



Protocolo Binacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua del LAGO TITICACA

Protocolo Binacional para el
Monitoreo de la **Calidad de Agua** del
Lago Titicaca

Perú - Bolivia
2020

Ministerio de Relaciones Exteriores de Perú*Gustavo Adolfo Meza-Cuadra Velásquez*

Ministro

Ministerio de Agricultura y Riego*Jorge Montenegro Chavesta*

Ministro

Autoridad Nacional del Agua*Amarildo Fernández Estela*

Jefe

Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos*Eladio Máximo Núñez Caballero*

Director

Autoridad Administrativa del Agua Titicaca*Miguel Fernández Mares*

Director

Equipo Profesional*Ramón Gonzales Cornejo**Rocío Gómez Paredes**Cenaida Ramos Poma**Percy Pérez Díaz**Melissa Salbatier Portugal*

Con el apoyo de:

Arthur Christian Cornejo Sánchez

Proyecto Especial del lago Titicaca

Ministerio de Relaciones Exteriores de Bolivia*Karen Longaric Rodríguez*

Ministra

Ministerio de Medio Ambiente y Agua*María Elva Pinckert De Paz*

Ministra

Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego*Juan Pablo De La Fuente Cusicanqui*

Viceministro

Dirección General de Cuencas y Recursos Hídricos*Roger Eduardo Limpas Salvatierra*

Director

Unidad de Planificación Hídrica y Calidad de Agua*Yesenia Rosario Romero Flores*

Jefa de Unidad

Unidad de Gestión de la Cuenca Katari*José Waldo Medinaceli Paniagua*

Coordinador

Equipo Profesional*José Luis Labore Bernal**Daniel Rodríguez Clavijo**Daniel Mamani Jarandilla**Guido Lucio Quispe Mendoza*

Con el apoyo de:

*Jorge Chungara Castro**Rocío Choque Mamani**Heidi Mamani Tola*

Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear

Cap. Frag. Vladimir Riveros Magueño

Unidad Operativa Boliviana

Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca*Juan José Ocola Salazar*

Presidente Ejecutivo

Jorge Peña Méndez

Director de Recursos Hídricos

Valentín Fernández Valdivia

Director del Plan Director

*Bratzo Klauer García**Rolando Alfaro Ramírez**Gary Chirinos Challo*

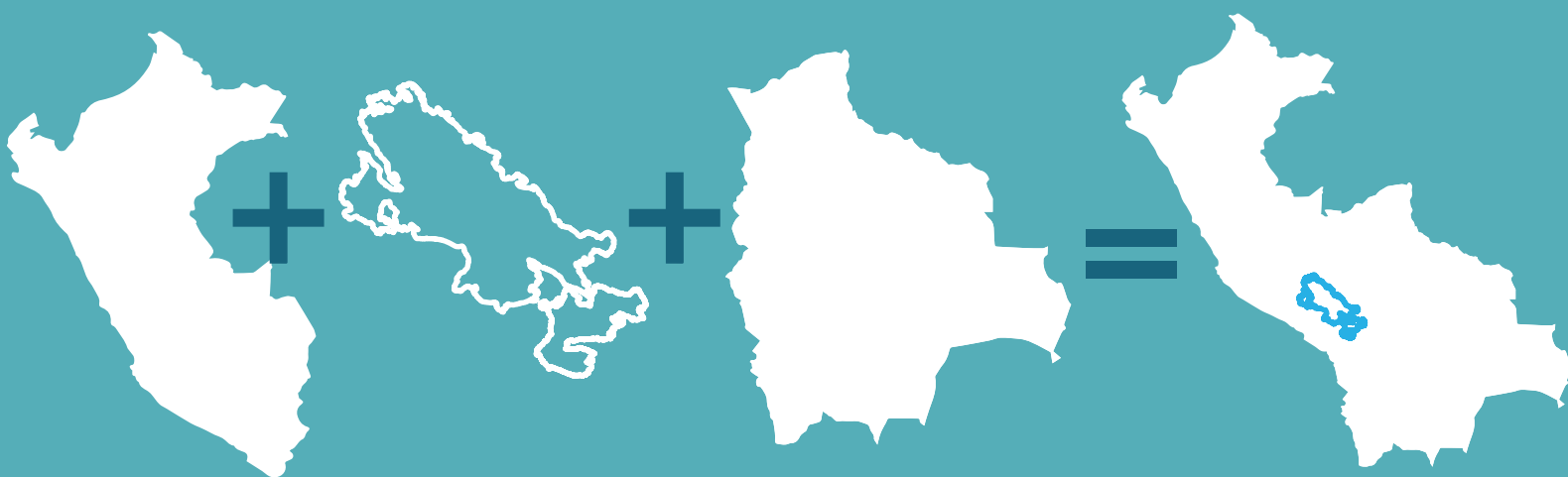
Equipo Profesional

Presentación

El lago Titicaca es un condominio indivisible compartido entre Perú y Bolivia, es el lago más alto y navegable del mundo, ubicado a 3.809 msnm, con una superficie de 8.400,0 km²; 170 km de largo, un ancho máximo de 70 km y una profundidad máxima de 272 m. La superficie de su cuenca es de 56.182 km² y forma parte de la gran cuenca endorreica del Sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salar de Coipasa (TDPS), con una superficie total de 143.000 km².

Se constituye en la principal fuente de agua dulce del altiplano peruano-boliviano, influenciado por diversas actividades antrópicas que se llevan a cabo tanto en el ámbito de su cuenca, como en el mismo cuerpo de agua, por ende es el receptor final de toda la carga contaminante generada por las actividades antrópicas; por ello la importancia de conocer la calidad del agua y su comportamiento a través del tiempo; en ese sentido ambos Estados (Perú y Bolivia), consideraron importante realizar monitoreos binacionales sistemáticos de la calidad del agua

En ese contexto surge la necesidad de preparar el “Protocolo Binacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua del lago Titicaca”, instrumento técnico que permitirá la medición idónea y concertada de parámetros de campo, así como para la adecuada toma de muestras de agua, ello con la finalidad de asegurar la confiabilidad de datos obtenidos en laboratorios, así como los medidos en campo; información útil para la evaluación de la calidad del agua, como criterio fundamental para la adecuada y oportuna toma de decisiones de los países orientadas a la protección y conservación de la calidad de las aguas del lago Titicaca.



CONTENIDO

01

INTRODUCCIÓN

02

OBJETIVOS DEL
PROTOCOLO

03

MARCO
NORMATIVO

04

ALCANCES Y
APLICACIÓN

05

PLANEAMIENTO
DEL MONITOREO

06

PRE
MUESTREO

07

MONITOREO

08

ACCIONES POST
MUESTREO

09

BIBLIOGRAFÍA

10

GLOSARIO DE
TÉRMINOS

11

ANEXOS

1 INTRODUCCIÓN

La presión sobre la calidad de las aguas del lago Titicaca ocasionada por actividades urbanas y productivas, como la industria, minería, agricultura, ganadería y acuicultura, es cada vez mayor y visible principalmente en la bahía de Cohana, en el lado de Bolivia, y en la bahía de Puno, en el lado de Perú, donde se nota un franco deterioro del ecosistema y de sus recursos hidrobiológicos.

Frente a esta situación, ambos países coincidieron en la necesidad de realizar acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad de agua del lago Titicaca como base para establecer acciones futuras orientadas a su protección y conservación.

Es así que el presente Protocolo Binacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua del lago Titicaca, es el resultado del trabajo conjunto llevado a cabo por las entidades competentes en materia de los recursos hídricos de ambos países. Trabajo que fue encarado a través de reuniones técnicas dando cumplimiento a los acuerdos binacionales señalados en los Lineamientos y Acciones para la Recuperación Ambiental del Lago Titicaca y su Diversidad Biológica, referido a la Acción 03 del Lineamiento 03 del Eje Estratégico: Información, investigación y monitoreo: Elaboración y aprobación de un protocolo binacional para el monitoreo de la calidad hídrica en la cuenca del Titicaca, que incluya metodologías de evaluación.

En este entendido y con la finalidad de disponer de datos confiables y representativos que aseguren una adecuada evaluación de la calidad de las aguas del lago Titicaca y su dinámica, se elaboró el presente documento binacional que establece y define los procedimientos y métodos para la medición de parámetros de campo, recolección, preservación y transporte de muestras de agua y el registro de información.

Adicionalmente, incluye la definición del Sistema de Monitoreo y Vigilancia Hídrica Titicaca que comprende: la red de monitoreo, ajustada para contar con información representativa de todo el lago a partir de la red implementada por el PNUMA en el año 1997, los parámetros que se deben medir y determinar, los meses en los que deben realizarse los monitoreos, las instituciones responsables y el presupuesto, de carácter referencia, que debe asignarse.



Bahía de Puno (PERÚ)



Bahía de Cohana (BOLIVIA)

2 OBJETIVOS DEL PROTOCOLO

Es objetivo general del presente protocolo: Estandarizar los criterios y procedimientos técnicos de planificación y ejecución del monitoreo binacional de la calidad del agua del lago Titicaca. Asimismo, son objetivos específicos del presente documento:

1. Establecer y definir criterios para la medición de parámetros en campo, recolección, preservación, almacenamiento y transporte de muestras de agua; así como el aseguramiento de la calidad del monitoreo.
2. Disponer de información necesaria y oportuna que facilite la toma de decisiones e implementación de acciones de prevención, protección y recuperación de la calidad de agua del lago Titicaca.
3. Establecer la red de puntos de monitoreo, los parámetros fisicoquímicos, la frecuencia, el presupuesto y el marco institucional del monitoreo binacional del lago Titicaca.

3 MARCO NORMATIVO

El Protocolo Binacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua del lago Titicaca fue elaborado enmarcado en las siguientes normas y reglamentos:

1. Marco Normativo de Perú:
 - Ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos.
 - Decreto Supremo N°001-2010-AG, “Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos”, modificado por D.S. N°006-2017-AG.
 - Resolución Jefatural N°010-2016-ANA, “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos”.
 - Resolución Jefatural N°056-2018-ANA, “Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales”.
 - D.S N°004-2017-MINAM. “Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA – Agua)”.
2. Marco Normativo de Bolivia
 - Ley N°1333 - Ley del Medio Ambiente.
 - Decreto Supremo N° 24176 - Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

4 ALCANCES Y APLICACIÓN DEL PROTOCOLO

El Protocolo Binacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua del Lago Titicaca, elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el caso de Perú, y el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR) en el caso de Bolivia, con la participación del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT), será de uso oficial de ambos países para el monitoreo de la calidad de agua del lago Titicaca, en cumplimiento con los acuerdos binacionales celebrados por Perú y Bolivia.

