



PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH

1. INTRODUCCIÓN

En la gestión de los recursos hídricos, la calidad del agua es uno de los aspectos más importantes que se tiene en cuenta para los diferentes usos establecidos en el territorio nacional. Se busca conservar y proteger la calidad las aguas continentales y marinas de los efectos de las fuentes contaminantes y del cambio climático, con la finalidad de establecer un equilibrio del ecosistema acuático, considerándose a éste como indicador de la calidad óptima del recurso, beneficiándose al ambiente y a la salud pública.

El monitoreo de calidad del agua en cuerpos naturales se ha venido realizando en el país por requerimiento de las autoridades ambientales sectoriales del Estado, en cumplimiento de los valores límite y los límites máximos permisibles de la normatividad nacional, en temas de medio ambiente, principalmente en la década de los 90, por esa razón las instituciones públicas han venido monitoreando con fines diversos la calidad de los cuerpos de aguas naturales y los efluentes a través de diversos criterios y metodologías establecidas en los protocolos de monitoreo de la calidad de agua, obteniéndose resultados en muchos casos poco confiables.

Desde la promulgación de la Ley N°29338 “Ley de Recursos Hídricos” y su reglamento, a la Autoridad Nacional del Agua-ANA, como Autoridad máxima del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, se le faculta establecer el protocolo para el monitoreo de la calidad de las aguas que pueda ser homologado intersectorialmente y que garantice generar una única base de datos de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos que pueda ser manejada dentro del contexto de la gestión integrada y multisectorial de las cuencas hidrográficas.

Este documento es referente técnico principal para el monitoreo de recursos hídricos que establece los procedimientos a seguir antes, durante y después de realizado el monitoreo de la calidad de las aguas de los recursos hídricos, en cursos naturales (ríos y quebradas), en cuerpos naturales o artificiales (lagos, lagunas y represas), zonas costeras, océanos y finalmente en el monitoreo de efluentes líquidos que, en la mayoría de los casos, son descargados a los cuerpos naturales de agua.

Por las razones expuestas, el protocolo de monitoreo de la calidad del agua, para los recursos hídricos, es elaborado por la Autoridad Nacional del Agua y consensuado por las entidades que conforman el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, a fin de estandarizar procedimientos técnicos para el monitoreo de la calidad de las aguas continentales, marinos y efluentes de los diversos sectores del gobierno peruano y por la actividad privada; asimismo, permitirá implementar el Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad de Agua en el Perú.



2. ANTECEDENTES

En la actualidad existen diversos protocolos de monitoreo cuyo contenido es similar en los aspectos técnicos que establecen los procedimientos adecuados con criterios diversos para la toma de muestras de agua, ya sea de las descargas industriales (minera, cementera, cervecera, papel, etc.), descargas domésticas y cuerpos de agua natural (continental y marina). También presentan los criterios para la selección de los parámetros, puntos de monitoreo, frecuencia de monitoreo, metodología de análisis, medición de caudal y los procedimientos para el aseguramiento de la calidad.

Para la protección de la calidad de las aguas del cuerpo natural de agua continental o marino, así como para la evaluación de la calidad de los efluentes, las Instituciones del Estado han establecido protocolos de monitoreo de aguas en cumplimiento de las normas que, con el tiempo, han ido evolucionado con un enfoque de gestión integrada y articulada a través del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Estos protocolos, al no ser estandarizados, se manejan con diferentes criterios generando problemas de procedimientos técnicos y duplicidad de funciones entre las entidades del Estado creando conflictos con las empresas fiscalizadas y generando gastos innecesarios de parte del Estado. En ese marco, el Protocolo de Monitoreo de Aguas para los Recursos Hídricos se elaborará sobre la base de los instrumentos existentes oficiales y propuestos tales como:

- **“Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales y sus Anexos I, II, III y IV”**, aprobado mediante Resolución Directoral N° 2254/2007/DIGESA/SA de fecha 11 de setiembre de 2007 por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud teniendo como base legal D.L. 17752 “Ley General de Aguas” que fue derogada el 31 de marzo de 2010.
- Propuesta de **“Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua”** del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA que fue remitido a la Autoridad Nacional del Agua con Oficio N° 1030-2010/OEFA-PCD de fecha 19 de agosto de 2010, para la revisión técnica como Autoridad máxima del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos.
- Proyecto de **“Protocolo de Monitoreo de Aguas Superficiales Continentales del Perú”** de la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, que fue remitido a la Autoridad Nacional del Agua mediante Oficio N° 506-2010-DGCA-VMGA/MINAM de fecha 11 de noviembre de 2010.
- **Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua**, sub sector minería; Dirección General de Asuntos Ambientales-proyecto EMTAL del Ministerio de Energía y Minas, publicada en internet.
- **Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua**, sub sector de hidrocarburos, elaborado en concordancia con el Decreto Supremo N° 046-93-EM “Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos” por el Ministerio de Energía y Minas.



- **Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Marino Receptor**, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 003-2002-PE, publicada el 13 de enero de 2002, por el Ministerio de la Producción-Ex Ministerio del Pesquería.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estandarizar los procedimientos técnicos para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marinos, para su utilización, a nivel nacional, por las entidades gubernamentales y sociedad civil en general.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer el uso obligatorio de los procedimientos técnicos estandarizados, en todas las instancias públicas, para que sea considerado de carácter oficial.
- Establecer los procedimientos técnicos de manera coordinada y articulada con los sectores que conforman el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos para viabilizar su implementación.
- Constituirse en un instrumento técnico único para el Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, así como para los planes y programas de monitoreo de la calidad ambiental de los sectores vinculados a la gestión de los recursos hídricos.

4. MARCO LEGAL

El presente instrumento se sustenta en la normatividad vigente establecido para la gestión de los recursos hídricos del país.

- **Ley N° 29338**, "Ley de Recursos Hídricos" del 31 de marzo de 2009, faculta a la Autoridad máxima del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos velar por la protección del agua.
- **Decreto Supremo N° 001-2010-AG** del 24 de marzo de 2010, aprueba el Reglamento de la Ley N°29338 "Ley de Recursos Hídricos", a través del cual establece el artículo 126° referido al Protocolo para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas, que la Autoridad Nacional del Agua deberá aprobar.
- **Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM** de fecha 31 de julio de 2008, aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
- **Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM** del 19 de diciembre de 2009, aprueba Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental.



- **Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA** del 22 de marzo de 2010, aprueba la Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marinos.
- **Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE** publicado 04 de octubre de 2002, aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel.
- **Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE** publicado el 30 de abril de 2008, aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la industria de harina y acetite de pescado y normas complementarias.
- **Decreto Supremo N° 037-2008-PCM**, publicado el 14 de mayo de 2008, establecen Límites Máximos Permisibles de efluentes líquidos para el Subsector Hidrocarburos.
- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM** publicado del 17 de marzo de 2010, aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales.
- **Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM** publicado el 21 de agosto de 2010, aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero-Metalúrgicas.

5. ASPECTOS GENERALES

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) encargada de la elaboración del presente protocolo ha considerado el contenido de los protocolos antes mencionados, así como criterios propios para elaborar un nuevo protocolo donde se unifiquen los criterios básicos y se establezca los procedimientos óptimos para llevar a cabo las campañas de monitoreo.

Este protocolo se establece con la finalidad de contar con un instrumento estandarizado que permita realizar actividades en las etapas de monitoreo, complementándose con el aseguramiento de calidad de las muestras y el análisis respectivo en laboratorio.

Los cuerpos de agua a los que alcanza este nuevo protocolo comprenden las aguas continentales superficiales, aguas marinas y descargas de aguas residuales (domésticos e industriales). Tenemos:

1. Aguas Continentales
2. Aguas Marinas
3. Aguas Residuales
 - Aguas Residuales Domesticas
 - Aguas Residuales Industriales



6. METODOLOGIA DE MONITOREO

Antes de iniciar las actividades de monitoreo es necesario conocer al cuerpo de agua donde se desarrollará el monitoreo y conocer aspectos importantes que definan la calidad del recurso hídrico. Esto ayudara a definir los parámetros a controlar, el número de puntos de monitoreo, la frecuencia de monitoreo y elaborar un plan de trabajo efectivo para el desarrollo del monitoreo, considerando el uso principal que tengan los recursos hídricos en estudio de acuerdo a la resolución Jefatural N° 202-2010-ANA que aprueba la clasificación de los cuerpos de agua superficial y marinos costeros y el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

6.1 SELECCIÓN DE PARÁMETROS

Aguas Continentales

La calidad de las aguas continentales presenta variaciones en función de los procesos morfológicos, hidrológicos, químicos y biológicos a los que se haya expuesto. Así como, su entorno físico, tales como: las precipitaciones, escorrentías, material solido transportado, el agua subterránea y la atmosfera en general. También las actividades antropogénicas pueden afectar considerablemente la calidad de los cuerpos de agua natural, a través de los vertimientos de aguas residuales industriales y domesticas, movimiento de tierras, erosión, uso de pesticidas y obras hidráulicas, etc.

La selección de parámetros estará en función a los siguientes aspectos de evaluación:

1. Caracterización de los cuerpos de agua para:
 - ✓ Para proyectos específicos (exploración minera, explotación de petróleo, construcción de hidroeléctrica. etc.).
 - ✓ Determinar el aporte por la naturaleza geológica de la cuenca.

PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO	PARÁMETROS QUE SE DETERMINARAN EN LABORATORIO
pH, Conductividad, T°C y OD	C. term., C. Total, huevos de helmintos, DBO ₅ , DQO, MEH, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros, calcio (Ca), carbonatos, sodio (Na), Al, As, Ba, B, Be, Cd, CN-WAD, CN-Libre, Sb, Co, Cu, Cr+6, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, U, V, Zn, nitrógeno amoniacal, nitratos, STD, SST y HTP .

2. Vigilancia de los cuerpos de agua para determinar el impacto que ocasionan las aguas residuales procedentes de las actividades económicas y poblacionales:

ACTIVIDADES	PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO	PARÁMETROS QUE SE DETERMINARAN EN LABORATORIO		
	Categorías 1, 3 y 4	Categoría 1	Categoría 3	Categoría 4
Poblacionales	pH, temperatura, Conductividad y Oxígeno disuelto	C.termot., C. total, DBO ₅ , DQO, MEH, nitritos, nitrógeno amoniacal, STD, sulfatos, sulfuros y turbiedad	C. total, C. term., huevos de helmintos, DBO ₅ , DQO, MEH, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros y SAAM	C, total, C. term., DBO ₅ , SST, STD, nitratos, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, fosfato total, MEH y SAAM



ACTIVIDADES	PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO	PARÁMETROS QUE SE DETERMINARÁN EN LABORATORIO		
	Categorías 1, 3 y 4	Categoría 1	Categoría 3	Categoría 4
Mineras	pH, temperatura, Conductividad y Oxígeno disuelto	C. total, C. term, DBO ₅ , DQO, MEH, CN-Libre, CN-WAD, fenoles, nitritos, nitrógeno amoniacal, SDT, sulfatos, sulfuros, turbiedad, Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Cr, Cr VI, Fe, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, U, V y Zn	C. total, C. term., huevos de helmintos, DBO ₅ , DQO, MEH, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros, Ca, carbonatos, Na, Al, As, Ba, B, Cd, CN WAD, Co, Cu, Cr 6+, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Zn y nitrógeno amoniacal.	DBO ₅ , nitrógeno amoniacal, SDT, SS, As, Ba, Cd, CN- libre, Cu, Cr+6, fenoles, fosfatos total, Hg, Ni, Pb, silicatos, Zn, C. total y C. term
Cementera		Metales totales, SST, STD, dureza, Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se y Zn	Ca, carbonatos, Na, Al, As, Ba, B, Cd, CN WAD, Co, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se y Zn	STD, SST, As, Ba, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn
Cervecera		STD, DBO ₅ , C. term., C. total, DQO, sulfuros, fenoles, MEH y SAAM	MEH, DBO ₅ , C. term., C. total, DQO, sulfuros, fosfatos-P, fenoles y SAAM	STD, SST, MEH, DBO ₅ , C. term., C. total, DQO, sulfuros y fosfato total
Curtiembre		SDT, MEH, DBO ₅ , DQO, sulfuros, sulfatos, cloruros, Cr, Cr+6, C. term, C. total, SAAM, dureza, nitrógeno amoniacal y tolueno	Carbonatos, MEH, Ca, sulfuros, sulfatos, cloruros, Na, DBO ₅ , DQO, Cr+6, C. term, C. total, SAAM, fenoles y fosfatos-P	MEH, DBO ₅ , DQO, nitrógeno amoniacal, STD, SST, sulfuro de hidrogeno, Cr+6, C. term, C. total, fosfato total y cloruros
Hidrocarburos		C. total, C. term, DBO ₅ , DQO, MEH, fenoles, nitrógeno amoniacal, SDT, fluoruros, sulfatos, cloruros, fosforo total, sulfuros, Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Cr, Cr+6, Fe, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Zn, HTP y SAAM	C. total, C. term, DBO ₅ , DQO, MEH, fenoles, nitrógeno amoniacal, fosfatos-P, sulfatos, sulfuros, cloruros, Al, As, Ba, B, Cd, Cu, Cr+6, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn, HTP y SAAM	C. total, C. term, DBO ₅ , DQO, MEH, SST, STD, fenoles, nitrógeno amoniacal, cloruros, sulfatos, sulfuros, Al, As, Ba, B, Cd, Cu, Cr, Cr+6, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, HTP y SAAM
Agroindustrial		C. Term., C. total, Cloruros, DBO ₅ , DQO, MEH, dureza, SAAM, fosforo total, nitrógeno amoniacal, nitratos, STD, sulfatos y sulfuros, Al, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Se y Zn	C. Term., C. total, Cloruros, DBO ₅ , DQO, MEH, dureza, SAAM, fosforo total, nitratos, nitritos, sulfatos y sulfuros, Al, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se y Zn	C. Term., C. total, DBO ₅ , DQO, MEH, dureza, SAAM, fosforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal, SST, STD, sulfatos y sulfuros, Al, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se y Zn

Leyenda: pH, conductividad, Temperatura (T°C), oxígeno disuelto (OD), Coliformes termotolerantes (C. term.), coliformes totales (C. Total), huevos de helmintos, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), Demanda Química de oxígeno (DQO), Aceites y Grasas (MEH), cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros, calcio (Ca), carbonatos, sodio (Na), aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), boro (B), berilio (Be), cadmio (Cd), cianuro WAD (CN-WAD), cianuro libre (CN-Libre), antimonio (Sb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo total (Cr), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), mercurio (Hg), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), selenio (Se), uranio(U), vanadio (V), zinc (Zn), nitrógeno amoniacal, nitratos, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), hidrocarburos totales de petróleo (HTP), detergentes (SAAM), fenoles

Aguas Marinas

El agua del mar contiene, grandes cantidades de cloruro de sodio o sal, muchos otros compuestos disueltos. La calidad de las agua de mar presenta variaciones en función a las actividades antropogénicas que afectan considerablemente la calidad del cuerpo natural, a través del aporte de los cuerpos de agua continental, de las descargas de aguas residuales industriales, domesticas y portuarias.

La selección de parámetros estará en función a los siguientes aspectos de evaluación:

- Caracterización de los cuerpos de agua:



Para proyectos específicos para (embarque de mineral, exploración de petróleo, etc.).

PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO	PARÁMETROS QUE SE DETERMINARÁN EN LABORATORIO
pH, Conductividad, T°C y OD	MEH, HTP, DBO ₅ , DQO, SST, STD, As, Ba, Cd, Cu, Cr +6, Hg, Ni, Pb, Zn, Silicato, fosfato total, fenoles, sulfuro de hidrogeno, amoniaco, nitrógeno amoniacal, nitratos, C. term y C. total.

- b) Vigilancia de los cuerpos de agua para determinar el impacto que ocasionan las aguas residuales procedentes de las actividades económicas y poblacionales:

ACTIVIDADES	PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO	PARÁMETROS QUE SE DETERMINARÁN EN LABORATORIO	
	Categorías 2 y 4	Categoría 2	Categoría 4
Poblacionales	OD, T°C, pH y conductividad	SST, DBO ₅ , DQO, C. term., C. total, MEH, sulfuro de hidrogeno, amoniaco y nitratos	SST, DBO ₅ , DQO, C. term., C. total, MEH, sulfuro de hidrogeno, nitrógeno total, nitratos y nitrógeno amoniacal
Pesqueras		SST, sulfuro de hidrogeno, MEH, DBO ₅ , C. term., C. total, As, Cd, Cu, Hg, Cr +6, Ni, Pb, Zn y fosfatos	SST, SDT, MEH, DBO ₅ , C. term., C. total, Ni, Pb, Zn, As, Ba, Cd, Hg, Cu, Cr +6 y fosfato total
Embarcaderos		SST, sulfuro de hidrogeno, MEH, DBO ₅ , C. term., C. total, As, Cd, Cu, Ba, Cr +6, fosfatos y HTP	SST, sulfuro de hidrogeno, MEH, DBO ₅ , C. term., C. total, As, Cd, Cu, Ba, Cr +6, fosfatos y HTP

Aguas Residuales

Los parámetros a seleccionar para la evaluación de aguas residuales dependerán de los Límites Máximos Permisibles (LMP) que haya establecido el sector ambiental competente. Si las aguas residuales son generadas por una determinada industria entonces debemos pensar en los posibles elementos, compuestos y sustancias que pudieran estar presentes en el efluente final, de manera que nos permita seleccionar los parámetros más relevantes que podrían causar el deterioro de la calidad en el cuerpo receptor (aguas superficial, agua subterráneas, aguas marinas y suelos).

En la evaluación de las aguas residuales debemos considerar específicamente la calidad del cuerpo receptor de acuerdo al uso principal considerando los parámetros de interés, generados por la actividad, para ello no es necesario evaluar todos los parámetros de los ECA para agua, debido a que la finalidad es evaluar el impacto en el cuerpo receptor a través de un análisis técnico y objetivo. A continuación se muestra los parámetros regulados por cada sector.

