

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**IMPLEMENTACION DE SECUENCIA DIDACTICA COMO HERRAMIENTA
DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN EL MUESTREO DE AGUA**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

**LUIS ALFREDO CARRILLO CASTILLO
LUCIA ALEJANDRA CUELLAR TREJO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO(A) EN QUIMICA Y FARMACIA**

MARZO 2021

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. REINA MARIBEL GALDAMEZ

SECRETARIA

LICDA. EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCION DE PROCESOS DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez.

TRIBUNAL CALIFICADOR

**ASESORA DE AREA EN: CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS
FARMACEUTICOS Y COSMETICO**

Licda. Ariana Lissette García de Ventura

**ASESORA DE AREA EN: INDUSTRIA FARMECEUTICA, COSMETICA Y
VETERINARIOS**

Licda. Corina Ivette Interiano Ramírez

DOCENTE ASESOR

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro Dios todopoderoso por la fortaleza y paciencia que nos ha dado, por conducirnos a alcanzar esta meta muy importante en nuestras vidas.

Expresamos nuestros agradecimientos a nuestros padres por el compromiso, entrega incondicional y la motivación en nosotros; a nuestro asesor de tesis Licenciado Henry Alfredo Hernández Contreras, por la paciencia, confianza y el apoyo en el transcurso de este objetivo logrado.

Agradecemos a nuestro tribunal evaluador: MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez, Licda. Ariana Lissette García de Ventura y Licda. Corina Ivette Interiano Ramírez por su guía y enseñanzas en nuestro trabajo de investigación.

Finalmente a nuestros amigos, compañeros de clase, catedráticos de nuestra facultad por la motivación que depositaron sobre nosotros para la culminación de nuestra carrera profesional.

DEDICATORIA

Esta meta lograda se la dedico a Dios primeramente por estar junto a mí en este caminar, por la fortaleza, y la fe cuando más lo necesité; a mis padres, Luis Armando Carrillo y Deysi Josefina Castillo por el apoyo incondicional que depositaron en mí, por su responsabilidad con mi educación y por ser mis guías principales para lograr una de mis metas en mi vida, a mis hermanos y amigos por su apoyo incondicional y a mi compañera Lucía Alejandra por sacar adelante este trabajo de investigación.

Luis Alfredo Carrillo Castillo

Primeramente dedico y agradezco a Dios por lograr esta meta, porque sin Él nada de esto hubiera sido posible, por permitirme y darme la fortaleza para perseverar y cumplir lo que me propongo y por sus infinitas bendiciones. A mi mami Ester Cuéllar, quien es mi incondicional, mi guía y ejemplo de sencillez, humildad y amor, a la que le debo toda mi vida; a mi querida familia que están siempre apoyándome, mis tías Magdalena y Cristina, mi hermano, abuelito y a mi abuelita, mi ángel del cielo.

A mi compañero Luis Carrillo por su dedicación y apoyo para la realización de nuestro trabajo de investigación.

A todos los docentes que influyeron y sembraron su semilla del conocimiento en mí y en especial a mi docente asesor por su guía y apoyo.

A mis queridos amigos con los cuales viví momentos inolvidables, en especial a mis más que amigas, mis hermanas Aida y Elena y mi amigo Yunior.

Y finalmente a mi persona especial Eduardo Loarca, gracias por estar ahí para mí, por apoyarme siempre y motivarme a ser mejor cada día.

Lucía Alejandra Cuéllar Trejo

INDICE GENERAL

RESUMEN	
CAPITULO I	
1.0 INTRODUCCION	xiii
CAPITULO II	
2.0 OBJETIVOS	
CAPITULO III	
3.0 MARCO TEORICO	18
3.1 SECUENCIA DIDACTICA	18
3.1.1 Didáctica	18
3.1.2 Secuencia Didáctica y Metodologías de enseñanza	19
3.1.3 Criterios para la elección del método	19
3.1.4 Desarrollo y aplicación de metodologías de enseñanza	21
3.1.5 Selección de herramientas a emplear	22
3.1.6 Actividades a realizar como tareas de aplicación	22
3.1.7 Análisis de los resultados	23
3.1.8 Escenarios de aplicación del estudio	24
3.1.9 Resultados esperados	24
3.2 GENERALIDADES: AGUA Y MUESTREO	25
3.2.1 Importancia del recurso hídrico	26
3.2.2 Propiedades químicas y físicas del agua	26
3.3 CALIDAD DEL AGUA	27
3.3.1 Parámetros de calidad para Agua Potable	28
3.3.2 Parámetros de calidad para Aguas Residuales	28
3.3.3 Parámetros de calidad para Agua de Ríos	29
3.3.4 Parámetros de calidad para Agua de Lagos	29
3.3.5 Parámetros de calidad para Aguas Subterráneas (pozos)	30
3.4 SERIE DE LA NORMATIVA ISO 5667 “CALIDAD DEL AGUA”	30

3.5	FUENTES DE MUESTREO	31
3.5.1	Ríos y arroyos	31
3.5.2	Lagos	33
3.5.3	Aguas residuales	34
3.5.4	Agua potable	35
3.5.5	Aguas subterráneas	35
3.6	TOMA DE MUESTRAS, CONSERVACION Y TRANSPORTE	36
3.6.1	Tipos de toma de muestra	37
3.6.2	Tipos de muestras de agua	38
3.7	MATERIALES Y EQUIPO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA	40
3.7.1	Materiales	40
3.7.2	Tipos de recipientes de la muestra	42
3.7.3	Recipientes de muestras especiales	42
3.7.4	Recipientes de muestras para análisis microbiológico	43
3.7.5	Equipo de muestreo para el análisis de las características físicas y químicas	44
3.7.6	Equipo para el muestreo en el sitio	44
3.7.7	Equipo de muestreo para las características microbiológicas	45
3.8	IDENTIFICACION Y REGISTRO	45
CAPITULO IV		54
4.0	DISEÑO METODOLOGICO	55
4.1	Tipo de estudio	47
4.2	Investigación bibliografica	48
4.3	Investigación de campo	48
4.4	Parte experimental	48
CAPITULO V		54
5.0	RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	55

5.1	Diseño de la secuencia didáctica para la enseñanza de toma de muestras de agua.	55
5.2	Identificación de metodologías para la enseñanza de la toma de muestras de agua en ríos, lagos, agua de pozo, agua potable y aguas residuales.	58
5.3	Elaboración de herramienta didáctica manual de procedimientos, para la instrucción de los procedimientos de toma de muestras de agua de diferentes matrices.	58
5.4	Elaboración de herramienta didáctica audiovisual.	80
5.5	Transferencia de las herramientas didácticas y socialización en la plataforma YouTube.	81
CAPITULO VI		82
6.0 CONCLUSIONES		83
CAPITULO VII		84
7.0 RECOMENDACIONES		85
BIBLIOGRAFIA		
GLOSARIO		
ANEXOS		

INDICE

CUADRO N°		Pág.
1.	Métodos expositivos	20
2.	Métodos basados en la demostración práctica	21
3.	Métodos de construcción del aprendizaje	21
4.	Actividades a desarrollar por el educando	23
5.	Escenarios para el proceso de toma de muestras de agua	24
6.	Parámetros de calidad para Agua Potable	28
7.	Parámetros de calidad para Aguas Residuales	28
8.	Parámetros de calidad para Agua de Ríos	29
9.	Parámetros de calidad para Agua de Lagos	29
10.	Parámetros de calidad para Aguas subterráneas	30
11.	Tipos de muestras de agua	38
12.	Guía para una secuencia didáctica como herramienta para el proceso de enseñanza aprendizaje en la toma de muestras de agua	55
FIGURA N°		Pág.
1.	Objetivos de la didáctica	18
2.	Principios metodológicos del aprendizaje	19
3.	Molécula del agua	26
4.	Frascos para toma de muestras de agua	42
5.	Tipos de frascos utilizados en la toma de muestras	43
TABLA N°		Pág.
1.	Materiales para el proceso de muestreo de agua	66

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

1. Sitios de muestreo.
2. Portada de la Norma Técnica Colombiana ISO 5667.
3. Técnicas generales para la preservación de muestras para análisis fisicoquímico.
4. Formatos para controles previos al muestreo, cadena de custodia de las muestras e informe final del muestreo.
5. Etiqueta de identificación de muestra.
6. Diseño estructural de la secuencia didáctica.
7. Contenidos del manual de procedimientos.
8. Materiales y equipo utilizado para el muestreo de agua, filmación y edición de videos.
9. Portada principal, portada secundaria e índice del manual de procedimientos.
10. Encabezado y pie de página del manual de procedimientos.
11. Técnicas de muestreo en diferentes tipos de agua para análisis fisicoquímico.
12. Técnicas de muestreo en diferentes tipos de agua para análisis microbiológico.
13. Metodología de preparación del agente reductor de tiosulfato de sodio pentahidratado 0.1N para muestras microbiológicas.
14. Diseño estructural de las herramientas didácticas audiovisuales.
15. Disco compacto que contiene las técnicas generales de muestreo de agua para análisis fisicoquímico y microbiológico.

