,05                        | 0,05          |
| Fierro   | mg/L         | 0,051                        | 0,001                        | 0,001                        | 0,001                       | 0,001         |
| Fosfatos Total                                     | mg/L         | 0,4                          | 0,5                          | 0,5                          | 0,5                         | 0,031 - 0,093 |
| Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales       | Ausente      |                              |                              |                              | Ausente                     | Ausente       |
| Mercurio   | mg/L         | 0,0001                       | 0,0001                       | 0,0001                       | 0,001                       | 0,0001        |
| Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )                      | mg/L         | 5                            | 10                           | 10                           | 10                          | 0,07 - 0,28   |
| <b>INORGÁNICOS</b>                                 |              |                              |                              |                              |                             |               |
| Nitrogeno total                                    | mg/L         | 1,6                          | 1,6                          | —                            | —                           | —             |
| Níquel   | mg/L         | 0,025                        | 0,025                        | 0,025                        | 0,002                       | 0,0062        |
| Plomo  | mg/L         | 0,001                        | 0,001                        | 0,001                        | 0,0081                      | 0,0081        |
| Silicatos  | mg/L         | —                            | —                            | —                            | —                           | 0,14-0,7      |
| Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S disociable) | mg/L         | 0,002                        | 0,002                        | 0,002                        | 0,002                       | 0,06          |
| Zinc   | mg/L         | 0,03                         | 0,03                         | 0,3                          | 0,03                        | 0,061         |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b>                             |              |                              |                              |                              |                             |               |
| Coliformos Termotolerantes                         | (NMP/100 mL) | 1000                         | 2000                         |                              | 1000                        | ≤30           |
| Coliformos Totales                                 | (NMP/100 mL) | 2000                         | 3000                         |                              | 2000                        |               |

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

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

Nitrogeno total: Equivalente a la suma de nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en formado nitrato (NO<sub>3</sub>)

Amonio: Como NH<sub>3</sub> no ionizado

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

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