

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA**



**“MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS EN EL RÍO SANTA”**

**INFORME DE INGENIERÍA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO QUÍMICO  
POR LA MODALIDAD DE EXPERIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:  
GIOVANNA BENDEZÚ MEDINA**

**LIMA – PERÚ**

**2003**

A mis padres Germán Alfonso y Nory,  
y a mis hermanos Tatiana, Luis y Javier  
por su apoyo permanente e incondicional  
A Manuel, por su confianza y estímulo  
A Giovanna y Silvana, mis tesoros más preciados

## TABLA DE CONTENIDOS

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| CAPÍTULO I.  | INTRODUCCIÓN   | 5  |
| CAPÍTULO II. | INSTITUCIÓN Y LABOR REALIZADA  | 6  |
| 2.1          | Relación profesional – empleador                                     | 6  |
| 2.2          | Actividades desarrolladas por la Dirección General de Aguas y Suelos | 6  |
| 2.2.1        | Función desempeñada  | 8  |
| 2.2.2        | Funciones asignadas  | 8  |
| 2.2.3        | Tiempo de prestación de servicios en la actividad descrita           | 10 |
| 2.2.4        | Cantidad y tipo de personal administrado                             | 10 |
| CAPÍTULO II. | MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES                          | 11 |
| 3.1          | Objetivo   | 12 |
| 3.2          | Alcances del proyecto  | 12 |
| 3.3          | Diseño de la red de Monitoreo  | 12 |
| 3.3.1        | Establecimiento de puntos de muestreo                                | 12 |
| 3.3.1.1      | Revisión de Información existente                                    | 12 |
| 3.3.1.2      | Localización Física del Lugar  | 13 |
| 3.3.1.3      | Determinación de las Coordenadas de Estación                         | 13 |
| 3.3.1.4      | Fotografías de la Estación   | 14 |
| 3.3.2        | Selección de Parámetros de Medición                                  | 15 |
| 3.3.2.1      | Parámetros Biológicos  | 15 |
| 3.3.2.2      | Parámetros No Biológicos   | 15 |
| 3.4          | Planes y Procedimientos de Operación                                 | 25 |
| 3.4.1        | Rutas de Muestreo, Equipos y Entrenamiento del Personal              | 25 |
| 3.4.1.1      | Rutas de Muestreo  | 25 |
| 3.4.1.2      | Equipos portátiles y Procedimientos de Medición                      | 26 |
| 3.4.1.3      | Colección y Revisión del Equipo de Muestreo de Campo                 | 36 |
| 3.4.1.4      | Entrenamiento del personal   | 37 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.4.1.5 | Cumplimiento de las Guías de Salud y Seguridad   | 37 |
| 3.5     | Procedimientos de Muestreo en Campo              | 37 |
| 3.5.1   | Formatos de Custodia                             | 38 |
| 3.5.2   | Colecta de Muestras de Agua Superficial          | 38 |
| 3.5.3   | Muestreo y preservación de contaminantes comunes | 38 |
| 3.5.4   | Transporte de las Muestras                       | 41 |
| 3.5.5   | Empacado y Envío de Muestras                     | 41 |
| 3.6     | Procedimientos para Análisis de Laboratorio      | 41 |
| 3.6.1   | Parámetros biológicos                            | 42 |
| 3.6.2   | Parámetros no biológicos                         | 42 |
| 3.6.3   | Obtención de Muestras de Control de Calidad      | 48 |
| 3.6.4   | Sistemas de Verificación de la Información       | 49 |
| 3.6.4.1 | Mantenimiento de Archivos                        | 49 |
| 3.6.4.2 | Mantenimiento de Notas de Campo                  | 50 |
| 3.6.4.3 | Procedimientos de Información y Reporte          | 51 |
| 3.7     | Metodología aplicada al Río Santa                | 52 |
| 3.7.1   | Selección de los puntos de muestreo              | 52 |
| 3.7.2   | Selección de los parámetros de análisis          | 52 |
| 3.7.3   | Muestreos y Análisis                             | 57 |
| 3.7.4   | Frecuencia y Puntos de Muestreo                  | 59 |
| 3.7.5   | Verificación de la información                   | 66 |
| 3.7.6   | Resultados de los Monitoreos realizados          | 67 |
| 3.7.6.1 | Representatividad de los Muestreos               | 67 |
| 3.7.7   | Aptitudes y Limitaciones                         | 67 |
| 3.7.7.1 | Respecto al uso Poblacional                      | 67 |
| 3.7.7.2 | Respecto al uso agrícola                         | 73 |
| 3.8     | Conclusiones                                     | 73 |
| IV.     | RECOMENDACIONES                                  | 79 |

## V. BIBLIOGRAFIA

80

|                 |  |
|-----------------|--|
| Cuadro N°3.1:   | Selección de parámetros a analizar                         |
| Cuadro N°3.2:   | Características del Potenciómetro                          |
| Cuadro N°3.3:   | Características del Conductivímetro                        |
| Cuadro N°3.4:   | Características del Turbidímetro                           |
| Cuadro N°3.5:   | Características del Oxímetro                               |
| Cuadro N° 3.6:  | Concentraciones establecidas en la Ley de Aguas, OMS y FAO |
| Cuadro N°3.7:   | Peligro de Sales   |
| Cuadro N° 3.8:  | Clasificación de la Calidad Agronómica del Agua            |
| Cuadro N° 3.9:  | Laboratorios donde se realizaron los análisis              |
| Cuadro N° 3.10: | Métodos Analíticos Empleados                               |
| Cuadro N°3.11:  | Fechas de los muestreos realizados                         |
| Cuadro N° 3.12: | Coordenadas de los puntos de muestreo                      |
| Figura N°2.1 :  | Organigrama del INRENA                                     |
| Figura N°3.1 :  | Potenciómetro HANNA - HI 9023 C                            |
| Figura N°3.2:   | Conductivímetro HANNA HI 9635                              |
| Figura N°3.3:   | Turbidímetro HACH 2100 P                                   |
| Figura N°3.4:   | Oxímetro WTW - OXI 330                                     |
| Figura N°3.5:   | Equipo portátil Del Agua                                   |
| Figura N°3.6:   | Vista de la laguna Conocochoa                              |
| Figura N° 3.7:  | Toma de muestra en Ticapampa                               |
| Figura N°3.8:   | Muestreo en Puente Calicanto .                             |
| Figura N°3.9:   | Vista del punto de muestreo de Monterrey                   |
| Figura N°3.10:  | Puente Florida   |
| Figura N°3.11:  | E. H. Las Balsas   |

- Figura N°3.12: Panorámica del punto de muestreo El Chorro
- Figura N°3.13: Confluencia de los ríos Tablachaca y Santa
- Figura N°3.14: Panorámica del punto de muestreo Condorcerro
- Figura N°3.15: Puente Santa en la desembocadura al Pacífico
- Figura N°3.16: Reporte de coliformes fecales en trayecto del río Santa respecto de agua de bebida
- Figura N°3.17: Comparación de Arsénico en río Santa con concentraciones de agua de bebida
- Figura N°3.18: Comparación de Boro en río Santa con concentraciones de agua de bebida
- Figura N°3.19: Comparación de Cobre en río Santa con concentraciones de agua de bebida
- Figura N°3.20: Comparación de Hierro en río Santa con concentraciones de agua de bebida
- Figura N°3.21: Comparación de Manganeseo en río Santa con concentraciones de agua de bebida
- Figura N°3.22: Comparación de Plomo en río Santa con concentraciones de agua de bebida
- Figura N°3.23: Reporte de coliformes fecales en trayecto del río Santa respecto de agua de riego
- Figura N°3.24: Comparación de Hierro en río Santa con concentraciones de agua de riego
- Figura N°3.25: Comparación de Manganeseo en río Santa con concentraciones de agua de riego
- Figura N°3.26: Reporte de Conductividad eléctrica en el trayecto del río Santa
- 
- Formato N°3.1: Itinerario y fotos
- Formato N°3.2: Supervivencia en campo
- Formato N°3.3: Registro de campo

## MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS EN EL RIO SANTA

### CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al "Estudio Básico Situacional de los Recursos Hídricos en el Perú" (DGAS, 1992), en términos de recursos hídricos el agua superficial disponible es abundante lo que constituye un gran potencial, que se encuentra condicionada a la variabilidad del clima del país, ocasionando descargas discontinuas de los ríos de la Vertiente del Pacífico generando periodos de menor y mayor abundancia. Esta disponibilidad estacional de recursos hídricos es afectada por los distintos tipos de efluentes que alteran la calidad de las aguas superficiales.

En la Ley General de Aguas se establece una clasificación de los cursos de agua y las zonas costeras con fines de protección, considerando ciertos parámetros físico - químicos que permiten establecer su aptitud y usos (Artículo 81° del D.S. N°261-69-AP, modificado por D.S. N°007-83-SA), y que la autoridad sanitaria clasificará los cursos de agua, mientras la autoridad de aguas se encargará de su preservación y conservación.

El año 1992 se crea el INRENA (Decreto Legislativo N° 25902), y en el Reglamento de Organización y Funciones (Decreto Supremo N° 046-2001-AG) se indica que la Dirección General de Aguas y Suelos, a través de la Dirección de Recursos Hídricos e Irrigaciones, tiene como función la de supervisar y evaluar la calidad de las aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas de acuerdo a su competencia (Artículo 22°, inciso d)

## CAPITULO II. INSTITUCIÓN Y LABOR REALIZADA

Las labores realizadas en el periodo comprendido entre 1996 a la fecha se desarrollaron en el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), ubicado en la Calle 17 N°355. Urbanización El Palomar. San Isidro.

El INRENA es la autoridad pública encargada de realizar y promover las acciones necesarias para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, la conservación de la diversidad biológica silvestre y la protección del medio ambiente rural, mediante un enfoque de ordenamiento territorial por cuencas y su gestión integrada, estableciendo alianzas estratégicas con el conjunto de actores sociales y económicos involucrados.

La estructura orgánica se muestra en la Figura 2.1

- **Dirección General de Aguas y Suelos:** es la más alta autoridad técnica normativa con relación al uso sostenible de los recursos agua y suelo, y es el encargado de proponer, supervisar y controlar las políticas, planes, programas, proyectos y normas sobre el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos agua y suelo.
  - o Dirección de Recursos Hídricos e Irrigaciones: tiene entre sus funciones la de monitorear y evaluar la calidad de aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas en el ámbito de su competencia.

### 2.1 Relación profesional – empleador

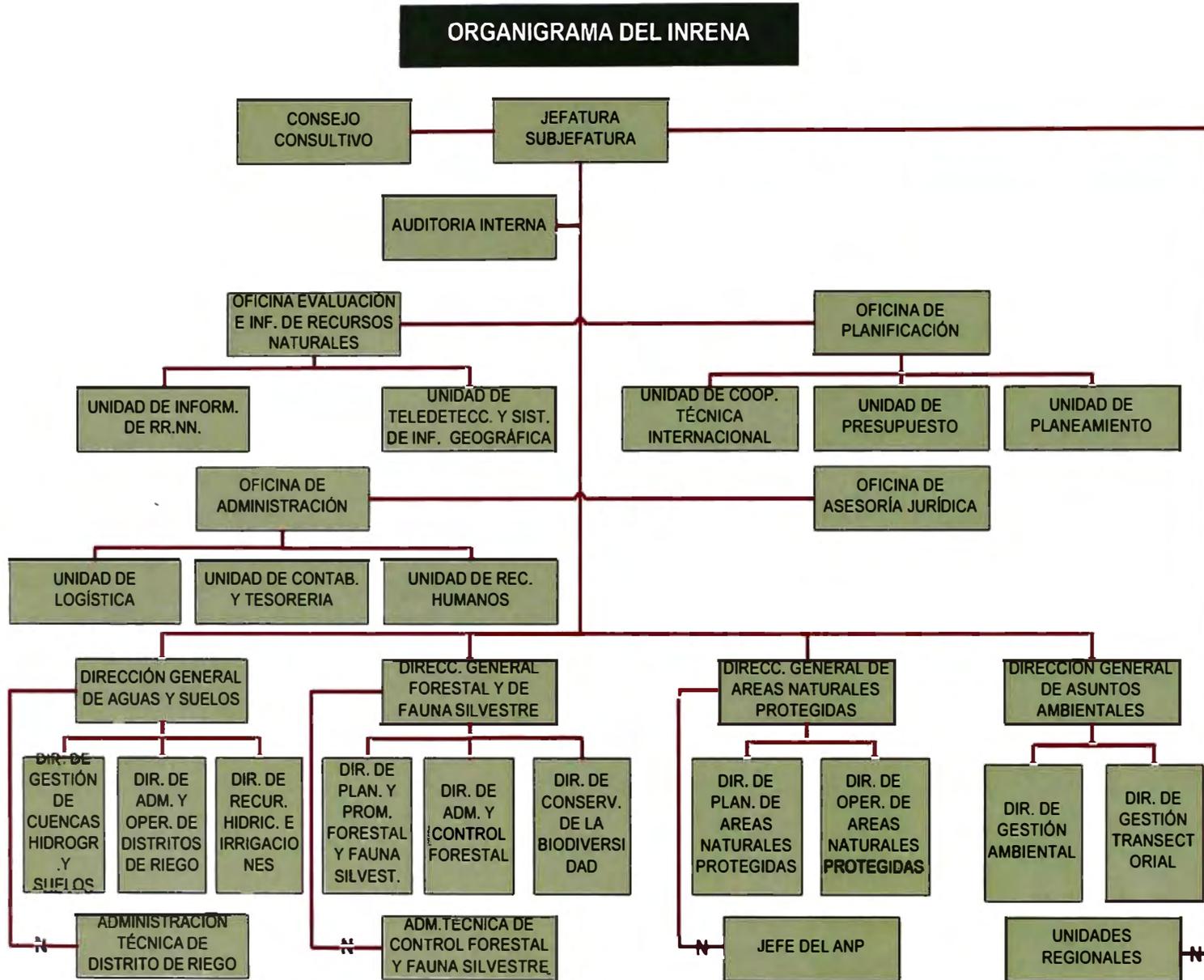
La modalidad de Contrato ha sido la de Prestación de Servicios No Personales, el mismo que se ha ido renovando desde Junio 1996 a la fecha, laborando hasta Diciembre 1998 en la Dirección General de Medio Ambiente Rural, y posteriormente en la Dirección General de Aguas y Suelos.

### 2.2 Actividades desarrolladas por la Dirección General de Aguas y Suelos

La Dirección General de Aguas y Suelos realiza diversas funciones, las que se encuentran delineadas en su Reglamento de Organización y Funciones, varias de ellas bajo la modalidad de proyectos financiados con el Fondo de Reforzamiento Institucional (FRI), creado para fortalecer a las Administraciones Técnicas de los Distritos de Riego, en base a las recaudaciones por tarifas de uso no agrario.

Estas se pueden agrupar según las Direcciones de Línea a las que pertenecen, según se muestra en el Cuadro N° 2.1.

Figura N°2.1



**Cuadro N°2.1: Actividades de la Dirección General de Aguas y Suelos**

| <b>Recursos Hídricos e Irrigaciones</b>     | <b>Gestión de Cuencas y Suelos</b> | <b>Administración de Distritos de Riego</b>  |
|---|------------------------------------|--|
| Aguas Subterráneas                          | Material de acarreo                | Tarifas Agrarias   |
| Perforación de pozos                        | Padrones de uso no agrarios        | Padrones de uso agrario  |
| Glaciología                                 | PERPEC                             | Aforadores y Compuertas  |
| Hidrología Superficial                      | Delimitación de cuencas            | Gestión Operativa  |
| Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales | Delimitación de Distritos de Riego | Ordenamiento Hídrico   |
| Reservorios                                 | Fajas Marginales                   | Supervisión a las Administraciones Técnicas de Distritos de Riego y Juntas de Usuarios |
|   | Sistema de Información Geográfica  | Plan de Cultivo y Riego  |

### **2.2.1 Función desempeñada**

Jefe de Proyecto de Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales en la Dirección General de Aguas y Suelos, desde 1999 a la fecha.

### **2.2.2 Funciones asignadas**

Como parte del Plan de Trabajo 1996 de la Dirección General de Aguas y Suelos, se programó la ejecución del "Monitoreo de la Calidad de las Aguas en 34 ríos de la Vertiente del Pacífico", cuyo objetivo general era evaluar las bondades y limitaciones que presentaban las aguas superficiales para su aprovechamiento, con fines agrícolas, poblacional e industrial.

De acuerdo al cronograma de actividades, los muestreos se realizarían en los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre, cubriéndose así el año hidrológico.

Según las directivas enviadas por la Dirección General, se encargó la toma de muestras a los Administradores Técnicos de los Distritos de Riego, quienes en algunos casos delegaban el encargo a su personal técnico, lo que en general no permitía verificar que las muestras se tomaran en los lugares establecidos.

Las muestras se tomaban en recipientes diversos, sin emplear preservante alguno, y eran enviados a Lima generalmente en cajas de cartón.

Mientras se recibían las muestras en Lima, se hizo la selección del laboratorio de análisis, basándose principalmente en el criterio económico.

Una vez seleccionado el laboratorio, el envío de las muestras al mismo estaba condicionado a reunir un lote determinado, y al momento de su recepción en el laboratorio, no se consideraba la fecha en que habían sido tomadas las muestras. Esta situación continuó así durante los años 1997 y 1998.

En Junio 1999, se me encarga continuar con este proyecto, para lo cual fue necesario reformularlo, considerando lo siguiente:

- Hacer la selección de los parámetros de análisis, considerando los que eran necesarios para el cálculo de los índices que nos permitirían evaluar la aptitud de las aguas para los diferentes usos, incluyendo el agrícola.
- Seleccionar el laboratorio, que estuviera acreditado en INDECOPI, lo que respaldaría los resultados obtenidos y, por ende, a los Administradores Técnicos.
- Registrar las coordenadas de los puntos de muestreo, y asegurar que las diferentes tomas se realicen en los mismos puntos. Se propuso que los muestreos sean realizados por personal de la Dirección General de Aguas y Suelos.
- Emplear formatos adecuados para el registro de los itinerarios de los muestreos, las fotografías tomadas, las coordenadas de los puntos, los datos de campo y realizar los envíos de las muestras, reduciendo así el tiempo entre la toma de muestras y su respectivo análisis.
- Proponer la adquisición de equipos portátiles de medición de parámetros que debían evaluarse al momento de coleccionar la muestra, y que personal del laboratorio seleccionado realice los análisis microbiológicos en campo, lo que se confrontaría con resultados de laboratorio.
- Mantener un archivo de muestreo, donde se lleve el control de los cambios producidos en los diferentes puntos.

De acuerdo a esos lineamientos, se formuló el proyecto "Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales", que comprendió 19 ríos de la vertiente del Pacífico, monitoreándose efectivamente 9, debido al reajuste del presupuesto en el Tercer Trimestre, al término del cual se evaluó los resultados redefiniéndose los parámetros de análisis a ser considerados.

En el año 2000, se incluyó además los volúmenes de agua empleados principalmente por los usuarios no agrarios, efectuándose una nueva selección de los ríos a ser considerados e incorporándose además ríos de la Vertiente del Atlántico, de los cuales INRENA no había generado información de calidad de aguas y realizándose dos campañas de muestreo en la vertiente del Pacífico, y una en el Atlántico.

En el año 2001, se consideraron los mismos ríos del año anterior, agregándose el río Llaucano en Cajamarca.

En el año 2002, se han incluido además los ríos Crucero, Nanay y Madre de Dios.

### **2.2.3 Tiempo de prestación de servicios en la actividad descrita**

Desde Junio 1999 a la fecha

### **2.2.4 Cantidad y tipo de personal administrado**

|      |   |
|------|---|
| 2000 | 01 Asistente con formación en Ingeniería Química.   |
| 2001 | 02 Asistentes con formación en Ingeniería Ambiental |
| 2002 | 02 Asistentes con formación en Ingeniería Química   |

### **CAPITULO III. MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES**

#### **3.1 Objetivo:**

Determinar las características básicas de la calidad de las aguas superficiales con el fin de contribuir a la protección del recurso hídrico.