RESUMEN

En el presente trabajo se elaboró un manual de procedimientos para la instrucción del proceso de toma de agua de diferentes matrices con base a la serie de las normas ISO 5667 y un material audiovisual para la toma de muestras de agua, las cuales servirán para referencia del Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Universidad de El Salvador. Para ello se tomó como referencia la norma ISO 5667 se establecen los principios generales que se deben aplicar en el diseño de programas de muestreo para los propósitos de control de calidad, garantía de calidad así como también identificación de fuentes de contaminación del agua; con base a todo esto, se vio la necesidad de elaborar herramientas didácticas que faciliten la transmisión de la información de una manera más interactiva, que demuestren las técnicas correctas de muestreo, preservación y manejo de muestras de agua en matrices como: aguas de lago, agua potable, agua de río, aguas residuales y aguas subterráneas. Cada uno de los videos se encuentran publicados en el canal de YouTube del Laboratorio Físicoquímico de Aguas, que sean de fácil acceso al público y a su vez sirvan de referencia directa del Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Universidad de El Salvador, estas herramientas didácticas se elaboraron entre agosto del año 2020 y enero del año 2021.

Se concluyó que a partir de las diferentes metodologías de enseñanza aprendizaje, se pudo determinar que la metodología basada en la demostración práctica fue la más factible para este trabajo de investigación permitiendo ejemplificar de forma clara y sencilla el proceso correcto para la toma de muestras de agua en diferentes matrices. Por lo que se recomienda utilizar las herramientas didácticas elaboradas como base para la instrucción de los procedimientos adecuados en la toma de muestras de agua en diferentes matrices.

CAPITULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso hídrico más importante en la vida de los seres humanos, el cual está destinado principalmente para su consumo, por tal motivo se deben realizar tanto análisis fisicoquímicos como microbiológicos para comprobar si cumple con los parámetros establecidos y declarar que su consumo no causara ninguna afectación a la salud de la población.

Actualmente la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador cuenta con un Laboratorio Fisicoquímico de Aguas, el cual está a disposición de la población en general para brindar servicios de análisis físicos y químicos, con el propósito de determinar la calidad de agua; las personas que se abocan a solicitar dichos servicios son las responsables de llevar a cabo el proceso de toma de muestras de agua para su posterior análisis, por lo que deben contar con los conocimientos básicos de cómo realizar de manera eficaz y eficiente la toma de muestras de agua.

Por tanto, la presente investigación se ha desarrollado una secuencia didáctica como herramienta para el proceso enseñanza aprendizaje en la toma de muestras de agua, aplicando la serie de las normas ISO 5667, llevando a cabo dicho proceso de investigación entre agosto del año 2020 y marzo del año 2021.

La secuencia didáctica consta de un manual de procedimientos, en el cual están descritos los procedimientos a seguir para el muestreo de agua en diferentes matrices, materiales y equipo a utilizar, la documentación indispensable que debe registrarse durante el desarrollo del muestreo entre otra información importante que se debe conocer; y el material audiovisual consta de una serie de videos con demostración práctica de los procedimientos descritos en el manual, los cuales se encuentran en la plataforma virtual de YouTube como referencia del Laboratorio Fisicoquímico de Aguas.

La filmación de estos videos se llevó a cabo entre agosto del año 2020 y enero del año 2021, en los siguientes escenarios: Agua Potable (Grifo ubicado en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador), Agua de Río (Rio Shutecath, Caluco, Departamento de Sonsonate), Agua Subterráneas (Cantón el Porvenir, Municipio de Santo Tomás, Departamento de San Salvador), Agua de Lago (Lago de Coatepeque, Municipio de El Congo, Departamento de Santa Ana) y Aguas Residuales (Laguna La Maraly, Municipio de Soyapango, Departamento de San Salvador).

CAPITULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Implementar una secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el muestreo de agua.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

2.2.1 Diseñar una secuencia didáctica para la enseñanza de toma de muestras de agua.

2.2.2 Identificar metodologías para la enseñanza de la toma de muestras de agua en ríos, lagos, agua de pozo, agua potable y aguas residuales.

2.2.3 Elaborar herramientas didácticas: manual de procedimiento y material audiovisual, para la instrucción de los procedimientos de toma de muestras de agua de diferentes matrices.

2.2.4 Hacer una transferencia de las herramientas didácticas al personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas y socializarlo a su vez en la plataforma de YouTube para un fácil acceso al público.

CAPITULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 SECUENCIA DIDÁCTICA

3.1.1 Didáctica.⁽³⁸⁾

Etimológicamente la palabra didáctica se deriva del griego *didaskein*: enseñar y *tékne*: arte, entonces, se puede decir que es el arte de enseñar.

La didáctica general, está destinada al estudio de todos los principios y técnicas válidas para la enseñanza de cualquier materia o disciplina.

Estudia el problema de la enseñanza de modo general, sin las especificaciones que varían de una disciplina a otra. Procura ver la enseñanza como un todo, estudiándola en sus condiciones más generales, con el fin de iniciar procedimientos aplicables en todas las disciplinas y que den mayor eficiencia a lo que se enseña.

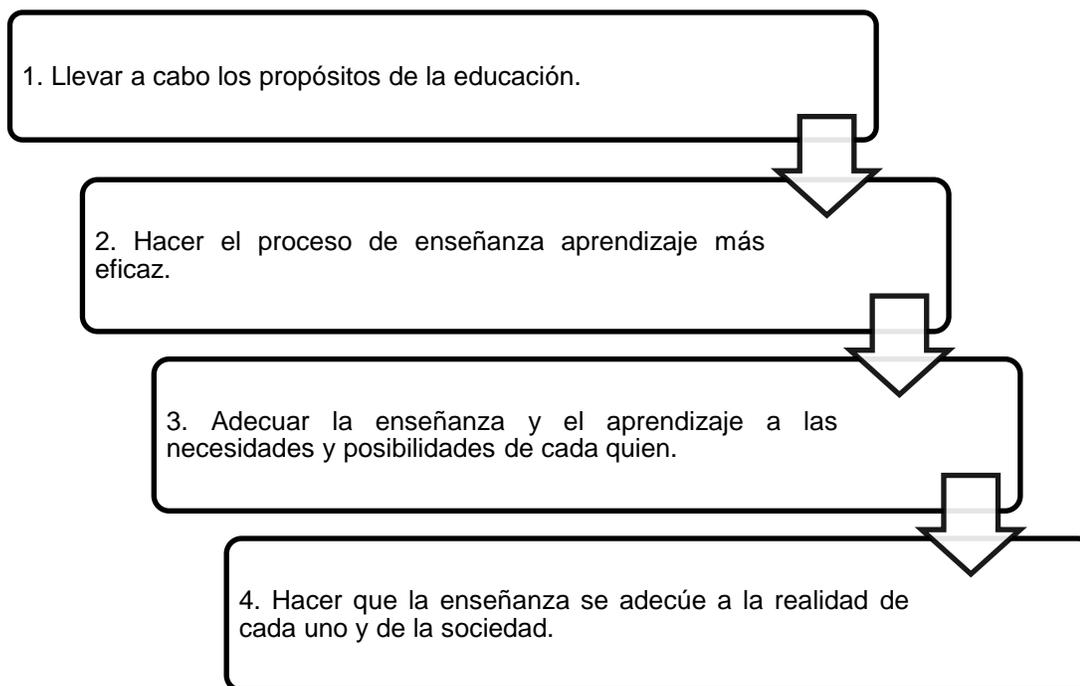


Figura N°1: Objetivos de la didáctica.⁽³⁸⁾

3.1.2 Secuencia Didáctica y metodología de enseñanza

La secuencia didáctica es el resultado de establecer una serie de actividades de aprendizaje que tengan un orden interno entre sí, con ello se parte de la intención del educador de recuperar aquellas nociones previas, con el fin de que la información a la que va acceder el educando, en el desarrollo de la secuencia sea significativa.⁽⁹⁾