Establece los criterios y procedimientos metodológicos para realizar mediciones de los parámetros de campo: temperatura (T°), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrogeniones (pH), turbidez (Turb), conductividad eléctrica (CE), mediante el uso de equipos multiparamétricos calibrados; así como para la recolección de muestras de agua, tanto a nivel de superficie, y a nivel de columna de agua, tanto para medir parámetros de campo como para la colecta, preservación y conservación de muestras de agua para su envío al laboratorio.

Asimismo, representa un instrumento base para identificar y establecer acciones o proyectos de protección, conservación, así como para evaluar la efectividad de las acciones y medidas de control de las fuentes contaminantes.

5 PLANEAMIENTO DEL MONITOREO

El monitoreo binacional debe estar estructurado en tres fases: pre muestreo, muestreo y post muestreo, con acciones específicas que se muestran en la Tabla N° 1.

Tabla 1. Fases y acciones del proceso de monitoreo

Pre muestreo	Muestreo	Post muestreo
- Reunión de coordinación para elaborar plan de monitoreo.	- Verificación del desempeño de equipos de campo.	- Análisis de las muestras en laboratorios de Perú y Bolivia.
- Definición de la ruta y cronograma de navegación.	- Revisión de la lista de equipos, material e insumos de monitoreo.	- Emisión de resultados de los análisis de laboratorios.
- Definición de los puntos de abastecimiento de combustible.	- Colecta de muestras de aguas	- Sistematización de datos de campo y laboratorios.
- Definición de los puntos de desembarque de muestras.	- Medición de parámetros de campo y análisis comparativo rápido.	- Elaboración del Informe Técnico Binacional del monitoreo
- Elaboración y presentación del plan de monitoreo.	- Llenado de formularios de campo.	- Aprobación del informe de monitoreo.
- Trámite de permisos de navegación.	- Resguardo y preservación de muestras colectadas.	- Socialización y entrega del informe a instituciones.
- Preparación de equipos, material e insumos de monitoreo.	- Llenado de la cadena de custodia.	
- Cursos de seguridad a bordo y en trabajo de campo.	- Embalaje y transporte de muestras a los laboratorios.	
	- Entrega de muestras a los laboratorios.	
	- Revisión y complementación de formularios de campo.	

6 PRE-MUESTREO

6.1 Identificación y análisis de la información

Para un adecuado planeamiento del monitoreo, es fundamental identificar y evaluar la información disponible, referida a:

- Ubicación y tipo de fuentes contaminantes (tanto en el cuerpo de agua, como en el ámbito circunlacustre).
- Identificación de zonas afectadas por la contaminación.
- Identificación de zonas bajo influencia antrópica (zonas agropecuarias, centros urbanos y rurales, desembocadura de ríos).
- Batimetría del lago Titicaca.
- Resultados de anteriores monitoreos.

6.2 Plan de monitoreo

El Plan Binacional de Monitoreo es el instrumento técnico operativo del monitoreo de calidad del agua que se elabora y aprueba de forma conjunta por las instancias competentes en materia de recursos hídricos de ambos países. En este plan se establecen las actividades, los recursos, los responsables y el cronograma que asegure el logro de cada una de las acciones de las fases 2 y 3 del proceso de monitoreo, desde el traslado del personal al punto de inicio del trabajo de campo, la verificación del desempeño de equipos de campo, hasta la socialización y entrega del informe de monitoreo.

Para su elaboración, se debe tener previamente definido el personal técnico que intervendrá en el monitoreo, la ruta de navegación, los puntos de embarque y desembarque de las muestras, la red de monitoreo y los parámetros de campo a medir. Con todo esto, el plan es elaborado por el personal de la ALT y presentado en una reunión de trabajo binacional para su aprobación y posterior aplicación. Las reuniones previstas para estos propósitos podrán tener carácter presencial o virtual.

6.3 Contenido del Plan de Monitoreo

El Plan de Monitoreo Binacional deberá contener los siguientes puntos:

1. Introducción
2. Objetivos
3. Fecha de monitoreo
4. Instituciones participantes
5. Red de monitoreo
6. Ruta de navegación (Puntos de zarpe y atraque para el despacho de muestras, pernocte y abastecimiento de combustible).
7. Equipos y material para medición de campo
8. Equipos, material e insumos para la toma y conservación de muestras
9. Personal y funciones asignadas.
10. Apoyo logístico
11. Cronograma
12. Presupuesto

6.4 Designación de personal

Cada institución designará el personal técnico que participará en el monitoreo de acuerdo al Plan de Monitoreo aprobado. Esta designación se deberá hacer oficial mediante nota presentada a la ALT con una anticipación de treinta (30) días para efectos de trámite de permisos de navegación, contratación de seguros y otros trámites que se requieran.

6.5 Reuniones de planificación

La ALT convocará antes, durante y después del monitoreo al personal técnico designado para reuniones de planificación y evaluación. Estas reuniones tendrán carácter presencial o virtual a través del sistema de videoconferencias. Adicionalmente, se deberá mantener comunicación o coordinación permanente vía telefónica o correos electrónicos. Las primeras coordinaciones de organización del monitoreo deberán realizarse mínimo con sesenta (60) días de anticipación.

6.6 Aspectos referidos a la navegación

6.6.1 Permisos de navegación

Al tratarse de una actividad de carácter binacional, las embarcaciones y el personal especialista y tripulación a bordo requieren contar con un permiso de navegación y un seguro que les permita trabajar libremente, tanto en territorio peruano como boliviano. Para este propósito, la ALT, como entidad binacional, realizará las respectivas gestiones ante las instancias competentes de cada país, debiendo presentar la siguiente documentación:

1. Carta dirigida a la instancia naval correspondiente en cada país.
2. Plan de Monitoreo Binacional, aprobado.
3. Ruta de Navegación (mapa).
4. Relación nominal de la tripulación y del personal técnico designado.
5. Copia de la documentación de la embarcación (es) con fecha vigente de refrendo.

6.6.2 Plan de seguridad a bordo

Comprende la realización de los siguientes cursos cortos en los que debe participar el personal designado para el trabajo de campo:

- a) Curso de sobrevivencia y primeros auxilios a bordo bajo las normas de formación OMI (Organización Marítima Internacional).
- b) Seguro contra todo riesgo (SCTR).
- c) Buenas prácticas de seguridad a bordo durante el monitoreo, considera entre otros aspectos: uso de chalecos salvavidas, zonas de riesgo y de tránsito dentro de la embarcación, primeros auxilios en caso de ahogamiento, caída al agua u otros, relación y control de medicamentos en botiquín de primeros auxilios y otros.
- d) Buenas prácticas ambientales en manejo de residuos y otros pertinentes.

6.7 Logística y presupuesto

6.7.1 Recursos Humanos

El monitoreo deberá ser ejecutado por personal técnico con experiencia en medición de parámetros de campo, así como en colecta y transporte de muestra de agua. En este sentido, cada país deberá designar preferentemente personal con el siguiente perfil profesional:

- Especialistas en calidad de recursos hídricos, uno por cada país.
- Asistentes técnicos químicos o ambientalistas, uno por cada país.
- Patrón de embarcación con amplia experiencia en navegación en el lago Titicaca, uno por embarcación, designado por la ALT.
- Conductor de vehículo para traslado de muestras vía terrestres, designado por la ALT.

Sin embargo, dependiendo del caso y propósitos, podrá participar adicionalmente personal técnico especialista o científicos y autoridades peruano – bolivianas debidamente avalados por las instituciones responsables del monitoreo.

6.7.2 Recursos Económicos

Los países designarán, bajo una estructura presupuestaria y como parte del POA de la ALT, los recursos económicos para financiar los siguientes gastos:

- Pasajes y viáticos para todo el personal designado por ambos países.
- Combustible para embarcación y vehículos.
- Costos de envío de muestras a través de medios rápidos y seguros (camioneta, Courier).
- Costos por servicios de análisis de las muestras en laboratorios acreditados.
- Costos de alquiler de embarcación (es).
- Compra de ice pack y hielo.
- Seguro de vida contra todo riesgo para el personal designado por ambos países.
- Indumentaria básica.

6.7.3 Recursos logísticos

La ALT, con parte del presupuesto asignado a través de su POA y con base en el Plan de Monitoreo aprobado, deberá prever la disponibilidad de los recursos logísticos:

- Vehículos, tipo camioneta.
- Embarcaciones adecuadas para navegar el lago Titicaca en toda su extensión.
- Equipos multiparamétricos para medir en campo mínimamente los siguientes parámetros: Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez y Temperatura.
- Equipos y material de laboratorio para la medición de sólidos sedimentarios y transparencia, así como recipientes para el muestreo de agua superficial y en columna de agua (a diferentes profundidades).
- Reactivos para la preservación de muestras de agua, provisto por el laboratorio que realizará los análisis.
- Cartografía, planillas de campo y cadenas de custodia (Ver Anexos)

Las muestras de agua recolectadas debidamente preservadas y conservadas serán enviadas a un laboratorio acreditado, tanto de Perú y Bolivia, para el análisis correspondiente.



La Tabla 2 presenta el detalle del material, equipos e insumos requeridos para el monitoreo del lago Titicaca.

Tipo	Descripción
Medios de transporte	Vehículo para traslado de personal y muestras de agua. Embarcación principal con capacidad para 15 personas a bordo y embarcaciones menores de acompañamiento y/o apoyo (zodiac, lancha)(1).
Materiales	Cooler grandes y pequeños, frascos de plásticos y vidrio (2), baldes de acero inoxidable y/o de plástico transparente de primer uso y limpios (4-20 litros de volumen), guantes descartables (3), mascarillas (3), pizeta, refrigerantes y otros.
Equipos	GPS, equipos multiparámetro, cámara fotográfica, botellas hidrográficas, brazo muestreador, Disco Secchi.
Soluciones y reactivos	Agua destilada, preservantes químicos, soluciones estándar (pH, conductividad, otros).
Formatos	Planillas de campo, etiquetas, Ficha de identificación del punto de monitoreo, planilla de cadena de custodia (ver anexos)
Material cartográfico	Carta batimétrica del lago Titicaca, que incluya la Red de Monitoreo.
Indumentaria de protección	Vestimenta de seguridad con cinta reflectiva (pantalón, polo o camisa de manga larga, casaca, chaleco), lentes, casco, gorra, ponchos impermeables, arnés, chalecos salvavidas.
Otros	Marcadores de tinta indeleble y de pizarrón, lápices, cinta adhesiva, papel secante, libreta de campo, cuerda o cabo, cinta métrica, linterna de mano, pizarra acrílica o tablero, tijera, botiquín de primeros auxilios, agua para consumo humano, otros

(1) Deben cumplir condiciones de seguridad para el transporte del personal, equipos y materiales, establecidos en la ficha de seguridad de la embarcación, este último es obligatorio para el monitoreo del Lago Titicaca.