#### **3.2 Alcances del proyecto**

La Ley General de Aguas (Decreto Legislativo 17752), es la principal norma legal en materia de aguas, y en su artículo 19 al referirse a la Conservación de los Recursos Hídricos, se indica que la autoridad de aguas aplicará las medidas necesarias para evitar la pérdida del agua por escorrentía, percolación, evaporación, inundación, inadecuado uso u otras causas, para lograr la máxima disponibilidad de los recursos hídricos; en su artículo 22 al referirse a su preservación, se señala que es función de la autoridad sanitaria dictar las providencias y aplicar las medidas necesarias para el cumplimiento de la preservación de las aguas.

Luego, en el artículo 3 del DS N°261-69-AG se establece que el Ministerio de Salud tendrá como función preservar las aguas contra su contaminación y polución, y que al Ministerio de Agricultura le corresponde el otorgamiento para los distintos usos.

Además, en el artículo 69 del DS N°261-69-AG, se establece que la autoridad sanitaria vigilará el estricto cumplimiento de las disposiciones generales referentes a cualquier vertimiento de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que puedan contaminar las aguas del país

Posteriormente, en el artículo 50° del Decreto Legislativo 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, se establece que las autoridades sectoriales competentes respecto a la aplicación del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales son los ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas.

Sin embargo, considerando que los Administradores Técnicos de los Distritos de Riego otorgan los derechos de uso del agua, es necesario que conozcan la calidad del agua que están entregando, por eso se realiza el monitoreo en estaciones ubicadas en las cuencas hidrográficas, lo que permite proporcionar información sobre la calidad del principal río de una cuenca respecto a las limitaciones del agua para diferentes usos, principalmente el agrario.

No obstante el esfuerzo que implica obtener esos resultados, resulta difícil proponer estrategias de recuperación, debido a la dispersión de competencias (cada sector productivo tiene exigencias de calidad además de las establecidas en la Ley General de Aguas) e información en materia de aguas (por ejemplo, el padrón de vertimientos es llevado por DIGESA, y el padrón de usuarios agrarios y no agrarios, por la DGAS) , por lo que se hace necesario concentrar en una sola autoridad no solo el otorgamiento de las licencias sino también la autorización de vertimientos y el establecimiento de límites máximo permisibles.

Esta propuesta forma parte del Anteproyecto de la Ley General de Aguas (Artículo 29 del Título V: De la prevención y control de la contaminación de las Aguas), donde se propone que la autoridad de aguas clasificará los cuerpos de agua a nivel nacional para poder determinar los patrones de calidad exigibles y los límites máximos de descarga en ellos, y que los responsables de la contaminación estarán obligados a retornar las cosas a su estado anterior.

### **3.3 Diseño de la red de Monitoreo**

La metodología que se describe a continuación, ha sido una adaptación del “Manual de Campo para el Muestreo de la Calidad del Agua”, elaborado por el Centro de Investigación de Recursos Hídricos de la Universidad de Arizona, y de “Water Quality Monitoring – A system approach to design” de Robert C. Ward

#### **3.3.1 Establecimiento de puntos de muestreo**

Para elegir estaciones, se considerarán los objetivos de muestreo, los análisis de laboratorio, así como los análisis estadísticos. Considerar las siguientes preguntas:

- ( ) ¿Se puede obtener las muestras durante todo el año y a todas las descargas?
- ( ) ¿Dónde deberán colectarse las muestras para medir la calidad regional o local del agua?, por ejemplo:
  - En las estaciones hidrológicas o cerca de ellas
  - En lugares accesibles y seguros para operadores
  - Libre de influencias disturbadoras
- ( ) ¿Se han identificado todos los sitios de muestreo existentes?
- ( ) ¿Cuáles de estos sitios deberán ser incorporados, de ser posible, en el programa de muestreo?

##### **3.3.1.1 Revisión de Información Existente**

Para determinar las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua superficial, es necesario primero obtener la información disponible acerca de las ubicaciones de estaciones de muestreo existentes en arroyos, ríos, lagos. Las fuentes de información más importantes son:

Bases de datos mantenidas por ministerios  
Cartas geográficas del Instituto Geográfico Nacional

El estudio de esta información puede revelar la necesidad de establecer nuevas estaciones para lograr los objetivos del muestreo. Una estación es un sitio específico cerca de o en un cuerpo de agua en el cual se recoge una muestra. Su ubicación es fundamental para el éxito del programa de muestreo. Para ser efectivas, las estaciones de muestreo deberán estar ubicadas en localizaciones óptimas en el sistema del flujo hidrológico para evaluar la calidad del agua y detectar contaminación de fuentes puntuales o dispersas. Por ejemplo, una estación deberá estar ubicada en o cerca de una estación de aforo, para que se puedan tomar simultáneamente datos sobre el flujo y la calidad del agua en un río. Si este tipo de sitios de muestreo no están disponibles, se deberá establecer nuevas estaciones utilizando la mejor información disponible. Los sitios dónde serán establecidas las nuevas estaciones deberán ser identificados durante el desarrollo del plan de muestreo.

La ubicación y el número de identificación de una estación de muestreo (punto de monitoreo) de calidad del agua deberá ser exactamente marcado en un mapa a escala grande con una X, círculo o punto. Esto no sólo permite al personal del campo encontrar fácilmente las estaciones, sino también permite que los datos sean digitalizados en una base de datos. Pueden emplearse las Cartas Nacionales del IGN (1:100 000). Además, el dibujar bosquejos de sitios que muestran caminos, árboles y otros puntos de referencia no mostrados en las cartas topográficas permite la ubicación de las estaciones de muestreo.

### **3.3.1.2 Localización Física del Lugar**

La localización física se lleva a cabo haciendo un diagrama de la estación de muestreo y sus alrededores en la libreta de campo o formato de muestreo. Los rasgos útiles para referencia sobre cartas geográficas son los caminos, líneas eléctricas, aguas superficiales, o cambios repentinos de pendientes.

### **3.3.1.3 Determinación de las Coordenadas de Estación**

Medir y anotar las coordenadas en unidades de grados, minutos, segundos y fracciones de latitud y longitud, o en coordenadas UTM. Emplear un instrumento portátil de sistema de posicionamiento global (GPS).

#### 3.3.1.4. Fotografías de la Estación

Para fotografiar las estaciones de muestreo, considerar lo siguiente:

- Tomar fotografías con regularidad de los puntos de muestreo con el propósito de documentar el sitio. Tomar suficientes fotografías en la primera visita al sitio para establecer un archivo completo de fotos del sitio y sus alrededores (esto también le ayudará a una persona en su primera visita a ubicar el sitio). Después de la primera visita, tome fotos según los procedimientos delineados abajo.
- Tomar fotos del sitio en cada visita desde los mismos puntos establecidos y constantes. Dichos puntos se determinan naturalmente, como un árbol o roca grande. Si no hay puntos de referencia naturales en un sitio dado, trate de marcar el punto de una manera semipermanente, por ejemplo con un montón de piedras. En la primera visita al sitio, describa los puntos - de foto en detalle en la libreta de campo. Anótelos en los archivos del sitio como una parte permanente del mismo.
- Incluir a una persona en la foto del punto de muestreo para mostrar la escala. Para una estación de agua superficial, saque dos fotografías desde: 1) Río arriba del punto de muestreo mirando al punto de muestreo río abajo; 2) Río abajo del punto de muestreo mirando río arriba al punto de muestreo.
- Tomar fotos adicionales si se da cuenta de que hay un cambio significativo en los alrededores del sitio, como erosión excesiva del canal, construcción reciente u otros cambios biológicos o ecológicos que requieran documentación.
- Al recibir las fotos reveladas, poner etiquetas con la información siguiente: la identificación del sitio, el nombre del sitio, la fecha y la hora, y la orientación de la foto. Poner las fotos de cada sitio en un fólder transparente y guardarlas con el archivo respectivo del sitio.
- En la última visita al sitio, repetir las mismas fotos que fueron tomadas en la primera visita (desde los mismos puntos), para documentar los cambios que ocurrieron en la vida del sitio.

Para llevar un control de las fotos tomadas, se puede emplear el **Formato 3.1**

### 3.3.2 Selección de Parámetros de Medición

Los parámetros de análisis son los necesarios para el cálculo de los distintos Índices de Calidad de Aguas, los cuales serán descritos a continuación y cuyo resumen se muestra en el **Cuadro N°3.1**.

#### 3.3.2.1 Parámetros Biológicos

##### a) Coliformes fecales (Termotolerantes)

La determinación de coliformes fecales proporciona la prueba aplicable más sensible y universal de calidad higiénica. El equipo de campo "Del Agua"<sup>1</sup> facilita el proceso e incubación de la muestra in - situ y proporciona un resultado exacto y cuantitativo en 14 horas.

#### 3.3.2.2 Parámetros No Biológicos

##### A. Factores Físico – Químicos:

##### a) Sólidos

Son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente la calidad del agua o a su suministro de varias maneras.

"Sólidos totales" es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su posterior secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los "sólidos suspendidos", o porción de sólidos totales retenida por un filtro, y los "sólidos totales disueltos (STD)" o porción que atraviesa el filtro.

El rango usual de los sólidos disueltos es de 25-5000 ppm. Su efecto principal sobre los procesos industriales es limitar el grado al cual se puede concentrar el agua antes que se deseche.

Las aguas con menos de 500 ppm de sólidos disueltos usualmente son satisfactorias para usos domésticos y para algunos usos industriales. En ocasiones especiales, se emplean para riego aguas con alto contenido de sólidos, cuando las prácticas de cultivo permiten remover las sales solubles, especialmente cuando es posible aplicar grandes volúmenes de agua a las

<sup>1</sup> CEPIS: Hoja de Divulgación Técnica 36: El Uso De Un Equipo Portátil De Análisis De Calidad De Agua En Programas De Vigilancia Y Mejoramiento De Los Servicios De Abastecimiento De Agua

CUADRO Nº3.1

## SELECCION DE PARÁMETROS A ANALIZAR

| PARÁMETRO                            | LEY GENERAL DE AGUAS | CALIDAD AGRONÓMICA | AGUA DE BEBIDA <sup>2</sup> | PISCÍCOLA | INDUSTRIAL | ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
| <b>PARÁMETROS BIOLÓGICOS</b>         |                      |                    |                             |           |            |                            |
| <b>Microbiológicos</b>               |                      |                    |                             |           |            |                            |
| Coliformes fecales                   | *                    |                    |                             |           |            | *                          |
| <b>PARÁMETROS NO BIOLÓGICOS</b>      |                      |                    |                             |           |            |                            |
| <b>FACTORES FÍSICO - QUÍMICOS</b>    |                      |                    |                             |           |            |                            |
| STD                                  |                      |                    |                             |           | *          |                            |
| Temperatura del agua                 |                      |                    |                             | *         | *          |                            |
| Turbiedad                            |                      |                    |                             |           |            | *                          |
| <b>FACTORES QUÍMICOS ORGÁNICOS</b>   |                      |                    |                             |           |            |                            |
| DBO                                  |                      |                    |                             |           |            | *                          |
| <b>FACTORES QUÍMICOS INORGÁNICOS</b> |                      |                    |                             |           |            |                            |
| Cloruro                              |                      | *                  |                             |           |            | *                          |
| Conductividad eléctrica              |                      | *                  |                             |           |            | *                          |
| Dureza cálcica                       |                      |                    |                             |           | *          |                            |
| Dureza total                         |                      |                    |                             | *         |            |                            |
| Fosfatos                             |                      |                    |                             |           |            | *                          |
| Nitratos                             |                      | *                  |                             |           |            |                            |
| Oxígeno Disuelto                     |                      |                    |                             | *         |            | *                          |
| pH                                   |                      | *                  |                             | *         | *          | *                          |
| Sulfato                              |                      | *                  |                             |           |            |                            |
| <b>Indicadores Minerales</b>         |                      |                    |                             |           |            |                            |
| Alcalinidad                          |                      |                    |                             | *         |            |                            |
| Bicarbonato                          |                      | *                  |                             |           | *          |                            |
| Carbonato                            |                      | *                  |                             |           | *          |                            |
| <b>Elementos</b>                     |                      |                    |                             |           |            |                            |
| Arsénico                             | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Boro                                 |                      | *                  | *                           |           |            |                            |
| Cadmio                               | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Calcio                               |                      | *                  |                             |           |            |                            |
| Cobre                                | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Cromo                                | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Hierro                               | *                    | *                  |                             |           |            |                            |
| Magnesio                             |                      | *                  |                             |           |            |                            |
| Manganeso                            | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Mercurio                             | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Níquel                               | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Plomo                                | *                    | *                  | *                           |           |            |                            |
| Potasio                              |                      | *                  |                             |           |            |                            |
| Sodio                                |                      | *                  |                             |           |            |                            |

<sup>2</sup>Basado en los Valores Guías de la OMS

tierras con buen drenaje, pero generalmente las aguas con un contenido de más de 2000 ppm son consideradas no satisfactorias para un gran número de cultivos bajo condiciones normales.

#### **b) Temperatura del agua**

Se emplean grandes cantidades de agua para operaciones industriales, por lo que la temperatura y su fluctuación estacional tienen mucha importancia en la planificación de plantas de enfriamiento industrial

Las temperaturas elevadas, consecuencia de descargas de agua caliente, pueden tener un impacto ecológico significativo, ya que unos pocos grados de variación limitan seriamente la capacidad de la fuente para la vida de los peces.

#### **c) Turbiedad**

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcilla o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos.

Método nefelométrico:

Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en las mismas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez. El patrón de turbidez es el polímero formalina (sulfato de hidracina + hexa-metilen-tetramina).

Para la medición de la turbidez se emplea el turbidímetro, cuyo principio consiste en una celda fotoeléctrica que mide la luz dispersada a 90°C de la trayectoria del rayo de luz incidente en la muestra

### **B. Factores Químicos Orgánicos:**

#### **a) Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Mide la capacidad de las bacterias comunes para digerir la materia orgánica, generalmente en un período de incubación de 5 días a 20°C, analizando la disminución de oxígeno. Esta mide la materia orgánica biodegradable expresada como O<sub>2</sub>.

## **C. Factores Químicos Inorgánicos**

### **a) Cianuro**

El término cianuro incluye a todos los grupos  $CN^-$  en compuestos de cianuro que se puedan determinar como tales. Los complejos que forma se clasifican en cianuros simples y complejos. En las soluciones acuosas de cianuros alcalinos simples, el grupo  $CN^-$  está presente como  $CN^-$  y HCN molecular, resultante de la disociación de complejos. En la mayoría de las aguas naturales predomina el HCN, al que se atribuye la toxicidad para los peces.

### **b) Cloruro**

El cloruro, en forma de ión ( $Cl^-$ ), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual

La concentración de cloruro es mayor en las aguas residuales que en las naturales, debido a que el cloruro de sodio es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo. También puede aumentar debido a los procesos industriales.

Un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

El intercambio aniónico es el único proceso químico capaz de eliminar los cloruros en el agua; sin embargo, algunos procesos físicos como la evaporación y la ósmosis inversa, pueden separar el agua en dos corrientes, una de ellas con un contenido reducido de cloruro y la otra con un contenido mayor.

### **c) Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados. A la inversa, las moléculas de los compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas tienen una conductividad muy escasa o nula.

Se prefiere el término “conductividad” y por lo general se expresa en micromhos por centímetro ( $\mu\text{mhos/cm}$ ).

#### **d) Dureza**

Originalmente, la dureza del agua se asoció a su capacidad para precipitar el jabón, el que es precipitado preferentemente por los iones calcio y magnesio. De acuerdo con los criterios actuales, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato cálcico, en miligramos por litro.

Las aguas con menos de 60 ppm de dureza son consideradas aguas blandas y son apropiadas para todo uso; aguas con dureza en el rango de 60 a 120 ppm son consideradas moderadamente duras, pero su grado de dureza no interfiere seriamente para su uso en muchos propósitos excepto para uso de calderos de alta presión, y en algunos procesos industriales.

Aguas con dureza en el rango de 121 a 200 ppm son consideradas duras y para muchos usos industriales requieren ablandamiento. Aguas con dureza arriba de 200 ppm requieren más estricto tratamiento para muchos propósitos. El agua de mar contiene entre 650 y 700 ppm de dureza total, expresada en  $\text{CaCO}_3$  de dureza total, y el agua potable de Lima alrededor de 210 a 250 ppm, por lo tanto requiere tratamiento para uso en calderos y para otros propósitos.

#### **e) Oxígeno disuelto**

La prueba de Oxígeno disuelto es uno de los análisis más importantes en la determinación de la calidad de aguas naturales, puesto que a partir de este parámetro puede determinarse el efecto de la oxidación de efluentes sobre flujos de agua y la aptitud del agua para los peces y otros organismos, así como el avance de la autpurificación.

La concentración de OD varía con la profundidad del agua, depósitos de lodo, temperatura, claridad y razón de flujo. Así, una muestra simple de agua raramente representa la condición global de un cuerpo de agua.

**f) Potencial de Hidrógeno**

El grado de acidez o alcalinidad del agua es determinado por la concentración del ión hidrógeno, que se expresa en pH. Un pH de 7.0 indica que el agua no es ácida ni alcalina. Una lectura de pH progresivamente menor de 7.0 incrementa la acidez, e inversamente una progresiva elevación de 7 indica el aumento de la alcalinidad.

El pH de las aguas naturales superficiales están comprendidas en el rango de 6.0 a 8.0. Algunas aguas naturales alcalinas tienen un valor de pH mayor de 8, y algunas que contienen ácidos minerales libres, tienen un pH menor de 4.5.

**g) Nitratos**

Los nitratos son considerados como el producto final de la oxidación de los materiales nitrogenados y generalmente indica contaminación con efluentes domésticos u otras fuentes de materias orgánicas. La cantidad de nitratos en aguas superficiales son por lo general inferiores a 5 ppm como  $\text{NO}_3$ , y no tienen efectos desfavorables para usos ordinarios. Las aguas que contienen nitratos son probablemente desechadas por el peligro de contaminación, pero si son bacteriológicamente buenas, solamente con cantidades superiores a 44 ppm como  $\text{NO}_3$  son consideradas peligrosas para la alimentación infantil.

**h) Sulfato**

El sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litro, se disuelve en el agua a partir de ciertos minerales, especialmente yeso, o producto de la oxidación de los minerales sulfurosos. Los residuos del drenado de minas pueden aportar grandes cantidades de  $\text{SO}_4^{2-}$  debido a la oxidación de la pirita. Los sulfatos de sodio y magnesio ejercen una acción catalítica.

Su rango típico está entre 5-200 ppm. Debido a que el sulfato de calcio es relativamente insoluble, menos de 2000 ppm puede resultar indeseable al concentrar agua con un alto contenido de calcio, como en los sistemas de evaporación. Los niveles altos de sulfato pueden reducirse en forma apreciable mediante el tratamiento masivo con cal o cal - aluminato, o en algunos casos raros mediante precipitación con carbonato de bario. También se puede reducir por intercambio aniónico.

## **D. Indicadores minerales**

### **a) Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y depende principalmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que suele tomarse como una indicación de la concentración de estos componentes.

El control de alcalinidad es importante tanto en irrigación como para fines industriales, necesarios en el agua concentrada de las calderas y en el agua empleada en los sistemas de enfriamiento por evaporación. La alcalinidad por exceso de concentración de metales alcalino térreos tiene importancia en la determinación de la aceptabilidad de un agua para irrigación.

Las cantidades de agua agregadas a estos sistemas deben con frecuencia tratarse para reducir la alcalinidad, ya sea mediante el ablandamiento con cal o mediante la adición directa de ácido. La alcalinidad es objetable en otras industrias, como en la de bebidas gaseosas, en donde neutraliza la acidez de los sabores de frutas, y en las operaciones textiles, en donde interfiere con los colorantes ácidos.

### **b) Bicarbonato**

El ión bicarbonato es el componente alcalino principal de casi todas las fuentes de agua. Por lo general se encuentra en el rango de 5-500 ppm como  $\text{CaCO}_3$ . Las actividades normales de la población humana también introducen materiales alcalinos en el agua, principalmente por la alcalinidad de los detergentes industriales y domésticos.