La optimización de una formación continuada de calidad, encuentra su justificación en unos principios metodológicos que habrán de guiar todo el proceso formativo, principios que se centran fundamentalmente en la adaptación al nivel y expectativas del educando y en la creación de un ambiente positivo que favorezca el aprendizaje útil para la práctica profesional.⁽²²⁾

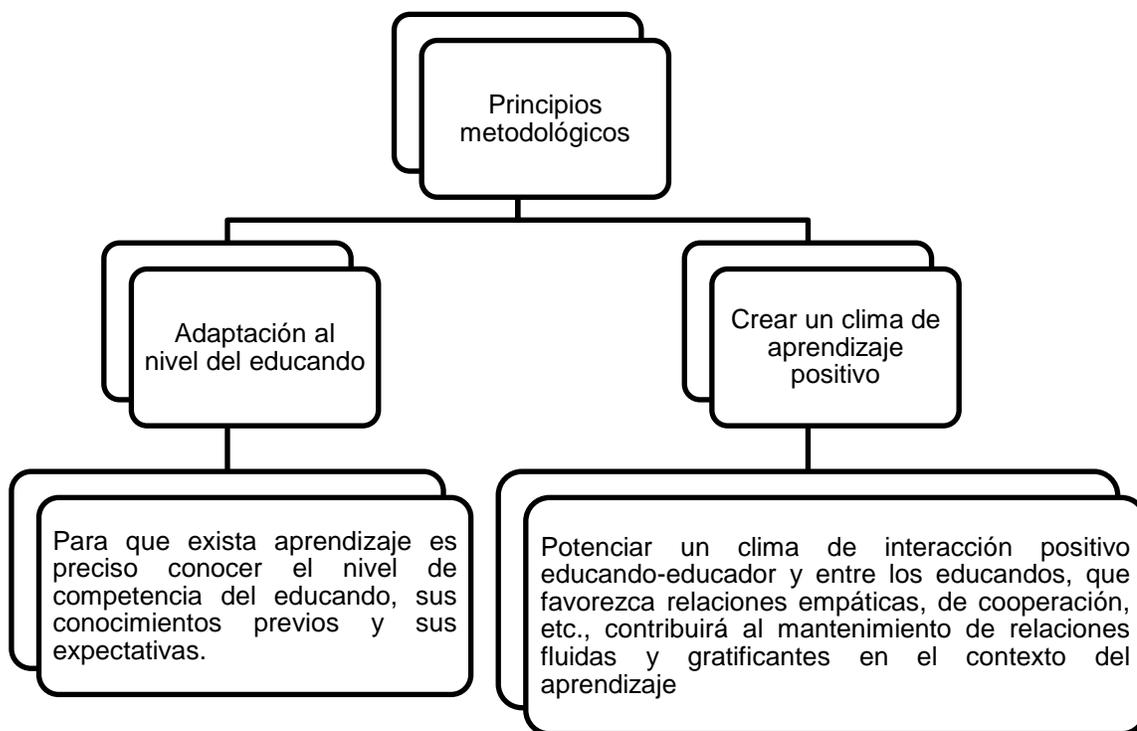


Figura N° 2: Principios metodológicos de aprendizaje.⁽²²⁾

3.1.3 Criterios para la elección del método ⁽²²⁾

En las diferentes acciones formativas se podrá hacer uso de la combinación de distintos métodos, adaptando siempre el método al contexto de aprendizaje.

Para ello, podemos tener en cuenta algunos criterios que pueden facilitar la elección del método:

- La adecuación del método a los objetivos que se pretenden conseguir.
- La población a la que se dirige la acción formativa.
- La compatibilidad del método con los recursos materiales y humanos de los que se dispone.
- El valor del método como facilitador de aprendizaje.

3.1.3.1 Métodos de aprendizaje ⁽²²⁾

Un método de aprendizaje puede considerarse como un plan estructurado que facilita y orienta el proceso de aprendizaje. Podemos decir, que es un conjunto de disponibilidades personales e instrumentales que deben organizarse para promover el aprendizaje. Estos métodos se clasifican en:

a) Métodos expositivos.

Se caracterizan por la claridad en la presentación de la información al educando y se apoyan en la exposición oral de una o varias personas expertas en el contenido de la unidad didáctica o tema que se expone. Ver cuadro N°1.

Cuadro N°1. Métodos expositivos.

Procedimiento	<p>Situar al educando al inicio de cada acto didáctico sobre los objetivos a alcanzar, conjuntamente con los contenidos que se abordarán.</p> <p>Resumir los puntos esenciales, de la temática a desarrollar como forma de reforzar los conceptos y el contenido.</p> <p>Utilizar ejemplos, experiencias y redundar e incidir en los aspectos más importantes.</p>
----------------------	--

Cuadro N°1. Continuación...

Educador	Técnico/ejecutor, organizador y transmisor del conocimiento. Predominio casi absoluto del profesor en el acto didáctico.
Educando	Receptor de la información.

b) Métodos basados en la demostración práctica.

Se trata de que el educando aprenda, mediante procesos de demostración práctica y coordinada. Ver cuadro N°2.

Cuadro N°2. Métodos basados en la demostración práctica.

Procedimiento	Plantear los objetivos con claridad. Explicar las actividades. Demostración del educador Cada educando realiza la labor luego de la demostración.
Educador	Facilitador de aprendizaje, guía, modelo.
Educando	Activo y participativo

c) Métodos en los que el/la docente y el educando intervienen activamente en la construcción del aprendizaje.

Se emplea en aquellas acciones formativas donde los participantes ya dominan el conocimiento objeto de estudio, centrándose el interés en que los participantes se conviertan en agentes de su propia formación, a través de la investigación personal. Ver cuadro N° 3.

Cuadro N°3. Métodos de construcción del aprendizaje.

Procedimiento	Definir los objetivos de la actividad antes de comenzar. Plantear las situaciones problemáticas. Procurar que al final del proceso se describa claramente el procedimiento de solución del problema y las distintas soluciones.
Educador	Facilitador de aprendizaje.
Educando	Activo/participativo/constructor de conocimiento.

3.1.4 Desarrollo y aplicación de metodologías de enseñanza.

Se presenta una propuesta metodológica de enseñanza-aprendizaje, la cual ofrecerá a los clientes y a las personas que se acercan solicitando de los servicios del Laboratorio Físicoquímico de Aguas, la posibilidad de asimilar conceptos y resolver las dificultades que muchos poseen al momento de realizar la toma de muestras de agua, a su vez permitirá un conocimiento extra de cómo muestrear en diferentes matrices, siguiendo los lineamientos de la serie de las normas ISO 5667.

La propuesta metodológica se basa en métodos gráficos y audiovisuales basados en la demostración práctica.

3.1.5 Selección de herramientas a emplear

La selección de las herramientas a emplearse deberán estar orientadas en hacer más eficaz el proceso enseñanza-aprendizaje, por lo que se proponen el uso de las siguientes herramientas:

- Material de lectura (manual de procedimientos): su uso será de vital importancia en el proceso enseñanza–aprendizaje para la toma de muestras de agua, ya que en él se detallan; los materiales y equipos a utilizar, los procedimientos que deben realizar para la toma de muestras de agua, así como también las precauciones que deben tener en las diferentes matrices donde se lleva a cabo un muestreo.
- Material audiovisual: Se utilizara principalmente para acercar al educando a la realidad, ilustrando así el proceso real de la toma de muestra de agua, el cual proporcionara una visión resumida del muestreo y a la vez estimulará y mantendrá el interés de las personas a desarrollar de forma correcta el proceso de muestreo.

3.1.6 Actividades a realizar como tareas de aplicación

Las actividades de desarrollo tienen la finalidad de que el educando interaccione con la información; comenzando desde los recursos didácticos que se le han facilitado, hasta el conocimiento extra que el personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas le puede brindar.