(2) Frascos de primer uso, cuyo volumen y características serán determinados por el parámetro a evaluar.

(3) Los cuales deberán ser únicos por cada punto de monitoreo.



Embarcación principal (PERÚ)



Vehículo para recojo de muestras (Bolivia)

7 MONITOREO

7.1 Sistema Monitoreo

El Sistema de Monitoreo y Vigilancia Hídrica del lago Titicaca (SIMOVH Titicaca), está conformado por los siguientes componentes:

1. Red de monitoreo binacional
2. Parámetros y límites
3. Frecuencia
4. Presupuesto
5. Responsables
6. Sistema de Información.

Se adjunta en anexos el documento descriptivo del SIMOVH Titicaca.

7.2 Codificación

El código del punto de monitoreo deberá estar compuesto por cinco (5) letras. La primera, escrita en mayúsculas, correspondiente al tipo de cuerpo de agua de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- L para Lago
- B para Bahía
- D para Desembocadura
- R para Río

Las siguientes cuatro letras, de la cuales, la primera escrita en mayúsculas, debe corresponder a la abreviación del nombre del cuerpo de agua o zona del mismo, seguido por un número correlativo iniciado en uno (1).

Como ejemplo, el primer punto ubicado en el lago Titicaca deberá codificarse como LTiti1.

Cuando se requiera agregar un nuevo punto intermedio entre otros dos, este deberá tener el mismo número del punto anterior seguido de una letra en orden alfabético. Así por ejemplo, si en la zona de monitoreo donde se ubica el punto denominado LTiti1 se adiciona un nuevo punto, éste se denominará LTiti1a.

Para el caso de muestreos en columna de agua sobre un mismo punto, la codificación deberá realizarse de la siguiente manera:

- Para muestreo en superficie: LTiti1-S
- Para muestreo en medio: LTiti1-M
- Para muestreo en fondo: LTiti1-F

Toda la información relativa al punto de monitoreo será registrada en el formato de la Ficha de Identificación del Punto de Monitoreo en cada monitoreo.

7.3 Toma de muestras

La confiabilidad de los resultados depende en gran medida de la experiencia del personal y del procedimiento empleado al momento de la colecta de agua; así como del método de análisis que se emplee: En este sentido, conviene previamente determinar el tipo de muestra a tomar, simple¹ o compuesta². Para el caso de evaluación de la calidad de aguas superficiales, se optará por la toma de muestras simples.

Se precisa que el objetivo del monitoreo es obtener datos acerca del estado de la calidad de agua del lago Titicaca, evaluando para este propósito parámetros y constituyentes representativos que no presenten cambios significativos antes de su análisis o evaluación, siguiendo el siguiente procedimiento:

“Al arribar al punto georreferenciado con ayuda del navegador GPS, emplazar y estabilizar la posición de la embarcación de forma perpendicular a la corriente y dirección del viento dominante, el registro de datos y toma de muestras con ayuda del brazo telescópico debe ser en la zona opuesta a la corriente o dirección del viento para evitar la contaminación cruzada. Si la zona del lago Titicaca es muy profunda, regular la ubicación con el motor o con los remos de la embarcación tratando de mantener la embarcación en el punto de monitoreo. Si el punto de muestreo no es muy profundo, se recomienda anclar la embarcación”.

El Gráfico N° 1 muestra el emplazamiento de la embarcación para la toma de muestras y registro de parámetros de campo:

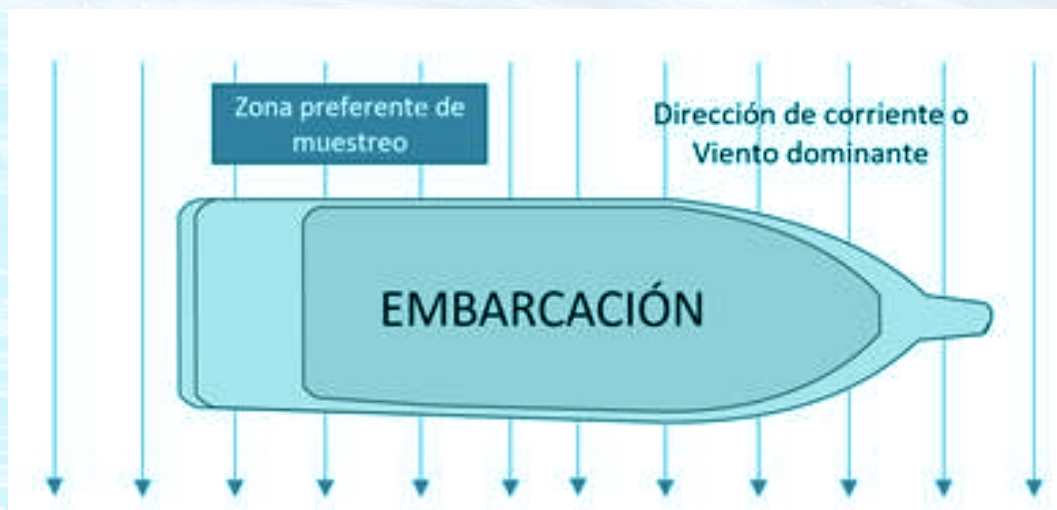


Gráfico N° 1: Emplazamiento de embarcación para registro de parámetros campo y toma de muestras

¹Muestra simple: muestra recolectada en un lugar y tiempo específico y se realiza por una sola vez.

²Muestra compuesta. Combinación de muestras simples tomadas en el mismo sitio durante un tiempo determinado. Se emplea para observar las concentraciones promedio usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de un sistema de tratamiento.

7.3.1 Muestreo de aguas superficiales

Se realiza con el apoyo de un brazo muestreador de dos metros de largo aproximadamente a fin de evitar recolectar al borde de la embarcación. La muestra deberá ser tomada a una profundidad de 20 a 30 cm, a excepción de la muestra para el análisis de aceites y grasas que se toma el agua superficial. Si el punto de muestreo no es muy profundo, se recomienda anclar la embarcación. Si la zona del lago Titicaca es muy profunda, regular la ubicación con el motor o con los remos de la embarcación, tratando de mantener la embarcación en el punto de monitoreo.

Para la toma de muestras se debe colocar el frasco en el brazo muestreador, asegurarla y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna. Extender el brazo muestreador, tomar la muestra de agua y enjuagar el recipiente como mínimo dos veces. Se exceptúa el enjuague de los frascos o recipientes para los parámetros orgánicos y microbiológicos.

Antes de iniciar el muestreo, todo el personal técnico que manipula los equipos de colecta de muestra, los recipientes, frascos y los reactivos de preservación, debe colocarse guantes descartables, mascarilla, gafas protectoras y protector de cabello.

7.3.2 Muestreo en la columna de agua:

Cuando se requiera tomar muestras en la columna de agua, es preciso averiguar la profundidad del punto de monitoreo, para ello se puede utilizar una ecosonda o referencialmente la carta batimétrica donde, con la ayuda de un GPS, se debe trazar el punto en la carta. Luego se baja el dispositivo de muestreo, botella Niskin³ (Figura 1) sujeta a un cable o cuerda previamente marcada cada 0,5 m.

El procedimiento para utilizar la botella tipo Niskin es el siguiente:

- Marcar la cuerda de nylon y/o cable de acero trenzado cada 0,5 metros, colocar un lastre por debajo de la botella hidrográfica para asegurar el hundimiento de la misma y otro lastre en el extremo opuesto de la cuerda.
- Acondicionar la botella hidrográfica abriendo ambos extremos de la botella y asegurando para que no se cierren.
- Enjuagar como mínimo dos veces la botella con agua del mismo punto.
- Bajar la botella a la profundidad requerida de acuerdo a los objetivos del monitoreo. Esperar por lo menos 1 minuto para su estabilización y enviar el dispositivo mensajero que cerrará de manera instantánea ambos extremos de la botella hidrográfica y proceder a subirla.
- Cuando la botella llegue a la embarcación, vaciar el contenido en un balde limpio y enjuagado, tomar una fracción para la medición de parámetros de campo y otra para los ensayos que se requieran.

Ambos procedimientos de muestreo son válidos para los siguientes parámetros:

- a) Para la determinación de parámetros básicos
- b) Para la determinación de constituyentes inorgánicos metálicos
- c) Para la determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos

³ Botella Niskin: construida de elementos plásticos (PVC), libre de elementos metálicos en su interior a fin de evitar reacciones químicas entre el metal y el agua de muestra, además de evitar la alteración de la medición de ciertas sustancias. Su mecanismo de cierre es accionado por un mensajero metálico, que al golpear el seguir, libera las tapas, y con ello captura la muestra de la profundidad deseada.

- d) Para la determinación de constituyentes orgánico
- e) Para la determinación de constituyentes orgánicos agregados
- f) Para la determinación de constituyentes microbiológicos (no se debe lavar los frascos para los parámetros orgánicos y microbiológicos)



Fig. 3. Botella Niski, para el muestreo en columna de agua.

A continuación, se describe el procedimiento para la toma de muestras por tipo de parámetro.

7.3.3 Muestreo para Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para el muestreo de este parámetro, se debe considerar lo siguiente: utilizar frascos de plástico de boca ancha de un litro de capacidad, limpios, enjuagar el frasco tres veces, al tomar la muestra llenar lentamente en su totalidad el frasco e inmediatamente tapar para evitar la formación de burbujas, no se debe agregar ningún preservante, no se debe congelar la muestra, se debe conservar a 4 °C previo a su determinación.

Las muestras se deben analizar con prontitud debido a que se pueden degradar durante su almacenamiento, dando como resultado valores bajos. Debe mantenerse el mínimo tiempo posible en almacenamiento, incluso si se llevan a bajas temperaturas. Antes del análisis calentarlas a 20°C.