### **c) Carbonatos**

Los bicarbonatos se presentan en aguas con acción prolongada de anhídrido carbónico, lo cual permite que el agua disuelva carbonatos de calcio y magnesio. Los carbonatos no se encuentran en apreciable cantidad en las aguas naturales. Los bicarbonatos provenientes de aquellas rocas relativamente insolubles tienen cantidades menores de 50 ppm, muchas aguas provenientes de calizas contienen de 200 a 400 ppm. Los bicarbonatos en moderada concentración en las aguas no desmejoran su valor para muchos usos. La presencia de carbonatos o bicarbonatos contribuye a la coagulación del material suspendido en el agua.

## **E. Elementos**

### **a) Arsénico**

La solubilidad del arsénico en agua es tan baja que su presencia suele ser un indicador de la existencia de operaciones mineras o metalúrgicas en el lecho de los ríos, o bien que hay áreas agrícolas en donde se están utilizando materiales con arsénico como insecticidas.

La presencia en forma coloidal, debe eliminarse mediante los procesos convencionales de tratamiento de aguas. Si el material está presente en forma orgánica, puede eliminarse mediante oxidación del material orgánico con una coagulación posterior, o mediante un proceso de adsorción.

### **b) Boro**

La mayor parte de Boro que hay en el mundo se encuentra en el agua de mar, en una concentración de 5 ppm. Existen fuentes de borato puro en las regiones áridas, en donde los mares interiores se han evaporado a sequedad, especialmente en áreas volcánicas. El Boro está presente con frecuencia en las fuentes de agua dulce de estas mismas áreas geológicas.

Aunque el Boro es esencial para el crecimiento de las plantas, un exceso de dicho elemento, por encima de 2 ppm en el agua de riego, es perjudicial para determinados vegetales y puede afectar a algunos en concentraciones del orden de 1.0 ppm. El agua potable rara vez contiene más de 1 ppm y generalmente se considera que las concentraciones inferiores a 0.1 ppm son inocuas para el consumo humano. El boro puede aparecer naturalmente en algunas aguas, o pasar a los cursos de agua procedente de compuestos para limpieza o aguas residuales industriales. Puede eliminarse mediante intercambio aniónico y por adsorción.

La ingestión de grandes cantidades de boro puede afectar al sistema nervioso central y la ingestión prolongada puede dar lugar a un síndrome clínico denominado borismo.

### **c) Cadmio**

El cadmio es muy tóxico, y se le han atribuido algunos casos de intoxicación con alimentos. Se encuentra en concentraciones por debajo de 0.01 ppm. Se introducen en el agua por descargas de desechos industriales, y por lo general se encuentran en aguas superficiales.

Puede precipitarse como carbonato o eliminarse mediante intercambio catiónico.

#### **d) Calcio**

La presencia del calcio (el quinto elemento en orden de abundancia) en los suministros de agua proviene de su paso a través o por encima de depósitos de caliza, dolomita, yeso y pizarras yesíferas. El contenido de calcio puede variar entre cero y varios centenares de miligramos por litro, dependiendo del origen y del tratamiento del agua.

Muchas aguas asociadas a arenas silicosas y graníticas tienen menos de 10 ppm de calcio, pero si las rocas son calizas contendrán generalmente entre 30 a 100 ppm, y aguas en contacto con yeso pueden contener aún más de 100 ppm.

Las pequeñas concentraciones de carbonato de calcio evitan la corrosión de las tuberías metálicas por depositar una capa protectora. Por otro lado, cantidades apreciables de sales de calcio precipitan al calentar formando incrustaciones perjudiciales en calderas, tuberías y utensilios de cocina. En muchas operaciones industriales se necesita eliminarlo por completo, en particular en el agua de reposición para calderas, en las operaciones de acabado de textiles y en la limpieza y enjuague en las operaciones de acabado de metales.

La dureza del calcio puede reducirse hasta un nivel de 35 ppm como  $\text{CaCO}_3$  mediante el ablandamiento en frío con sal - soda, y hasta menos de 25 ppm mediante el mismo ablandamiento en caliente. Se reduce a menos de 35 ppm mediante el mismo método en caliente. Se reduce a menos de 1 ppm mediante los métodos de intercambio catiónico.

#### **e) Cobre**

El cobre puede estar presente en el agua por el contacto de ésta con minerales que contienen cobre o con desechos minerales en la producción de cobre. Sin embargo, es más probable que el cobre que se encuentra en el agua sea un producto de corrosión de las tuberías o de amalgamas de cobre, o que se haya agregado deliberadamente a un depósito de agua para el control de las algas. En los suministros industriales, la presencia de cobre puede no ser adecuada debido a que corroe el aluminio.

**f) Cromo**

Su presencia puede estar asociada a descargas de desechos industriales, y por lo general se encuentran en las aguas superficiales. Puede reducirse con  $\text{SO}_2$  hasta  $\text{Cr}^{+3}$  o eliminarse mediante intercambio aniónico.

**g) Magnesio**

El Magnesio ocupa el octavo lugar entre los elementos más abundantes y es un componente común de las aguas naturales. Las sales de magnesio, que contribuyen de forma importante a la dureza del agua, se descomponen al calentar formando costras en las calderas. Las concentraciones superiores a 125 ppm pueden tener un efecto purificador y diurético.

Puesto que el carbonato de magnesio es bastante más soluble que el carbonato de calcio, rara vez es un componente principal en las incrustaciones. Sin embargo, debe eliminarse junto con el calcio cuando se requiere agua blanda para alimentación de calderas o para otros procesos. Puede eliminarse mediante el ablandamiento con cal hasta un residuo de 30-50 ppm como  $\text{CaCO}_3$  en frío, o 1-2 ppm como  $\text{CaCO}_3$ , en caliente. También se reduce por medio de intercambio iónico hasta menos de 1 ppm como  $\text{CaCO}_3$ .

**h) Mercurio**

Por lo general se encuentra en concentraciones por debajo de 0.01 ppm. Su presencia puede estar asociada a descargas de desechos industriales, y por lo general se encuentran en las aguas superficiales en vez de en las de pozos

En el caso del mercurio, su presencia se asocia a los desechos de producción electrolítica de  $\text{NaOH}$ . Puede metilarse mediante la actividad bacteriana y utilizarse en el ciclo de la alimentación acuática.

**i) Níquel**

Por lo general se encuentra en concentraciones por debajo de 0.01 ppm. Su presencia puede estar asociada a descargas de desechos industriales, y por lo general se encuentran en las aguas superficiales.

En el caso del Níquel, se asocia a las descargas provenientes del metalizado electrolítico, polvo o escoria de los hornos eléctricos o desperdicios minerales.

#### **j) Potasio**

El potasio está relacionado estrechamente con el sodio, tanto que rara vez se analiza como un componente separado en los análisis de agua. Su ocurrencia es menor en la naturaleza y por esta razón se encuentra en concentraciones más bajas que el sodio. No tienen importancia en las fuentes de agua para el uso público o en el agua que se utiliza en la industria. Como en el caso del sodio, sólo puede eliminarse químicamente mediante intercambio catiónico, o mediante procesos físicos, como la evaporación y la ósmosis inversa.

#### **k) Plomo**

La presencia de plomo en el agua dulce generalmente indica la contaminación con desechos metalúrgicos o con venenos industriales que contienen plomo, como el arsenato de plomo. Sin embargo, el plomo también puede aparecer como el resultado de la corrosión de amalgamas que contienen plomo, como las soldaduras. En las aguas de desecho, donde el plomo puede estar acompañado con materia orgánica, puede hallarse solubilizado y se puede requerir de la oxidación de la materia orgánica para lograr la eliminación total del plomo.

#### **l) Sodio**

Todas las sales de sodio son muy solubles en agua, aunque ciertos complejos en los minerales no lo son. El alto contenido de cloruros en las salinas y en el agua de mar, generalmente está asociado con el ión sodio. En las aguas dulces suele variar entre 10-100 ppm (aprox. 20-200 ppm como  $\text{CaCO}_3$ ). El sodio está presente en ciertos tipos de arcillas y feldespatos. El único proceso químico para eliminar el sodio es el intercambio catiónico en el ciclo de hidrógeno. La evaporación y la ósmosis inversa también reducen el sodio, produciendo una corriente baja en sodio y una salina de desecho con una concentración elevada de él.

### **3.4 Planes y Procedimientos de Operación**

#### **3.4.1 Rutas de Muestreo, Equipos y Entrenamiento del Personal**

##### **3.4.1.1 Rutas de Muestreo**

Se deben preparar itinerarios base para cada viaje de muestreo, de modo que se prevea los días requeridos, los tramos a recorrer y se debe considerar además un margen a fin de

superar contratiempos que ocurran durante el viaje, los mismos que se deben principalmente a demoras causadas por limitaciones en las facilidades de transporte.

### 3.4.1.2 Equipos Portátiles y Procedimientos de Medición

Son equipos portátiles de Análisis de Calidad de Aguas, necesarios para la medición de parámetros que deben ser medidos en el momento del muestreo. Las especificaciones técnicas y los procedimientos de medición se muestran en los cuadros siguientes:

#### a) Potenciómetro

En el Cuadro N°3.2 se indican las características del Potenciómetro:



Figura N°3. 1: Potenciómetro HANNA - HI 9023 C

Cuadro N°3.2: Características del potenciómetro

| ITEM                     | CARACTERISTICAS |
|--------------------------|-----------------|
| Modelo                   | HI 9023C        |
| Marca                    | HANNA           |
| Rango<br>pH              | 0-14            |
| Potencial Eléctrico (mV) | 0-399           |
| Temperatura (°C)         | 0-100           |
| Resolución<br>pH         | 0.01            |
| Potencial Eléctrico (mV) | 0.1             |
| Temperatura (°C)         | 0.1             |

**Procedimiento de medición:**

- Para tomar la medida del pH, remover el protector del electrodo y sumergir 4cm en la muestra.
- Encender el instrumento y presione Rango, si es necesario, hasta que la pantalla muestre el modo pH. Permita que el electrodo se ajuste a la solución y se estabilice.
- Asegurar que el instrumento esté calibrado para tomar medidas de pH más exactas,
- Se recomienda que el electrodo se mantenga siempre húmedo y enjuagado completamente con la muestra antes de ser usado.
- La lectura del pH es directamente afectada por la temperatura. Para medir con precisión el pH, debe tomarse en cuenta la temperatura. Si la temperatura de la muestra es muy diferente de la temperatura a la que ha sido almacenado el electrodo, deje que pasen unos minutos para que se alcance un perfecto equilibrio entre ellos.

**b) Conductímetro**

En el Cuadro N°3.3 se presentan las características del Conductímetro.



Figura N°3.2: Conductímetro HANNA HI 9635

Cuadro N°3.3: Características del Conductivímetro

| ITEM                                   | CARACTERÍSTICAS                 |
|--|---------------------------------|
| Modelo                                 | HI 9635                         |
| Marca                                  | HANNA                           |
| Rango ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )      | 0-1500                          |
| STD (ppm)                              | 0-1500                          |
| Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )     | 0-60 $^{\circ}\text{C}$         |
| Resolución ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 0.1                             |
| Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )     | 0.5                             |
| Calibración                            | Automática<br>en 1,2 o 3 puntos |
| Compensación por Temperatura           | Automática                      |
| Alimentación                           | 04 pilas 1.5V AA                |

**Procedimiento de medición:**

- Asegúrese que el medidor ha sido calibrado antes de efectuar cualquier medición.
- Para hacer una medición, colocar el electrodo en la solución a ser medida con los agujeros completamente sumergidos. Agite el electrodo para remover las burbujas de aire que pueden estar atrapadas dentro de la cobertura de PVC.
- Encender el instrumento.
- Presionar RANGO hasta seleccionar el modo de conductividad.
- Este equipo es un medidor de autorango y la lectura cambia automáticamente de un rango a otro.

c) **Turbidímetro**

En el Cuadro N°3.4 se presentan las características del Turbidímetro.



Figura N°3.3: Turbidímetro HACH 2100 P

Cuadro N°3.4: Características del Turbidímetro

| ITEM       | CARACTERÍSTICAS   |
|------------|---|
| Modelo     | 2100P   |
| Marca      | HACH  |
| Rango      | 0-1000 NTU en 3 escalas   |
| Resolución | 0.01 (0-10 NTU)<br>0.1 (0-100 NTU)<br>1 (0-1000 NTU)              |
| Precisión  | +2% de la lectura (0-500 NTU)<br>+3% de la lectura (500-1000 NTU) |

**Procedimiento de medición:**

- Colectar una muestra representativa en el contenedor de la muestra. Llenar la muestra hasta la línea teniendo cuidado de manipular el tope de la celda. Cerrar la celda.  
Humedecer la celda con una tela suave para remover las gotas de agua y huellas digitales.
- Aplicar una delgada capa de aceite de silicón. Humedecer con una tela suave para obtener una película uniforme sobre la superficie total.
- Encender el instrumento y colocarlo sobre una superficie plana.

- Insertar la celda de la muestra en el compartimiento del instrumento de modo que la orientación del diamante esté alineada con la marca de la parte frontal del compartimiento de la celda.
- Seleccionar el rango manual o automático presionando la tecla Range.
- Presionar READ. Registrar la turbidez después que el símbolo de la lámpara desaparezca.

#### d) Oxímetro

En el Cuadro N°3.5 se muestran las características del oxímetro.



Figura N°3.4: Oxímetro WTW - OXI 330

Cuadro N°3.5: Características del Oxímetro

| ITEM                            | CARACTERÍSTICAS     |
|---------------------------------|---------------------|
| Modelo                          | OXI-330/SET         |
| Marca                           | WTW - Alemania      |
| Rango                           | 0-19.9 mg/lt        |
| Concentración                   |                     |
| Saturación                      | 0-90 mg/lt          |
| Resolución                      | + - 5% del valor    |
| Concentración                   |                     |
| Saturación                      | + - 5% del valor    |
| Calibración                     | Automática          |
| Compensación por Temp. Y Altura | Si                  |
| Alimentación                    | 4 baterías de 1.5 V |



**A. Lista de Verificaciones del Equipo e Insumos**

Item

1. Caja portátil con incubador
2. Placas petri de aluminio con portador
3. Caja para almacenar tomacorriente y repuestos
- 3a. Batería de 12 voltios
- 3b. Cargador para alimentación de 220 voltios o 110 voltios
4. Comparador de pH y cloro residual
5. Tubos para turbiedad x 2
6. Medidor de conductividad y
7. Electrodo de conductividad
8. Electrodo de temperatura
9. Frasco de muestreo y cable de acero inoxidable
10. Frasco de vacío de acero inoxidable
11. Embudo filtrante de acero inoxidable y anillo de cierre
12. Base de montaje de aluminio para el embudo filtrante
13. Anillos 'O'
14. Disco soporte de bronce
15. Pinzas de acero inoxidable
16. Bomba de succión
17. Encendedor de gas Insumos
18. Filtros de membrana
19. Almohadillas y dispensador
20. Medio de cultivo en botella de polipropileno
21. Metanol en dispensador de metal
22. Reactivos DPD y DPD 3
23. Reactivo rojo de fenol rojo/pH
24. Servilletas descartables o papel higiénico.
25. Hojas de informe diario.

Los ítems 13 y 14 se pierden con facilidad, por lo que siempre deben llevarse repuestos

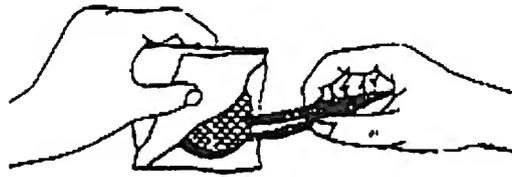
Todos los componentes e insumos necesarios para la ejecución de las pruebas críticas en el campo se encuentran en un maletín de polipropileno. Los componentes principales del equipo son los siguientes:

1. La base del maletín contiene el incubador para las pruebas de coliformes fecales, el cual está localizado en el centro de la base y cuenta con espacio para incubación de 16 placas de aluminio
2. En el lado izquierdo de la base está la batería de tipo sellado.
3. El lado derecho de la base tiene una caja de repuestos que incluye tomacorrientes para operar en situación de emergencia el incubador desde cualquier batería de 12 voltios. Esta misma caja es la base para el equipo de filtración y vaso de muestreo.
4. La tapa del maletín contiene el equipo para hacer análisis de turbiedad. También tiene un comparador para cloro residual y pH y espacio para los insumos incluyendo filtros de membrana.
5. No se requieren frascos de muestreo de vidrio porque es posible esterilizar el frasco de muestreo de acero inoxidable y el equipo de filtración, ya sea inmediatamente antes o después del muestreo, aplicando para ello el siguiente procedimiento:
  - a) Secar cuidadosamente el frasco de muestreo y el dispositivo de filtración con una toalla limpia o servilletas descartables.
  - b) Usando el collarín, asegurar el dispositivo de filtración en la primera posición (suelta) del soporte del filtro.
  - c) Verter 0.5 ml (aprox.) de metanol en el frasco de muestreo y distribuirlo en su base.
  - d) Encender cuidadosamente el metanol mediante el uso de fósforo o un encendedor. Mantener el frasco alejado de la cara.
  - e) Permitir que el metanol arda por unos pocos segundos, y cuando esté aún encendido, tapar cuidadosamente el frasco con el dispositivo de filtración en posición invertida.
  - f) El metanol arde en ausencia parcial de oxígeno formando vapor de formaldehído que se dispersa por todo el dispositivo y completa el proceso de esterilización.

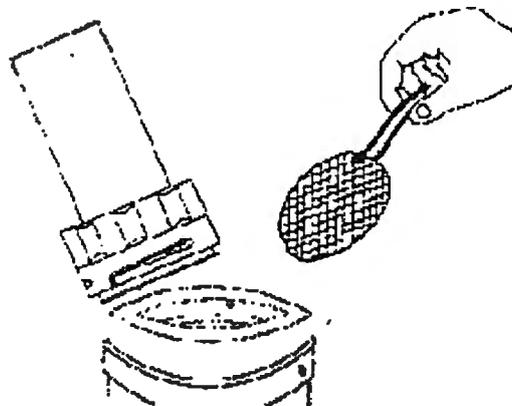
- g) Debe permitirse un periodo de contacto mínimo de 5 minutos antes de reutilizar el frasco de muestreo y el dispositivo de filtración. Lo más conveniente es esterilizar inmediatamente después de cada secuencia de análisis y mantener el equipo esterilizado durante el periodo de transporte hasta el siguiente punto de muestreo.

## **B. Procesamiento de Muestras para el Análisis de Coliformes Fecales en el Campo**

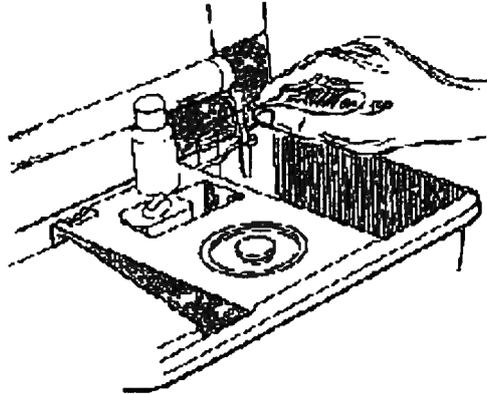
- a. Remover el vaso estéril de muestreo del dispositivo de filtración. Colocar el dispositivo de filtración mirando hacia arriba en el frasco de vacío y situarlo convenientemente en la base del equipo.
- b. Dejar fluir durante un minuto el agua que desea analizar y luego tomar la muestra de agua con el vaso estéril. Tener cuidado de no introducir materiales extraños.
- c. Aflojar el tubo de filtración de su base, pero no lo saque de ahí. Usando los fórceps de base plana (flameados con el encendedor de gas), remover cuidadosamente un filtro de membrana de su empaque estéril.



- d. Sujetar la membrana sólo del borde, colóquela sobre la base de soporte de bronce con el reticulado mirando hacia arriba. Sólo será necesario remover el tubo de filtración momentáneamente para esto. Tenga cuidado de no romper la membrana. Si ésta rozara algo fuera del fórceps o la base de filtración, o se maltratara de alguna forma, descártela y empiece nuevamente.



e. Colocar el fórceps en el lugar dispuesto para esto en el equipo. Cerciórase que su punta estéril no entre en contacto con objeto alguno. Asegurar la membrana en su lugar mediante el tubo de filtración y el collarín blanco enroscable.



f. Echar la muestra hasta la marca seleccionada dentro del tubo de filtración (100 ó 50 ml).