NORMA	ACTIVIDAD	PARÁMETROS REGULADOS
D.S.N° 003-2002-PRODUCE	Cemento	pH, T°C y SST
	Cerveza	pH, T°C, SST, MEH, DBO ₅ y DQO
	Papel	pH, T°C, SST, MEH, DBO ₅ y DQO
	Curtiembre	pH, T°C, SST, MEH, DBO ₅ , DQO, sulfuro, Cr+6, Cr, C. term. y N-NH4
D.S.N° 037-2028-PCM	Hidrocarburos	HTP, Cloruros, CR+6, Cr, Hg, Cd, As, fenoles, sulfuros, DBO ₅ , DQO, cloro residual, nitrógeno amoniacal, C. Term., C. total fosforo, Ba, pH, MEH, Pb y T°C
D.S.N° 010-2010-MINAM	Minero Metalúrgicas	pH, SST, MEH, CN total, As, Cd, Cr+6, Cu, Fe, Pb, Hg y Zn
D.S.N° 010-2008-PRODUCE	Pesquería	pH, DBO ₅ , SST, MEH o AYG
D.S. N° 003-2010-MINAM	Domésticas o Municipales	pH, T°C, MEH, C.term, DBO ₅ , DQO y SST



6.2 SELECCIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

6.2.1 Aguas Continentales

La definición de los puntos de monitoreo depende de los objetivos que se requiera alcanzar.

Para el establecimiento de la Línea Base se deben considerar los principales cuerpos de agua del área de influencia de la zona de estudio, que determinará la probabilidad del impactado causado por las actividades económicas y poblacionales.

Según el tipo de fuente de agua, se debe considerar los siguientes criterios generales:

- Ubicación de las fuentes contaminantes (vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, terrenos agrícolas, botaderos de residuos sólidos, pasivos ambientales mineros, etc).
- Determinar la naturaleza geológica en la cuenca.
- Ubicación de las fuentes de captación de agua para consumo humano y riego.
- Accesibilidad a los puntos de muestreo (rápido y seguro) y la representatividad, es decir que el punto de muestreo debe ser ubicado en un lugar que presente un flujo regular (sin turbulencia y de profundidad homogénea) y que permita el aforo y de ser posible permita tener una referencia para su futura ubicación. El uso de imágenes satelitales son de gran ayuda al momento de tomar la mejor decisión de donde ubicar los puntos de monitoreo, sin embargo la ubicación definitiva debe realizarse en campo.
- Adicionalmente, los puntos de monitoreo se ubicaran aguas arriba de cualquier cruce de las carreteras con el cuerpo de agua, salvo que sea objetivo de la evaluación.

a. Ríos y quebradas

- Debe ubicarse un punto de monitoreo en la naciente del recurso hídrico que generalmente se inicia en la cabecera de cuenca, que servirá como punto de referencia (blanco).
- Los puntos de monitoreo deben ser ubicados aguas arriba y aguas abajo de una descarga de agua residual.
- Punto de monitoreo aguas arriba debe estar ubicado a una distancia suficientemente lejos de la descarga de agua residual, para asegurar que no influya en las características naturales de cuerpo de agua, se



sugiere una distancia de 50 a 100 m de acuerdo a la accesibilidad y otros componentes que alteren el recurso hídrico en estudio.

- Punto de monitoreo aguas abajo para ubicar este punto de monitoreo se recomienda realizar las mediciones consecutivas de los parámetros de campo (temperatura, conductividad y pH) hasta llegar a definir la zona de mezcla completa del efluente en el cuerpo receptor, se sugiere una distancia de 100 a 500 m de acuerdo a la accesibilidad, caudal, capacidad de depuración de recurso y otros componentes que alteren sus características naturales del recurso hídrico en estudio.

b. Lagos y lagunas

6.2.2 Aguas Marinas

La ubicación de los puntos de monitoreo en aguas marinas, quedará determinado por:

- Ubicación de las fuentes contaminantes (vertimientos de aguas residuales domésticas e industrial botaderos de residuos sólidos, terminales marítimos), las áreas del cuerpo de agua donde se desarrollen actividades específicas (plataformas explotación, pesca, recreación, etc.).
- Los puntos de monitoreo deberán estar distribuidos en transectos definidos adecuadamente entorno a una actividad específica cada 100 m, 500 m y 1000 m.
- En muchas ocasiones se requerirá la ubicación de puntos de monitoreo en la columna de agua, para ello se necesitará una evaluación técnica considerando la dispersión de la fuente contaminante y el impacto generado en la columna de agua.

6.2.3 Aguas residuales

La ubicación de los puntos de monitoreo de aguas residuales depende de la ubicación del punto de la descarga.

El lugar ideal para ubicar el punto de monitoreo es exactamente antes de que la descarga ingrese a un cuerpo de agua (corriente natural). Sin embargo, es posible que este punto no sea de acceso fácil ni seguro. En este caso, la muestra debe ser recolectada en el primer punto accesible corriente arriba de la descarga del conducto o canal.

Cuando la caracterización se realice en una descarga de agua residual (doméstica o industrial) se debe considerar la evaluación tanto del cuerpo receptor (arroyos, ríos, pantanos, lagos y aguas subterráneas) como del propio vertimiento. Para caracterizar el cuerpo receptor será necesario ubicar como mínimo dos puntos de monitoreo, una aguas arriba y la otra aguas abajo del



punto de vertimiento, considerando la zona de mezcla del efluente con el cuerpo receptor.

6.3 FRECUENCIA DEL MONITOREO

Los cambios que de manera natural o de forma inducida ocurren en el cuerpo de agua determinará la frecuencia de monitoreo. Lo que se trata es de medir los cambios sustanciales que ocurren en el tiempo (en determinados periodos) para establecer un nivel de referencia, hacer el seguimiento periódico y realizar el pronóstico de las variaciones de los parámetros físico químicos, orgánicos, microbiológicos y de caudal que ocurren en el cuerpo de agua.

Adicionalmente se requiere la evaluación periódica de los resultados recientes para determinar la necesidad de incluir parámetros adicionales o variar la frecuencia de monitoreo o si alguno de los parámetros debe suprimirse o analizarse con menor o mayor frecuencia.

Se deberá estar preparado para cambiar la frecuencia de monitoreo en respuesta a los datos o las observaciones de campo. Es recomendable hacer el monitoreo inicialmente con mayor frecuencia, identificar todas las variables y luego disminuir la frecuencia en forma apropiada.

El establecimiento de una frecuencia de monitoreo de calidad de agua superficial dependerá de factores como:

- Objetivos del programas de monitoreo y la vigilancia
- Presupuesto destinado para llevar a cabo el programa de monitoreo
- Estacionalidad de la cuenca (época seca, época de lluvias, etc.)
- La ocurrencia de eventos extraordinarios (Huaycos, accidentes, derrame de sustancias toxicas, etc.).

Aguas residuales y cuerpos receptores

La frecuencia de monitoreo de las aguas residuales se establecerá según:

- Las variaciones en el volumen de aguas residuales generadas por la actividad.
- La estacionalidad correspondiente al cuerpo receptor de los vertimientos residuales.
- Incorporación de nuevas sustancias en el proceso productivo generador de aguas residuales.
- Incremento de la capacidad productiva de la actividad.
- Crecimiento poblacional
- Actividades del programa de vigilancia y fiscalización de la Autoridad Nacional del Agua.

6.4 METODOLOGIA DE MUESTREO

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula



adecuadamente las muestras

- **Aguas superficiales**

Las muestras de agua deberán recogerse lo más cerca al centro del cuerpo de agua (río, quebrada) y en contra de la corriente al flujo de agua, evitando alterar las condiciones reales. Cuando no se presente las condiciones apropiadas para el recojo de muestras del cuerpo de agua, se podrá hacer uso de un brazo telescópico debidamente diseñado para el recojo de muestras lo más alejado de la orilla, donde la turbulencia sea mínima y el cuerpo presente condiciones homogéneas.

En los casos en que no es posible recoger las muestras del centro del río, por los riesgos que representan las corrientes fuertes, la profundidad, falta de implementos de seguridad o el apoyo logístico necesario, se deberá ubicar el punto en zona de orilla o en una zona apropiada para la toma de muestra, buscando que la muestra sea representativa del cuerpo de agua.

- **Aguas residuales**

Para recolectar una muestra aleatoria manual de una descarga, debe insertarse un recipiente corriente abajo de la descarga con la abertura del recipiente en dirección aguas arriba. En la mayoría de casos, el mismo recipiente para la muestra puede ser usado para recolectarla. Si el lugar de muestreo es menos accesible, puede ser necesario utilizar una cubeta debidamente acondicionada para recolectar la muestra. Se debe tener cuidado si es necesario transferir la muestra de un cubo a un recipiente (este método no debe usarse para muestras de aceites y grasas ni fenoles). La muestra debe tomarse del centro horizontal y vertical del canal. Al tomar la muestra, debe evitarse agitar los sedimentos que se encuentran en el fondo del canal o recolectar residuos que no sean característicos de la descarga. En todo momento deben tomarse precauciones de seguridad.

- **Aguas de mar**

Las muestras estratificadas de agua de mar deben tomarse desde la superficie del mar por medio de un bote haciendo uso de botellas Niskin para la colecta estratificada dentro de un plan de muestreo que contempla la toma de muestra a lo largo de transectos previamente establecidos.

Para ello el operador debe situarse en un bote a lo largo del transecto elegido y desde la superficie accionar el mecanismo que permite la recolección de una muestra representativa procedente de la profundidad requerida.

- **Aguas subterráneas**

Los pozos de aguas subterráneas normalmente son perforados hasta alcanzar el nivel freático. Antes de iniciar el muestreo se debe determinar la profundidad del nivel estático del pozo. Se utiliza una sonda con línea con graduación métrica. La profundidad del nivel de agua se determina en el momento en que la sonda toca la



superficie del agua y envía una señal luminosa y sonora que indica que se ha alcanzado el nivel estático del pozo.