7.3.4 Muestreo para Demanda Química de Oxígeno

Es preferible realizar la toma de muestras en recipientes de vidrio, no obstante de plástico también es válido, toda vez que no contamine la muestra con materiales orgánicos. Se debe preservar añadiendo ácido sulfúrico hasta pH = 2 y refrigerar a 4 °C. Si la muestra no se preserva se debe proceder a analizar rápidamente tras la toma de la muestra, que además deberá ser representativa y estar bien homogeneizada.

En el caso de zonas eutrofizadas, donde se registren niveles de oxígeno disueltos > 120% o 7 mg/L, se debe tomar la fracción que corresponda de manera directa en los viales de digestión de DQO de intervalo o rango medio o alto, según corresponda la calidad o características de la muestra de agua.

7.3.5 Muestreo para Clorofila A

Recoger en frascos o recipientes opacos o de color ámbar un volumen de agua suficiente, de

0,5 a 2,0 L, en columna de agua (superficie, medio y fondo), la profundidad es definida de acuerdo a los datos de batimetría del lago. Se debe refrigerar la muestra hasta que llegue al laboratorio para su filtrado y análisis.

7.3.6 Muestreo para Aceites y Grasas.-

Para el caso de Aceites y Grasas e Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), deberá realizarse la toma directa sin realizar el enjuague. La toma de muestra se hace en la superficie del agua. Los frascos a utilizar deberán ser de vidrio y de 1 L de capacidad, color ámbar de boca ancha con cierre hermético (no utilizar contratapa de plástico). Se debe preservar bajo refrigeración. Este parámetro se evaluará en las bahías de Puno, Yunguyo, Copacabana y Cohana.

7.3.7 Muestreo para Fósforo total, Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal

En un frasco de plástico recoger un volumen de 1 L de muestra de agua, preservar con solución de ácido sulfúrico hasta pH < 2 mantener refrigerada hasta previo a su determinación.

7.3.8 Muestreo para Metales Totales. -

Se debe coleccionar un volumen de 250 mL en un frasco de plástico y preservar con ácido nítrico hasta obtener un pH < 2, luego refrigerar y almacenar hasta que llegue al laboratorio para su respectivo análisis.

7.3.9 Muestreo para Coliformes Termotolerantes.-

Se debe coleccionar en envase esterilizados y durante la toma de muestra debe prestarse atención a mantener una adecuada asepsia para evitar su contaminación accidental.

El procedimiento de muestreo debe seguir la siguiente secuencia:

- Abrir el recipiente estéril, evitando todo contacto de los dedos con la boca e interior del mismo y sosteniendo la tapa de manera que ésta mire para abajo.
- Llenar el frasco dejando una cámara de aire. Durante el llenado es conveniente tener la precaución de mantener el frasco inclinado a 45° para evitar la introducción de partículas externas.
- Tapar inmediatamente asegurando un cierre perfecto.
- Almacenar la muestra en una conservadora oscura, con hielo y limpia, Nunca guardar la muestra en una hielera o freezer. La conservadora debe tener la mayor higiene posible.
- Trasladar la muestra al Laboratorio en un plazo máximo de 24 horas, correctamente refrigerada y en lugar oscuro.

7.4 Mediciones de parámetros en campo

La medición de Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez y Temperatura en campo debe realizarse utilizando equipos multiparámetros portátiles o sondas multiparamétricas calibradas o verificadas previo a cada jornada de monitoreo. Para la determinación de la transparencia deberá utilizarse un Disco Secchi y para sólidos sedimentarios un Cono Imhoff.

La medición de los parámetros de campo debe realizarse en un balde conteniendo la muestra de agua e introduciendo en la misma los electrodos del equipo multiparamétrico, previamente enjuagados con la misma muestra. Las mediciones deben realizarse hasta obtener lecturas constantes en los primeros 5 a 10 minutos luego de tomada la muestra.

Si se producen variaciones significativas durante las medidas entre dos puntos contiguos de muestreo, será necesario verificar el equipo multiparamétrico utilizando soluciones de referencia o de calibración. Si se verifica que la muestra fue tomada de manera incorrecta, se debe realizar nuevamente la colecta de muestra del sitio o sitios donde se registraron los valores anómalos. Las mediciones deberán registrarse en la Planilla de Campo (véase Anexos). Realizadas las mediciones, se debe enjuagar el equipo con agua destilada y ubicarlo en un lugar seguro y accesible para su uso en el siguiente punto.

Concluido la jornada de monitoreo y a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro, se debe limpiar los equipos de muestreo con suficiente agua destilada o desionizada, sin causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes. Es importante llevar a campo las herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran.

7.4.1 Medición de la Conductividad Eléctrica

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica. Depende de la concentración y naturaleza de los iones, de la temperatura y viscosidad de la muestra de agua. Interfieren en su medición la presencia de sólidos en suspensión, aceites y grasas.

Previo a las mediciones, debe realizarse el ajuste del equipo según su manual y utilizando soluciones estándar de cloruro de potasio (KCl). Generalmente se utiliza una solución de KCl 0,01 M (744,7 mg/L) que da lecturas de: 1413 $\mu\text{S/cm}$ a 25 °C, 1278 $\mu\text{S/cm}$ a 20 °C, 1147 $\mu\text{S/cm}$ a 15 °C, 1020 $\mu\text{S/cm}$ a 10 °C y 896 $\mu\text{S/cm}$ a 5 °C.

Para la medición, se debe enjuagar el electrodo con la misma muestra, sumergir en la muestra, agitar suavemente, esperar a que se estabilice la lectura y registrar el valor de lectura constante mostrado por el equipo. Se debe registrar también la temperatura medida por el sensor.

7.4.2 Medición de Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto se constituye en un indicador del nivel de contaminación, principalmente de características orgánicas, de un cuerpo de agua. Valores por debajo del 50% o 3 mg/L muestran niveles de contaminación crítica donde peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Por otro lado, valores mayores al 130% o 9 mg/L en el lago Titicaca, medido entre las 10 y 17 horas del día, es señal de eutrofización.

Previo a las mediciones, se debe ajustar o verificar la calibración del medidor según especificaciones del equipo. Generalmente se verifica en aire saturado con vapor de agua, condición en la que el medidor debe registrar 100% de saturación.

Para la medición, se debe enjuagar el electrodo con agua destilada, luego introducirlo en la muestra y agitar suavemente. Registrar el valor de lectura constante mostrado por el equipo y la temperatura de medición. Para evitar lecturas erróneas por deficiencias de compensación debido a la presión atmosférica, es recomendable utilizar sensores ópticos de tecnología LDO. Las lecturas deben registrarse en mg/L y en % de saturación.

7.4.3 Medición de pH

La determinación de pH en agua es una medida del nivel de acidez o alcalinidad provocada principalmente por constituyentes inorgánicos y en algunos otros casos por materia orgánica en descomposición (ácidos orgánicos). Generalmente es medido utilizando un electrodo de vidrio, relativamente libre de interferencias de color, turbidez, materia coloidal, oxidantes, reductores y salinidad.

Previo a las mediciones, se debe verificar o ajustar el equipo utilizando soluciones buffers de 4,00, 7,00 y 10,00 y siguiendo los procedimientos del manual del equipo.

Para la medición, se debe enjuagar el electrodo con agua destilada, luego con la misma muestra y posteriormente introducir en ésta agitando suavemente. Se debe registrar el valor constante y la temperatura de medición mostrada por el equipo. Concluida la lectura, se debe enjuagar con abundante agua y almacenarla en solución de cloruro de potasio 3 M.

7.4.4 Medición de turbidez

La turbidez es una medida de la contaminación causada por materia coloidal o sólidos suspendidos (arcilla, materia orgánica e inorgánica, microalgas, organismos microscópicos y otros). Es una expresión de la propiedad óptica que causa que la luz sea dispersada y absorbida, en lugar de ser transmitida en línea recta a través de la muestra.

Previo a las mediciones, se debe verificar las lecturas del equipo utilizando soluciones estándar de 0, 1, 10 y 100 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) siguiendo las instrucciones descritas en el manual del equipo. Es posible que el equipo requiera la construcción de una curva de calibración por desviaciones en sus lecturas.

Para las mediciones de turbidez, se debe tomar una fracción de la muestra en la celda de vidrio o plástico hasta la marca de graduación correspondiente, limpiar y secar bien la celda e introducirla en el receptáculo del equipo. Presionar la tecla de lectura y registrar el valor mostrado por el equipo en NTU. Se recomienda realizar mediciones hasta lectura constante o cuya variación no sea mayor al 5% del valor promedio. En el caso de muestras con presencia de sólidos sedimentarios, se debe tomar la muestra de la parte superior del cono Imhoff, luego de haber sido sedimentado por lo menos 1 hora.

7.4.5 Medición de la temperatura

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción. La temperatura es una variable que influye en el comportamiento de otros indicadores de calidad del recurso hídrico, como en el pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y otras.

Este parámetro debe ser medido in situ utilizando los sensores de los electrodos utilizados para las mediciones de los demás parámetros y de preferencia registrados como un intervalo entre los valores mínimo y máximo leídos, o como promedio entre ambos.

7.4.6 Medición de Sólidos Sedimentables

Es una medida de todas aquellas sustancias que están en suspensión en el seno del agua y pueden decantar de forma natural o espontánea. Generalmente se mide el volumen de sólidos sedimentados durante dos horas en el fondo de un cono Imhoff de 1L.

Para su medición, se debe verter en el cono Imhoff 1 L de muestra perfectamente mezclada. Dejar sedimentar y leer el volumen del sedimento a los 10 minutos. Seguidamente, a los 45 minutos, golpear las paredes del cono con una varilla para desprender las partículas adheridas. Dejar sedimentar 15 minutos más y leer el volumen del sedimento en la escala a los 60 minutos de iniciado el ensayo. Los resultados se expresan en mL de sólidos sedimentarios por 1 L de muestra (mL/L) a los 10 minutos y a los 60 minutos.

7.4.7 Medición de la transparencia

La transparencia es una medida de la profundidad que alcanza la luz bajo el agua, que depende de la cantidad de material en suspensión y de las sustancias disueltas en la misma. A mayor presencia de moléculas y partículas que pueden absorber o dispersar la luz menor será la transparencia. Materiales oscuros o negros absorben más longitud de onda mientras que materiales claros o blancos la reflejan. Las partículas pequeñas, con diámetros menores de 1m, pueden dispersar la luz.