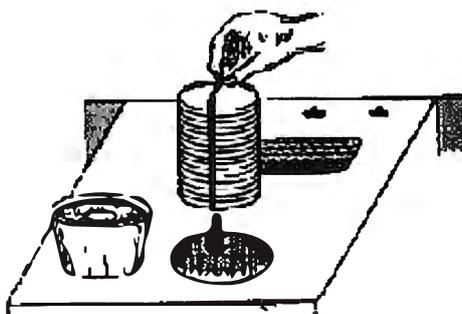
g. Insertar el conector de plástico del bombín de vacío en el agujero de la base del filtro y crear una succión de tal manera que la muestra pase rápidamente a través de la membrana. A continuación, remover el bombín de vacío.

h. Desenroscar el collarín blanco y remover el tubo de filtración. Levantar el filtro de membrana de la base de filtración sujetando su borde con la punta esterilizada de los fórceps.

i. Evitando rozar la membrana con cualquier objeto, colocarla con el reticulado hacia arriba, sobre una almohadilla saturada en medio de cultivo dentro de una placa petri reusable de aluminio.

j. Tener cuidado de no dejar burbujas de aire entre la membrana y la almohadilla con medio de cultivo. Colocar la tapa de la placa petri y escribir en ella el código de la muestra y el volumen filtrado. Utilizar para esto un lápiz o plumón resistente al agua.

k. Colocar la placa petri con la tapa hacia arriba en el fondo del sujetador de placas. Introducir el conjunto nuevamente en el bloque de incubación. Tapar la incubadora. Las siguientes muestras se colocarán sobre esta primera en orden ascendente



I. Una vez tomada la última muestra del día, esperar un mínimo de 60 minutos (tiempo de resucitamiento) y luego encender la incubadora. Tratar de planificar el trabajo del día en una forma tal que la última muestra no diste de la primera más de cinco horas. Esto restringe el tiempo máximo de resucitamiento a seis horas más una hora (aproximadamente) de tiempo de calentamiento de la incubadora. El resucitamiento es particularmente importante para aguas cloradas o aguas de mar donde los coliformes fecales pueden estar maltratados fisiológicamente o "estresados". Para muestras en este tipo demorar tres horas el encendido de la incubadora.

Incubar las muestras a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  durante 12-16 horas. Para preservar la carga de la batería tratar de mantener el periodo de incubación a un mínimo, p.ej. 6.00 p.m. a 8.00 a.m. APAGUE EL INCUBADOR AL FINAL DEL CICLO DE INCUBACION.

### 3.4.1.3 Colección y Revisión del Equipo de Muestreo de Campo

La obtención de muestras representativas de agua superficial comúnmente requiere muchas provisiones y equipo. Asegúrese de estar preparado, especialmente si el lugar de muestreo queda alejado, lo cual hace difícil reabastecerse de provisiones o recoger artículos olvidados.

Recoger, revisar y calibrar su equipo dentro de 24 horas antes del muestreo. Además, recalibrar los medidores de pH y oxígeno disuelto en el campo antes de usar. La lista de provisiones (Formato N°3.2) es una guía útil.

#### Calibración de Equipo de Campo

El equipo de campo usado para medir los parámetros físicos tiene que ser calibrado antes de que se puedan tomar las muestras de calidad del agua. Lea siempre las indicaciones del fabricante que describen la operación y calibración de los equipos. Llevar consigo copias de

los manuales. Documentar los resultados de la calibración de acuerdo a estos procedimientos y anotar los resultados en la libreta de campo.

Se debe tener particular cuidado con el Oxímetro debido a que es muy sensible, por lo que se considera necesario regenerar las celdas previamente a cada salida de campo. Se recomienda llevar consigo un kit de medición de oxígeno disuelto por titulación, como alternativa a las posibles fallas que pueda presentar el equipo debido a su transporte.

#### **3.4.1.4 Entrenamiento del personal**

El muestreo se realizará por personal de la Dirección General de Aguas, el que estará familiarizado con el empleo de los equipos portátiles de campo a fin de realizar las mediciones que deban hacerse en el momento del muestreo (pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez).

Como apoyo, se contará con personal técnico del laboratorio donde se ejecutarán los análisis, que además se encargará de realizar los análisis bacteriológicos empleando los equipos portátiles adecuados (ej. Del Agua).

Esto permitirá asegurar que las muestras sean tomadas en los lugares seleccionados, lo cual es difícil verificar si estas son tomadas por los Administradores Técnicos de los Distritos de Riego, absorbidos por diversas funciones.

#### **3.4.1.5 Cumplimiento de las Guías de Salud y Seguridad**

Debido a que la colecta de muestras se realizará en sitios contaminados o en lugares remotos, lejos de atención médica inmediata, es importante lo siguiente:

1. Nunca salir sólo al campo
2. Determinar la ubicación del centro médico más cercano
3. Notificar a otros de su itinerario y ubicaciones
4. Lleve identificación. Además, si es posible, lleve consigo un teléfono
5. Siempre use guantes especiales cuando maneje preservantes (ej. ácidos)

### **3.5 Procedimientos de Muestreo en Campo**

La colecta de muestras no sólo involucra el proceso de adquirir físicamente la mejor muestra posible para el análisis posterior, sino también el caracterizar el ambiente en el cuál fue tomada la muestra. El

objetivo de la colecta de muestra y las medidas de campo es representar con exactitud el agua en ese tiempo.

Las secciones siguientes se refieren a la ejecución del muestreo de agua superficial, y a la preservación de las muestras de la calidad del agua.

### **3.5.1 Formato de Custodia**

Debido a que una muestra es evidencia física, se usan los formatos de custodia para mantener y documentar la posesión de la muestra desde la hora en que se colecta la muestra hasta que llega al laboratorio.

De preferencia, el formato de custodia será proporcionado por el laboratorio y llenado al momento de enviar las muestras para su análisis, y se envolverá en plástico y se sujetará con cinta engomada en la contratapa del conservador para evitar se deteriore a causa del descongelamiento del hielo.

### **3.5.2 Colecta de Muestras de Agua Superficial**

Para coleccionar muestras representativas de ríos, se debe tener en cuenta lo siguiente:

Seleccionar una localización de muestreo en o cerca de una estación de aforo para que se pueda relacionar la descarga del río con la muestra de la calidad del agua.

Ubicar un tramo derecho y uniforme para muestrear

A menos que se especifique en el plan de muestreo, evitar localizaciones de muestreo al lado de confluencias o fuentes puntuales de contaminación

Usar puentes o botes para ríos y lagos profundos donde el andar en el agua es peligroso o no práctico

No coleccionar muestras a lo largo de las orillas puesto que ellas pueden no ser representativas de todo el cuerpo de agua

### **3.5.3 Muestreo y preservación de contaminantes comunes**

Generalmente el laboratorio proporciona los envases limpios de muestreo, preservadores y hieleras.

Cuando se reciban los envases y preservantes del laboratorio, asegurarse que ninguno se ha derramado. Recuerde que muchos preservantes pueden lastimar los ojos y la piel, por lo que

deben ser manejados con cuidado. Etiquetar los envases con el tipo de preservantes químicos agregados, de acuerdo al tipo de análisis a realizarse, esto es necesario porque hay que tener cuidado en no sobrellenarlas al momento de tomar las muestras en el campo.

La USEPA SW-846, ADEQ QAPP (1991) "El Manual de los Procedimientos del Muestreo del Campo" de Garrett (1988) incluye los procedimientos detallados de colecta. Aquí se incluyen descripciones cortas de como colectar y manejar los tipos de muestra más comunes según las metodologías de la EPA Contract Lab Program para las muestras acuosas.

**a) Metales Totales (excepto Mercurio)**

Use el procedimiento siguiente para todos los metales excepto el mercurio:

1. Llenar una botella de plástico o vidrio de 1litro con etiqueta evitando aereación (la cantidad mínima de muestra es de 100 ml).
2. Agregar ácido nítrico (1 ml/l de muestra), hasta  $\text{pH} < 2$ .
3. Tapar con una tapa de plástico con rosca.
4. Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, como sea necesario.
5. Almacenar los frascos en un conservador lleno con hielo con un termómetro de mínimo/máximo a  $4^{\circ} \text{C}$ .
6. Analizar antes de 6 meses.

**b) Mercurio**

Usar el mismo procedimiento que se usa para los metales, excepto que el preservante agregado será  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y el tiempo de vigencia de las muestras es 28 días en vez de 6 meses.

**c) Cianuro**

1. Llenar una botella etiquetada de plástico de 1 litro evitando aeración. La etiqueta debe decir "Análisis de CN, Preservado con NaOH".
2. Descartar el primer centímetro de la muestra.
3. Agregar lentejas de hidróxido de sodio, hasta que el  $\text{pH} = 12$  (consulte con el laboratorio para determinar la cantidad correcta).
4. Tapar con una tapa de plástico con rosca.
5. Mezclar suavemente por dos minutos.

6. Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, si es necesario.
7. Almacenar los frascos en un conservador lleno de hielo y termómetro de mínimo/máximo a 4°C, en oscuridad. Analizar antes de 14 días, y antes de 24 horas si existe presencia de sulfuros.

**d) Coliformes totales (NMP)**

1. Llenar una botella de vidrio esterilizada dejando un espacio para aireación.
2. Tapar con una tapa de plástico con rosca.
3. Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, como sea necesario.
4. Almacenar los frascos en un conservador lleno con hielo con un termómetro de mínimo/máximo a 4° C.
5. Analizar antes de 6 horas, y como máximo antes de 24 horas.

**e) DBO**

1. Llenar una botella de vidrio con tapa esmerilada y tapar evitando la formación de burbujas.
2. Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, como sea necesario.
3. Almacenar los frascos en un conservador lleno con hielo con un termómetro de mínimo/máximo a 4° C.
4. Lo ideal es analizarlo antes de 6 horas, y como máximo antes de 24 horas.

**f) Nitratos**

1. Llenar una botella de plástico o vidrio dejando un espacio para aireación.
2. Tapar con una tapa de plástico con rosca.
3. Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, como sea necesario.
4. Preservar con ácido sulfúrico (1ml/l de muestra).
5. Almacenar los frascos en un conservador lleno con hielo con un termómetro de mínimo/máximo a 4° C.
6. Analizar antes de 28 días.

**g) Análisis Químicos Básicos (Alcalinidad, Acidez, Sólidos, Cloruros, etc.)**

1. Llenar una botella de plástico evitando aereación.
2. Tapar con una tapa de plástico con rosca.
3. Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, como sea necesario.
4. Almacenar los frascos en un conservador lleno con hielo con un termómetro de mínimo/máximo a 4° C.
5. Analizar tan pronto como sea posible.

**3.5.4 Transporte de las Muestras**

Los conservadores usados para el transporte de las muestras tienen que ser bastante grandes para almacenar envases, materiales de empaque y hielo. Solicite conservadores extra si es necesario. Nunca almacene los conservadores y envases cerca de solventes, combustible u otras fuentes de contaminación o combustión. En tiempo caluroso, mantenga los conservadores y las muestras en la sombra.

**3.5.5 Empacado y Envío de Muestras**

Envolver y empacar las muestras asegurándose que los envases no se rompan en camino al laboratorio. Asegúrese de empacar los blancos en la misma manera de las demás muestras, para que el laboratorio no pueda identificar los blancos.

Notificar al laboratorio de la hora de la entrega y la manera del envío de las muestras (camión de carga, mensajero u otro), a fin que prevean la disponibilidad de personal, especialmente el necesario para el análisis microbiológico debido al corto tiempo de preservación.

**3.6 Procedimientos para Análisis en el Laboratorio**

Los métodos de análisis de laboratorio son los empleados por el laboratorio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), y corresponden a los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA/AWWA/WEF. 19 Ed. 1995.

### 3.6.1 Parámetros biológicos:

#### A. Coliformes Fecales (9221 E):

La determinación de coliformes termotolerantes en agua potable, se realiza a partir de las colonias positivas de coliformes totales en placas con medio m - endo, las cuales son transferidas en tubos conteniendo medio EC, durante 24 horas. La formación de gas en los tubos Durham se considera reacción positiva de coliformes termotolerantes.

### 3.6.2 Parámetros no biológicos

#### A. Factores Químicos Orgánicos:

##### a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (5210 B)

El método consiste en preparar una dilución adecuada de la muestra, con la cual se llena hasta rebosar un frasco de DBO del tamaño especificado. Este se tapa herméticamente y se lo incuba a 20°C durante 5 días. El Oxígeno disuelto (OD), el cual se determina con un oxímetro previamente calibrado, se mide antes y después de la incubación. La DBO se calcula en equivalencia de oxígeno consumido, mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y final.

#### B. Factores Químicos Inorgánicos

##### a) Cianuro ( 4500 CN· C )

Los cianuros presentes en una muestra se liberan como cianuro de hidrogeno (HCN) por medio de destilación de la muestra en un medio ácido. El gas cianuro de hidrógeno es arrastrado por un flujo de aire a una solución absorbente de hidróxido de sodio, la cual se convierte en ión cianuro (CN). Estos se titulan con nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>), con el cual forman un complejo de cianuro soluble (Ag.(CN)<sub>2</sub>). Como indicador se utiliza p - dimetilaminobenzalrodanina, el cual con un ligero exceso de iones de plata produce un cambio del color amarillo a salmón. La solución titulante de AgNO<sub>3</sub> se estandariza con la solución patrón de cloruro de sodio (NaCl) por el método argentométrico.

**b) Cloruro ( 5400 Cl · C)**

La cantidad de cloruro presente en una muestra se determina por titulación de la muestra acidificada con una solución de nitrato de mercurio. Al añadir el titulante, el mercurio y el cloruro se combinan para formar un complejo soluble de cloruro de mercurio, ligeramente disociado. Como indicador se utiliza difenilcarbazona – azul de bromofenol, el cual con un ligero exceso de iones de mercurio forma un complejo de color azul – violeta en el punto de equivalencia con un pH de 2,3 a 2,8.

**c) Dureza:****Dureza cálcica (3500 Ca D)**

El contenido de los iones de calcio presentes en una muestra se determina por la titulación con la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Al añadir el titulante de EDTA a una muestra de agua que contiene calcio y magnesio, el EDTA primero formará un complejo con el calcio. El magnesio se precipita como hidróxido al elevar el pH de la solución por encima de 12. Como indicador se utiliza la murexida, la cual solo se combina con el ión calcio y que produce el cambio de un color rosado a púrpura en el punto de equivalencia.

**Dureza total (2340 C)**

La dureza total debido a los iones de calcio y magnesio presentes en una muestra se determina por titulación por sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Como indicador se utiliza Negro de Eriocromo T, el cual da un color rojo vino en una solución que contiene iones de calcio y magnesio con un pH de 10,0 +- 0,1. Al añadir EDTA como solución titulante, los iones de calcio y magnesio forman un complejo con el EDTA. Una vez agotados todos los iones, la solución cambiará de color rojo vino al azul, lo que indica el punto final de la titulación.

**d) Nitratos (4500 NO<sub>3</sub> B)**

Se mide la absorbancia de nitrato a 220 nm en la muestra acidificada y previamente filtrada. Dado que la materia orgánica disuelta también puede absorber a 220 nm, se mide la absorbancia de la misma a 275 nm para poder corregir el valor de nitrato determinado. La absorbancia de nitrato corregida se compara con una curva de

calibración de patrones de nitrato, de la cual se deriva directamente la cantidad de nitrato presente en la muestra.

**e) Sulfatos (4500 SO<sub>4</sub> E)**

Este método compara la luz dispersada por la muestra con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de turbiedad, bajo condiciones idénticas. La calibración del turbidímetro se verifica con estándares secundarios de turbiedad (Gelex). En caso necesario, se vuelve a calibrar el equipo mediante estándares primarios de formazina.

**f) Indicadores minerales**

• **Alcalinidad, Bicarbonatos y Carbonatos (2320 B)**

El contenido de carbonato, bicarbonato, hidróxido y sales de ácido débiles se determina por titulación de la muestra con ácido sulfúrico diluido, estableciendo los puntos sucesivos de equivalencia. Para la alcalinidad de fenolftaleína se determina el primer punto de equivalencia con un pH 8,3 y para la alcalinidad total se determina el punto final de equivalencia con un pH 4,5. Se realiza la titulación usando indicadores de color o aplicando el procedimiento potenciométrico con un pH preseleccionado. La solución titulante de ácido sulfúrico se estandariza con una solución patrón de carbonato de sodio

• **Boro (4500 B C)**

Los iones de boro presentes en una muestra producen en un medio ácido el cambio del color rojo brillante de una solución de ácido carmínico a un rojo azulado o azul, dependiendo de la concentración de boro. En un espectrofotómetro se mide la absorbancia del color producido a 585 nm, la cual se compara con una curva de calibración de patrones de boro. De esta curva se deriva la cantidad de boro presente en la muestra.

- Elementos
  - **Arsénico (3500 As C)**

El arsénico inorgánico se reduce a arsina  $\text{AsH}_3$  utilizando zinc en solución ácida como reductor. La arsina es absorbida por una solución de dietilditiocarbomato de plata en piridina. La sal de plata reacciona con la arsina y se produce un complejo rojo con la absorción máxima a 540 nm.

- **Cadmio (3500 Cd B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco del elemento a determinar, se dirige a través de la llama de un monocromador y a un detector que mide la cantidad de la luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. Cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentración limitado.

- **Calcio (3500 Ca B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco de calcio, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. La longitud de onda de absorción característica del calcio es de 422,7 nm, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentración limitado

- **Cobre (3500 Cu B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco del elemento a determinar, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. Cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción características, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de las concentraciones limitado.

- **Cromo (3500 Cr B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco del elemento a determinar, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. Cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo limitado de concentraciones.

- **Magnesio (3500 Mg B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco de magnesio, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres, al estado fundamental en la llama. La longitud de onda de absorción característica del magnesio es de 285,2 nm, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda

característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentración limitado.

○ **Mercurio (3112 B)**

El ión mercurio en la solución es reducido a mercurio elemental por exceso de cloruro estannoso y arrastrado desde la solución por aireación hasta una celda de absorción donde la concentración de mercurio en la fase vapor es examinada en la línea de mercurio (absorbancia igual a 253,7 nm ). La corriente de mercurio es absorbida en un frasco que contiene permanganato de potasio, el cual lo vuelve a oxidar hasta  $Hg^{+2}$ .

○ **Níquel (3500 Ni B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco del elemento a determinar, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. Cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda características es proporcional a la concentración a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo limitado de concentraciones.

○ **Potasio (3500 K B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco de potasio, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. La longitud de onda de absorción característica del potasio es de 766,5 nm, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentración limitado.

- **Plomo (3500 Pb B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco del elemento a determinar, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. Cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo limitado de concentraciones.

- **Sodio (3500 Na B)**

En espectrofotometría directa por absorción atómica, la muestra se aspira y atomiza en una llama. El haz de luz de una lámpara de cátodo hueco de sodio, se dirige a través de la llama a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos libres al estado fundamental en la llama. La longitud de onda de absorción característica del sodio es de 589,0 nm, lo que proporciona un método relativamente libre de interferencias o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentración limitado.

### **3.6.3 Obtención de Muestras de Control de Calidad**

Las muestras adicionales llamadas blancos de campo, blancos del viaje y muestras divididas, se emplean para verificar la calidad de descontaminación, colecta, y procedimientos de manejo, y para verificar que no se haya afectado la calidad de la muestra del agua.

Las muestras duplicadas se usan para verificar la precisión de la colecta de campo o el análisis de laboratorio. Colectar una muestra duplicada de una estación donde se cree que hay niveles altos de un compuesto particular.

### 3.6.4 Sistemas de Verificación de la Información

El control de calidad dentro de un laboratorio es el principal elemento del aseguramiento de la calidad para el sistema de información de calidad total.