El procedimiento para realizar el muestreo de aguas subterráneas es el siguiente:

- Introducir el medidor de nivel de agua previamente descontaminado al pozo con la finalidad de conocer el nivel del agua subterránea.
- Las muestras se tomarán utilizando un bailer o una bomba de profundidad. El método recomendable por la mínima alteración sobre el régimen de agua es de bombas peristálticas de bajo flujo. Este método en cuanto sea posible utilizarlo garantiza la obtención de muestras representativas de agua subterránea.
- Todos los pozos deberán ser purgados antes de tomar las muestras, de esta manera se podrá asegurar que el agua que se extraiga para análisis de calidad del agua represente las condiciones del acuífero y no del agua almacenada en el pozo.
- Antes de cualquier evacuación o muestreo, todas las bombas y otros equipos que no sean descartables, deben ser previamente descontaminados.
- Para el procedimiento de purga se deben conocer la profundidad del pozo, el nivel del agua del pozo y el radio del tubo PVC del pozo; con esta información se deberá calcular el volumen de agua a extraer para purgar el pozo. La fórmula a usar será la siguiente:

$$V = 3\pi (H_{\text{pozo}} - H_{\text{agua}}) (d/2)^2$$

- El uso de bailers para el muestreo de aguas subterráneas es una opción económica que debe tenerse en cuenta cuando no se cuenta con bombas neumáticas o peristálticas. Los bailers deben ser reutilizados únicamente en el mismo pozo en cada evento de monitoreo.

6.5 MEDICIÓN DE FLUJO VOLUMÉTRICO

El caudal nos informa sobre la cantidad de elementos, compuestos y sustancias presentes en el cuerpo de agua en un momento determinado. También es importante pues informa sobre la capacidad de autodepuración que presenta el agua y sobre el cambio en las características de la calidad de agua.

Aguas superficiales (métodos)

Los caudales de los cuerpos de agua natural pueden ser estimados utilizando un medidor de velocidad (correntómetro) para determinar la velocidad superficial del agua y luego efectuando la medición del área transversal del curso de agua.



La dificultad para medir el flujo de agua radica principalmente en la medición del área transversal debido a la poca homogeneidad del cauce, presencia de piedras, profundidad y turbulencia. Sin embargo es posible hacer una aproximación al caudal real a través de las siguientes recomendaciones:

- Buscar el tramo del cuerpo de agua más cercano al punto de monitoreo que presente un cauce lo más homogéneo posible.
- En la medida de lo posible, retirar los materiales u objetos que obstruyan el paso de agua.
- Realizar las lecturas de velocidad en los márgenes izquierdo, derecho y centro del cuerpo de agua, lo largo de la línea transversal. Considerar las lecturas a media altura de cada profundidad.
- Tomar las medidas de las alturas respectivas en cada punto de medición de velocidad. Luego realizar la medición del ancho del cuerpo de agua usando una cinta métrica (wincha).
- Los resultados de las mediciones de caudal se determinaran utilizando el promedio de los valores obtenidos.

Otra metodología para determinar la velocidad será a través del uso de un flotador. Para ello se estima una longitud apropiada que representara el espacio recorrido por el flotador. La estimación del tiempo utilizado por flotador en completar el espacio seleccionado y la longitud nos servirá para la medición de la velocidad del flujo de agua. Realizar un promedio de 05 mediciones para descartar los valores errados.

Los caudales de ríos y quebradas, pueden ser estimados generando primero una relación caudal-altura para un punto estable a lo largo del curso de agua usando un aforador en una serie de condiciones de caudal bajo, medio y alto. Cada vez que se desee medir el caudal, todo lo que se necesita hacer es medir la profundidad del flujo (altura) en el punto designado del curso de agua. Luego, la altura es convertida en el caudal del río usando la relación caudal-altura.

Los caudales pequeños como el de las descargas de aguas residuales de origen industrial, algunas veces será posible determinar el flujo de agua a través del empleo de un recipiente graduado y un cronometro. Se estima el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua. En otros casos se puede utilizar cualquiera de los métodos anteriores.

7. ACTIVIDADES DE MONITOREO

7.1 TRABAJO DE PRE CAMPO

El trabajo de campo se inicia con la preparación del material necesarios para la toma de muestra y la selección del personal capacitado para el desarrollo del monitoreo. En ocasiones los cuerpos de agua a evaluar se encuentran distantes y alejados de las ciudades, es por ello que es necesario verificar con una lista de chequeo (check list) que se tienen todos los implementos para salir al campo.



Es necesario contar con un mapa de la cuenca donde se ha establecido previamente los puntos de monitoreo considerados. De ser posible, las coordenadas de cada punto deben ser introducido en un GPS para facilitar su ubicación. En caso que los puntos de monitoreo se encuentren en un lago, laguna o mar, también será necesario tener un mapa de los puntos de monitoreo ubicados en los transectos a evaluar.

El trabajo de pre campo consiste en preparar con anticipación los materiales de laboratorio, buffers de pH y conductividad, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), equipos portátiles, mapa con los puntos de monitoreo, movilidad, baterías de equipos, etc. Este trabajo previo tiene como objetivo cubrir todo los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva.

7.2 TRABAJO DE CAMPO

Al llegar al punto de muestreo se debe hacer una observación previa del lugar, para establecer el punto más apropiado para recolectar la muestra y continuar con los siguientes pasos:

- Anotar las observaciones del cuerpo de agua (color, presencia de residuos, olor, presencia de vegetación acuática, presencia de vegetación ribereña, actividades humanas, presencia de animales, etc).
- Tomar lectura de las coordenadas del punto de muestreo e indicar el sistema al cual corresponde.
- Prepara los frascos a utilizar de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- Las muestras de agua serán recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados.
- Proceder con el rotulado de los frascos. El transporte de los frascos, agua destilada y preservantes debe realizarse de preferencia en coolers para evitar su contaminación.
- Almacenar las muestras en el recipiente térmico (cooler) de forma vertical y considerando que los frascos de vidrio se encuentre apropiadamente protegidos evitando su rompimiento.
- Tomar las lecturas de los parámetros de campo (T, pH, C.E, O.D, TSD, Turbiedad, etc). las mediciones pueden ser realizadas directamente en el cuerpo de agua siempre y cuando las condiciones lo permitan (seguridad de equipos y representatividad de la lectura) o de lo contrario tomar una muestra en un recipiente apropiado para lecturas considerando que la lectura del O.D se debe realizar de manera inmediata.
- De ser parte del programa de monitoreo la lectura del caudal podrá ser realizado considerando los criterios antes mencionados.



- Llenar la cadena de custodia debidamente con la información recogida durante los trabajos realizados. De ser necesario el envío de muestras peresibles (coliformes, DBO, etc) al laboratorio para su análisis, estas deben ir acompañadas de su respectiva cadena de custodia.
- Al finalizar la campaña de monitoreo las muestras de agua deberán ser transportadas hasta el laboratorio debidamente refrigeradas con Ice pack, llevando consigo la cadena de custodia.

7.3 TOMA DE MUESTRAS POR PARAMETRO

Las muestras de agua deberán ser recogidas en frascos de plástico o frascos de vidrio, lo cual dependerá del parámetro a analizar. Asimismo el volumen necesario de muestra queda determinado por método analítico empleado por el laboratorio responsable de los análisis.

Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.

- La toma de muestra se realizará en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.
- Para la toma de muestras en lagos y pantanos, se evitará la presencia de espuma superficial.
- La toma de muestras, se realizará en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico.
- Considerar un espacio de alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra.

La forma de tomar cada muestra dependerá de los parámetros a analizar. Así tenemos:

- **Parámetros Biológicos y Microbiológicos**

Estos parámetros requieren de frascos de plástico o vidrio previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene. Durante la toma de muestras, el frasco debe destaparse el menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterar los resultados. También requieren dejar un espacio libre para la homogenización de la muestra, aproximadamente 5% del volumen del frasco, para evitar acelerar la mortandad de bacterias.

La toma de **muestra microbiológica** deberá realizarse a una profundidad de 20 a 30 cm. Los frascos para las muestras deben ser de vidrio y esterilizados, **no deben ser sometidos al enjuague**, la toma de muestra es directa dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo.

Para el caso de la toma de muestras de **Parásitos** deben emplearse frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios. Abrir el envase y sumergirlo a unos 30 cm por debajo de la superficie. El volumen requerido es 4 litros.



En la toma de muestras para el análisis de Fitoplancton, se recogerá directamente, sin filtración previa, en un recipiente de vidrio. Deberá llenarse el recipiente de manera directa sumergiéndolo unos 20-25 cm por debajo de la superficie un volumen de 1/2 litros. Para la conservación del fitoplancton utilizar la solución de lugol ácido agregando entre 3 y 7 ml por litro (hasta virar color caramelo).

Para la toma de muestras de Perifiton (algas microscópicas diatomeas) se deberá seleccionar piedras de morfología similar no removidas. Como criterio general, es recomendable efectuar la recolección de comunidades que se desarrollen sobre sustratos rocosos (rocas, piedras, cantos rodados, gravas, etc) o sobre plantas acuáticas u otros organismos. Recolección sobre piedras, rocas, cantos rodados o grava: Seleccionar piedras de morfología similar en el punto de muestreo, no sospechosas de haber sido giradas recientemente. Si se trata de rocas, con tres es un número suficiente; si son cantos rodados, deberán ser cinco; si se trata de gravas, el número será siete. La parte a rascar puede ir desde la totalidad de la superficie superior en el caso de las gravas, hasta una pequeña fracción en el caso de las rocas. Se debe anotar qué fracción (área) se ha obtenido y de qué material. Poner el material obtenido en un único vial.