Como se conoce, la luz del sol aporta la energía para la fotosíntesis (proceso por el cual las plantas crecen tomando carbono, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, y liberando oxígeno), es así que la profundidad a la que penetre la luz del sol en el cuerpo de agua determinará la profundidad a la cual las plantas acuáticas pueden crecer y a la productividad primaria, expresado en el florecimiento algal.

Para la determinación de la transparencia (Z) en el lago Titicaca se utilizará el disco Secchi, debiendo realizar las siguientes dos medidas: 1) la distancia entre la superficie del agua y el disco Secchi cuando éste desaparece durante su inmersión; 2) La distancia entre la superficie del agua y el disco Secchi cuando éste reaparece durante su emersión. Si el disco Secchi alcanza el fondo de su cuerpo de agua antes de desaparecer, se debe anotar la profundidad del agua con el signo mayor que > (por ejemplo, > 15 m).

Para estandarizar los datos, todas las medidas deben hacerse a la sombra y registrarlas en metros (m).

7.5 Preparación y transporte de muestras

7.5.1 Preservación de muestras

Una vez tomada la muestra de agua, se debe proceder inmediatamente adicionar el preservante según el o los parámetros requeridos de acuerdo a la Tabla N° 3 (Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado). Una vez añadido el preservante, homogenizar y cerrar herméticamente el recipiente. Las tapas de goma o

neopreno o tapas de rosca con empaque son adecuadas, siempre que los reactivos no reaccionan con estos materiales.

Se debe hacer uso de mascarillas, gafas de seguridad y guantes descartables resistentes a los reactivos, recomendándose los guantes delgados de nitrilo o vinilo de color verde o celeste. Asimismo, se debe tener en cuenta las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas siguiendo las recomendaciones de los fabricantes, estipuladas en las hojas de seguridad (MSDS).

Durante el trabajo de campo los reactivos se deben almacenar de forma separada de los recipientes para muestras y otros equipos en un “cooler” pequeño limpio y seguro para impedir la contaminación cruzada.

Tabla 3. Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado

N	Determinación	Metodología	Envase	Volumen mín. de muestra (mL)	Conservación	Tiempo de almacenado
1	Sólidos totales	Gravimetría	P, V	300 mL	0 – 6 °C	7 días
2	Sólidos suspendidos	Gravimetría	P, V	1L	0 – 6 °C	7 días
3	Cloruros	Volumetría	P, V	400 mL	-	28 días
4	Fósforo total	ISO 15681	P, V	300 mL	H ₂ SO ₄ pH<2 0 – 6 °C	28 días
5	Fosfato total		V	200 mL	0 – 6 °C	48 horas
6	Nitrógeno total	ISO 29441	P, V	100 mL	H ₂ SO ₄ pH<2 0 – 6 °C	28 días
7	Sulfuros	SM 4500 52E	P, V	300 mL	Zn(Ac) ₂ 6mL, 2N NaOH, 2mL, 6N pH>9 0 – 6 °C	28 días
8	Nitrógeno amoniacal		P, V	250 mL	H ₂ SO ₄ pH<2 0 – 6 °C	28 días
9	Metales	EPA 6020 ^a	P	250 mL	HNO ₃ pH<2	6 meses
10	Mercurio total		P, V	100 mL	HNO ₃ pH<2 0 – 6 °C	28 días
11	DBO	SMEWW APHA AWWA	P, V	1L	Sin aire 0 – 6 °C	48 horas
12	DQO	SMEWW APHA AWWA	P, V	100 mL	H ₂ SO ₄ pH<2 0 – 6 °C	28 días
13	Clorofila A	SMEWW APHA AWWA	V ámbar	1L	0 – 6 °C	48 horas
14	Aceites y Grasas	SMEWW APHA AWWA	V ámbar	1L	H ₂ SO ₄ pH<2 0 – 6 °C	28 días
15	COT	Combustión-IRDN	V	1L	H ₂ SO ₄ pH<2 0 – 6 °C	28 días
16	Detergentes	SMEWW APHA AWWA	P, V	1L	0 – 6 °C	
17	Coli. termotolerantes	SMEWW APHA AWWA	P, V	250 mL	<8 °C, no congelar	24 horas
18	Protozoarios	Bailenger mod.	P	1L	Formalina 4% (10mL/L)	8 – 10 días
19	Huevos de Helminto	Mailenger mod.	P	10L	Formalina 4% (10mL/L)	8 – 10 días

7.5.2 Transporte de las muestras

Los frascos con las muestras de agua deben almacenarse dentro de cajas térmicas (coolers) de forma vertical para que no ocurran derrames y sin exponerlos a la luz del sol. Los recipientes de vidrio deben ser embalados con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte (con bolsas poliburbujas o similar).

Para su conservación, las muestras deben acondicionarse bajo un adecuado sistema de enfriamiento a 5 ± 3 °C, pudiendo utilizarse ice pack, hielo o similar, o un refrigerador móvil. En el caso de utilizar hielo, colocar éste en bolsas herméticas. Las cajas térmicas deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura.

Las muestras deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio cumpliendo los tiempos de almacenamiento máximo de cada parámetro de acuerdo a la Tabla 3. Para el transporte de las muestras se deben sellar las cajas térmicas de forma que se asegure la integridad de las muestras.

Para el envío y traslado de las muestras al laboratorio debe preverse en el plan de monitoreo los medios de transporte requeridos en ambos países (aéreo, terrestre y fluvial), según corresponda. El personal responsable deberá utilizar el medio de comunicación que pueda garantizar el seguimiento a las condiciones de almacenamiento y tiempo de transporte hasta su entrega al laboratorio.

7.5.3 Cadena de custodia

La Planilla de la Cadena de Custodia debe contener como mínimo la siguiente información:

- Nombre de la institución que realiza el monitoreo.
- Nombre, correo, número telefónico de la persona responsable de la toma de muestras.
- Nombre del proyecto y/o del monitoreo.
- Código de la muestra.
- Fecha y hora del muestreo.
- Número y tipo de envases por punto de muestreo.
- Tipo de preservación de la muestra.
- Lista de parámetros que deben determinarse en cada muestra.
- Firma de la persona responsable del monitoreo.
- Observaciones en campo, como condiciones climáticas particulares, anomalías organolépticas del agua, actividades o condiciones insólitas durante el transporte del monitoreo.

Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de la Cadena de Custodia debidamente llenada, colocándose en un sobre plastificado a fin de evitar su deterioro. Estas planillas deberán ser remitidas dentro del cooler que contienen las muestras y el responsable de su recepción deberá anotar las condiciones en las que se recibieron las mismas, firmando luego en el espacio que corresponda.

7.6 Aseguramiento de la calidad

Para garantizar el éxito del monitoreo, el plan de monitoreo debe considerar los siguientes aspectos:

El personal técnico designado para el monitoreo deberá tener mínimamente 2 años de experiencia específica en la medición de parámetros de campo, toma de muestras de agua y en el uso y calibración de equipos de monitoreo.

Todos los equipos que se utilizarán en las mediciones y determinaciones en campo deben ser ajustadas y verificadas al inicio de cada jornada con soluciones estándares o de referencia trazables. Todos los datos deben ser registrados en la bitácora de cada equipo.

Todos los datos de campo deben registrarse en las planillas diseñadas para este efecto (ver Anexos) utilizándose bolígrafo y con letra legible.

Todas las muestras deben ser identificadas con las etiquetadas diseñadas para este efecto (ver Anexos) llenadas con bolígrafo y letra legible.

Por cada conjunto de muestras enviadas a los laboratorios se deben llenar las planillas de Cadena de Custodia que correspondan, las mismas que deben ser firmadas por los responsables del muestreo, traslado y recepción.

Los frascos de muestreo deben cumplir con los requisitos técnicos establecidos en el presente protocolo (Tabla 6).

Los frascos deben permanecer tapados durante todo el monitoreo y aislarse de posibles fuentes de contaminación.

Las muestras deben ser tomadas en la parte más estable de la embarcación, girándose para esto la embarcación contra el viento.

Si la muestra colectada contiene partículas grandes como hojas, detritus o algas debe ser descartada tomarse nuevamente.

Para la determinación de DQO, inmediatamente recolectada la muestra de agua se debe agregar la fracción correspondiente (2,0 mL para HACH DR/2400) en el vial conteniendo la solución ácida de dicromato de potasio, tapar, mezclar y almacenar. Esta acción es imprescindible en las zonas eutrofizadas.

En todos los monitoreos se debe hacer uso de las siguientes muestras de control:

- **Blanco viajero.** Son envases que contienen agua desionizada preparados en laboratorio que se trasladan junto a los envases que se utilizarán en el muestreo. Se mantienen en la caja de transporte durante todo el todo el monitoreo sin ser abierto. Se requiere por lo menos uno por cada envío de muestras. Si se encuentran valores anómales, podría ser que la contaminación ocurriera durante el transporte de muestras o en el almacenaje en laboratorio.

- **Blanco de campo.** Son envases que contienen agua desionizada manipuladas de manera idéntica a las muestras para las que se utilizarán (parámetros básicos, metales, no metales, etc.). Deben ser llenados, etiquetados y empacados en un punto de muestreo seleccionado al azar y enviados al laboratorio con las otras muestras. Dependiendo de los parámetros para los que se utilizarán, pueden ser simplemente trasvasados al frasco de muestreo, filtrados o añadidos con preservantes u otra acción. Se requiere un blanco de campo por cada día de muestreo. Se utilizan para evaluar la contaminación durante la colecta, envío de muestras, por reactivos y en laboratorio.

- **Muestras duplicadas.** Son envases conteniendo la misma muestra de agua recolectada, en un punto al azar, en idénticas condiciones y al mismo tiempo que la original. Se debe preparar muestras duplicada para los parámetros que presenten mayor variabilidad en su determinación (metales y no metales) y en sitios con problemas de contaminación, como es el caso de las bahías de Puno y Cohana. Se debe tomar una muestra duplicada por cada día de muestreo. Se usan para evaluar la precisión o error de los procedimientos de muestreo.

8 ACCIONES POST MUESTREO

Corresponde a los pasos finales de la actividad de monitoreo que incluye los análisis en el laboratorio, el procesamiento y la revisión de datos y resultados para la elaboración de los reportes e informe del monitoreo binacional.