En este caso, el término “control de calidad” se refiere a la aplicación rutinaria de procedimientos estadísticos basados en datos obtenidos en el laboratorio, que permiten evaluar la precisión de los resultados analíticos, a fin de establecer la calidad de las mediciones, identificar y controlar las fuentes de error en casos necesarios.

#### 3.6.4.1 Mantenimiento de Archivos

Con el propósito de compartir y administrar efectivamente la información de la calidad del agua en los distintos niveles de gobierno, es necesario seguir ciertas pautas que se muestran a continuación:

##### A. Identificación

- Fuentes de los Datos: El nombre de la organización a la cuál se pueden solicitar los siguientes datos:
  - Las coordenadas de latitud, longitud y altitud
  - La colecta de muestras, y
  - Los resultados de los análisis de laboratorio.

##### B. Ubicación

- Coordenadas geográficas (altitud, y latitud), en coordenadas UTM
- Precisión de las Medidas de Latitud, Longitud y Altitud
- Método usado para determinar las coordenadas

##### C. Información acerca de la Muestra

- Identificación de la Muestra: asignar a cada muestra de la calidad del agua un número único que indique la fecha, y la hora en que la muestra fue tomada.
- Parámetro de medición: Se refiere a una medida de un parámetro físico, químico o biológico.
- Concentración/Valor: El valor de los resultados analíticos, las unidades de medida usadas, y los métodos analíticos aplicados.

### 3.6.4.2 Mantenimiento de Notas de Campo

Se mantendrá un archivo separado para cada estación de muestreo, que contendrá lo siguiente:

Apuntes detallados que describan cómo se tomaron las muestras  
Qué medidas de campo se realizaron, los resultados de los análisis de laboratorio  
Los registros de la cadena de custodia  
Mapas, fotos y documentación.

Es necesario que estos registros sean tan legibles y completos como sea posible pues son de mucha importancia como documentos oficiales y legales.

#### **A. Muestreo de Ríos**

La colecta de muestras de ríos y arroyos involucra el transporte de todos los artículos necesarios para el punto de muestreo, y la colecta de apuntes de campo, e instalación de instrumentación, envases de muestreo. El primer paso es medir los parámetros de campo, luego medir el flujo del río.

#### **B. Parámetros de Campo**

Mida y anote los parámetros de temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto en una sección del flujo del río no perturbada. Se pueden medir otros parámetros, si se desea. (**Formato N°3.3**)

#### **C. Muestreo Simple Instantáneo**

El muestreo simple instantáneo se realiza cuando la mezcla uniforme del canal del río o arroyo hace el muestreo compuesto innecesario, cuando se desean muestras puntuales, cuando es posible la pérdida de gases de la muestra, o cuando el curso de agua no es demasiado profunda para usar el muestreo compuesto. Anote cualquier decisión de usar el muestreo simple instantáneo en el plan de muestreo.

Para ríos que tienen por lo menos 10 cm de profundidad, colecte muestras simples instantáneas en medio del canal usando un envase limpio y descontaminado de vidrio o plástico, y agregue los preservantes requeridos.

### **3.6.4.3 Procedimientos de Información y Reporte**

Se requiere la interpretación de los resultados respecto a los objetivos del sistema de información. Esto puede ser difícil por cuanto el reporte no es una actividad constante (como el muestreo o los análisis de laboratorio). Sin embargo, es importante que cuando se requiera un reporte, se disponga del tiempo necesario para realizarlo.

Esta interpretación será hecha considerando las limitaciones que presenta el agua respecto a los usos a que puede destinarse.

#### **A. Tipo, Formato y Frecuencia del Reporte**

El listado de la información debe restringirse a los anexos o reportes de datos separados; estos deben estar referenciados. Los reportes, en general, deben ser menos técnicos. Deben emplearse gráficos tanto como sea posible.

#### **B. Distribución de Reportes**

Los reportes que contengan los resultados de los monitoreos realizados se distribuirán a los Administradores Técnicos de los Distritos de Riego.

#### **C. Evaluación de la Información**

El uso identificado en el diseño original, debe ser documentado para asegurar que el sistema de información alcance plenamente sus objetivos.

Esto se conseguirá enviando una encuesta a los Administradores Técnicos, a fin de evaluar si la información proporcionada contribuye a mejorar la gestión de los recursos hídricos en sus respectivos ámbitos de influencia.

### 3.7 Metodología aplicada al río Santa

#### 3.7.1 Selección de los puntos de muestreo

En el caso del río Santa, se tomó como base los puntos de muestreo establecidos en el Diagnóstico de Calidad de Aguas (INRENA 1996), considerando las confluencias de los principales afluentes con los ríos principales de la cuenca, afinando esto con los requerimientos de los Administradores Técnicos, y la accesibilidad de los puntos.

La localización física de las estaciones de muestreo se hizo midiendo las coordenadas geográficas y haciendo diagramas en campo, corrigiéndose en gabinete con las Unidades Hidrográficas de Análisis y las Cartas Nacionales.

#### 3.7.2 Selección de los parámetros de análisis.

Fueron agrupados según lo siguiente:

**Ley General de Aguas** En el D.S. N°007-83-SA, se han clasificado los cursos de agua según sus usos en:

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| I   | : | Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección  |
| II  | : | Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración |
| 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 zona de pesca   |
| VI  | : | Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial  |

**Valores Guía de la OMS:** La legislación peruana cuenta con el “Reglamento de Requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las Aguas de Bebida para ser consideradas Potables” (Resolución Suprema del 17/12/46), donde se manifiesta que será considerada como Agua Potable a las aguas naturales, tratadas y de la red pública que reúnan los requisitos establecidos en dicho Reglamento. Sin embargo, en cuanto a las características físicas y químicas, se establecen valores solo para algunos elementos como Cobre, Hierro, Manganeso, Magnesio, Zinc, Cloruros, Sulfatos, Sólidos Totales.

Los Valores Guía de la Organización Mundial de la Salud, no son estándares formales o límites regulatorios y no deben tomarse como “concentraciones máximas permisibles”, puesto que fueron establecidos en base a un ser humano de “referencia” en un ambiente de exposición específico, y las poblaciones nacionales y las situaciones de exposición pueden ser diferentes, con la finalidad que las autoridades nacionales establezcan sus propios estándares considerando el riesgo a la salud así como otros factores como factibilidad técnica y económica, población y situaciones de exposición. Los Valores Guía representan las concentraciones de constituyente químicos que no ocasionarán riesgos para la salud de los consumidores durante un período dado.

**Concentraciones máximas recomendadas en Aguas de Riego (CMR):** los valores presentados resaltan la influencia de la calidad del agua en los cultivos a largo plazo, especialmente en lo que se refiere a trazas de metales, los cuales en cantidades pequeñas son esenciales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, cantidades pequeñas pueden ocasionar acumulaciones indeseables en los tejidos de las plantas y reducciones en su crecimiento. En la actualidad se reconoce que la mayoría de las trazas de los elementos metálicos, se fijan y acumulan en los suelos, y a pesar que las plantas absorben trazas de esos elementos, esta asimilación es tan pequeña que no puede esperarse que esta contribuya a reducir las concentraciones en los suelos en un tiempo razonable. Las concentraciones máximas recomendadas en Aguas de Riego, han sido adaptados de la Academia Nacional de Ciencias de U.S.A. (1972) y de Pratt (1972), y fueron presentados en “Calidad de Aguas para Agricultura” de la FAO (1989).

Los criterios antes mencionados se encuentran resumidos en el Cuadro N°3.6.

**Calidad agronómica del agua:** Depende principalmente de las sales, concentraciones de carbonato y bicarbonato, según lo cual se clasifica el agua como apta, condicionada y no recomendable, considerando su contenido de sales solubles, el efecto del sodio sobre el suelo y la estimación de elementos tóxicos como Boro y Cloruros. (Cuadros N°3.7 y 3.8)

**CUADRO Nº 3.6 : CONCENTRACIONES ESTABLECIDAS EN LA LEY DE AGUAS, OMS Y FAO**

|            | Unidades  | Agua de bebida      |       | Agua de riego   |           |
|------------|-----------|---------------------|-------|-----------------|-----------|
|            |           | Clases I y II (LGA) | OMS   | Clase III (LGA) | CMR (FAO) |
| Coliformes | NMP/100ml | 0,4000              | 0     | 1000            | --        |
| Arsénico   | ppm       | 0,10                | 0.01  | 0,20            | 0,10      |
| Boro       | ppm       | --                  | 0.3   | --              |           |
| Cadmio     | ppm       | 0,01                | 0.003 | 0,05            | 0,01      |
| Cianuro    | ppm       | 0.2                 | 0.07  | 0.005           | --        |
| Cobre      | ppm       | 1                   | 2*    | 0,50            | 0,2       |
| Cromo      | ppm       | 0,05                | 0.05* | 1,00            | 0,1       |
| Hierro     | ppm       | 0,30                | --    | 1,00            | 5         |
| Manganeso  | ppm       | 0,10                | 0.5   | 0,50            | 0,2       |
| Mercurio   | ppm       | 0,002               | 0.001 | 0,01            |           |
| Níquel     | ppm       | 0,002               | 0.02  | 0,002           | 0,2       |
| Plomo      | ppm       | 0,05                | 0.01  | 0,10            | 5         |

## CUADRO N° 3.7

## PELIGRO DE SALES

| DESCRIPCIÓN |                              | VALORES           | RECOMENDACIONES   |
|-------------|------------------------------|-------------------|---|
| C1          | Salinidad baja               | 0.00 – 0.25 mmhos | Buenas para riego de diferentes cultivos. Sólo existe peligro de salinización de suelos muy impermeables de difícil drenaje interno       |
| C2          | Salinidad moderada           | 0.25- 0.75 mmhos  | De calidad buena para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal.<br>Peligro para plantas muy sensibles y suelos impermeables |
| C3          | Salinidad entre media y alta | 0.75-2.25 mmhos   | El suelo debe tener buena permeabilidad.<br>El cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal.  |
| C4          | Salinidad alta               | 2.25-4.00 mmhos   | Sólo para plantas tolerantes y suelos permeables donde puede ser necesario realizar lavados especiales para remover las sales.            |
| C5          | Salinidad muy alta           | 4.00-6.00 mmhos   | Sólo para plantas muy tolerantes, suelos muy permeables y donde se puedan aplicar lavados frecuentes para remover el exceso de sales.     |
| C6          | Salinidad excesiva           | Más de 6 mmhos    | Deben tomarse precauciones para su uso (pueden usarse en suelos muy permeables y/o mezclado con agua de buena calidad).                   |

**CUADRO Nº 3.8 : CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD AGRONÓMICA DEL AGUA**

| PARÁMETROS  | ABREVIATURAS | DESCRIPCIÓN   | BUENA  | REGULAR     | NO RECOMENDABLE |
|---|--------------|---|--------|-------------|-----------------|
| <b>CONTENIDO DE SALES SOLUBLES</b>  |              |   |        |             |                 |
| Salinidad efectiva  | SE           | Estima peligro de sales solubles cuando pasan a formar la solución del suelo.   | < 3,0  | 3,0 – 15,0  | > 15,0          |
| Salinidad Potencial (meq/l)   | SP           | Estima peligro de cloruros y sulfatos cuando quedan en solución a bajos niveles de humedad.   | < 3    | 3 - 5       | > 15            |
| <b>EFEECTO PROBABLE DEL SODIO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b> |              |   |        |             |                 |
| Carbonato de Sodio Residual (meq/l)   | CSR          | Estima la posibilidad de defloculación del suelo a causa del desplazamiento del calcio y magnesio por el sodio en el complejo de intercambio del suelo. | < 1,25 | 1,25 – 2,50 | > 2,50          |
| <b>CONTENIDO DE ELEMENTOS TÓXICOS PARA LAS PLANTAS</b>                        |              |   |        |             |                 |
| Boro (meq/l)  | B            | Esencial para el crecimiento de las plantas pero tóxico en concentraciones ligeramente mayores al óptimo.   | > 0,3  | 0,3 – 4,00  | > 4,00          |
| Cloruros (meq/l)  | Cl           | Especialmente tóxicos para árboles frutales, sobre todo cítricos  | <1,0   | 1,0 – 5,00  | > 5,00          |

Manual de "Calidad de Agua y Suelo en la Agricultura". 1984

### 3.7.3 Muestreos y Análisis

El muestreo fue realizado por personal de la Dirección General de Aguas y Suelos, con la participación de personal del laboratorio de ensayo y el apoyo logístico de las Administraciones Técnicas de los Distritos de Riego de Huaraz y Santa – Lacramarca, realizándose análisis en campo con los siguientes equipos de campo:

- Turbidímetro (HACH 2100 P)
- Oxímetro (WTW, OXI-330 SET)
- Potenciómetro (HANNA, HI 9023C)
- Conductivímetro (HANNA, HI 9635)

Los análisis de laboratorio se realizaron en las siguientes entidades:

Cuadro N° 3.9 : Laboratorios donde se realizaron los análisis

| <b>Año</b> | <b>Tipo de Análisis</b>   | <b>Laboratorio de Análisis</b> |
|------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1999       | Fisicoquímicos, Riego     | CEPIS, Fac.Agrícola UNALM      |
| 2000       | Fisicoquímicos y de Riego | CEPIS                          |
| 2001       | Fisicoquímicos y de Riego | SGS DEL PERU S.A.C.            |

Todos los laboratorios (a excepción de la UNALM), proporcionaron los envases limpios, preservantes y hieleras. Se etiquetaron los envases según el análisis a realizar. Las muestras se enviaron con su cadena de custodia.

**CUADRO Nº 3.9 MÉTODOS ANALÍTICOS EMPLEADOS**

| PARÁMETRO                            | CEPIS     |                              | SGS       |                              | INASSA     |                              |
|--------------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|------------|------------------------------|
|                                      | L.D.      | MÉTODO                       | L.D.      | MÉTODO                       | L.D.       | MÉTODO                       |
| <b>PARÁMETROS BIOLÓGICOS</b>         |           |                              |           |                              |            |                              |
| <b>Microbiológicos</b>               |           |                              |           |                              |            |                              |
| Coliformes fecales                   | ---       | <b>9221 E</b>                | ---       | <b>9221E</b>                 | --         | <b>9221E</b>                 |
| <b>PARÁMETROS NO BIOLÓGICOS</b>      |           |                              |           |                              |            |                              |
| <b>FACTORES QUÍMICOS ORGÁNICOS</b>   |           |                              |           |                              |            |                              |
| DBO                                  | 1 ppm     | <b>5210 B</b>                | 1,0 ppm   | <b>5210-B</b>                | 1,0 ppm    | 405.1                        |
| <b>FACTORES QUÍMICOS INORGÁNICOS</b> |           |                              |           |                              |            |                              |
| Cloruro                              | 1,0 ppm   | <b>5400 Cl -C</b>            | 1,0 ppm   | <b>4500 Cl-C</b>             | 1,0 ppm    | 325.3                        |
| Dureza cálcica                       | 1 ppm     | <b>3500 Ca D</b>             | 1,0 ppm   | <b>3500 Ca D</b>             | 1,0 ppm    | 215.2                        |
| Dureza total                         | 1 ppm     | <b>2340 C</b>                | 1,0 ppm   | <b>2340-C</b>                | 1,0 ppm    | 130.2                        |
| Fósforo Total                        | 0,05 ppm  | <b>4500 P E</b>              | 0,1 ppm   | <b>4500 P E</b>              | 0,01 ppm   | 365.3                        |
| Nitratos                             | 0,01 ppm  | <b>4500 NO<sub>3</sub> B</b> | 0,1 ppm   | <b>4500 NO<sub>3</sub> B</b> | 0,1 ppm    | 352.1                        |
| Sulfato                              | 1 ppm     | <b>4500 SO<sub>4</sub> E</b> | 1,0 ppm   | <b>4500 SO<sub>4</sub> D</b> | 0,5 ppm    | 375.4                        |
| <b>Indicadores Minerales</b>         |           |                              |           |                              |            |                              |
| Alcalinidad Total                    | 1,0 ppm   | <b>2320 B</b>                | 1,0 ppm   | <b>2320 B</b>                | 1,0 ppm    | <b>2320 B</b>                |
| Bicarbonato                          | 1,0 ppm   | <b>2320 B</b>                | 1,0 ppm   | <b>2320 B</b>                | 1,0 ppm    | <b>4500 CO<sub>2</sub> D</b> |
| Carbonato                            | 1,0 ppm   | <b>2320 B</b>                | 1,0 ppm   | <b>2320 B</b>                | 2,0 ppm    | <b>4500 CO<sub>2</sub> D</b> |
| <b>Elementos</b>                     |           |                              |           |                              |            |                              |
| Arsénico                             | 0,005 ppm | <b>3500 As C</b>             | 0,005 ppm | <b>3114 C</b>                | 0,002 ppm  | 200.7                        |
| Boro                                 | 0,10 ppm  | <b>4500 B C</b>              | 0,2 ppm   | <b>4500 B-B</b>              | 0,03 ppm   | 200.7                        |
| Cadmio                               | 0,005 ppm | <b>3500 Cd B</b>             | 0,005 ppm | 7130                         | 0,006 ppm  | 200.7                        |
| Calcio                               | 0,01 ppm  | <b>3500 Ca B</b>             | 0,05 ppm  | 7140                         | 0,006 ppm  | 200.7                        |
| Cobre                                | 0,001 ppm | <b>3500 Cu B</b>             | 0,03 ppm  | 7210                         | 0,02 ppm   | 200.7                        |
| Cromo                                | 0,01 ppm  | <b>3500 Cr B</b>             | 0,02 ppm  | 7190                         | 0,004 ppm  | 200.7                        |
| Hierro                               | 0,03 ppm  | <b>3500 Fe B</b>             | 0,03 ppm  | 7380                         | 0,005 ppm  | 200.7                        |
| Magnesio                             | 0,03 ppm  | <b>3500 Mg B</b>             | 0,05 ppm  | 7450                         | 0,002 ppm  | 200.7                        |
| Manganeso                            | 0,005 ppm | <b>3500 Mn B</b>             | 0,02 ppm  | 7460                         | 0,002 ppm  | 200.7                        |
| Mercurio                             | 0,01 ppm  | <b>3112 B</b>                | 0,001 ppm | <b>3500 Hg B</b>             | 0,0004 ppm | 200.7                        |
| Níquel                               | 0,02 ppm  | <b>3500 Ni B</b>             | 0,03 ppm  | 200.7                        | 0,01 ppm   | 200.7                        |
| Plomo                                | 0,005 ppm | <b>3500 Pb B</b>             | 0,03 ppm  | 7420                         | 0,03 ppm   | 200.7                        |
| Potasio                              | 0,08 ppm  | <b>3500 K B</b>              | 0,03 ppm  | 7610                         | 0,2 ppm    | 200.7                        |
| Sodio                                | 0,03 ppm  | <b>3500 Na B</b>             | 0,03 ppm  | 7770                         | 0,04 ppm   | 200.7                        |

Nota:

En negrita: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA/AWWA/WEF. 19 Ed. 1995

Normal : EPA

### 3.7.4 Frecuencia y Puntos de Muestreo

La frecuencia de muestreos en el río Santa realizados en el periodo 1999 – 2001 se presentan en Cuadro N°3.11, y sus coordenadas en el Cuadro N°3.12.