Marcar adecuadamente en el vial la fecha y el punto de muestreo. Añadir un pequeño volumen de formol. Anotar el tipo de sustrato muestreado (rocas, cantos rodados, gravas) y el número de unidades muestreado. Arena o limos: Recoger una muestra de la parte superficial del sedimento arenoso o limoso mediante una cuchara, estimando el área muestreada. Anotar la profundidad (en centímetros) que comprende la muestra obtenida sobre la arena o el limo. Disponer el material en el vial y añadir un pequeño volumen de formol. **Recolección sobre plantas acuáticas u otros organismos:** Recoger las muestras sobre macrófitos (plantas acuáticas) sumergidas o sobre porciones sumergidas, estimando el área muestreada. Anotar la información de la planta sobre la que se ha recogido la muestra. Proceder como en los sustratos anteriores. Por último, se debe asegurar, en todos los casos, el correcto cierre de los viales y su adecuado etiquetaje. Las muestras, una vez fijadas, se deben conservar en un lugar apartado de la luz y evitar una prolongada exposición a altas temperaturas.

- **Parámetros Físico Químicos - inorgánicos**

Generalmente estas muestras pueden ser tomadas en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua. Antes se debe realizar el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. La muestra de estos parámetros deberá provenir del interior del cuerpo de agua en los primeros 20 cm de profundidad a partir de la superficie. Tener en cuenta que las muestras se toman en contra corriente y colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso de agua. Estas muestras no requieren ser llenadas al 100%, pero en caso se requiera la adición de preservante se dejara cierto volumen libre para la adición del preservante respectivo. Luego de cerrar el frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.



En el caso de la toma de muestra para determinar Metales Pesados, se utilizará frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar.

En la toma de muestra para determinar Mercurio y Arsénico se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar; así mismo mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

La toma de muestras para los parámetros Físicos y iones se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad, no requiriendo preservación y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

La toma de muestras para el parámetro Dureza Total y Cálcica se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

Para la toma de muestra de los parámetros Cianuro WAD y Libre se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar.

Las características de los recipientes, volumen requerido y tipo de preservante se contemplan en el Anexo I "Requisitos para toma de muestras de agua y preservación".

- **Parámetros orgánicos**

La recolección de la muestra de agua para TPH y aceites y grasas deberá realizarse de manera directa sin realizar el enjuague previo del frasco. La toma de muestra se hace en la superficie del cuerpo de agua, es decir no introducir totalmente la boca del frasco de la botella. Estos parámetros deben ser tomados en frascos de vidrio de boca ancha color ámbar para evitar su degradación por fotólisis, cerrar herméticamente (no utilizar contratapa de plástico) y preservar.

La muestra para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y COT, utilizar frascos de plástico de boca ancha de un litro de capacidad, limpios, al coleccionar la muestra llenar completamente el frasco (sin burbujas de aire) para evitar alteración de los resultados por procesos de oxidación, e inmediatamente tapar, manteniendo la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente (no se debe de congelar la muestra), no requiere preservante.

En caso que las muestras requieran la adición de preservantes, se deberá dejar cierto volumen vacío para la adición de preservante respectivo. Luego de cerrar el



frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.

Estos parámetros necesariamente deben ser tomados directamente del cuerpo de agua, ya que la ser tomados en recipientes de plástico pueden quedar ciertas cantidad de sustancias adheridas a las paredes y conducir a error el resultado final.

- **Parámetros de campo**

Los parámetros a ser evaluados en campo deben ser confiables y para ello se necesita:

- ✓ Tener calibrados los equipos portátiles (multiparametro, oxímetro, GPS, etc.) antes de la salida al campo y verificar su correcto funcionamiento. La calibración debe realizarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- ✓ La calibración debe verificarse y ajustarse de ser necesario en campo
- ✓ Antes de realizar las lecturas, enjuague dos a tres veces con el agua de la muestra los electrodos con el equipo apagado. Luego realizar la medición agitando ligeramente el electrodo, dejar estabilizar la lectura y tomar nota.
- ✓ Luego de realizar las mediciones deberá lavar los electrodos con agua destilada utilizando una pizeta. Secar con papel toalla y guardar adecuadamente. En algunos casos el electrodo necesita conservarse en una solución salina, entos antes de guardar coloque la capucha con la solución conservadora.

Al finalizar las actividades de monitoreo los equipos deben mantenerse en optimo estado de limpieza y en buenas condiciones de funcionamiento. Debe tenerse un registro de mantenimiento de cada instrumento, a fin de llevar el control del mantenimiento, reemplazo de baterías y cualquier problema de lecturas o calibraciones irregulares al usar las sondas o electrodos. Es prudente verificar que cada equipo cumpla con los estándares de calibración antes de salir al campo.

- **Preservación de las muestras de agua:**

- ✓ Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionarle el preservante requerido de acuerdo a lo estipulado en el Anexo I "Requisitos para toma de muestras de agua y preservación".
- ✓ Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad encintar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.

- **Identificación de las muestras de agua:**

Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- 1.- Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
- 2.- Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).



- 3.- Origen de la fuente.
- 4.- Descripción del punto de muestreo.
- 5.- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- 8.- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- 9.- Tipo de análisis requerido.
- 10.- Nombre del responsable del muestreo.

El Modelo de Etiqueta se adjunta en **Anexo III "Requisitos para etiqueta de identificación de muestras de agua"**

- **Conservación y envío de las muestras de agua:**
- Las muestras recolectadas deberán conservarse en cajas térmicas (Coolers) a temperatura indicada en el **Anexo I "Requisitos para toma de muestras de agua y preservación"**, disponiendo para ello con preservantes de temperatura (Ice pack, otros).
- Los recipientes de vidrio deben ser embalados con cuidado para evitar roturas y derrames. En el caso de utilizar hielo, colocar este en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua.
- Las muestras recolectadas para análisis físico químicos deberán entregarse al laboratorio en el menor tiempo posible, preferentemente dentro de las 24 horas de realizado el muestreo.
- En el caso de las muestras para análisis microbiológico se recomienda entregar estas al laboratorio dentro de las 6 horas después del muestreo y conservadas (aguas superficiales y residuales), refrigerar a 4 °C.
- Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de: la Cadena de Custodia; documento que en caso de ser enviado en forma directa al laboratorio por medio de una agencia de transporte será remitido dentro del "Cooler" colocado en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore. Los formatos e información requerida se indica en el Anexo III "Ficha de Cadena de Custodia y Ficha de Muestreo".

7.4 SEGURIDAD EN LA TOMA DE MUESTRAS

Esta sección establece los cuidados a tener en cuenta para evitar sufrir daños personales y materiales durante el desarrollo del monitoreo de agua.

- Cuando se traslade desde la movilidad hasta el cuerpos de agua seguir por rutas seguras, evitando caminos: muy empinados, rocosos, vegetación densa y fangosos.
- Si existiera algún riesgo bajo ciertas condiciones para el técnico, la estación de monitoreo deberá reubicarse.



- Si los puntos de monitoreo se encuentran en la parte sierra, es recomendable llevar ropa de abrigo como casacas, impermeable, botas, etc. y si se encuentra en la selva, llevar camisas manga larga, sombrero, impermeable, repelente, botas etc.
- Si el cuerpo de agua es muy profunda o torrentoso, evitar el ingreso al cuerpo de agua para la toma de muestras. Recoger las muestras con ayuda de un brazo telescópico o con un recipiente sujetado de una soguilla. Las muestras microbiológicas y los parámetros orgánicos deberán ser tomados lo más alejados de las orillas, pero guardando las medidas de seguridad (uso de arnés, chalecos de flotadores, etc.).
- Tener cuidado con los preservantes. Usar guantes, lentes y ropa de trabajo para realizar la preservación de las muestras. Evitar salpicaduras.
- Tener cuidado con los equipos portátiles, evitando hacer lecturas directas sobre ríos caudalosos y profundos, es mejor hacer las mediciones cogiendo la muestras en un recipiente limpio.
- Tener cuidado con los equipos portátiles, al hacer lecturas directas en los efluentes industriales y domésticos advertir de la presencia aceites y grasas, petróleo, elevada temperatura, aguas negras etc., que pudieran deteriorar los electrodos del equipo. Solicitar al laboratorio una solución desinfectante de lavado especial, para este tipo de trabajos.

8. RECOLECCIÓN Y MANEJO DE MUESTRAS DE AGUA

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio.

El objetivo del muestreo es recoger una porción representativa del material en estudio (cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, etc.) con un volumen apropiado para ser transportado, suficientemente grande, para analizar las variables fisicoquímicas de interés, que pueda cubrir todo el proceso analítico y que represente el material de estudio.

Las muestras de agua se deben transportar en una caja térmica o cooler, y llevarlas a un lugar de almacenamiento (cuarto frío, refrigerador, nevera, etc), para luego ser transferido al laboratorio para el análisis respectivo, periodo en el cual la muestra debe conservar las características de la muestra original, conservando las concentraciones respectivas de todos los componentes presentes en la muestra original sin que haya ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis.

Las muestras ingresan al laboratorio para determinaciones específicas, sin embargo, la responsabilidad de las condiciones y validez de las mismas debe ser asumida por las personas responsables del muestreo, de la conservación y el transporte de las muestras. Las técnicas de recolección y preservación de las muestras tienen una gran importancia, debido a la necesidad de verificar la precisión, exactitud y representatividad de los datos que resulten de los análisis.