Cuando afirmamos que hay interacción, nos referimos a que el educando cuenta con una serie de conocimientos previos al proceso de muestreo, que en mayor medida se pretende ampliar lo suficientemente con la realización de las actividades prácticas, dando así el sentido y significado a la información recibida.

A continuación se plantean las actividades que el educando deberá aplicar:

Cuadro N°4. Actividades a desarrollar por el educando.

N°	ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR EL EDUCANDO
Antes del proceso de toma de muestras de agua	
1	Lectura del manual de procedimientos.
2	Visualización de la serie de videos que plantean la forma correcta de cómo muestrear, en cada matriz.
Durante el proceso de toma de muestras de agua	
1	Tener a la mano los listados del material y equipo a utilizar en el muestreo, la documentación necesaria del recipiente, y los formularios indispensables para el muestreo.
2	Proceder a desarrollar la toma de muestras de agua según los lineamientos indicados en los recursos didácticos.
3	Realizar la forma correcta de preservación de las muestras colectadas.
Después del proceso de la toma de muestras de agua	
1	Almacenar las muestras en un depósito adecuado donde las muestras no sufran la mínima alteración mientras son transportadas al laboratorio para su análisis.
2	Transportar al Laboratorio Físicoquímico de Aguas las muestras colectadas y entregar la documentación que corresponden a cada muestra.

3.1.7 Análisis de los resultados

Como en todo proceso de enseñanza-aprendizaje, se deberá desarrollar una serie de análisis que permitirán determinar el nivel de aprendizaje del educando. En base a lo planteado el educador deberá realizar una serie de preguntas sobre como abordo el proceso de la toma de muestras de agua, las respuestas permitirán establecer el nivel de conocimiento adquirido por parte del educando, estableciendo así la efectividad del resultado de enseñanza-aprendizaje.

3.1.8 Escenarios de aplicación del estudio

El agua como el recurso hídrico de mayor importancia en la vida cotidiana del ser humano, posee diferentes fuentes o matrices en donde se puede desarrollar un muestreo para evaluar la calidad del agua.

La investigación plantea diferentes escenarios como propuesta para desarrollar las demostraciones del proceso de toma de muestras de agua para aplicarlos en otros sitios de muestreo, en el cuadro N°5 se detallan los sitios de muestreo propuestos:

Cuadro N°5. Escenarios para el proceso de toma de muestras de agua.

Matriz de muestreo	Sitio de muestreo (Ver Anexo N°1)
Agua potable	Grifo ubicado en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
Agua de Lago	Lago de Coatepeque, situado en el Municipio de El Congo, Departamento de Santa Ana.
Agua de río	Rio Shutecath, Caluco, Departamento de Sonsonate
Aguas residuales	Laguna La Maraly, situada en el Municipio de Soyapango, Departamento de San Salvador.
Aguas subterráneas	Pozo situado en el Cantón El Porvenir, Municipio de Santo Tomás, Departamento de San Salvador.

3.1.9 Resultados esperados

Los resultados esperados del aprendizaje son los efectos que quieren conseguirse con el aprendizaje. Los resultados expresan el comportamiento (acción) que debe mostrar el educando al finalizar el proceso de aprendizaje.

Los resultados, al ser comportamientos, son hechos observables y mensurables, con lo cual se puede evaluar el aprendizaje.⁽²⁹⁾

Se espera que el educando desarrolle de forma correcta y efectiva el proceso de toma de muestras de agua, el cual se podrá evidenciar al hacer la entrega de las muestras de agua al personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia, siendo estas; muestras representativas y homogéneas.

3.2 GENERALIDADES: AGUA Y MUESTREO.

El agua es esencial para la vida. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones.⁽³⁴⁾

Se sabe que más del 97% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas y que podemos considerarla como inservible, ya que apenas están disponibles para ningún propósito. Del 3% restante, un 2.38% aproximadamente, se encuentra en estado sólido, resultando prácticamente inaccesible. El resto, un 0.62%, se encuentra en ríos, lagos y aguas subterráneas. Como apreciamos, la cantidad disponible de agua es verdaderamente escasa, aunque mayor es el problema de la distribución irregular en el planeta.⁽¹²⁾

Por otro lado el muestreo de agua consiste en extraer una porción representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características, las muestras se toman y examinan esencialmente para determinar parámetros físicos, químicos, biológicos y radiactivos, que requerirán unos criterios y técnicas de toma diferentes.

En la medida que se logra que las muestras sean homogéneas y representativas, el error de muestreo disminuye.

Se sabe que con bastante frecuencia el muestreo es el factor limitante tanto en precisión y exactitud de los valores obtenidos.⁽⁴⁰⁾

3.2.1 Importancia del recurso hídrico.

Una gran masa de casi todos los organismos es simplemente agua, esta molécula no solo es el principal componente de los seres vivos, sino también uno de los elementos ambientales más importantes.

Muchos organismos viven en ella y todos nos mantenemos gracias a ella. Las propiedades físicas y químicas del agua han permitido a los seres vivos aparecer, sobrevivir y evolucionar en este planeta.⁽²⁸⁾

El hombre tiene necesidad de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los alimentos, para la higiene y los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía: en una palabra, para vivir.⁽⁶⁾

3.2.2 Propiedades químicas y físicas del agua.

El agua es una molécula sencilla formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes.⁽⁶⁾

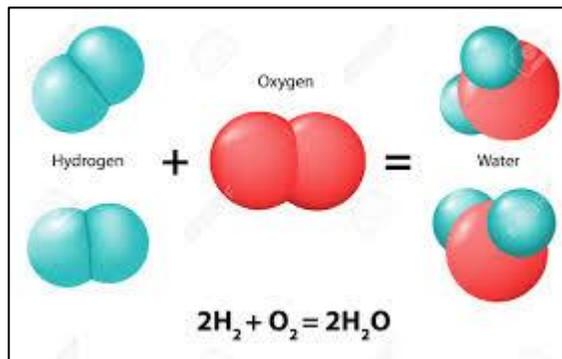


Figura N°3. Molécula del agua

Las propiedades físicas del agua son:⁽¹²⁾⁽¹³⁾

- Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- Color: incolora
- Sabor: insípida
- Olor: inodoro
- Densidad: 1 g./c.c. a 4°C
- Punto de congelación: 0°C
- Punto de ebullición: 100°C
- Presión crítica: 217,5 atm.
- Temperatura crítica: 374°C

Las propiedades químicas del agua son:⁽¹²⁾⁽¹⁴⁾

- Reacciona con los óxidos ácidos
- Reacciona con los óxidos básicos
- Reacciona con los metales
- Reacciona con los no metales
- Se une en las sales formando hidratos:
- Los anhídridos u óxidos ácidos reaccionan con el agua y forman ácidos oxácidos.

- Los óxidos de los metales u óxidos básicos reaccionan con el agua para formar hidróxidos. Muchos óxidos no se disuelven en el agua, pero los óxidos de los metales activos se combinan con gran facilidad.
- Algunos metales descomponen el agua en frío y otros lo hacían a temperatura elevada.
- El agua reacciona con los no metales, sobre todo con los halógenos, por ej.: Haciendo pasar carbón al rojo sobre el agua se descompone y se forma una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno (gas de agua).
- El agua forma combinaciones complejas con algunas sales, denominándose hidratos.

3.3 CALIDAD DEL AGUA

“Calidad significa” cuan bueno o malo es algo. El agua debe ser de buena calidad y debe tener muy pocos contaminantes antes de se pueda consumir sin riesgo a la salud humana.⁽²²⁾

El brote de enfermedades ha sido vinculado a la calidad del agua. Por lo tanto, numerosas regulaciones y estándares de calidad del agua se han desarrollado y aplicado en los países desarrollados.⁽⁴¹⁾

3.3.1 Parámetros de calidad para Agua Potable.

Cuadro N°6. Parámetros de calidad para Agua Potable.⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽³²⁾

PARÁMETROS DE CALIDAD		IMPORTANCIA
Físicos	Color	El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros para garantizar que sea sanitariamente segura. La normativa NSO 13.07.01:08, exige estos parámetros de calidad requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable para proteger la salud pública.
	Olor	
	pH	
	Sabor	
	Sólidos totales disueltos	
	Turbidez	
	Temperatura	
Químicos	Aluminio	
	Amonio	
	Cobre	
	Dureza total (CaCO ₃)	
	Fluoruros	
	Nitritos y nitratos	

Cuadro N°6. Continuación...