8.1 Análisis y reporte de laboratorio

Todas las muestras colectadas deben ser enviadas directamente al laboratorio contratado para la determinación de los parámetros de interés. Las muestras deben ser procesadas de manera inmediata para la determinación de: Coliformes termotolerantes, DBO5 y DQO principalmente. Los resultados deben ser emitidos por el laboratorio en el término de los siguientes 15 días como máximo luego de recibidas las muestras señalando, entre otras, la fecha y hora de recepción de las muestras y la fecha en la que fueron realizados los ensayos de laboratorio. Los resultados deben ser presentados en formato impreso y digital (formato Excel).

Se recomienda contratar laboratorios que cuenten con alguna acreditación o tengan experiencia probada en la determinación de los parámetros ambientales de interés.

8.2 Informe de monitoreo

Con el reporte de ensayos emitidos por el laboratorio y los datos de campo, las autoridades competentes elaborarán el informe binacional de monitoreo de calidad del agua; el mismo que será remitido a la Autoridad Binacional Autónoma del lago Titicaca (ALT) para la planificación de su difusión.

Los resultados serán evaluados con base en la Tabla 2 del SIMOVH Titicaca (ver Anexos), elaborada tomando como referencia los límites establecidos para cuerpos de agua de Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM) de Perú, según el D.S N°004-2017-MINAM; y el Cuadro A-1 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley N°1333 del Medio Ambiente de Bolivia.

Los informes binacionales de monitoreo serán elaborados en un plazo no mayor de dos meses de finalizado el monitoreo, cuyas fechas estarán establecidas en el Plan de Monitoreo. El contenido mínimo de los informes técnicos, no limitativo, será el siguiente:

1. Antecedentes. Deberá contener un resumen de los resultados de las campañas de monitoreo de la anterior gestión.
2. Red de los puntos monitoreados.
3. Parámetros monitoreados.
4. Metodología y técnicas analíticas aplicadas.
5. Resultados obtenidos.
6. Evaluación y análisis de resultados.
7. Conclusiones.
8. Recomendaciones.
9. Archivo fotográfico.
10. Anexos.
 - a. Planillas de campo.
 - b. Cadena de custodia.
 - c. Mapas.

8.3 Base de datos

Los datos, resultados y el informe de los monitoreos de calidad de agua del lago Titicaca, en formatos impresos y editables, serán depositados en la Base Binacional de Datos de Calidad del Agua administrado por la Autoridad Binacional Autónoma del lago Titicaca. Institución que, luego de aprobados y difundidos, debe facilitar los mismos a las entidades competentes de ambos países.

8.4 Difusión de resultados

Aprobado el informe binacional de calidad del agua del lago Titicaca, la ALT debe organizar en cada país la presentación de los resultados a autoridades locales, regionales y nacionales, así como a actores clave vinculados en la gestión y aprovechamiento de este recurso hídrico. Esta actividad debe realizarse al final de cada gestión e incluir los resultados de todas las campañas realizadas en la misma.

9 ANEXOS

9.1 Planilla para el registro de datos de campo

Planilla de Campo para el Monitoreo y la Vigilancia del Lago Titicaca

Datos Generales			
Nombre de la estación:		Código:	
Punto de referencia:		Hora:	
Poblado cercano:		Día.Mes.Año:	
Coordenadas: <div> <div>Este (X)</div> <div>Norte (Y)</div> <div>Altitud (Z)</div> </div>			
Vías de acceso: <div> <div>Carretera</div> <div>Camino Vecinal</div> <div>Senda</div> <div>Lacustre</div> <div>Otro</div> </div>			
Parámetros de calidad			
Color ☐ Incoloro ☐ Verde ☐ Gris ☐ Marrón ☐ Negro ☐ Otro:	Olor ☐ Inodoro ☐ A H ₂ S ☐ Otro	Parámetros Fisicoquímicos ☐ CE (µS/cm) ☐ OD (mg/L) ☐ OD (% Sat) ☐ pH ☐ Temperatura (°C) ☐ Turbidez (NTU) ☐ Sólidos Sedimentarios (mL/L) ☐ Transparencia (m)	Indicadores de contaminación ☐ Ninguno ☐ Aguas residuales ☐ Aceites y Grasas ☐ Residuos Sólidos ☐ Burbujas ☐ Espuma ☐ Otros:
Condiciones de monitoreo			
Clima ☐ Frio ☐ Templado ☐ Caluroso ☐ Despejado ☐ Nublado ☐ Lluvioso ☐ Ventoso	Vegetación circundante ☐ Herbáceas ☐ Arbustos ☐ Árboles ☐ Ninguno	Vegetación interna ☐ Plantas sumergidas ☐ Plantas emergentes ☐ Plantas marginales ☐ Plantas flotantes ☐ Algas filamentosas ☐ Ninguna	Fauna ☐ Peces ☐ Aves ☐ Insectos ☐ Larvas ☐ Otras
Observaciones/Notas:			
Responsable del llenado:		Nombre completo:	
		Firma:	
VoBo:		Nombre completo:	
		Firma:	

9.2 Etiqueta para muestras de agua

Código:	
Fecha de muestreo:	
Hora de muestreo:	
Profundidad:	Sup. ☐ Med. ☐ Fon. ☐
Parámetros requeridos:	
Conservante:	
Temp. almacenado:	
Muestreador:	

9.3 Planilla de cadena de custodia

CADENA DE CUSTODIA

[illegible]

9.4 SIMOVH Titicaca

9.4.1 Red

La Red Binacional de Monitoreo del Lago Titicaca está compuesta por 77 puntos. De éstos, 32 están ubicados en el sector boliviano y 45 en el sector peruano. La Tabla 1A muestra esta distribución, la Tabla 2A las coordenadas de los puntos y la Fig. 1A el Mapa de la Red Binacional de Monitoreo del lago Titicaca.

Tabla 1A: Distribución de puntos de monitoreo en Bolivia y Perú.

Zona	Bolivia	Perú	Totales
Lago Mayor	13	23	36
Lago Menor	19	7	26
Bahía Puno	0	15	15
Totales	32	45	77

Tabla 2A. Coordenadas de la Red Binacional de Monitoreo del lago Titicaca

Punto	Código	UBICACIÓN / WGS 84 / País			
		Este	Norte	Bolivia	Perú
1	LTit01	418233	8304485		L Mayor
2	LTit02	425551	8304475		L Mayor
3	LTit03	411036	8297691		L Mayor
4	LTit04	425888	8296854		L Mayor
5	LTit05	441303	8295079		L Mayor
6	LTit06	407580	8286901		L Mayor
7	LTit07	434430	8288400		L Mayor
8	LTit08	452136	8284541		L Mayor
9	LTit09	420270	8274296		L Mayor
10	LTit10	445219	8277660		L Mayor
11	LTit11	463452	8273404	L Mayor	
12	LTit12	420000	8258200		L Mayor
13	LTit13	430880	8263510		L Mayor
14	LTit14	456468	8266450		L Mayor
15	LTit15	479636	8265565	L Mayor	
16	LTit16	442197	8252259		L Mayor
17	LTit17	479464	8257464	L Mayor	
18	LTit18	421981	8241699		L Mayor
19	LTit19	437748	8241366		L Mayor
20	LTit20	460248	8246095		L Mayor
21	LTit21	472489	8250460	L Mayor	
22	LTit22	488067	8248960	L Mayor	
23	LTit23	454147	8232140		L Mayor
24	LTit24	481007	8241962	L Mayor	
25	LTit25	499706	8238022	L Mayor	
26	LTit26	466679	8227895		L Mayor
27	LTit27	492199	8230715	L Mayor	
28	LTit28	522429	8232409	L Mayor	
29	LTit29	452976	8214840		L Mayor
30	LTit30	474813	8216359	L Mayor	

Punto	Código	UBICACIÓN / WGS 84 / País			
		Este	Norte	Bolivia	Perú
31	LTit31	489010	8212370	L Mayor	
32	LTit32	506909	8215979	L Mayor	
33	LTit33	458788	8209314		L Mayor
34	LTit34	468839	8202737		L Mayor
35	LTit	481724	8204935		L Mayor
36	LTit36	516713	8206331	L Mayor	
37	LTit37	522497	8205575	L Menor	
38	LTit38	528348	8204724	L Menor	
39	LTit39	534869	8203738	L Menor	
40	LTit40	540765	8202884	L Menor	
41	LTit41	506591	8202211		L Menor
42	LTit42	522090	8201446	L Menor	
43	LTit43	527762	8200774	L Menor	
44	LTit44	534327	8199921	L Menor	
45	LTit45	540266	8199023	L Menor	
46	LTit46	499001	8198080		L Menor
47	LTit47	505071	8197329		L Menor
48	LTit48	520876	8192526	L Menor	
49	LTit49	526410	8190657	L Menor	
50	LTit50	503194	8191471		L Menor
51	LTit51	511676	8188540	L Menor	
52	LTit52	522531	8186794	L Menor	
53	LTit53	500962	8184728		L Menor
54	LTit54	499087	8177898		L Menor
55	LTit55	507296	8175059	L Menor	
56	LTit56	496233	8168941		L Menor
57	LTit57	505332	8169207	L Menor	
58	LTit58	513537	8166810	L Menor	
59	LTit59	391402	8249013		B Puno
60	LTit60	392656	8249544		B Puno
61	LTit61	394641	8246844		B Puno
62	LTit62	393607	8248395		B Puno
63	LTit63	393377	8247327		B Puno
64	LTit64	394477	8249053		B Puno
65	LTit65	399844	8246416		B Puno
66	LTit66	398338	8247832		B Puno
67	LTit67	402628	8249587		B Puno
68	LTit68	403161	8245407		B Puno
69	LTit69	407055	8245401		B Puno
70	LTit70	406610	8250115		B Puno
71	LTit71	408155	8255662		B Puno
72	LTit72	414280	8258223		B Puno
73	LTit73	410579	8262593		B Puno
74	LTit45 A	539238	8194658	L Menor	
75	LTit45 B	529538	8190447	L Menor	
76	LTit45 C	529889	8188764	L Menor	
77	LTit45 D	526018	8186790	L Menor	
Total, por país				32	45
Total, Red				77	

Fuente: “Protocolo Binacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua del Lago Titicaca”

9.4.2 Parámetros y Límites

Considerando las características biofísicas propias del lago Titicaca, su extensión, altitud, batimetría, geomorfología, red hídrica, precipitación pluvial; así como actividades antropogénicas y la clasificación o categoría de la calidad del agua asignada por Perú, como cuerpo de agua de Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), según el D.S N°004-2017-MINAM; y para el caso de Bolivia el Cuadro A-1 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley N°1333 del Medio Ambiente, la Tabla 3A presenta los parámetros que deben ser determinados en el monitoreo del lago Titicaca.