Requisitos Generales

- Asegurar que todo el material y equipo de muestreo se encuentre limpio y en condiciones confiables antes de ser usado.
- Los equipos deben ser calibrados y contar con el mantenimiento respectivo.
- Los envases de muestreo deben estar limpios y secos, libres de contaminación, de preferencia deben ser de primer uso, de acuerdo al parámetro o elementos requerido deberán ser de polietileno o vidrio.
- Generalmente, los frascos de muestreo son enjuagados dos o tres veces con el agua que está siendo recolectada (a menos que el frasco contenga un preservante ó se encuentre esterilizado para análisis microbiológico).
- Los preservantes químicos más comunes son ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, acetato de cinc + hidróxido de sodio. Tener cuidado en su manipulación.
- Se debe tener especial precaución con las muestras que contienen compuestos orgánicos y traza de metales, porque estos constituyentes pueden perderse total o parcialmente ó contaminarse fácilmente, cuando no se sigue un procedimiento apropiado con la muestra y el preservante.
- La mayoría de frascos deben llenarse completamente a menos que sea necesario un espacio de aire para permitir la expansión térmica durante el transporte y dependiendo del parámetro a ser analizado, para muestras orgánicas como el caso de la DBO5, se debe llenar totalmente sin dejar burbujas de aire.
- Identificar cada muestra con un código y/o número de muestra, escribiendo en una etiqueta de la identificación de la muestra, el nombre del muestreador, fecha, hora, localización exacta, el tipo de muestra.
- Usar lapicero o plumón de tinta indeleble, de preferencia negro.
- Utilizar procedimientos formales de "cadena de custodia" que rastreen la historia de la muestra desde la recolección hasta el informe.
- Llevar un registro en una hoja de datos por cada punto de muestreo. En cada hoja de datos de campo debe colocarse como mínimo la siguiente información:
 - Datos generales:** Contiene el nombre y número de la estación, el nombre y la dirección de la instalación, la fecha, la hora, el nombre de quien recolectó la muestra, las condiciones climáticas, la temperatura del aire y otras observaciones pertinentes en la estación.
 - Datos de campo:** Resultados de todas las mediciones realizadas en el campo
- Establecer los puntos de muestreo de acuerdo a la descripción definida en el plan de muestreo, con ayuda de estacas, boyas o señales que permitan su identificación por otras personas sin necesidad de confiar en la memoria o en un guía personal.
- La georeferenciación de la estación de muestreo debe ser con un GPS.
- Cuando la muestra es colectada del río o corriente se observa resultados que varían con la profundidad, flujo de la corriente, distancia de cada orilla. Seleccionar el número y distribución de sitios en los cuales la muestra debería ser colectada depende de un estudio objetivo, características de la corriente, equipamiento disponible y otros factores. Si el equipamiento está disponible tomar la muestra de arriba a abajo en la mitad del canal principal de la corriente lado a lado en el medio de profundidad.
- Los ríos, corrientes, lagos y reservorios son temas de considerables variaciones de causas normales tales como estratificación estacional, variaciones diurnas,



precipitaciones, salida, y vientos. Escoger localización, profundidad y frecuencia de muestreo depende de las condiciones locales y el propósito del estudio.

- Evitar áreas de excesiva turbulencia por la potencial pérdida de componentes volátiles y potencial presencia de vapores tóxicos más densos que el aire.
- Evitar el muestreo en vertederos si es posible porque esta localización tiende a favorecer la recuperación de compuestos inmisibles que del agua encauzada.
- Generalmente coleccionar la muestra debajo de la superficie en áreas quietas con el envase de muestreo abierto dirigiendo la boca hacia la corriente para evitar recoger la espuma superficial solo si se desee analizar aceites y grasas, recoger la muestra de agua de la superficie.
- Las muestras de agua requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte antes del análisis en el laboratorio.
- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.
- La indumentaria de protección del personal que realizará el muestreo deberá estar constituido por chaleco, pantalón, gorra, casaca (zona sierra), impermeable, botines de seguridad, botas de jebe muslera, guantes de jebe y quirúrgico.
- Materiales de campo como arnés o soga, balde, linterna, muestreador con extensión, cronometro, cajas térmicas, ice pack.
- Materiales de laboratorio como pizeta, pipetas y/o goteros, bombilla de succión y frascos de plástico y vidrio según el requerimiento de análisis.

8.1 TIPOS DE MUESTRAS

- a. **Muestra simple o puntual:** Una muestra representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancia particular en la que se realiza su captación. Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de distancias sustanciales en todas las direcciones, puede decirse que la muestra representa un intervalo de tiempo o un volumen más extenso. En esta circunstancia, un cuerpo de agua puede estar representado por muestras simples, como en el caso de aguas de suministro, aguas superficiales, pero pocas veces de efluentes residuales.

Quando se sabe que un cuerpo de agua varía con el tiempo, las muestras simples tomadas a intervalos de tiempo, deben registrar la extensión, frecuencia y duración de las variaciones.

- b. **Muestras compuestas:** Se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios.

Para estos propósitos, se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h. Sin embargo, bajo otras



circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica. Para evaluar los efectos de descargas y operaciones variables o irregulares, tomar muestras compuestas que representen el periodo durante el cual ocurren tales descargas.

No se debe emplear muestras compuestas para la determinación de componentes o características sujetas a cambios significativos e inevitables durante el almacenamiento; sino hacer tales determinaciones en muestras individuales lo más pronto posible después de la toma y preferiblemente en el sitio de muestreo. Ejemplos de este tipo de determinaciones son: gases disueltos, cloro residual, sulfuros solubles, temperatura y pH. Los cambios en componentes como oxígeno o dióxido de carbono disueltos, pH, o temperatura, pueden producir cambios secundarios en determinados constituyentes inorgánicos tales como hierro, manganeso, alcalinidad, o dureza. Las muestras compuestas en el tiempo se pueden usar para determinar solamente los componentes que permanecen sin alteraciones bajo las condiciones de toma de muestra, preservación y almacenamiento.

Tomar porciones individuales del cuerpo de agua en estudio en botellas de boca ancha cada hora (en algunos casos cada media hora o incluso cada 5 min.) y mezclarlas al final del período de muestreo, o combinarlas en una sola botella al momento de tomarlas. Si las muestras van a ser preservadas, agregar previamente las respectivas sustancias a la botella, de tal manera que todas las porciones de la composición sean preservadas tan pronto como se recolectan. Algunas veces es necesario el análisis de muestras individuales.

Es deseable, y a menudo esencial, combinar las muestras individuales en volúmenes proporcionales al caudal. Para el análisis de aguas residuales y efluentes, por lo general es suficiente un volumen final de muestra de 2 a 3 L. Para este propósito existen muestreadores automáticos, que no deben ser empleados a menos que la muestra sea preservada; limpiar tales equipos y las botellas diariamente, para eliminar el crecimiento biológico y cualquier otro depósito.

- c. **Muestras integradas:** Para ciertos propósitos, es mejor analizar mezclas de muestras puntuales tomadas simultáneamente en diferentes puntos, o lo más cercanas posible. Un ejemplo de la necesidad de muestreo integrado ocurre en ríos o corrientes que varían en composición a lo ancho y profundo de su cauce. Para evaluar la composición promedio o la carga total, se usa una mezcla de muestras que representan varios puntos de la sección transversal, en proporción a sus flujos relativos. La necesidad de muestras integradas también se puede presentar si se propone un tratamiento combinado para varios efluentes residuales separados, cuya interacción puede tener un efecto significativo en la tratabilidad o en la composición. La predicción matemática puede ser inexacta o imposible, mientras que la evaluación de una muestra integrada puede dar información más útil.

Los lagos naturales y artificiales muestran variaciones de composición según la localización horizontal y la profundidad; sin embargo, estas son condiciones bajo las cuales las variaciones locales son más importantes mientras que los resultados



promedio y totales no son especialmente útiles. En tales casos se deben examinar las muestras separadamente antes que integrarlas.

La preparación de muestras integradas requiere generalmente de equipos diseñados para tomar muestras de una profundidad determinada sin que se contaminen con la columna de agua superior. Generalmente se requiere conocer el volumen, movimiento, y composición de varias partes del cuerpo de agua a ser estudiado. La toma de muestras integradas es un proceso complicado y especializado que se debe describir adecuadamente en el plan de muestreo.

8.2 MÉTODOS DE MUESTREO

a) Muestreo manual

El muestreo manual implica un mínimo de equipos, pero para programas de muestreo a gran escala o de rutina puede ser excesivamente costoso su manejo.

b) Muestreo Automático

Los equipos de muestreo automático pueden eliminar errores humanos, inherentes al muestreo manual, reducen los costos y permiten aumentar la frecuencia del muestreo. El muestreador automático no debe contaminar la muestra, en el caso de que los recipientes de plásticos sean incompatibles para almacenar muestras que contienen compuestos orgánicos que son solubles en el envase de plástico o puede contaminarse al contacto con éste. En estos casos un muestreador manual con recipiente de vidrio es más adecuado. Programar el muestreador automático de acuerdo con las especificaciones del mismo y las necesidades del muestreo, ajustar cuidadosamente las velocidades de la bomba y los tamaños de los tubos según el tipo de muestra a tomar.