	Sodio	Por lo tanto el agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos.
	Sulfatos	
	Cloruros	
Microbiológicos	Bacterias coliformes totales	
	Bacterias coliformes fecales o termotolerantes	
	Escherichia coli	
	Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	
	Organismos patógenos	

3.3.2 Parámetros de la calidad para Aguas Residuales.

Cuadro N°7. Parámetros de calidad para Aguas Residuales. (2)(4)(7)(31)(35)

	PARÁMETROS DE CALIDAD	IMPORTANCIA
Físicos	Color real	Estos parámetros de las aguas residuales, son de total importancia ya que con ellos se protegen los sistemas de alcantarillado sanitario evitando las interferencias con los tratamientos biológicos y también la protección y el rescate de los cuerpos receptores.
	Total de sólidos en suspensión (TSS)	
	Sólidos totales disueltos (TDS)	
	Sólidos sedimentales (Ssed)	
	pH	
Temperatura		
Químicos	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	
	Demanda química de oxígeno (DQO)	
	Detergentes (SAAM)	
	Herbicidas totales	
	Grasas y aceites	
	Aniones disueltos (Cloruros, fluoruros, sulfatos)	
	Cationes disueltos (sodio, magnesio, potasio, etc.)	
Dureza Total (CaCO ₃)		
Microbiológicos	Coliformes Totales (CT)	

3.3.3 Parámetros de la calidad para Agua de Ríos.

Cuadro N°8. Parámetros de calidad para Agua de Ríos. (2)(4)(23)(24)

	PARÁMETROS DE CALIDAD	IMPORTANCIA
Físicos	Color	Estos parámetros permiten verificar la calidad de agua de los ríos, por lo que son de total importancia para evaluar las aptitudes de uso como por ejemplo: agua para potabilizar,
	Total de sólidos en suspensión (TSS)	
	Sólidos totales	
	Sólidos Totales Disueltos	
	Sólidos Fijos	
	Sólidos sedimentables	
	Turbidez	

Cuadro N°8. Continuación...

	Conductividad	agua apta para riego, agua apta para el desarrollo de vida acuática, agua aptas para usos recreativos con contacto humano.
	pH	
	Temperatura ambiente y en curso	
Químicos	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	
	Oxígeno Disuelto	
	Demanda química de oxígeno (DQO)	
	Detergentes (SAAM)	
	Sulfuro	
	Grasas y aceites	
	Fosforo total	
	Fenoles	
	Cloruros	
	Dureza Total (CaCO ₃)	
Microbiológicos	Coliformes Totales (CT)	
	Coliformes fecales	

3.3.4 Parámetros de la calidad para Agua de Lagos.

Cuadro N°9. Parámetros de calidad para Aguas de Lagos.⁽⁴⁾⁽¹¹⁾⁽²⁾

PARÁMETROS DE CALIDAD		IMPORTANCIA
Físicos	Color	Estos parámetros permiten verificar la calidad de agua de los lagos, por lo que son de total importancia por sus usos destinados a: agua cruda para potabilizar, agua para riego sin restricciones, agua apta para la protección de la vida acuática, agua aptas para usos recreativos con contacto humano
	Total de sólidos en suspensión (TSS)	
	Sólidos totales	
	Sólidos Totales Disueltos	
	Sólidos Fijos	
	Sólidos sedimentables	
	Turbidez	
	Conductividad	
	pH	
	Temperatura ambiente y en curso	
Químicos	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	
	Oxígeno Disuelto	
	Demanda química de oxígeno (DQO)	
	Detergentes (SAAM)	
	Grasas y material flotante	
	Amoniaco	
	Nitratos	
	Plomo	
	Cobre	
	Fosforo total	
	Cloruros	
	Cianuros	
Microbiológicos	Coliformes Totales (CT)	
	Coliformes fecales	

3.3.5 Parámetros de la calidad para Aguas Subterráneas (pozos).

Cuadro N°10. Parámetros de calidad para Aguas Subterráneas.⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁸⁾

PARÁMETROS DE CALIDAD		IMPORTANCIA
Físicos	Color aparente	Estos parámetros físicos, químicos y microbiológicos se encuentran fundamentados en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso agua. Donde se establece que sustancias pueden estar presentes en el agua y las concentraciones máximas permisibles que no significan riesgo para la salud.
	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	
	Turbidez	
	pH	
	Conductividad Eléctrica	
Químicos	Cloruros	
	Sulfatos	
	Sodio	
	Hierro Total	
	Manganeso Total	
	Dureza Total	
	Metales traza (Al, V, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ag, Hg, Li, Pb, Ba y Se)	
Microbiológicos	Coliformes Totales (CT)	
	Coliformes fecales	

3.4 SERIE DE LA NORMATIVA ISO 5667 “CALIDAD DEL AGUA”

La Normativa ISO 5667 y su serie de normativas, hace referencia sobre la recolección y manejo de muestras, las cuales son uno de los procesos más importantes y trascendentales en la caracterización de la calidad de agua.

Mencionan además que el principio fundamental de un muestreo de aguas es tomar una porción de agua de volumen adecuado, para ser convenientemente transportada y manipulada en el laboratorio. Este principio implica que la muestra debe ser manipulada en forma tal, que no ocurran cambios significativos en su composición antes que el análisis sea hecho.

Por otro lado la recolección de muestras es un eslabón esencial en la cadena de monitoreo de calidad de aguas. La exactitud y confiabilidad de los resultados analíticos finales, se basan tanto en la representatividad de la muestra como en la exactitud de los métodos de ensayo aplicados.

La NTC-ISO 5667 CALIDAD DEL AGUA (ver Anexo N°2), en el proyecto de investigación se contempla lo siguiente:

- NTC-ISO 5667/1 Directrices para el diseño de programas de muestreo.
- NTC-ISO 5667/2 Técnicas generales de muestreo.
- NTC-ISO 5667/3 Preservación y manejo de muestras.
- NTC-ISO 5667/4 Guía sobre muestreo de lagos, naturales y artificiales.
- NTC-ISO 5667/5 Guía sobre muestreo de agua potable de obras de tratamiento y sistemas de distribución por tuberías.
- NTC-ISO 5667/6 Guía sobre muestreo de ríos y arroyos.
- NTC-ISO 5667/10 Guía sobre muestreo de aguas residuales.
- NTC-ISO 5667/11 Guía sobre muestreo de aguas subterráneas.

Su objetivo principal es establecer la información mínima que se debe registrar, tanto durante las operaciones en terreno, como en el momento de la recepción de las muestras en el laboratorio, de manera tal, que sea posible obtener una cadena de custodia trazable, que se pueda reconstituir en todas sus etapas, en cualquier momento que se requiera realizar un seguimiento de un determinado monitoreo.

3.5 FUENTES DE MUESTREO

3.5.1 Ríos y arroyos

Un río se define como la corriente natural de agua continua que desemboca en otra similar, en un lago, en el mar o en otro río, a lo cual se lo conoce como afluente.⁽¹⁰⁾

Un arroyo, es conocido como una corriente natural de agua que normalmente fluye con continuidad, pero que a diferencia de un río, tiene escaso caudal, puede incluso desaparecer en la estación seca, verano o invierno, dependiendo de la temporada de lluvia para su existencia.⁽¹⁰⁾

Los ríos son agentes muy activos del modelado de la superficie terrestre. No solo afectan el relieve de las regiones que atraviesan, sino que al mismo tiempo

modifican las propias características. El curso del río se prolonga desde el nacimiento hasta la desembocadura. Entiéndase como nacimiento al punto más alto del curso, mientras que la desembocadura, es el punto más bajo, el cual puede corresponder al nivel del mar.⁽¹⁰⁾

Desde los comienzos de la civilización del hombre ha utilizado los ríos, cuyo valor económico ha ido en aumento al ser desarrolladas nuevas técnicas para controlar las aguas de las corrientes fluviales.⁽¹⁰⁾

Por lo tanto los ríos en la actualidad son utilizados por el hombre en dos funciones principales:⁽¹⁰⁾

- Para irrigar los campos cultivados
- Como fuentes de energía.

El informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador, desde el año 2006, que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) realiza con el monitoreo permanente de la calidad y cantidad de agua, mediante la recolección de muestras y análisis de parámetros de calidad de agua en sitios de muestreo distribuidos en 55 ríos en el territorio nacional, con el propósito de evaluar su condición, para permitir el desarrollo de la vida acuática y aptitud para diferentes usos. Finalmente los resultados de la calidad de agua para los ríos del país, para el año 2018, muestran una disminución del 11 % en los sitios con calidad de agua buena y, un incremento del 8 % en los sitios con calidad de agua regular; adicionalmente se mantienen a escala nacional que los sitios con calidad pésima han desaparecido.⁽²⁷⁾

3.5.2 Lagos

Un lago es una gran masa de agua dulce dentro del continente, depositada en hondonadas o depresiones del terreno. Por lo general la profundidad del agua y la extensión superficial del espejo de agua es considerable. Generalmente

reciben aporte de ríos que en ellos desembocan y también un río les sirve de desagüe.

Los lagos artificiales o embalses, estos son el resultado de la construcción de presas sobre los ríos, que detienen el flujo de agua. Esta se acumula formando un lago, cuya profundidad y extensión depende de la altura de la presa y de la topografía alrededor del río.⁽²⁶⁾

El origen de esta se define por el tamaño y la forma del lago. De acuerdo con el origen de la cuenca, los lagos se clasifican en varios tipos:⁽¹⁰⁾

- Lagos tectónicos: surgen a causa de la formación de grietas, fallas, tienen gran profundidad y pendientes escarpadas. A los lagos tectónicos pertenecen los siguientes:
- Lagos volcánicos: ocupan los cráteres de volcanes y mares (embudos de explosión) y se encuentran entre campos de lava.
- Lagos glaciales: se forman como consecuencia de la actividad destructora y constructora de un glaciar (actual o antiguo).
- Lagos hidroacumulativos o hidroerosivos: se van formando por la actividad de los ríos (los lagos o cauces abandonados) o son tramos de valles fluviales invadidos por el mar (las lagunas) entre acumulaciones aluviales alejadas del mar.
- Lagos de hundimiento: aparecen como resultado de rupturas y hundimientos que se producen al diluirse o lavarse las rocas con las aguas subterráneas y por el acarreo de las partículas.
- Lagos eólicos: están situados en cuencas. Generalmente, estas cuencas son creadas por el viento, con la participación de otros factores.

3.5.3 Aguas residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo,

antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.⁽³³⁾

A las aguas residuales también se les llama aguas servidas, fecales o cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyendo un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector.⁽¹⁾

La clasificación en tipos se realiza con respecto a su origen, ya que este determina su composición.⁽³⁷⁾

- a. Aguas residuales urbanas:** Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos.

Los aportes que generan estas aguas son:

- Aguas negras o fecales
- Aguas de lavado doméstico
- Aguas de limpieza de calles
- Aguas de lluvia y lixiviados

- b. Aguas residuales industriales:** Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

3.5.4 Agua potable

Los sistemas de distribución de agua para consumo humano son el conjunto de tuberías que se derivan del sistema de conducción y que están dispuestas a lo

largo de calles urbanas, caminos o veredas. Estas tuberías, junto con los accesorios de control, estructuras de almacenamiento y eventualmente estaciones de bombeo, conforman el sistema de distribución de agua para consumo humano encargado de entregar a domicilio, o a través de pilas públicas, el agua para consumo humano en la población que sirven.⁽³⁰⁾

El desarrollo económico y social de El Salvador ha sido íntimamente ligado al uso del recurso agua. Uno de los usos que mejor refleja la importancia que este recurso tiene en la vida de los salvadoreños es el del abastecimiento de agua potable. En ese sentido, este servicio de agua potable ha aumentado en los últimos tiempos en el área metropolitana de San Salvador, ciudad capital que ha experimentado en los últimos años un elevado crecimiento poblacional a diferencia de los demás departamentos del territorio nacional.⁽²⁶⁾

3.5.5 Aguas subterráneas

El Salvador posee reservas de aguas subterráneas, las cuales son generalmente utilizadas para abastecer de agua potable a las poblaciones y en algunos lugares a proyectos de riego. Estas aguas subterráneas están contenidas en reservorios subterráneos conocidos como acuíferos. Un acuífero entonces es una formación geológica subterránea capaz de almacenar y conducir agua.⁽²⁶⁾

El agua subterránea se localiza en la zona saturada del subsuelo, es decir en la región donde todos los poros están llenos de agua. Esta agua tiene su origen en la infiltración del agua superficial, lo cual hace que varíe su composición química, enriqueciéndose de elementos minerales y empobreciéndose de materia orgánica.

La elevada mineralización del agua subterránea se debe a diversos procesos. Durante la infiltración del agua superficial, se van incorporando Sales solubles

presentes en el suelo como Cloruros, Nitratos y Sulfatos de metales alcalinos y alcalinotérreos.⁽²⁵⁾

3.6 TOMA DE MUESTRA, CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE⁽¹⁶⁾

El objetivo de la toma de muestras es recoger una porción de material lo suficientemente pequeña como para ser fácilmente transportada al Laboratorio de Análisis para su investigación.

La muestra debe ser homogénea y representativa de las características medias del total del material muestreado. Esto supone que la concentración de cualquier componente en la muestra será idéntica (o razonablemente idéntica) a la existente en la masa global. En el transcurso del transporte de la muestra desde el lugar de toma hasta el centro donde se practicarán los análisis puede ocurrir que las características físico-químicas y microbiológicas de la muestra varíen. Esto debe evitarse en lo posible reduciendo al mínimo el tiempo transcurrido entre toma de muestra y determinación y/o empleando algún medio efectivo de preservación (ver Anexo N°3) que no altere de forma perceptible su calidad. De cualquier forma, la variación de características en aguas con alto contenido en materias orgánicas o materiales biológicos vivos, siempre será muy superior a aquéllas que tienen poca presencia biológica.

Es importante resaltar que toda muestra debe ser debidamente identificada, acompañada por el formulario respectivo correctamente lleno, firmado y con sello del establecimiento responsable del muestreo, con el objetivo de garantizar la trazabilidad de resultados.

3.6.1 Tipos de toma de muestra ⁽¹⁷⁾

El tipo de muestreo puede ser realizado de manera manual o automática y la selección de uno u otro dependerá de las condiciones a las que se afronte en el sitio de muestreo.

a. Manual: para sitios de fácil acceso.

Tiene como ventaja permitir al encargado de tomar la muestra observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, aumento o disminución de caudal.

La toma de muestra manual sólo es aceptable para los criterios de control y vigilancia, si la muestra es representativa de la calidad del agua del sitio de muestreo particular, motivo por el cual se requiere establecer que la información obtenida de estas muestras puntuales tomadas en un sitio y tiempo dados, es única para ese lugar y tiempo seleccionado.

b. Automático: es aconsejable cuando los sitios son de difícil acceso o cuando se justifica y se tiene la opción de contar con un muestreador automático.

Tiene como ventaja más precisión en la toma de muestras y como desventaja la complejidad de su montaje y calibración, además de que requiere revisiones continuas para evitar atascamientos u otras fallas del equipo.

Sin embargo la aplicación de un sistema de muestreo automático requiere instalar una serie de equipos (antenas, paneles solares, etc.) y herramientas (licencias de transmisión, software) que elevan el costo, convirtiéndose en un factor limitante para la implementación de este tipo de muestreo.

Entre los equipos automáticos más representativos para determinar la calidad del agua destinada para consumo humano, se destacan los:

- Muestreadores secuenciales automáticos para proveer muestras compuestas en un período extenso de tiempo.
- Sistemas de monitoreo en línea (sistema SAMOS para detección de pesticidas y nuevos sensores).

- Sistemas biológicos de alarma temprana que alerten si hay contaminación en la muestra.
- Muestreadores pasivos, así llamados porque simulan captación biológica.

3.6.2 Tipos de muestras de agua⁽¹⁵⁾

Existen diferentes tipos de muestras para analizar física, química y microbiológicamente la calidad del agua:

Cuadro N°11. Tipos de muestras de agua.