Cuadro N°3.10: Fechas de los muestreos realizados

| Puntos de muestreo | Fechas de muestreo |        |        |        |        |
|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
|                    | 1999               | 2000   |        | 2001   |        |
| Conococha          | 25 Oct             | 01 Jun | 25 Oct | 02 Oct | 30 Nov |
| Ticapampa          | 25 Oct             | 01 Jun | 25 Oct | 02 Oct | 30 Nov |
| Huaraz             | 25 Oct             | 02 Jun | 25 Oct | 02 Oct | 30 Nov |
| Monterrey          | 26 Oct             | 02 Jun | 25 Oct | 03 Oct | 01 Dic |
| Florida            | 26 Oct             | 02 Jun | 25 Oct | 03 Oct | 01 Dic |
| Balsas             | 26 Oct             | 02 Jun | 26 Oct | 03 Oct | 01 Dic |
| El Chorro          | 26 Oct             | 02 Jun | 26 Oct | 03 Oct | 01 Dic |
| Tablachaca         | 27 Oct             | 03 Jun | 24 Oct | 04 Oct | 02 Dic |
| Condorcerro        | 27 Oct             | 03 Jun | 24 Oct | 04 Oct | 02 Dic |
| Santa              | 27 Oct             | 03 Jun | 24 Oct | 04 Oct | 03 Dic |

Cuadro N° 3.11 : Coordenadas de los puntos de muestreo

| Lugar             | Ubicación Geográfica<br>(Coordenadas UTM) |           |                   |
|-------------------|---|-----------|-------------------|
|                   | Longitud                                  | Latitud   | Altitud<br>(msnm) |
| Conococha         | 249 785                                   | 8 880 540 | 4 062             |
| Ticapampa         | 232 372                                   | 8 918 534 | 3 525             |
| Huaraz            | 221 608                                   | 8 945 862 | 3 065             |
| Monterrey         | 221 160                                   | 8 952 350 | 2 952             |
| Florida           | 214 063                                   | 8 967 439 | 2 743             |
| Balsas            | 189 001                                   | 9 017 481 | 1 900             |
| El Chorro         | 172 481                                   | 9 038 543 | 988               |
| Tablachaca        | 803 957                                   | 9 042 312 | 514               |
| Condorcerro       | 801 908                                   | 9 041 904 | 513               |
| Pte. Panamericana | 761 480                                   | 9 007 950 | 37                |

A continuación se describe cada uno de los puntos de muestreo.

### **Laguna Conococha**

La Laguna Conococha se encuentra ubicada en la Provincia de Huaraz y el acceso es por la carretera Panamericana Norte hasta Pativilca, para luego tomar el desvío que se dirige hacia la ciudad de Huaraz, pasando por los poblados de Tunan, Naranjal, Huariconga, Sauce Grande, Túpac Amaru, Shaura, Anta, Malvado, Chasquitambo, Shihuay, Mornillos, Chamana, Chaucayán, Marca, Colina San Cristóbal, Colca, Cajacay, Mayorarca y Conococha. Pasando Conococha existe un cruce que desvía hacia la derecha en carretera asfaltada y nos lleva hasta la Laguna Conococha. El punto de muestreo se encuentra a 50 m de la descarga de la Laguna al río Santa. Se observan campos de pastizales, presencia de ganado ovino que es llevado a pastar y aves.

Figura N°3.6: Vista de la laguna Conococha



### **Ticapampa**

Por la misma ruta a la ciudad de Huaraz y pasando por los Centros Poblados de Pachocoto y Catac, se llega a Cayac, donde se encuentra ubicado el punto de muestreo a la altura de un puente vehicular, en la margen izquierda del río Santa, siendo de fácil acceso por su cercanía a la carretera. En la margen derecha del río se observa presencia de cultivos y árboles. Asimismo es necesario mencionar en la margen izquierda del río se ubica un relave minero.

Figura N°3.7: Toma de muestra en Ticapampa



### Puente Calicanto

Este punto se encuentra ubicado en la ciudad de Huaraz, a la altura de un puente vehicular que conecta la ciudad de Huaraz y la ruta que se dirige a la ciudad de Huarney. Se considera una zona de bastante actividad minera y comercial. Se observó gran cantidad de desechos sobre ambas márgenes del río, observándose también un lavadero en la margen derecha del río (utilizado por los pobladores de escasos recursos para el lavado de ropa). Se observó varias tuberías de drenaje y cercano al río se ubica un Camal Municipal. Asimismo, en las riberas del río existe la crianza de animales de corral.

Figura N°3.8: Muestreo en Puente Calicanto



## Monterrey

El acceso es por la carretera asfaltada que se dirige hacia la ciudad de Caraz, pasando los sectores de Willcahuain y Vichay, llegando a la altura de la oroya que sirve de acceso al poblado de Marca. Para llegar al punto de muestreo se tiene que caminar desde el punto donde existe un cartel que dice "Bienvenidos a Monterrey" en pendiente relativamente pronunciada hasta donde se encuentra la oroya. Se observó en ambos márgenes del río desperdicios (plásticos, botellas descartables de gaseosas, entre otros) y también en la margen derecha se observa árboles.

Figura N° 3.9: Vista del punto de muestreo de Monterrey



## Puente Florida

Este punto se encuentra ubicado en la carretera que se dirige a la ciudad de Huaraz y que conecta a los poblados de Anta y Marcará. Partiendo de la ciudad de Huaraz y pasando los poblados de Monterrey, Ishinca y Paltay, se toma el desvío hacia la izquierda por la carretera a Caraz, pasando por los poblados de Jungas, Yungar y Anta, llegando finalmente al Puente Florida donde se encuentra ubicado el punto de muestreo.

Figura N°3.10: Puente Florida



### Las Balsas

El acceso a este punto desde la ciudad de Huaraz es siguiendo la misma carretera asfaltada que va a Caraz, y que desde allí es la carretera trocha que conduce hasta la ciudad de Chimbote. Luego de pasar los poblados de Marcará, Carhuaz, Toma, Tingo, Tingua, Mancos, Ranrahirca, Yungay y Caraz, se atraviesan tres túneles, luego de los cuales se ubica el punto de muestreo, tomándose como referencia la Estación Hidrométrica en la margen derecha del río que por su estructura y diseño ha facilitado la toma de muestra en este punto. En ambas márgenes del río existen cerros compactos, y aguas abajo cerca al punto de muestreo, se encuentra la captación de agua de la Central del Cañón del Pato.

Figura N°3.11 : E. H. Las Balsas



## El Chorro

Se llega a este punto desde la ciudad de Huaraz continuando la misma ruta del punto anterior, pasando además por la Captación de Agua de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato y por 34 túneles en carretera carrozable hasta llegar a la Central Hidroeléctrica de EGENOR. Luego se sigue la ruta pasando por los poblados de Huallanca y Yuramarca, llegando finalmente al sector El Chorro que tiene como referencia la caída de un chorro de agua desde lo alto del cerro en la margen izquierda del río Santa (llamado también "Velo de Novia"). En esta zona es característica la presencia de fuertes vientos y los deslizamientos de arena son constantes y muy peligrosos, por lo que recomiendan no permanecer mucho tiempo en el lugar.

Figura N°3.12: Panorámica del punto de muestreo El Chorro



## Río Tablachaca

Continuando por la carretera que pasa por el sector El Chorro y que va hacia la ciudad de Chimbote, se llega hasta un puente que cruza el río Santa (antes de llegar al poblado de Chuquicara) y desvía en carretera carrozable hacia el poblado de Cabana, llegando de esta manera al punto de muestreo.



### **Condorcero**

Se encuentra cercano al punto anterior, retornando la carretera carrozable que se dirige a Chimbote, pasando por el poblado de Chuquicara hasta llegar a Condorcero, cerca a una Estación Hidrométrica.. En este sector fluyen las aguas provenientes de la confluencia de los ríos Santa y Tablachaca. Se observa que la zona es muy agreste, rocosa, de fuertes vientos y ausencia de vegetación

Figura N°3.14: Panorámica del punto de muestreo Condorcero



### **Puente Santa**

Llegando al distrito de Santa, en Chimbote, se sigue la carretera Panamericana Norte hacia la ciudad de Trujillo, hasta llegar al Puente Santa, donde se ubica el punto de muestreo. Se observa que el caudal del río Santa se encuentra reducido por lo que existe amplias playas (cauce) que se utilizan para pastar ganado vacuno, porcino y equinos (margen derecha). Asimismo, en esa zona limita con las ciudades del Santa (margen izquierda) y Guadalupe (margen derecha); además se observan áreas de cultivo en la margen izquierda del río.

Figura N°3.15: Puente Santa en la desembocadura al Pacífico



#### **3.7.5 Verificación de la información**

##### **A. Mantenimiento de Archivos**

Se ha elaborado un archivo en el cual se encuentran las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo y los resultados de análisis de laboratorio.

##### **B. Mantenimiento de Notas de Campo**

Se tienen los informes de campo con los diagramas y fotografías de los puntos de muestreo, así como las mediciones realizadas.

### 3.7.6 Resultados de los Monitoreos realizados.

#### 3.7.6.1 Representatividad de los Muestreos

Por muestreo:

|                               |   |                                 |
|-------------------------------|---|---------------------------------|
| Nº de estaciones monitoreadas | : | 10                              |
| Nº de parámetros analizados   | : | 330 (33 parámetros / estación). |

### 3.7.7 Aptitudes y Limitaciones

#### 3.7.7.1 Respeto del Uso Poblacional

Para determinar estas características de las aguas del río Santa, se ha procedido a la comparación de los resultados de análisis respecto a las Clases I y II de la Ley General de Aguas (LGA) y los Valores Guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS), teniendo lo siguiente:

##### A. Coliformes Fecales:

- En 1999, se encontró que desde Huaraz hasta el Chorro y desde Condorcerro a Santa, la cantidad de coliformes fecales superaron lo establecido para las tres primeras clases de la Ley General de Aguas y el Valor Guía de la OMS, mientras que en Ticapampa esas concentraciones fueron mayores a las Clases I y III, y a los Valores Guía de la OMS.
- En la primera campaña 2000, sólo se determinó este parámetro en Conococha y Ticapampa, encontrándose en el segundo lugar una cantidad de coliformes mayor a las establecidas en las dos primeras Clases de la LGA. Mientras que en la segunda campaña, en todos los puntos de muestreo se excedió lo establecido para la primera Clase de la LGA, mientras que desde Huaraz hasta Balsas también se superó la Clase II.
- En la primera campaña 2001, se determinó que en todos los puntos se superó lo establecido en la Clase I de la LGA, mientras que en Ticapampa, Monterrey y Florida se excedió además lo señalado en la Clase II. En tanto que en la segunda campaña se halló que en todos los puntos se excedió los valores estipulados en la Clase I de la LGA, mientras que desde Monterrey hasta El Chorro y en Condorcerro se excedió lo establecido en la Clase II.

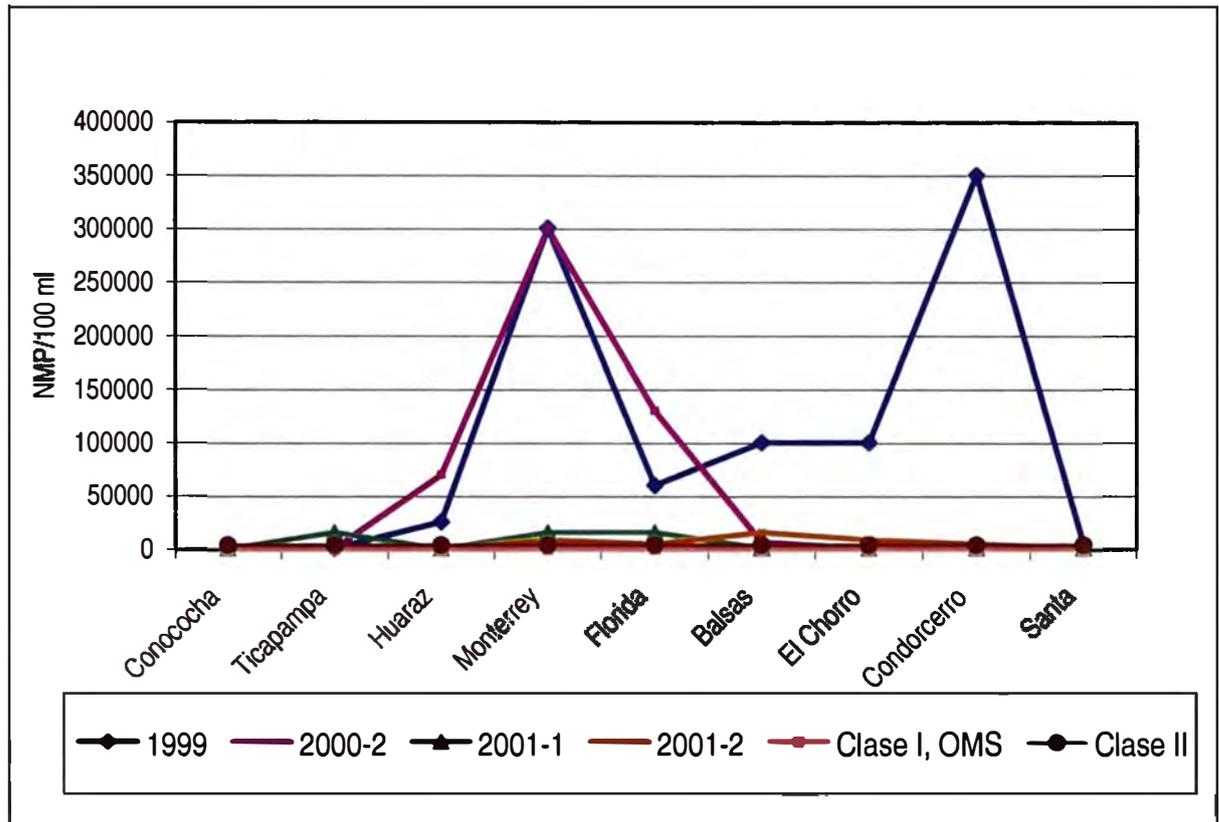


Figura N° 3.16: Reporte de coliformes fecales en trayecto del río Santa respecto de agua de bebida

### B. Arsénico

- En el muestreo 1999, se encontró que en todos los puntos de muestreo, estas concentraciones fueron mayores a las establecidas en los Valores Guía de la OMS
- En la primera campaña 2000, en todos los puntos (a excepción de Conococha), las concentraciones encontradas excedieron el Valor Guía de la OMS; mientras que en la segunda campaña, desde Huaraz hasta Santa las concentraciones halladas superan el Valor Guía de la OMS.
- En la primera campaña 2001, en todos los puntos (a excepción de Ticapampa), se superó el Valor Guía de la OMS, y las Clases I y II fueron excedidas en Monterrey y Florida. Mientras que en la segunda campaña se determinó que en Conococha, Ticapampa, Florida, Balsas, Condorcerro y Santa las concentraciones halladas fueron mayores a los Valores Guía de la OMS.

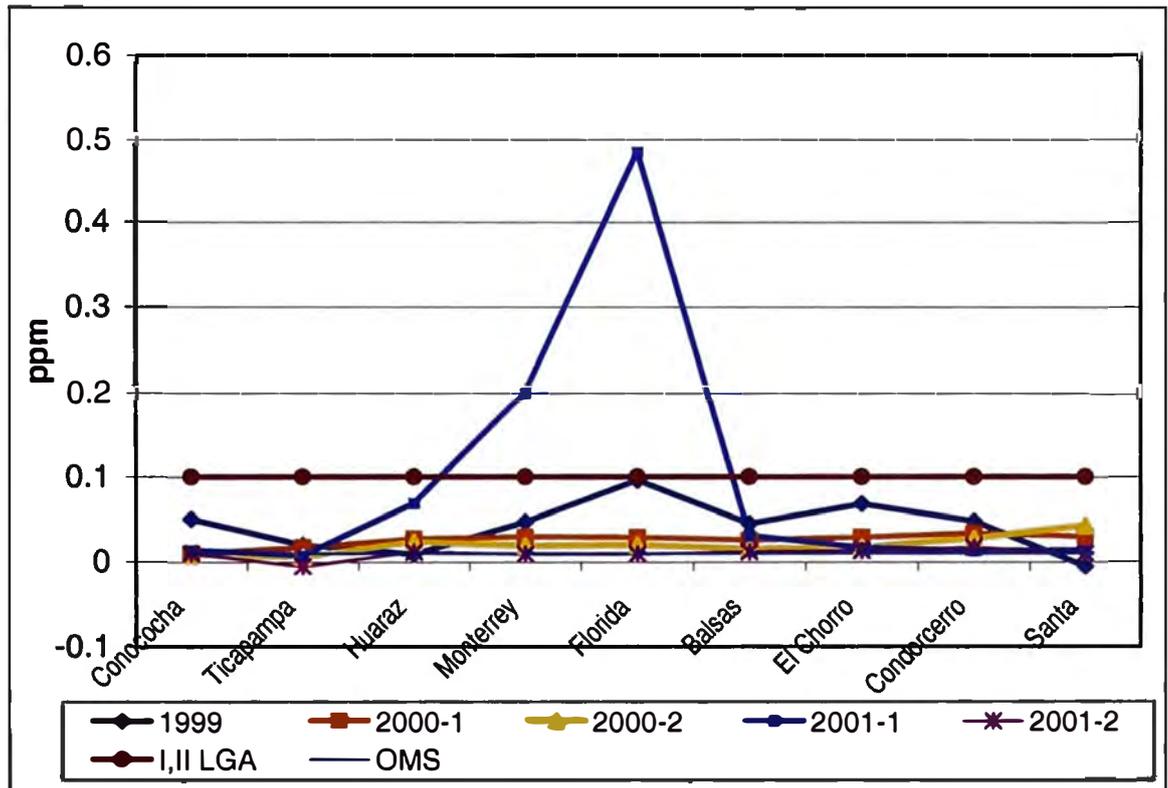


Figura N°3.17: Comparación de Arsénico en río Santa con concentraciones de agua de bebida

### C. Boro

- En el muestreo 1999 y en el segundo muestreo 2000, sólo en Conococha y Ticapampa se alcanzó el Valor Guía de la OMS.
- En la primera campaña 2000, sólo en Conococha las concentración de Boro no superó lo establecido en el Valor Guía de la OMS. En tanto que en la segunda campaña 2001, en los puntos de: Conococha, Ticapampa, Monterrey y Condorcerro, las concentraciones de Boro fueron mayores a las consideradas como Valor Guía de la OMS.
- Durante la primera campaña 2001, sólo en Florida y El Chorro se excedió el Valor Guía de la OMS, mientras que en la segunda campaña, esto sucedió en Conococha, Ticapampa y Condorcerro.