8.2.1. Envases para el Muestreo:

El tipo de envase de muestreo usado es de extrema importancia, se debe comprobar que los envases de las muestras estén libres del elemento de interés, especialmente cuando el muestreo y el análisis son para niveles traza del analito.

Los envases son hechos generalmente de plástico o de vidrio, depende del elemento o parámetro requerido, para seleccionar el tipo de envase.

Los recipientes de vidrio no son convenientes para muestras destinadas a ser analizadas para metales traza; el vidrio libera silicio y sodio, a su vez, pueden adsorber trazas de metales contenidos en la muestra de agua. Por otra parte los recipientes de plástico - excepto los teflonados (politetrafluoroetileno, PTFE)- deben descartarse para muestras que contengan compuestos orgánicos, estos materiales liberan sustancias del plástico (por ejemplo, ésteres de ftalato del plástico) y a su vez disuelven algunos compuestos orgánicos volátiles de la muestra. Las tapas de los envases, generalmente de plástico, también pueden ser un problema, por lo que se debe usar empaques o séptum de metal



o PTFE. Para situaciones críticas, es adecuada la inclusión de un blanco del recipiente para demostrar la ausencia de interferencias. Usar los envases de vidrio para todos los análisis de compuestos orgánicos volátiles, semivolátiles, plaguicidas, PCBs, aceites y grasas.

PRECAUCIONES GENERALES

Uno de los requerimientos básicos en el programa de muestreo es una manipulación ausente de procesos de deterioro o de contaminación antes de iniciar los análisis en el laboratorio; en el muestreo de aguas, antes de coleccionar la muestra es necesario purgar el recipiente dos o tres veces, a menos que contenga agentes preservativos. Dependiendo del tipo de determinación, el recipiente se llena completamente (esto para la mayoría de las determinaciones de compuestos orgánicos), o se deja un espacio para aireación o mezcla (por ejemplo en análisis microbiológicos); si el recipiente contiene preservativos no puede ser rebosado, lo cual ocasionaría una pérdida por dilución. Excepto cuando el muestreo tiene como objetivo el análisis de compuestos orgánicos, se debe dejar un espacio de aire equivalente a aproximadamente 1% del volumen del recipiente, para permitir la expansión térmica durante su transporte.

Cuando las muestras coleccionadas contienen compuestos orgánicos o metales traza, se requieren precauciones especiales, debido a que muchos constituyentes están presentes en concentraciones de unos pocos microgramos por litro y se puede correr el riesgo de una pérdida total o parcial, si el muestreo no se ejecuta con los procedimientos precisos para la adecuada preservación.

Las muestras representativas se pueden obtener sólo coleccionando muestras compuestas predeterminadas o en diferentes puntos de muestreo; las condiciones de recolección varían con las localidades y no existen recomendaciones específicas que puedan ser aplicables en forma general. Algunas veces es más informativo analizar varias muestras en forma separada en lugar de obtener una muestra compuesta, ya que es posible aparentar su variabilidad, los máximos y los mínimos.

En términos generales, la muestra coleccionada debe asegurar que los resultados analíticos obtenidos representan la composición actual de la misma. Los siguientes factores afectan los resultados: presencia de material suspendido o turbidez, el método seleccionado para su remoción, los cambios fisicoquímicos en el almacenamiento o por aireación. Por consiguiente es necesario disponer de los procedimientos detallados (como filtración, sedimentación, etc.) a los que se van a someter las muestras antes de ser analizadas, especialmente si se trata de metales traza o compuestos orgánicos en concentraciones traza. En algunas determinaciones como los análisis para plomo, estos pueden ser invalidados por la contaminación que se puede presentar en tales procesos. Cada muestra debe ser tratada en forma individual, teniendo en cuenta las sustancias que se van a determinar, la cantidad y naturaleza de la turbidez presente, y cualquier otra condición que pueda influenciar los resultados.

La selección de la técnica para recoleccionar una muestra homogénea debe ser definida en el plan de muestreo. Generalmente, se separa cualquier cantidad significativa de material suspendido por decantación, centrifugación o un procedimiento de filtración adecuado. Para



el análisis de metales la muestra puede ser filtrada o no, o ambas, si se requiere diferenciar el total de metales y los disueltos presentes en la matriz.

8.3 MANIPULACION DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y MANEJO DE DATOS

La Agencia para la Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA, 1992c) así como los "Métodos Estándar" (SMEWW 21st Edition-2005) proporcionan una guía sobre los procedimientos para la preservación de muestras, procedimientos, materiales para los recipientes y máximo tiempo de almacenamiento permisible para los parámetros de calidad del agua. Los documentos también suministran algunos lineamientos generales sobre la recolección y manipulación de muestras.

8.3.1 Embalaje y envío de las muestras

Si las muestras no van a ser analizadas en un laboratorio en el campo o si no van a ser entregadas inmediatamente, deben ser colocadas en un recipiente térmico para su transporte junto con un registro de cadena de custodia, hojas de datos de campo y solicitudes de análisis de muestras. Los laboratorios comerciales generalmente suministran estas solicitudes de análisis. Las botellas de vidrio deben ser embaladas con cuidado para evitar roturas y derrames. Las muestras deben ser colocadas en hielo o en un sustituto sintético que las mantenga a 4°C durante todo el viaje. El hielo debe ser colocado en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja de embarque. Los registros sobre el muestreo deben ser colocados en un sobre impermeable, guardándose una copia en el lugar.

8.3.2 Control y registro de las muestras de agua

El registro del muestreo, la preservación y el análisis son esenciales para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye la actividad de seguir o monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

- **Etiquetas.** Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, pegar al frasco de muestra antes de o en el momento del muestreo, papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada.
- **Sellos.** Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras, sellar los recipientes con papel autoadhesivo, en los que se incluya por lo menos la siguiente información: número de muestra (idéntico al número en la etiqueta), nombre del recolector, fecha y hora de muestreo; también son útiles los sellos de plástico encogible. Adherir el sello de tal manera que sea necesario romperlo para abrir el



recipiente de la muestra, después de que el personal muestreador ceda la custodia o vigilancia.

- **Libro de campo.** Registrar toda la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo en un libro apropiado, en el que se incluya como mínimo lo siguiente: propósito del muestreo; localización de la estación de muestreo, o del punto de muestreo si se trata de un efluente industrial, en cuyo caso se debe anotar la dirección y el nombre del representante de la empresa; tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Si se trata de una muestra de aguas residuales, identificar el proceso que produce el efluente. Estipular también la posible composición de la muestra y las concentraciones; número y volumen de muestra tomados; descripción del punto y método de muestreo; fecha y hora de recolección; número(s) de identificación del (los) recolector(es) de la muestra; distribución y método de transporte de la muestra; referencias tales como mapas o fotografías del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo sin tener que confiar en la memoria de los encargados. Guardar el libro en un sitio seguro.
- **Registro del control y vigilancia de la muestra.** Diligenciar el formato de control y vigilancia de cada una de las muestras o grupo de muestras, las cuales deben estar acompañadas de este formato; en él se incluye la siguiente información: número(s) de la(s) muestra(s); firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante en el proceso de control, vigilancia y posesión de las muestras y las fechas correspondientes.
- **Formato de solicitud de análisis.** La muestra debe llegar al laboratorio acompañada de una solicitud de análisis; el recolector completa la parte del formato correspondiente a la información de campo de acuerdo con la información anotada en el libro de campo. La parte del formato correspondiente al laboratorio la completa el personal del laboratorio, e incluye: nombre de la persona que recibe la muestra, número de muestra en el laboratorio, fecha de recepción, y las determinaciones a ser realizadas.
- **Entrega de la muestra en el laboratorio.** Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo, en el transcurso de dos días como máximo; si el tiempo de almacenamiento y preservación es menor, debe planificarse el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio. En caso de que las muestras sean enviadas por correo a través de una empresa responsable, se debe incluir el formato de la compañía transportadora dentro de la documentación del control y vigilancia de la muestra. La solicitud de análisis debe estar acompañada por el registro completo del proceso de control y vigilancia de la muestra. Entregar la muestra a la oficina de recepción en el laboratorio; el recepcionista a su vez debe firmar el formato de vigilancia y control, incluyendo la fecha y hora de entrega.



- **Recepción y registro de la muestra.** En el laboratorio, el recepcionista inspecciona la condición y el sello de la muestra, compara la información de la etiqueta y el sello con el registro o formato del proceso de control y vigilancia, le asigna un número o código para su entrada al laboratorio, la registra en el libro del laboratorio, y la guarda en el cuarto o cabina de almacenamiento hasta que sea asignada a un analista.
- **Asignación de la muestra para análisis.** El coordinador del laboratorio asigna la muestra para su análisis. Una vez la muestra está en el laboratorio, el auditor y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia.

8.4 METODOS ESTANDAR PARA LOS ANALISIS DE AGUA Y AGUAS RESIDUALES

El documento denominado "Métodos Estándar para el Examen de Agua y Aguas Residuales" (SMEWW 21st Edition-2005). Fue publicado conjuntamente por la American Public Health Association, la American Water Works Association y la Water Environment Federation, el que representa una referencia para la metodología de análisis de calidad del agua.

Los laboratorios acreditados conocen los "Métodos Estándar" y usan estos métodos para algunos de los parámetros recomendados en este Protocolo. Los laboratorios acreditados poseen gran parte de equipamiento analítico necesario para llevar a cabo estos análisis (absorción atómica, espectrofotometría, cromatografía, colorimetría, etc.) debido a las necesidades existentes en los exámenes de muestras de aguas y otros.

9. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

9.1 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

Aseguramiento y control de calidad (AC y CC) son parte esencial de todo sistema de monitoreo. Comprende un programa de actividades (capacitación, calibración de equipos y registro de datos) que garantizan que la medición cumple normas definidas y apropiadas de calidad con un determinado nivel de confianza, o puede ser visto como una cadena de actividades diseñadas para obtener datos fiables y precisos.

Las funciones de control de calidad influyen directamente en las actividades relacionadas con la medición en campo, la calibración de los equipos de campo, registro de datos y la capacitación. Para garantizar el éxito del programa, es necesario que cada componente del esquema del aseguramiento y control de calidad se implemente de manera adecuada, para lo cual debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- ✓ Asegurarse que los frascos de muestreos cumplan con los requisitos técnicos establecidos en el presente protocolo.
- ✓ Enviar toda la documentación (formatos, cadena de custodia, etiqueta, oficios, etc) de las muestras asegurando que los datos de campo no varíen en su descripción.
- ✓ Es esencial que el personal de campo este capacitado para aplicar las metodologías estandarizadas y aprobadas.
- ✓ Para realizar el control de calidad aplicado al muestreo se requiere considerar los siguientes blancos y duplicados de acuerdo a las determinaciones analíticas:



Fisicoquímicos

a) Los blancos de equipo

Consiste en llenar los envases con el agua final del enjuague de la descontaminación de los equipos. Una vez analizados, muestran la efectividad de la limpieza de los equipos de campo. Colecte los blancos de equipo después del muestreo del agua subterránea o superficial en la estación con la contaminación más alta. Uno por día del muestreo es suficiente.

b) Los blancos de campo

Son envases de agua desionizada que se llenan en la estación de muestreo, etiquetan, empaquetan, sellan y se mandan al laboratorio con las otras muestras. Se usan los blancos de campo para investigar la contaminación en el laboratorio, y durante la colecta y envío de las muestras. El laboratorio requiere un blanco de campo por cada día del muestreo.

c) Los blancos viajeros

Son envases de agua desionizada preparados en el laboratorio y enviados junto con los fascos de muestreo. Se deben mantener en la misma caja térmica que las otras acompañando todo el proceso de colecta de muestras, manejo y envío. Si se encuentran contaminados, podría ser que la contaminación ocurriera durante el transporte de muestra o en el almacenaje en el laboratorio. Se requiere por lo menos uno para cada envío de muestra.

d) Las muestras duplicadas

Se usan para verificar la precisión del recojo de muestras de agua en campo o el análisis de laboratorio. Se recogen dos muestras de agua por duplicado en el campo, coleccionar la muestra duplicada de una estación en donde se cree que hay niveles altos de un compuesto particular.

Microbiológico

a) Blanco Viajero:

Se coloca agua destilada estéril en un frasco de muestreo, se realiza un análisis de recuento de bacterias heterótrofas, para determinar que el agua no contiene ningún microorganismo presente.

El blanco viajero se coloca en la misma caja de muestreo con el resto de frascos, este se mantendrá cerrado durante todo el tiempo de muestreo, para luego ser analizado conjuntamente con las muestras.

Este blanco permite comprobar una posible contaminación por el transporte y procedimientos de almacenamiento en campo.

b) Duplicados de Muestreo:



Cada diez muestras se debe preparar una muestra duplicada de muestreo, que consiste en llenar dos frascos con una misma muestra de agua extraída del mismo lugar y en el mismo tiempo. De esta forma se verifica la variabilidad en los resultados debido al manipuleo, conservación o contaminación de las muestras corrientes.

10. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aguas continentales: Todas las aguas en la superficie del suelo y todas las aguas subterráneas situadas hacia tierra desde la línea que sirve de base para medir la anchura de las aguas territoriales.

Aguas costeras: Las aguas situadas fuera de la línea de bajamar o del límite exterior de un estuario. Las aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.

Aguas dulces: Agua que surge de forma natural, con baja concentración de sales, y que con frecuencia puede considerarse apta para ser extraída y tratada a fin de producir agua potable.

Aguas residuales: Aguas vertidas después de ser utilizadas o producidas en un proceso, que contienen sustancias disueltas y/o en suspensión procedentes de ese proceso.

Aguas residuales domésticas: Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios y generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.

Aguas residuales industriales: Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

Frecuencia de muestreo: Número de muestras representativas tomadas en un período determinado de tiempo, en las diferentes estaciones de muestreo.

10 REFERENCIAS

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 21 edition 2005.

11 ANEXOS

Anexo I: “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”.

Anexo II: “Ficha de Cadena de Custodia y Ficha de Muestreo”.

Anexo III: “Requisitos para etiqueta de identificación de muestras de agua”



ANEXOS



Anexo I: "Requisitos para toma de muestras de agua y preservación".

TABLA 1. RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE ACUERDO CON LAS MEDICIONES ¹					
Determinación	Recipiente ²	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra ³	Preservación ⁴	Almacenamiento máximo recomendado ⁵
Acidez	P, V	100	s	Refrigerar	14 d
Alcalinidad	P, V	200	s	Refrigerar	14 d
Boro	P	100	s, c	No requiere	6 meses
Bromuro	P, V	100	s, c	No requiere	28 d
Carbono orgánico, total	V	100	s, c	Análisis inmediato; o refrigerar y agregar H ₃ PO ₄ o H ₂ SO ₄ hasta pH<2	28 d
Cianuro: Total	P, V	500	s, c	Agregar NaOH hasta pH>12, refrigerar en la oscuridad ⁶	14 d ⁷
Clorable	P, V	500	s, c	Agregar 100 mg Na ₂ S ₂ O ₃ /L	14 d ⁷
Cloro, residual	P, V	500	s	Análisis inmediato	—
Clorofila	P, V	500	s, c	30 d en la oscuridad	30 d
Cloruro	P, V	50	s, c	No requiere	28 d
Color	P, V	500	s, c	Refrigerar	48 h
Compuestos orgánicos:					
Sustancias activas al azul de metileno	P, V	250	s, c	Refrigerar	48 h
Plaguicidas	V(S), tapón de TFE	1000	s, c	Refrigerar; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual	7 d hasta la extracción
Fenoles	P, V	500	s, c	Refrigerar; agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2	40 d después de extraer
Purgables por purga y trampa	V, tapón de TFE	2 ´ 40	s	Refrigerar; agregar HCl hasta pH<2; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual	14 d
Conductividad	P, V	500	s, c	Refrigerar	28 d
DBO	P, V	1000	s	Refrigerar	48 h
Dióxido de carbono	P, V	100	s	Análisis inmediato	—
Dióxido de cloro	P, V	500	s	Análisis inmediato	—



Determinación	Recipiente ²	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra ³	Preservación ⁴	Almacenamiento máximo recomendado ⁵
DQO	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	28 d
Dureza	P, V	100	s, c	Agregar HNO ₃ hasta pH<2	6 meses
Fluoruro	P	300	s, c	No requiere	28 d
Fosfato	V(A)	100	s	Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente; refrigerar	48 h
Gas digestor de lodos	V, botella de gases	—		—	—
Grasa y aceite	V, boca ancha calibrado	1000	s, c	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar	28 d
Metales, general		500	s	Filtrar ⁸ , agregar HNO ₃ hasta pH<2	6 meses
Cromo VI	P (A), V(A)	300	s	Refrigerar	24 h
Cobre, colorimetría	P (A), V(A)				
Mercurio	P (A), V(A)	500	s, c	Agregar HNO ₃ hasta pH<2, 4° C, refrigerar	28 d
Nitrógeno:					
Amoniaco	P, V	500	s, c	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	28 d
Nitrato	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h (28 d para muestras cloradas)
Nitrato + nitrito	P, V	200	s, c	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2, refrigerar	28 d
Determinación	Recipiente ²	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra ³	Preservación ⁴	Almacenamiento máximo recomendado ⁵
Nitrito	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h
Orgánico, Kjeldahl	P, V	500	s, c	Refrigerar; agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2	28 d
Olor	V	500	s	Analizar lo más pronto posible; refrigerar	—
Oxígeno, disuelto:	G, botella DBO	300	s		
Electrodo					—



Determinación	Recipiente ²	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra ³	Preservación ⁴	Almacenamiento máximo recomendado ⁵
Electrodo Winkler				Análisis inmediato. La titulación puede aplazarse después de la acidificación	8 h
Ozono	V	1000	s	Análisis inmediato	—
pH	P, V	50	s	Análisis inmediato	—
Sabor	V	500	s	Analizar lo más pronto posible; refrigerar	—
Salinidad	V, sello de cera	240	s	Análisis inmediato o usar sello de cera	—
Sílica	P	200	s, c	Refrigerar, no congelar	28 d
Sólidos	P, V	200	s, c	Refrigerar	2-7 d, ver protocolo
Sulfato	P, V	100	s, c	Refrigerar	28 d
Sulfuro	P, V	100	s, c	Refrigerar; agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL; agregar NaOH hasta pH>9	7 d
Temperatura	P, V	—	s	Análisis inmediato	—
Turbidez	P, V	100	s, c	Analizar el mismo día; para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar	48 h
Yodo	P, V	500	s, c	Análisis inmediato	—

Anexo II: “Ficha de Cadena de Custodia y Ficha de Muestreo”.

Anexo III: “Requisitos para etiqueta de identificación de muestras de agua”