Tabla 3A. Parámetros/Constituyentes definidos para el monitoreo binacional del lago Titicaca

N°	Parámetros	Unidad	Valor de referencia	Justificativo
Parámetros básicos				
1	Conductividad	μS/cm	1 800	Valor normal
2	Oxígeno disuelto (c/O ₂ sat.)	%	130	Descargas domiciliarias
2	Oxígeno disuelto (c/O ₂)	mg/L	5 - 7,5	Descargas domiciliarias
3	pH	-	6 - 9	Descargas industriales
4	Sólidos disueltos totales	mg/L	1 500	Descargas Ind&Dom
5	Sólidos sedimentarios	mL/L	< 10	Arrastre de sedimentos
6	Sólidos suspendidos totales	mg/L	< 1	Descargas Ind&Dom
7	Temperatura	°C	10 - 20	Parámetro auxiliar
8	Turbidez	NTU	< 10	Descargas Ind&Dom
9	Transparencia al Disco Secchi	cm		Nivel de eutrofización
Constituyentes inorgánicos metálicos				
10	Aluminio (c/Al)	mg/L	< 0,5	Actividad minera y áridos
11	Arsénico total (c/As)	mg/L	< 0,05	Actividad minera
12	Boro (c/B)	mg/L	< 1,0	Geogénico y varios
13	Calcio (c/Ca)	mg/L	< 300	Geogénico y varios
14	Cadmio (c/Cd)	mg/L	< 200	Actividad minera
15	Cobre (c/Cu)	mg/L	< 0,05	Actividad minera
16	Cromo Trivalente (c/Cr ³⁺)	mg/L	< 0,12	Descargas industriales
17	Hierro (c/Fe)	mg/L	< 0,3	Actividad minera
18	Manganeso (c/Mn)	mg/L	< 0,5	Actividad minera
19	Mercurio (c/Hg)	mg/L	0,0001	Actividad minera
20	Níquel (c/Ni)	mg/L	< 0,05	Descargas industriales
21	Plomo (c/Pb)	mg/L	0,025	Actividad minera
22	Selenio (c/Se)	mg/L	< 0,005	Descargas industriales
23	Sodio (c/Na)	mg/L	< 200	Geogénico y varios
24	Zinc (c/Zn)	mg/L	< 0,12	Actividad minera
Constituyentes inorgánicos no metálicos				
25	Amoniaco (c/NH ₃)	mg/L	< 1,0	Descargas domiciliarias
26	Cloruros (c/Cl ⁻)	mg/L	< 300	Natural, industrial y varios
27	Fósforo total (c/P)	mg/L	0,035	Descargas domiciliarias
28	Fosfato Total (c/PO ₄ ³⁻)	mg/L	< 0,5	Descargas domiciliarias
29	Nitrógeno total (c/N)	mg/L	0,315	Descargas domiciliarias
30	Sulfatos (c/SO ₄)	mg/L	< 400	Actividad minera
31	Sulfuros (c/S)	mg/L	0,002	Descargas domiciliarias
Constituyentes orgánicos agregados				
32	Aceites y Grasas	mg/L	< 1	Descargas domiciliarias
33	Carbono Orgánico Total	mg/L	-	Descargas domiciliarias
34	Clorofila A	mg/m ³	0,008	Descargas domiciliarias
35	DBO ₅ (c/O ₂)	mg/L	< 5	Descargas domiciliarias
36	DQO (c/O ₂)	mg/L	< 10	Descargas Ind&Dom
37	SAAM (Detergentes)	mg/L	< 0,5	Descargas domiciliarias
Constituyentes microbiológicos				
38	Coliformes fecales	NMP/100 mL	< 200	Descargas domiciliarias
39	Parásitos	N/L	< 1	Descargas domiciliarias

Como se puede notar, de los 39 parámetros, 9 son considerados como básicos, los mismos que deben determinarse en toda actividad de monitoreo o vigilancia del lago Titicaca.

Los límites corresponden a los valores más restrictivos de ambos países, excepto el valor de Conductividad Eléctrica que corresponde al valor normal y característico del lago Titicaca.

Es importante señalar que se incorporaron dos parámetros que no cuentan con estándares de calidad: Transparencia al disco de Secchi y Carbono Orgánico Total, los mismos que se acuerdan deben ser evaluados con base en el primer dato que se obtenga en la aplicación del presente documento.

9.4.3 Frecuencia

Se establece realizar tres (03) monitoreos por cada gestión:

- Primer monitoreo: en época de avenida o húmeda, mes de marzo.
- Segundo monitoreo: en época de mezcla, en el mes de agosto. Este monitoreo debe considerar sólo los siguientes parámetros: T, CE, OD, pH, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Turbidez, DQO, Nitrógeno Total y Fósforo Total.
- Tercer monitoreo: en época de estiaje o seca, en el mes de octubre.

Se deberá realizar monitoreos intensivos o de vigilancia en los siguientes casos:

- Cuando se detecte la ocurrencia de derrame de sustancias peligrosas o contaminantes.
- Cuando se detecte manifestación de floraciones algales o blooms algales.

En cualquiera de estos dos casos, se deberá realizar acciones según el protocolo de actuaciones o emergencias correspondiente.



Derrame de sustancias peligrosas.



Floraciones algales o blooms algales.

9.4.4 Presupuesto

Con base en el requerimiento detallado en la Tabla 4A y datos de campañas anteriores, la ALT consignará en su POA correspondiente el presupuesto requerido para el monitoreo de cada gestión, el mismo que debe considerar las campañas de monitoreo de época de avenida y estiaje, que incluirá toma de muestras y servicios de laboratorio para los parámetros establecidos en la Tabla 3A, y la campaña de monitoreo de época de mezcla que considera básicamente la determinación de parámetros de campo descritos en el punto anterior.

Si alguna campaña exige alguna modificación sobre la logística requerida, se aprobará bajo consenso de las instituciones focales y se plasmará en el Plan de Monitoreo de la campaña en cuestión.

Tabla 4A. Requerimiento para una campaña de monitoreo del lago Titicaca

Ítem	Descripción / Rubro	Unidad	Cantidad
1	SERVICIOS NO PERSONALES		
1.1	Estipendio/ Viático		
	Personal técnico de monitoreo Bolivia (3 personas)	Día	14
	Personal técnico de monitoreo Perú (3 personas)	Día	14
	Personal de apoyo (1 persona)	Día	14
	Conductor traslado lado Bolivia (1 persona ALT)	Día	6
	Conductor traslado lado Perú (1 persona ALT)	Día	9
1.2	Seguros		
	Personal técnico de monitoreo Bolivia (3p)	Póliza	3
	Personal técnico de monitoreo Perú (3p)	Póliza	3
	Personal de apoyo (1p)	Póliza	3
1.3	Alquileres de Equipos y Maquinarias		
	Alquiler de embarcación en Bolivia (1)	Día	5
	Alquiler de embarcación en Perú (1)	Día	9
1.4	Gastos por Servicios de Análisis		
	Servicios de Laboratorio en Bolivia	Muestra	33
	Servicios de Laboratorio en Perú	Muestra	46
II	MATERIALES Y SUMINISTROS		
2.1	Alimentos y Bebidas para Personas		
	Desayuno, almuerzo y cena personal Bolivia (3p)	Día	14
	Desayuno, almuerzo y cena personal Perú (3p)	Día	14
	Desayuno, almuerzo y cena personal apoyo (1p)	Día	14
2.2.	Combustibles, Lubricantes y Otros		
	Combustible para transporte en Bolivia	Día	5
	Combustible para transporte en Perú	Día	9
2.3	Productos Químicos y Farmacéuticos - Consumibles		
	Viales de DQO para muestras de Bolivia	Pieza	33
	Viales de DQO para muestras de Perú	Pieza	48
	Otras sustancias	Global	1
2.4	Productos de Vidrio y Plásticos		
	Envases para muestras de Bolivia	Pieza	165
	Envases para muestras de Perú	Pieza	240
2.5	Material de Limpieza		
	Material de Limpieza	Global	1

9.4.5 Responsables

Son instituciones responsables del monitoreo las siguientes:

A. Por Perú:

- 1) La Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).



- 2) El Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT).



B. Por Bolivia:

- 1) El Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR) del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).



- 2) La Unidad Operativa Boliviana (UOB).



Asimismo, se establece como mecanismo binacional de coordinación técnica y logística a la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT), que participará durante todo el proceso del monitoreo hasta la gestión de la base de datos binacional de calidad de agua.

Durante las campañas de monitoreo binacional del lago Titicaca podrán participar hasta 6 especialistas o científicos, y/o autoridades peruano-bolivianas, durante toda la campaña o parte de ella, cuya participación no incurrirá en mayores gastos.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guía Nacional de Colecta y Preservación de Muestras, Agua, Sedimento, Comunidades Acuáticas y Efluentes Líquidos; Agencia Nacional del Aguas – CETESB; Brasil, 2011.
2. Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales; ANA, Perú, 2016.
3. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales; APHA, AWWA, WPCF. 17 edición. Ed. Díaz de Santos S.A. 1992.
4. Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater; APHA, AWWA, WEF. 20th edition; 1998.
5. Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la Toma de Muestras y el Análisis de Agua y Sedimentos para la Región de América Latina y El Caribe; Proyecto ARCAL RLA/1/010, Mejora de la gestión de la contaminación de masas de agua superficiales contaminadas con metales; Alberro N.; Bedregal, P., Crubellati, R. y Stegen S.; Lima, Perú, 2011.
6. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Generales, D., Objeto, D. E. L., Aplicacion, Y. A. D. E., li, C., & Definiciones, D. E. L. A. S. S. Y. (1992). DEL MEDIO AMBIENTE.
7. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y disposiciones complementarias. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM>, MINAM. (2017).

11 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agua destilada: Sustancia cuya composición se basa en la unidad de moléculas de H₂O y ha sido purificada mediante destilación, se usa para la limpieza de los electrodos del multiparámetro.

Aguas continentales: Cuerpos de aguas permanentes que comprenden las aguas superficiales dulces y subterráneas, situados hacia tierra.

Aguas residuales: Aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieran de un tratamiento previo.