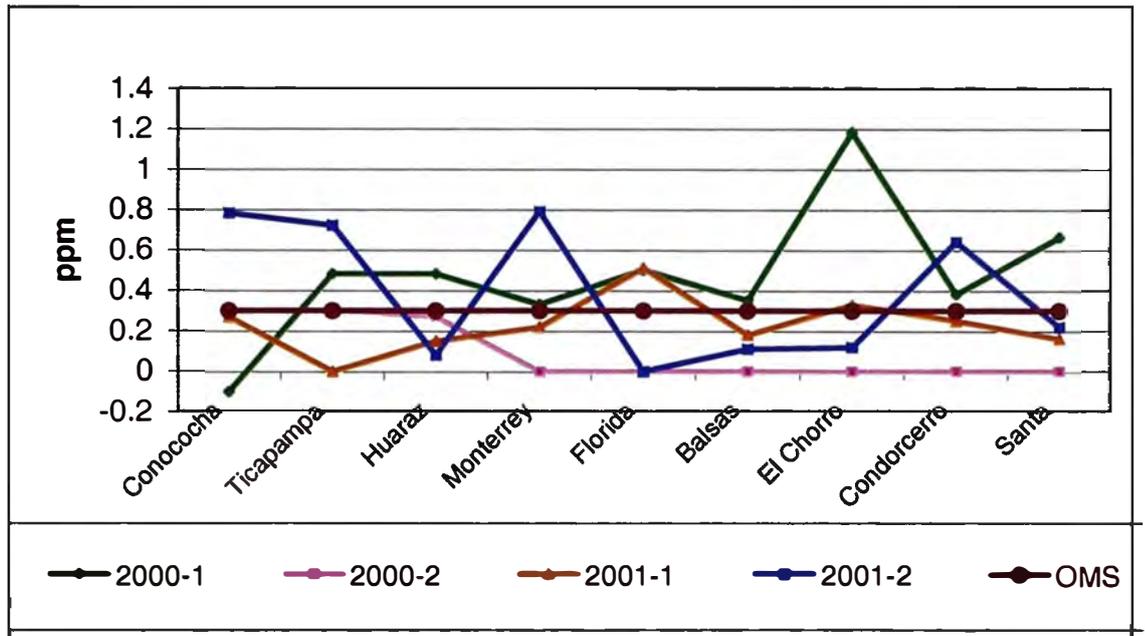


Figura N°3.18: Comparación de Boro en río Santa con concentraciones de agua de bebida

**D. Cobre**

- En 1999 y en las dos campañas 2000, estas concentraciones no excedieron lo establecido en las dos primeras clases de la Ley General de Aguas ni los Valores Guía de la OMS

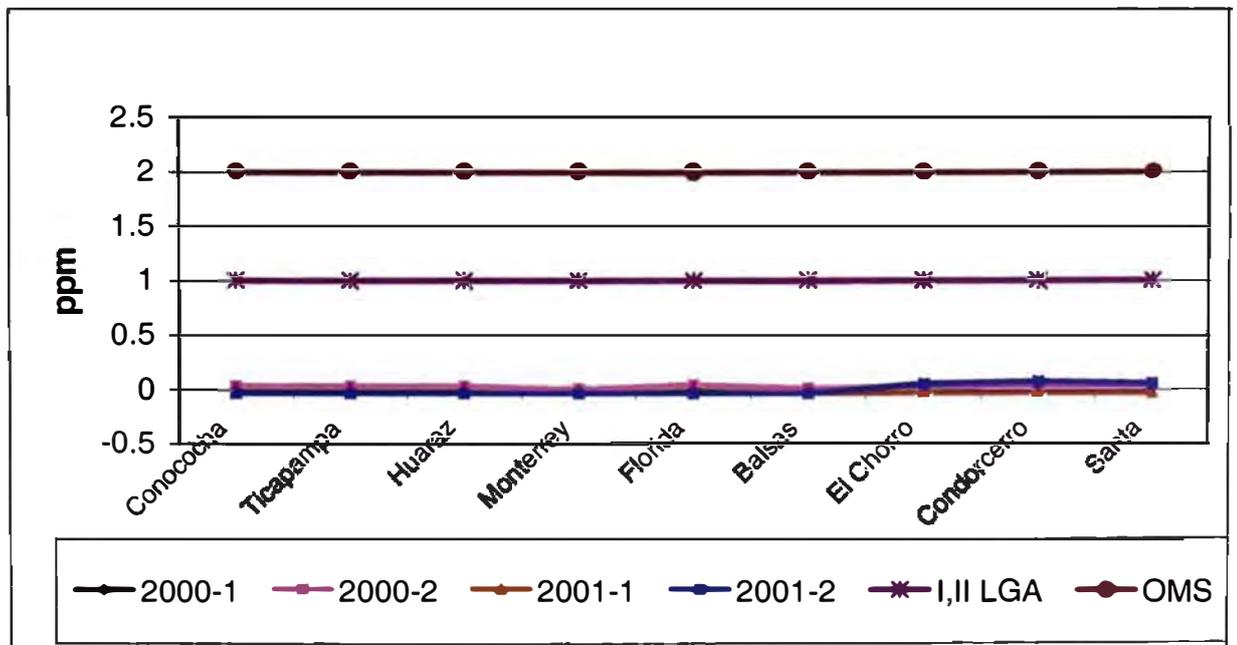


Figura N°3.19: Comparación de Cobre en río Santa con concentraciones de agua de bebida

### E. Hierro

- En las dos campañas de los años 2000 y 2001, se encontró que en todos los puntos de muestreo, las concentraciones encontradas fueron mayores a las establecidas en las dos primeras Clases de la Ley General de Aguas.

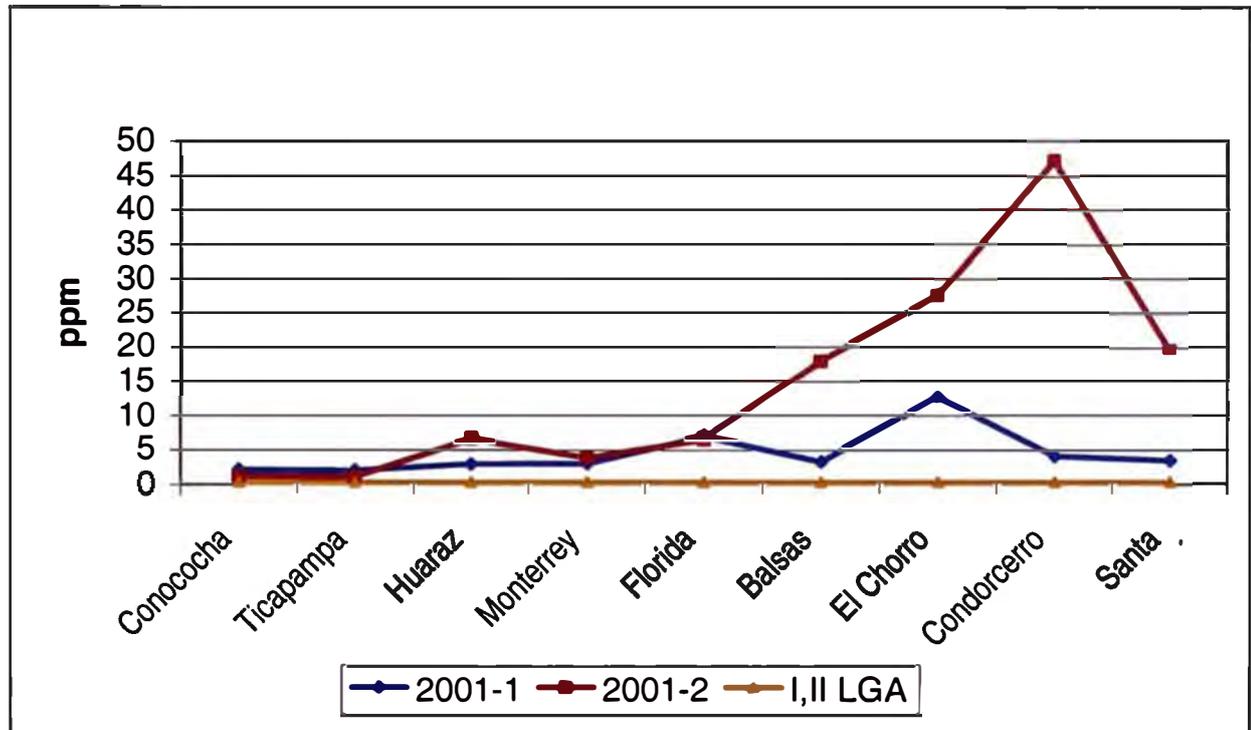


Figura N°3.20: Comparación de Hierro en río Santa con concentraciones de agua de bebida

### F. Manganeso

- En las dos campañas del año 2000, se halló que desde Huaraz hasta Santa, estas concentraciones fueron mayores a las Clases I y II de la Ley General de Aguas.
- En la primera campaña 2001, se determinó que en todos los puntos se superó lo establecido en las dos primeras Clases de la LGA, mientras que en El Chorro se excedió además el Valor Guía de la OMS. En la segunda campaña, desde Huaraz hasta Santa se superaron las concentraciones establecidas en la LGA para las Clases I y II, mientras que desde El Chorro hasta Santa, las concentraciones halladas fueron mayores al Valor Guía de la OMS.

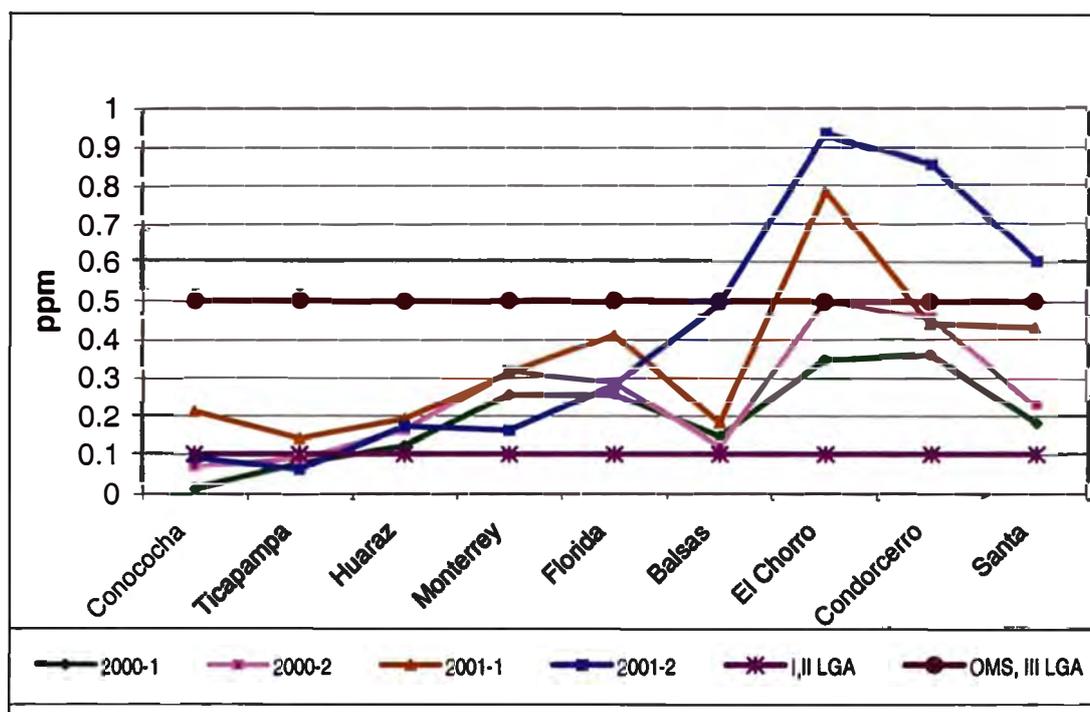


Figura N°3.21: Comparación de Manganeso en río Santa con concentraciones de agua de bebida

### G. Plomo

- En 1999, en todos los puntos de muestreo, estas concentraciones fueron mayores a las establecidas en los Valores Guía de la OMS
- En la primera campaña 2000, en Monterrey, Florida y Santa las concentraciones encontradas fueron mayores a las señaladas en las dos primeras Clases de la LGA, en tanto que desde Monterrey hasta El Chorro y en Santa se superaron además los Valores Guía de la OMS. Mientras que en la segunda campaña, desde Florida hasta Santa, se excedió el Valor Guía de la OMS, y en El Chorro la concentración hallada fue mayor a la las Clases I y II de la LGA.

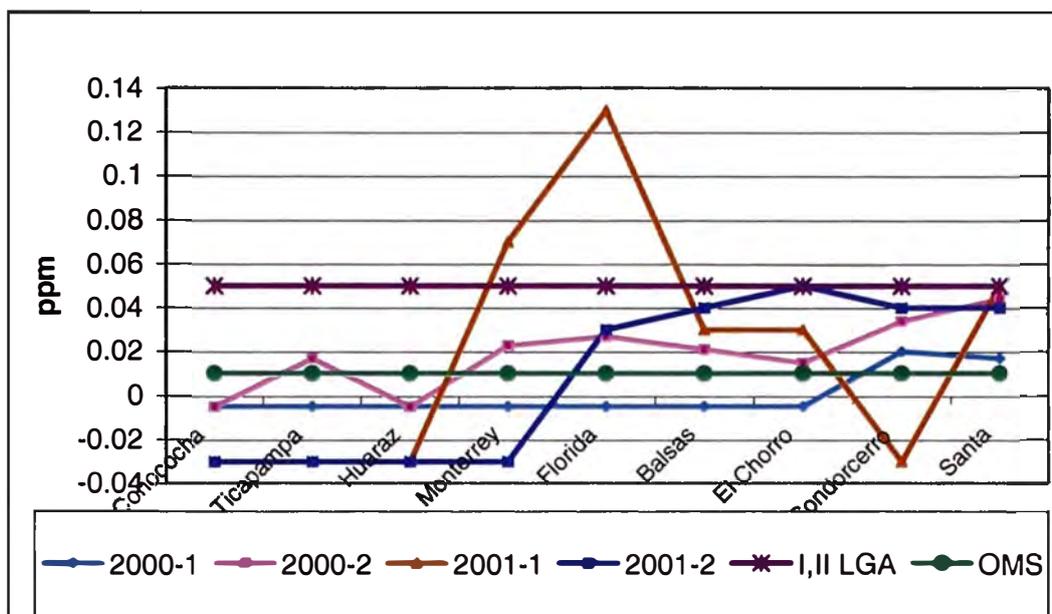


Figura N°3.22: Comparación de Plomo en río Santa con concentraciones de agua de bebida

### 3.7.7.2 Respecto al uso agrícola

Estas características de las aguas del río Chili, se determinaron comparando los resultados de análisis respecto a las Clases I y II de la Ley General de Aguas (LGA) y las Concentraciones Máximas Recomendadas de la Organización de la Alimentación y la Agricultura (FAO), encontrando que:

#### A. Coliformes Fecales:

- En el muestreo 1999, en todos los puntos de muestreo (a excepción de Conococha y Tablachaca), estas concentraciones excedieron a lo establecido en la Clase III de la Ley General de Aguas para riego de vegetales que se consumen crudos.
- En la primera campaña 2000, en Ticapampa y Huaraz, estas concentraciones fueron mayores a las establecidas en la Clase III de la LGA, mientras que en la segunda campaña esto ocurrió desde Ticapampa hasta Balsas y en Santa.
- En la primera campaña 2001, en Ticapampa, Monterrey y Florida, las concentraciones halladas fueron mayores a las consideradas para la Clase III de la LGA, mientras que en la segunda campaña esto sucedió desde Ticapampa hasta Condorcerro (a excepción de Huaraz).

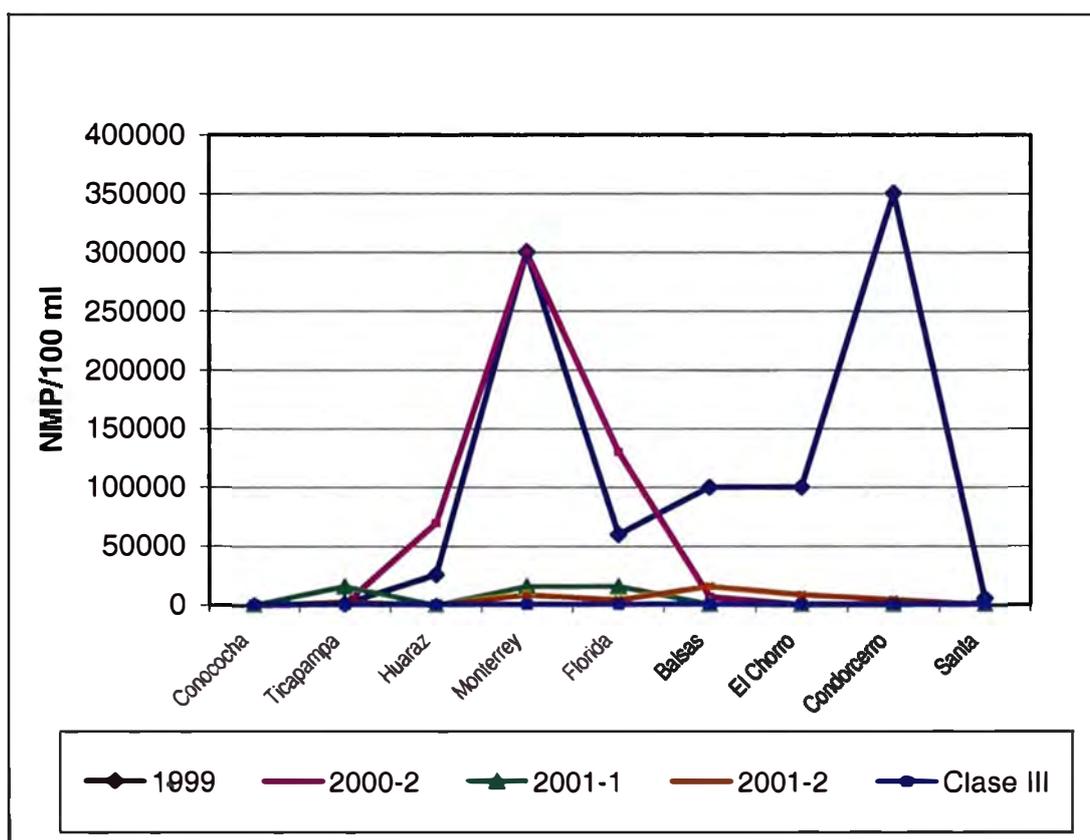


Figura N°3.23: Reporte de coliformes fecales en trayecto del río Santa respecto de agua de riego

## B. Hierro

- En la primera campaña 2000, desde Huaraz hasta Santa, estas concentraciones fueron mayores a las consideradas en Clase III de la LGA, mientras que en Condorcerro y Santa superaron además las concentraciones máximas recomendadas para agua de riego. En la segunda campaña en todos los puntos (a excepción de Ticapampa), las concentraciones de Hierro excedieron las estipuladas en la Clase III de la LGA, mientras que en Tablachaca, Condorcerro y Santa superaron además las concentraciones máximas recomendadas para agua de riego (FAO).
- En la primera campaña 2001, en todos los puntos de muestreo se superó las concentraciones señaladas en la Clase III de la LGA, y desde Florida hasta El Chorro se excedió además la concentración máxima recomendada para agua de riego (FAO). Y en la segunda campaña, las concentraciones halladas en todos los puntos de muestreo fueron mayores a las consideradas para la Clase III de la LGA, mientras que desde Florida hasta Santa se excedió además la concentración recomendada por la FAO.

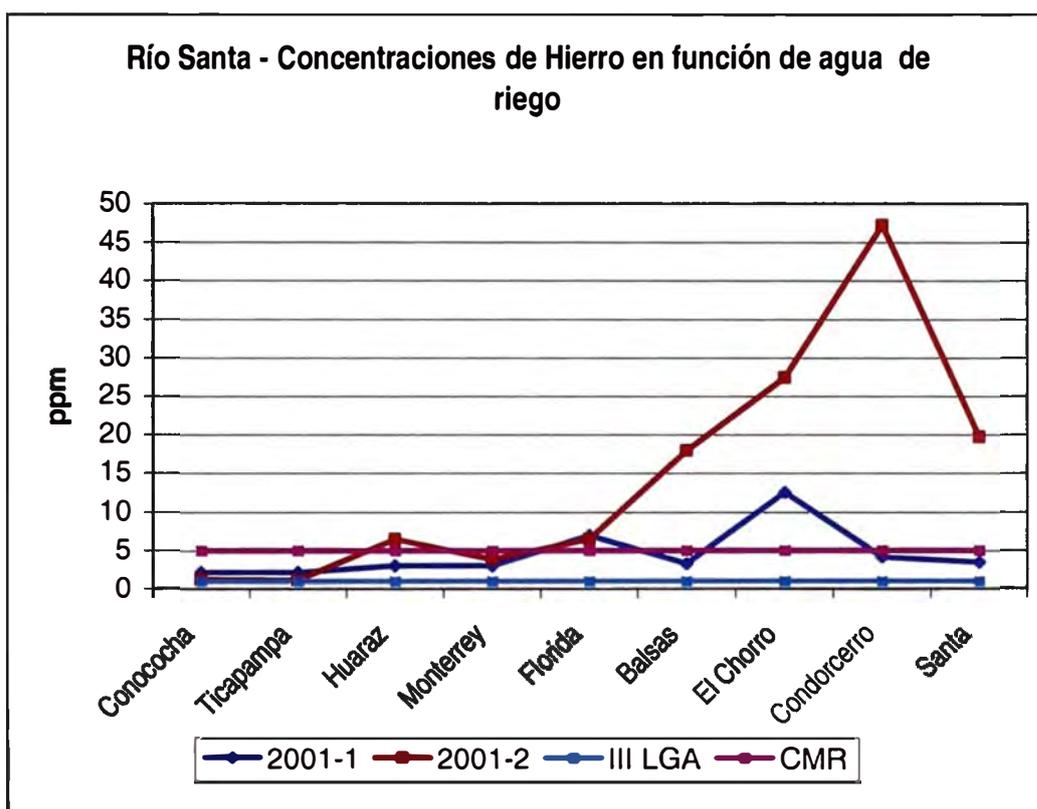


Figura N°3.24: Comparación de Hierro en río Santa con concentraciones de agua de riego

### C. Manganeso

- En la primera campaña 2000, desde Huaraz hasta Condorcerro, estas concentraciones fueron mayores a las máximas recomendadas para agua de riego, y en la segunda campaña en Monterrey, Florida, Chorro, Tablachaca, Condorcerro y Santa, estas concentraciones fueron mayores a las máximas recomendadas para agua de riego (FAO).
- En la primera campaña 2001, en Conococha, desde Monterrey hasta Santa (a excepción de Balsas), las concentraciones encontradas fueron mayores a las recomendadas por la FAO. Y en la segunda campaña, desde Florida hasta Santa se superaron las concentraciones recomendadas por la FAO.