TIPOS DE MUESTRA		DESCRIPCION
Muestras en el sitio		Las muestras en el sitio son muestras discretas; generalmente se recogen manualmente, pero también se pueden recoger automáticamente, para aguas en la superficie, en profundidades específicas y en el fondo. Generalmente, cada muestra será representativa de la calidad del agua, únicamente en el tiempo y en el lugar en el cual se toma. Se recomienda tomar muestras para la determinación de parámetros inestables en el sitio, tales como la concentración de gases disueltos, cloro residual, sulfuros solubles, pH, conductometría y temperatura.
Muestras periódicas (Discontinuas)	Muestras periódicas tomadas a intervalos de tiempo fijos (dependientes del tiempo)	Estas muestras se toman usando un mecanismo de cronometraje para iniciar y terminar la recolección de agua durante un intervalo de tiempo específico. Un procedimiento común es bombear la muestra en uno o más recipientes durante un período fijo, vertiendo un volumen establecido a cada recipiente.
	Muestras periódicas tomadas a intervalos de flujo fijos (dependientes del volumen)	Estas muestras se toman cuando las variaciones en los criterios de calidad del agua y la tasa del flujo afluente no están interrelacionadas. Para cada volumen unitario de flujo de líquido, se toma una muestra controlada en forma independiente del tiempo.
	Muestras periódicas tomadas a intervalos de flujo fijos (dependiente del flujo)	Estas muestras se toman cuando las variaciones en los criterios de calidad del agua y la tasa del flujo afluente no están interrelacionadas. A intervalos de tiempo constantes, se toman muestras de volúmenes diferentes, siendo el volumen dependiente del flujo.

Cuadro N°11. Continuación...

Muestras continuas	Muestras continuas tomadas a velocidades de flujo fijas	Estas muestras contienen todos los constituyentes presentes durante un período de muestreo, pero en muchos casos, no suministran información acerca de la variación de las concentraciones de parámetros específicos, durante el período de muestreo.
	Muestras continuas tomadas a velocidades de flujo variables	Estas son representativas de la calidad de la masa de agua. Si tanto el flujo como la composición varían, las muestras pueden revelar variaciones que quizás no se observen mediante el uso de muestras en el sitio. Este es el método más preciso para tomar muestras de agua corriente, si tanto la velocidad del flujo como la concentración de los contaminantes que interesan varían significativamente.
Muestras en serie	Muestras de perfil profundo	Esta es una serie de muestras de agua tomadas de diversas profundidades en una masa de agua en una localización específica.
	Muestras de perfil de área	Esta es una serie de muestras de agua tomadas de una profundidad en particular, de una masa de agua en diversas localizaciones.
Muestras compuestas		Se pueden obtener manual o automáticamente, en forma independiente del tipo de muestreo. Suministran datos promedio de composición. En consecuencia, antes de combinar muestras se debe verificar que se desean esos datos, o que el (los) parámetro(s) que interesa(n) no varía(n) significativamente durante el período de muestreo. Son valiosas en los casos en que el cumplimiento de determinado límite, se basa en la calidad promedio del agua.
Muestras de volúmenes grandes		La muestra se puede recolectar bien sea de la manera convencional, teniendo gran cuidado para garantizar la limpieza del recipiente o del tanque que contiene la muestra, o pasando un volumen medido a través de un cartucho o filtro absorbente, dependiendo del factor determinante. Por ejemplo, se puede usar un cartucho de intercambio de iones o un cartucho de carbón activado para tomar muestras de algunos pesticidas.

3.7 MATERIALES Y EQUIPO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA⁽¹⁵⁾

3.7.1 Materiales

Los constituyentes químicos (factores determinantes) en el agua, que se analizan para evaluar la calidad del agua, varían en su concentración desde cantidades de microgramo o cantidades traza, hasta cantidades grandes.

Los problemas más frecuentes consisten en la adsorción sobre las paredes del dispositivo de toma de muestra o del recipiente de la muestra; contaminación antes del muestreo, ocasionada por limpieza inadecuada del dispositivo de toma de muestra o del recipiente de la muestra, y contaminación de la muestra por el material constitutivo del dispositivo de toma de muestra o del recipiente de la muestra.

El recipiente de la muestra tiene que preservar la composición de la muestra con respecto a pérdidas debidas a la adsorción y la volatilización, o a la contaminación por sustancias extrañas.

El recipiente de la muestra usado para recolectar y almacenar la muestra se debe elegir después de considerar, por ejemplo, la resistencia a las temperaturas extremas, la resistencia al rompimiento, la facilidad de buen sellado y de reapertura, el tamaño, la forma, la masa, la disponibilidad, el costo, el potencial en relación con limpieza y reutilización, etc.

Se deben tomar precauciones para evitar que las muestras se congelen, especialmente cuando se utilicen recipientes de vidrio para la muestra. Se recomienda el polietileno de alta densidad para determinaciones en el agua de sílice, sodio, alcalinidad total, cloruro, conductancia específica, pH, y dureza.

Para materiales sensibles a la luz se debe usar vidrio absorbente de la luz. Para muestras de temperatura y/o presión altas, o cuando se tomen muestras en relación con concentraciones traza de material orgánico, se debe usar acero inoxidable.

Para compuestos químicos orgánicos y especies biológicas son adecuadas las botellas de vidrio, y para los radionúclidos son adecuados los recipientes de plástico.

Es importante observar que el equipo de muestreo disponible, a menudo tiene empaques de neopreno y válvulas lubricadas con aceite. Tales materiales no son satisfactorios para las muestras destinadas a análisis orgánico y microbiológico.

Así pues, además de las características físicas deseadas que se describieron antes, los recipientes de la muestra utilizados para recoger y almacenar las muestras se deben seleccionar teniendo en cuenta los siguientes criterios predominantes (especialmente cuando los constituyentes que se deben analizar estén presentes en cantidades traza):

- Minimización de la contaminación de la muestra de agua por el material del cual esté hecho el recipiente o su corcho, por ejemplo, lixiviación de constituyentes orgánicos por el vidrio (especialmente vidrio suave) y compuestos orgánicos y metales por plásticos y elastómeros (cubiertas de vinilo plastificadas, camisas de neopreno).
- Posibilidad de limpiar y tratar las paredes de los recipientes, para reducir la contaminación de la superficie por constituyentes traza, tales como metales pesados o radionúclidos.
- Inactividad química y biológica del material del cual está hecho el recipiente, para evitar o minimizar la reacción entre los constituyentes de la muestra y el recipiente.
- Los recipientes de la muestra también pueden ocasionar errores por adsorción de los factores determinantes. Los metales traza son particularmente susceptibles a este efecto, pero otros factores determinantes (por ejemplo detergentes, insecticidas, fosfato) también pueden estar sujetos a error.

3.7.2 Tipos de recipientes de la muestra

En el muestreo convencional para determinar parámetros físicos y químicos de agua naturales, son adecuadas las botellas de vidrio de polietileno y borosilicato.

Se prefieren otros materiales más inertes químicamente, por ejemplo politetrafluoroetileno (PTFE), pero a menudo son demasiado costosos para el uso rutinario. Las tapas de rosca, las botellas de boca estrecha y las de boca ancha deben estar provistas de tapones/tapas de plástico inerte o tapones con base de vidrio.

Si las muestras se transportan en una caja hacia un laboratorio para análisis, la tapa de la caja debe estar construida de tal forma que impida que el corcho se afloje, lo cual podría dar como resultado el derramamiento y/o la contaminación de la muestra.

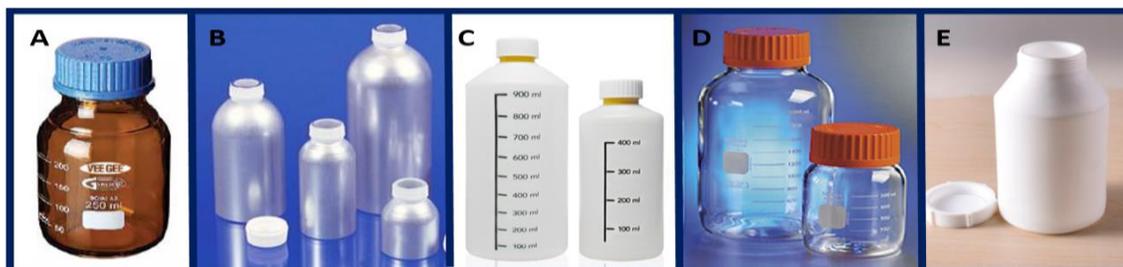


Figura N°4: Frascos para toma de muestras de agua. A) Frasco para muestras fotosensibles. B) Recipientes de acero inoxidable. C) Frascos de plástico inerte. D) Frascos de borosilicato. E) Frasco de politetrafluoroetileno.