Bahía: Entrada del mar en la costa de extensión considerable, encerrado por puntas o cabos de tierra, que, por sus características morfológicas, el largo reducido de la bocana de ingreso a la bahía en relación a las dimensiones de la misma, permite la renovación de sus aguas principalmente durante las mareas ascendentes y descendentes.

Botellas Van Dorn y Niskin: Muestreador de agua a profundidades determinadas, se emplean estas botellas colectoras dotadas de mecanismos de cierre para confinar la masa de agua que se encuentra a la profundidad de interés, por tener capacidad de mayor volumen, son ideales para la obtención de muestras en el análisis de pigmentos fotosintéticos y contaminantes (pesticidas, metales pesados, etc.).

Base: Una sustancia alcalina que tiene un pH > 7.

Cadena de custodia: Documento fundamental en el monitoreo de la calidad del agua que permite garantizar las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados del análisis del laboratorio.

Calibración: Comparación de la lectura de un instrumento generado por un patrón o estándar conocido con el objetivo de realizar los ajustes que eliminen desviaciones o desajustes instrumentales.

Carga contaminante: Es la masa de una sustancia o el número de individuos microbiológicos contenido en un volumen de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo. La carga contaminante es determinada multiplicando la concentración de la sustancia o la densidad de individuos microbiológicos por el caudal de agua, determinado en el momento de la toma de muestra.

Colector de brazo muestreador: Llamado también brazo telescópico, mecanismo compuesto de brazo articulado dotado de lanza telescópica de accionamiento mecánico.

Coliforme: Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

Conductividad eléctrica: Parámetro que mide la conductividad eléctrica del agua en Siemens (S/cm) y micro siemens (µS/cm), es un indicador de la cantidad de iones disueltos en el agua.

Cooler: Nevera portátil de plástico y poliestireno para conservar al frío las muestras.

Concentración: Cantidad de material disuelto en una unidad de solución, expresado en mg/L.

Contaminante: Compuesto que, a concentración determinada, causa daños en la vida de los organismos.

Cuenca hidrográfica: Porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural.

Cuerpo de agua: Extensión de agua, tal como un río, lago, mar u océano, que cubre parte de la Tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales, como los embalses, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada, salobre o dulce.

Cuerpo receptor: Cuerpo natural de agua continental o marino-costero que recibe el vertimiento de aguas residuales tratadas.

Clorofila A: Pigmento verde encontrado en organismos fotosintéticos, tales como algas.

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): Cantidad de oxígeno consumido en mg/L en la oxidación espontánea de materia orgánica, sulfuros, ion ferroso y formas reducidas del nitrógeno bajo condiciones de tiempo y temperatura controladas, generalmente en 5 días y a 20°C.

Desembocadura: Es la parte más baja de un cuerpo de agua lótico (quebrada, río), donde vierte sus aguas a un lago o mar.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): Es una medida del consumo de un oxidante químico fuerte por la materia orgánica presente en una muestra de agua susceptible de oxidación. Generalmente se utiliza dicromato de potasio en medio ácido y se expresa en mg de oxígeno molecular por litro de muestra. Mide la cantidad total de contaminantes orgánicos. Con respecto a la DBO, durante el proceso de determinación de la DQO prácticamente todos los compuestos son oxidados.

Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua: Es el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en los recursos hídricos superficiales; que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

ECA-Agua: Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua, establecidos en Perú.

Efluente: Agua residual tratada o líquido que sale de una planta o proceso de tratamiento.

Embalse: Gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa y en el que se almacenan aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarla en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones, en la producción de energía.

Época de avenida: Mes del año en el que el caudal mensual medio llega a su máximo.

Época de estiaje: Mes del año en el cual el caudal mensual medio llega a su mínimo.

Equipo multiparamétrico: Instrumento que puede medir simultáneamente varios parámetros como pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales y Oxígeno Disuelto.

Eutrofización: Enriquecimiento del agua que causa un crecimiento excesivo de plantas acuáticas e incrementan la actividad de microorganismos anaerobios. Como resultado, los niveles de oxígenos disminuyen rápidamente y el agua se asfixia, haciendo la vida imposible para los organismos acuáticos aeróbicos.

Disco Secchi: Instrumento de medición de la penetración luminosa, y por ello de la turbidez en masas de agua lénticos como lagos, lagunas y mares.

Frecuencia de monitoreo: Es la periodicidad del monitoreo de calidad del agua realizado en el macro de la Vigilancia de la Calidad del Agua y que es definida por la estacionalidad hidrológica del cuerpo de agua continental y su hidrodinámica.

Fuente contaminante puntual: Es una fuente única identificable y localizada de contaminación real o potencial de los recursos hídricos, como un vertimiento de aguas residuales domésticos, municipales, industriales y mineros o botaderos de residuos sólidos.

Fuente contaminante difusa: Es una fuente de contaminación real o potencial de los recursos hídricos que se extiende sobre grandes áreas de terreno, como pasivos ambientales mineros y de explotación de hidrocarburos, zonas de ganadería y agricultura intensiva, zonas de actividades mineras y de explotación de hidrocarburos, zonas urbanas e industriales, entre otras.

GPS: Equipo del sistema de posicionamiento global que se ha transformado en un estándar para la ubicación de los sitios de trabajo, proporciona la latitud y longitud del punto de monitoreo.

Guantes descartables: Prenda protectora en forma de funda similar a la mano, sirve como barrera bidireccional entre el personal y el entorno con el que esta toma contacto a través de las manos, es un dispositivo de un solo uso.

Hidrodinámica: Movimiento de agua natural o de una pluma de aguas residuales, es la dinámica del agua, en la que se considera la velocidad, presión, flujo y gasto del fluido.

Hidrografía: Descripción y estudio sistemático de los diferentes cuerpos de agua planetarios, en especial, de las aguas continentales. En el estudio de las aguas continentales, las características hidrográficas más importantes de los ríos, son el caudal, cuenca, vertiente hidrográfica, cauce o lecho, régimen fluvial, régimen, dinámica fluvial, erosión, sedimentación fluvial, tipos de valles y pendientes.

In-situ: En el lugar, en el sitio.

Imhoff (cono Imhoff): Contenedor graduado con forma de cono usado para medir el volumen de sólidos depositados o sedimentados por gravedad en un volumen específico de agua, generalmente 1 L.

Laboratorio acreditado: Laboratorio acreditado con la Norma Técnica ISO 17025 "Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de ensayo y Calibración" y acreditado para la realización de ensayos analíticos en laboratorio.

Lago: Gran masa permanente de agua depositada en depresiones del terreno.

Laguna: Depósito natural de agua, generalmente dulce y de menores dimensiones que el lago.

Limite Máximo Permissible: Valor que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en los efluentes o emisiones que se vierten o liberan al ambiente.

Limnología: Estudio de aspectos físicos, químicos, hidrológicos y biológicos del agua dulce.

Materia orgánica: Sustancias de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno.

Metal pesado: Metal que tiene una densidad de 5.0 o mayor y elevado peso elemental. La mayoría son tóxicos para el ser humano, incluso a bajas concentraciones.

Microorganismos: Organismos que son tan pequeños que sólo pueden ser observado a través del microscopio, por ejemplo, bacterias, fungi, levaduras, etc.

Monitoreo de la calidad del agua: Es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua y realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación.

Muestra de agua: Parte representativa del cuerpo de agua a estudiar o evaluar.

Muestra compuesta: Es la mezcla de varias muestras puntuales y simples de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados. Pueden tener volúmenes iguales o ser proporcional al caudal durante el periodo de toma de muestras.

Muestra integrada: Es la muestra que se forma por la mezcla de muestras puntuales o simples tomadas de diferentes puntos de manera simultánea, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en la composición de acuerdo al ancho y la profundidad.

Muestra puntual o simple: Es la que se toma en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual. Representa la composición del agua para un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra.

Nutriente: Cualquier sustancia que promueve el crecimiento de organismos vivos. El término es generalmente aplicado para el nitrógeno y el fósforo en aguas residuales, pero es también

aplicado a otros elementos esenciales y elementos traza.

Oxígeno disuelto: Contenido de oxígeno solubilizado en una muestra de agua que depende de la temperatura, la presión atmosférica y de la materia orgánica disuelta. Se expresa en mg/L y en % de saturación.

pH: Valor que determina si una sustancia es ácida ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$) o básica ($\text{pH} > 7$).

Preservante químico: Es una solución química que inhibe y/o estabiliza la muestra para conservar las características de la muestra de agua hasta el momento de su análisis.

Protocolo: Documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica.

Protocolo de monitoreo: Documento guía que contiene instrucciones y procedimientos establecidos para realizar un monitoreo. Describe un método estandarizado para minimizar errores debido a la medición, transporte y análisis.

Punto o estación de monitoreo: Es la ubicación geográfica del sitio donde se debe realizar la evaluación de la calidad y cantidad en un cuerpo de agua en forma periódica.

Recurso hídrico: Recurso natural renovable que fluye en los cuerpos naturales de agua continental y marino. También son los bienes naturales asociados al agua, por ejemplo: los cauces de los ríos, playas, lechos y riberas, barriales, bienes artificiales como presas, canales, entre otras.

Red de Monitoreo: Es el conjunto de puntos de monitoreo donde se realiza la evaluación a la cantidad y calidad del cuerpo de agua.

Refrigerantes: Cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Riachuelo: Río pequeño y de poco caudal.

Ríos: Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lótico.

Sólidos Disueltos Totales: Es la cantidad total de sólidos disueltos en el agua por unidad de medida volumétrica, determinada por gravimetría y expresada en miligramos por litro (mg/L). Mide la masa total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de $2,0 \mu\text{m}$ (o más pequeños) que quedan como residuo al evaporar el agua y secar el residuo.

Sedimentos: Suelo, arena, y minerales lavados desde el suelo hacia la tierra generalmente después de la lluvia.

Sólidos sedimentables o sedimentarios: Sólidos insolubles que se depositan después de un cierto periodo de tiempo en el fondo del cono Imhoff. Se expresa generalmente en mL/L.

Sólidos suspendidos: Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución. Se determina por gravimetría y se expresa en mg/L.

Sólidos totales: El peso de todos los sólidos presentes en el agua por unidad de volumen. Se determina por gravimetría evaporando una alícuota de muestra. El peso total concierne a materia suspendida y disuelta orgánica e inorgánica.

Turbidez: Medida de la falta de transparencia del agua debido a la presencia de materia orgánica suspendida.

Vertimiento: En este documento el término “vertimiento” se refiere a la descarga de aguas residuales tratadas.