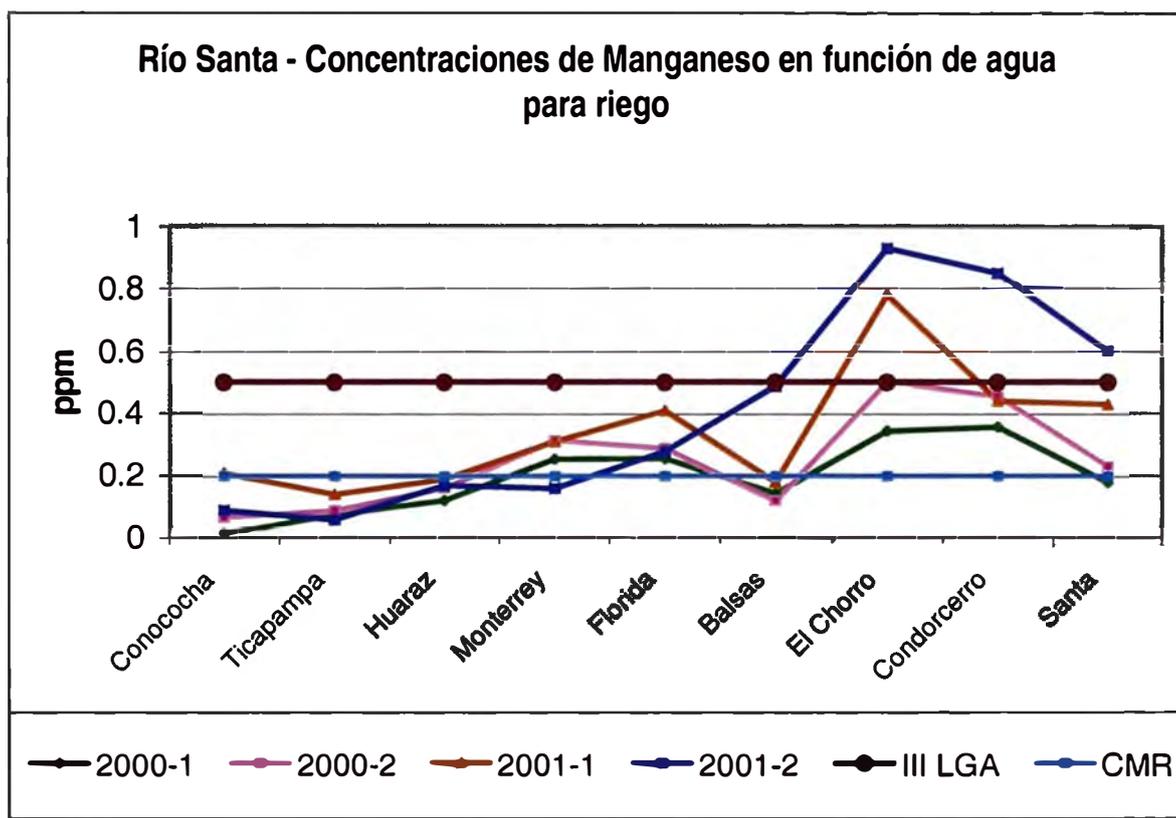


Figura N°3.25: Comparación de Manganeso en río Santa con concentraciones de agua de riego

También se calcularon diversos índices que nos dan una idea más completa de la Calidad Agronómica del Agua, encontrando que:

#### D. Contenido de sales solubles

- Conductividad eléctrica (CE):

En el muestreo de 1999, las salinidades encontradas fueron de baja a moderada.

En el primer muestreo 2000, las salinidades fueron bajas, solo en Condorcerro y Santa se encontraron salinidades moderadas, mientras que en la segunda campaña, desde Conococha hasta Florida, las salinidades fueron buenas y desde Balsas hasta Santa fueron moderadas.

En la primera campaña 2001, solo en Conococha, Ticapampa y Monterrey las salinidades fueron bajas y en los demás puntos fue moderada. En la segunda campaña, solo en Condorcerro y Santa las salinidades fueron moderadas mientras que en los puntos restantes fueron bajas.

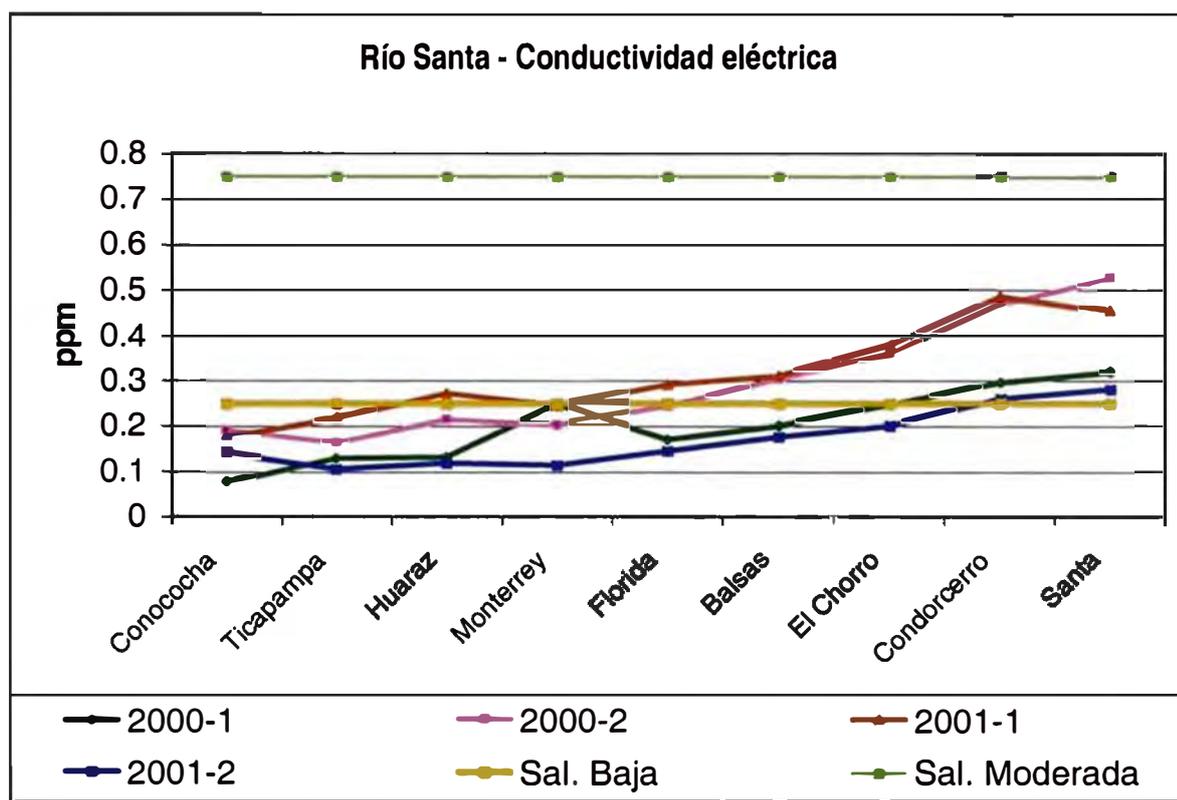


Figura N°3.26: Reporte de Conductividad eléctrica en el trayecto del río Santa

- Salinidad efectiva (SE) y potencial (SP): La SE estima de modo más real el peligro de las sales solubles del agua cuando pasan a formar parte de la solución del suelo, al considerar la posterior precipitación de las sales menos solubles. La SP determina los daños potenciales de los cloruros y parte de los sulfatos para las plantas, las que quedan en solución a bajos niveles de humedad del suelo.
  - Los resultados obtenidos en 1999, fueron buenos (solo en Tablachaca la Salinidad Potencial fue Condicionada)
  - En las dos campañas 2000, estas salinidades fueron buenas en todos los puntos de muestreo.
  - En las dos campañas 2001, ambas salinidades fueron buenas donde fue aplicable esos criterios.

- Carbonato de sodio residual: determina la potencial formación del carbonato de sodio (desfloculador del suelo) que puede desplazar al calcio y magnesio del complejo de intercambio del suelo a causa del mayor contenido de carbonatos y bicarbonatos respecto al de calcio y magnesio.
  - En todas las campañas los contenidos de este indicador fueron buenos en todos los puntos de muestreo.

#### **E. Efecto Probable de Sodio sobre las Características Físicas del Suelo**

- Porcentaje de sodio posible: es un mejor indicador que el carbonato de sodio residual puesto que se refiere a la salinidad efectiva.
  - En 1999 los resultados fueron buenos (en Tablachaca el criterio no fue aplicable y en Santa fue condicionada)
  - Durante la primera campaña 2000, solo en El Chorro y Condorcerro este porcentaje no representó limitación alguna, mientras que en los demás puntos, fue condicionada. En la segunda campaña 2000, solo en Conococha, Huaraz, Monterrey y Balsas, este indicador fue considerado como condicionado.
  - En la primera campaña 2001, estos porcentajes fueron considerados como buenos, mientras que en Conococha y en Huaraz, fueron condicionados, en los demás puntos este criterio no fue aplicable; mientras que en la segunda campaña 2001 solo en Conococha fue condicionada.

#### **F. Contenido de elementos tóxicos para las plantas**

- Boro: este metal es esencial para el crecimiento de las plantas pero es sumamente tóxico cuando las concentraciones son mayores al óptimo.
  - En 1999, solo en Conococha y Ticapampa fue considerado como regular, en los demás puntos las concentraciones encontradas no representaron limitación.
  - En la primera campaña 2000, solo en Conococha la concentración de Boro fue considerada como buena, mientras que en los demás puntos fue regular. En la segunda campaña, las concentraciones de Boro fueron consideradas como buenas en todos los puntos de muestreo.

- En la primera campaña 2001, solo en Florida y El Chorro las concentraciones de Boro fueron regulares, en los demás puntos fueron buenas. En la segunda campaña 2001, desde Florida hasta El Chorro, y en Santa, las concentraciones de Boro fueron buenas, en los demás puntos fueron condicionadas.
- Cloruros:
  - En 1999, desde Huaraz hasta Santa (a excepción de El Chorro), los contenidos de cloruro fueron considerados como regulares.
  - En las dos campañas de los años 2000 y 2001, las concentraciones de cloruros fueron consideradas como buenas en todos los puntos de muestreo.

### **3.8. Conclusiones**

1. Los resultados presentados se han interpretado considerando la aptitud del recurso hídrico como agua de bebida y riego.
2. En cuanto a los coliformes fecales, el 100% de las muestras tomadas (39) superaron el valor estipulado en la Clase I de la Ley General de Aguas y el Valor Guía de la OMS. El 53.8% de las muestras excedieron lo considerado para la Clase II de la Ley General de Aguas, y el 66.7% superó lo considerado para la Clase III de la misma Ley.
3. Respecto a las concentraciones de Arsénico, en el 4.4% de las muestras tomadas (45) fueron mayores a las concentraciones consideradas en las tres primeras clases de la Ley General de Aguas, mientras que el 84.4% excedieron el Valor Guía de la OMS.
4. En 100% de las muestras analizadas para determinar Hierro (36), se encontraron concentraciones mayores a las consideradas en las dos primeras clases de la Ley General de Aguas, mientras que en el 97.2% de las muestras se superó los valores estipulados en la Clase III, y en el 36.1% de las muestras se superó la concentración máxima recomendada para riego dada por la FAO.
5. Asimismo, el 88.89% de las muestras analizadas (36) tuvo concentraciones de Manganeso mayores a las consideradas para las Clases I y II de la Ley General de Aguas, mientras que el 11.11% superó el Valor Guía de la OMS y el 61.11% excedió la concentración recomendada para agua de riego de la FAO.

6. En cuanto a la calidad agronómica del agua, el 62.2% de las muestras analizadas (45), presentó salinidad baja, mientras que el 37.8% tuvo salinidad moderada.
7. Las concentraciones de Boro del 64.4% de las muestras analizadas (45) fueron consideradas buenas, y el 35.6% restante como regulares, mientras que el 88.9% de las concentraciones de cloruro analizadas fueron buenas y el 31.1% regulares.

#### **IV. RECOMENDACIONES**

1. Los resultados de los monitoreos obtenidos nos dan un reflejo de los niveles de contaminación del río Santa, sin embargo, no es suficiente asociarlo a las fuentes de contaminación registradas en los padrones de vertimiento que lleva la Dirección General de Salud Ambiental o a que podría generar la propia Dirección General de Aguas y Suelos, puesto que la fiscalización está a cargo de las autoridades ambientales de los sectores productivos donde pertenecen las empresas, es necesario concentrar en la nueva autoridad de aguas las funciones de otorgar derechos de uso de agua, autorizar y fiscalizar los vertimientos en función de la calidad del recurso hídrico y la de definir los nuevos estándares de calidad ambiental que permitan revertir el proceso del deterioro del agua.

#### **V. BIBLIOGRAFIA**

1. Centro de Investigación de Recursos Hídricos de la Universidad de Arizona. Manual de Campo para el muestreo de la calidad del agua (1995). Tucson, Arizona.
2. Ward, Robert. Water Quality Monitoring. A system approach to design.
3. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). El uso de un equipo portátil de Análisis de Calidad de Agua en Programas de Vigilancia y Mejoramiento de los servicios de abastecimiento de agua. Serie Hojas de Divulgación Técnica 36. Lima
4. USEPA SW-846, ADEQ QAPP (1991)
5. Garrett. Manual de los procedimientos de campo. (1988)
6. APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19 Ed. 1995
7. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Vertiente del Pacífico. INRENA. 1996
8. Academia Nacional de Ciencias de U.S.A. (1972)
9. FAO. Calidad del Agua para Agricultura. 1989
10. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Manual de Calidad de Agua y Suelo en la Agricultura. México D.F. 1984.



### FORMATO N°3.2

| SUPERVIVENCIA EN CAMPO |  |
|------------------------|--|
|                        | Mapa de localización de estaciones               |
|                        | Autorización (carta, etc.)                       |
|                        | Libreta de campo                                 |
|                        | Plumas, marcadores con tinta indeleble y lápices |
|                        | "Masking Tape" y ligas                           |
|                        | Formatos de itinerario de viaje y toma de fotos  |
|                        | Formatos de anotación de fotos (detalle)         |
|                        | Mapas de rutas de viaje                          |
|                        | Formatos de datos de campo                       |
|                        | Formatos de custodia                             |
|                        | Otros Formatos                                   |
|                        | Botiquín de primeros auxilios, cuchilla          |
|                        | Botas de goma y/o botas altas impermeables       |
|                        | Plásticos para lluvia                            |
|                        | Linterna con pilas extras                        |
|                        | "Walky - talky," teléfono celular                |
|                        | Cuerda   |
| LOCALIZACION FISICA    |  |
|                        | Cámara, rollo                                    |
|                        | Cinta de medir                                   |
|                        | Sistema de posicionamiento global                |

| MEDICION DE PARAMETROS EN CAMPO |  |
|---------------------------------|--|
|                                 | Cronómetro   |
|                                 | Calculadora  |
|                                 | Termómetros con rejilla  |
|                                 | Equipos portátiles de campo  |
|                                 | Copias de los manuales de equipos portátiles   |
| Agua Superficial                |  |
|                                 | Medidor de flujo, varilla, y cinta de medir  |
| MUESTREO                        |  |
|                                 | Hieleras selladas y envases, cajas de teknopor   |
|                                 | Bolsas de hielo  |
|                                 | Rollo de papel desechable o papel tissue   |
|                                 | Preservantes (Ej. HNO <sub>3</sub> , HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HgCl <sub>2</sub> ) |
| Limpieza/Descontaminación       |  |
|                                 | Agua destilada   |
|                                 | Enjuague de 0,1 N ácido nítrico (para metales)   |
|                                 | Basurero de plástico   |
| Muestreo Microbiano             |  |
|                                 | Botellas esterilizadas   |
|                                 | Guantes  |
|                                 | Jabón antibacteriano   |
|                                 | Otros  |

**FORMATO N°3.3: REGISTRO DE CAMPO**

| RIO:   |       |        |
|--|-------|--------|
| Fecha de muestreo  |       |        |
| Hora de muestreo   |       |        |
| Código del punto de muestreo                               |       |        |
| Nombre del Punto de muestreo                               |       |        |
| Muestreador  |       |        |
| Firmas   |       |        |
| Ubicación del punto de muestreo                            |       |        |
| Latitud (UTM)  |       |        |
| Longitud(UTM)  |       |        |
| Altitud (msnm)   |       |        |
| Referencia   |       |        |
| Condic. climatológicas                                     |       |        |
| Esquema de ubicación del punto de muestreo y toma de fotos |       |        |
|  |       |        |
| Descripción del muestreo                                   |       |        |
| Tipo de muestreo   |       |        |
| Tipo de muestra  |       |        |
| Volumen de muestra   |       |        |
| Aspecto de muestra   |       |        |
| Foto de muestra  |       |        |
| Mediciones in situ   |       |        |
| Parámetro  | Valor | Unidad |
| pH   |       |        |
| Temperatura del agua                                       |       |        |
| Temp.ambiental   |       |        |
| Oxígeno disuelto   |       |        |
| Conductividad  |       |        |
| Turbiedad  |       |        |
| Observaciones y comentarios                                |       |        |
| Accesibilidad  |       |        |
| Peligros encontrados                                       |       |        |
| Org. acuáticos ptes.                                       |       |        |
| Act. antropogénicas  |       |        |

➤ Resumen de ríos monitoreados 1999-2002

❖ VERTIENTE DEL PACÍFICO

| RIOS                 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------------|------|------|------|------|
| Camaná - Majes       | **   | **   | --   | --   |
| Cañete               | **   | **   | **   | --   |
| Caplina              | **   | **   | **   | **   |
| Chancay - Huaral     | --   | --   | **   | --   |
| Chancay - Lambayeque | **   | **   | --   | --   |
| Chicama              | **   | --   | --   | --   |
| Chill                | --   | **   | **   | **   |
| Chillón              | **   | --   | --   | --   |
| Fortaleza            | **   | --   | --   | --   |
| Locumba              | --   | **   | --   | **   |
| Plura                | **   | --   | --   | --   |
| Santa                | **   | **   | **   | **   |
| Tambo                | --   | **   | **   | **   |

\*\* Monitoreado

❖ VERTIENTE DEL ATLÁNTICO

| RIOS          | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|---------------|------|------|------|------|
| Apurímac      | --   | **   | --   | --   |
| Crucero       | --   | --   | --   | **   |
| Huallaga      | --   | **   | **   | **   |
| Llaucano      | --   | --   | **   | **   |
| Madre de Dios | --   | --   | --   | **   |
| Mantaro       | --   | **   | **   | **   |
| Mayo          | --   | **   | **   | **   |
| Nanay         | --   | --   | --   | **   |
| Palca         | --   | **   | **   | **   |
| Perené        | --   | **   | **   | **   |
| Vilcanota     | --   | **   | --   | --   |

\*\* Monitoreado

➤ Publicaciones:

- Informe Técnico "Monitoreo de Calidad de Aguas - 1999" Administración Técnica del Distrito de Riego Barranca.
- Informe Técnico "Monitoreo de Calidad de Aguas - Vertiente del Pacífico - 2000". Administración Técnica del Distrito de Riego Ica.
- Informe Técnico "Monitoreo de Calidad de Aguas - Vertiente del Atlántico - 2000". Administración Técnica del Distrito de Riego Alto Mayo.

➤ Exposiciones

- Exposición “Gestión Ambiental de los Recursos Hídricos”. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Exposición “Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales”. IV Seminario Nacional de Hidrología. Colegio de Ingenieros del Perú. 07 al 10 de Febrero 2001.
- Exposición “Legislación ambiental en el Sector Agricultura”. Curso “Análisis de la Calidad del Agua, Control y Aseguramiento”. Universidad Agraria La Molina. Marzo 2003