3.7.3 Recipientes de muestras especiales

El almacenamiento de las muestras que contengan materiales fotosensibles, incluyendo algas, requiere protección contra la exposición a la luz. En tales casos, se recomiendan los recipientes construidos de materiales opacos o vidrio

no actínico, y durante períodos largos de almacenamiento se deben colocar en cajas a prueba de luz.

La recolección y el análisis de muestras que contengan gases disueltos o constituyentes que se puedan alterar por la aireación, plantean un problema específico. Las botellas de boca estrecha de demanda bioquímica de oxígeno (BOD) deben estar provistas de tapones de vidrio con punta para minimizar la oclusión de aire, y así requieren disposición especial para el sellado durante el transporte.

3.7.4 Recipientes de muestras para análisis microbiológico

Los recipientes de muestras para examen microbiológico deben tener capacidad de resistir las altas temperaturas que se presentan durante la esterilización. Durante dicha esterilización o durante el almacenamiento de la muestra, los materiales no deben producir o soltar sustancias químicas que puedan impedir la viabilidad microbiológica, soltar productos químicos tóxicos o estimular el crecimiento.

Las muestras deben permanecer selladas hasta que se abran en el laboratorio, y se deben cubrir para evitar la contaminación. Los frascos de las muestras deben ser de vidrio o materiales de plástico de buena calidad y deben ser libres de sustancias tóxicas.

Para la mayoría de los propósitos de rutina es suficiente una capacidad de aproximadamente de 300 mL. Los frascos deben estar provistas de tapones de base de vidrio o tapas roscadas que tengan, si es necesario, empaques de caucho de silicona que resistan la esterilización repetida a 160 °C.



Figura N°5: Tipos de frascos utilizados en la toma de muestras:
A. Vidrio, B. Plástico.

3.7.5 Equipo de muestreo para el análisis de las características físicas y químicas

El uso de volúmenes de muestra muy pequeños puede hacer que las muestras recogidas no sean representativas. Además, las muestras pequeñas también pueden incrementar los problemas de adsorción por causa de la relación relativamente pequeña entre el volumen y el área.

Los tomadores de muestras eficaces deben:

- Minimizar el tiempo de contacto entre la muestra y el tomador de la muestra.
- Usar materiales tales que no se produzca ninguna contaminación de la muestra.
- Ser de diseño sencillo para garantizar la limpieza fácil, con superficies suaves y sin perturbaciones del flujo, tales como curvaturas, y con pocas tapas y válvulas como sea posible (todos los tomadores de muestras se deben verificar para garantizar que no se introduzca vacío).
- Diseñarse después de analizar que el sistema sea adecuado en relación con la muestra de agua requerida (es decir, química, biológica o microbiológica).

3.7.6 Equipo para el muestreo en el sitio

- a. **Aguas en la superficie:** El equipo más sencillo para tomar muestras en la superficie es un balde o frasco de boca ancha introducida en un cuerpo de agua y sacada después de llenar.
- b. **Aguas en profundidades específicas:** El equipo para muestreo en el sitio a profundidades seleccionadas. En la práctica, un frasco taponado de peso conocido se sumerge en el cuerpo de agua. A una profundidad preseleccionada, se le quita el tapón al frasco y se llena y se extrae.

Es posible que se tengan que considerar los efectos del aire u otros gases, puesto que esto puede modificar el parámetro que se está examinando (por ejemplo, oxígeno disuelto). Existen frascos especiales de muestreo que evitan este problema (por ejemplo frascos a los que se les ha hecho el vacío).

- c. **Agua en masas estratificadas:** para obtener un perfil vertical de la masa de agua se puede bajar un cilindro graduado de vidrio, plástico o acero inoxidable, abierto en ambos extremos. En el punto de muestreo, el cilindro se tapona en ambos extremos mediante un mecanismo antes de sacarlo a la superficie.

3.7.7 Equipo de muestreo para las características microbiológicas

Para la mayoría de las muestras son adecuadas las botellas esterilizadas de vidrio o de plástico. (Véase el numeral 3.7.2).

Todos los aparatos utilizados, deben estar libres de contaminación (por ejemplo mediante enjuague) y no deben introducir nuevos microorganismos.

3.8 IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO⁽¹⁵⁾

La fuente de la muestra y las condiciones en las cuales se recolecta, se deben registrar y anexar a la botella inmediatamente después de que se llene.

Los resultados de cualquier análisis en el sitio que se haya efectuado, se deben incluir en un informe (ver Anexo N°4) junto con la muestra.

Las etiquetas (ver Anexo N°5) y los formularios. Siempre se deben llenar al momento de la recolección de la muestra.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

4.1.1. Bibliográfico:

Se trató de dar respuesta al problema a través de un enfoque bibliográfico, fundamentado en una exhaustiva investigación, la cual permitió recopilar información de la serie de las normativas ISO 5667, dando paso a la creación de herramientas didácticas las cuales están principalmente destinadas a la instrucción en la toma de muestras de agua en diferentes matrices tanto para análisis físicos, químicos como también para análisis microbiológicos, fundamentando teóricamente las técnicas generales del proceso de muestreo de agua con base a la serie de las normativas ISO 5667.

4.1.2. De campo:

La representación filmográfica permitió trasladarse hacia los lugares previamente establecidos para llevar a cabo la toma de muestras de agua en diferentes matrices.

4.1.3. Retrospectivo:

Se revisaron todos los documentos existentes en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas que brindaran información mínima sobre el muestreo del agua, esto dio paso al desarrollo de nuevas herramientas didácticas que permitirán desarrollar un mejor adiestramiento en la toma de muestras de agua en diferentes matrices.

4.1.4. Prospectivo:

Las herramientas didácticas se elaboraron con el objetivo de que sean utilizadas para realizar de manera correcta un muestreo de agua en

diversas matrices y a su vez sirvan de referencia para posteriores investigaciones.

4.2 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

Para la ejecución del siguiente trabajo de investigación, se llevó una recopilación y revisión bibliográfica en las siguientes bibliotecas:

- “Dr. Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador (UES).
- Central de la Universidad de El Salvador (UES).
- Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" (UCA)
- Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM)
- Internet.

4.3 INVESTIGACION DE CAMPO

La investigación de campo se llevó a cabo con el fin de desarrollar el material audiovisual, en el cual se representan cada uno de los procedimientos que se deben realizar en un muestreo de agua en diversas fuentes.

4.3.1. Universo.

El universo referido a este estudio está constituido por todos los tipos de agua en los cuales puede realizarse un muestreo.

4.3.2. Muestra.

La muestra está constituida por los siguientes tipos de agua: agua potable, agua de río, agua de lago, agua subterránea y agua residual.

4.3.3. Tipo de muestras.

Dirigido e intencional, el cual se consistió en seleccionar los puntos de muestreo según el criterio de los investigadores.

4.4 PARTE EXPERIMENTAL.

4.4.1. Diseño de secuencia didáctica para la enseñanza de toma de muestras de agua.

La secuencia didáctica que se desarrolló para este estudio fue adaptada a la enseñanza por medio de un material didáctico que facilite la comprensión de los procedimientos de toma de muestras de agua en diferentes matrices; la estructura de la secuencia cuenta con el desarrollo de los siguientes aspectos:

1. Tema general
2. Contenidos
3. Responsables de la elaboración de la secuencia
4. Objetivos
5. Organización de la secuencia: apertura, desarrollo y cierre
6. Recursos didácticos.

Basado en la estructura de la secuencia didáctica diseñada (ver Anexo N°6) se desarrolló cada uno de los siguientes aspectos que son la base principal de la referida secuencia:

- Identificación de metodologías para enseñanza de toma de muestras de agua de diferentes matrices.
- Selección de herramientas didácticas a emplear en la enseñanza de toma de muestras de agua en diferentes matrices.
- Elaboración de herramientas didácticas.
- Entrega de las herramientas didácticas y socialización en YouTube.

4.4.2. Identificación de las metodologías didácticas para la enseñanza de la toma de muestras de agua en ríos, lagos, agua de pozo, agua potable y aguas residuales.

Para llevar a cabo el proceso formativo de enseñanza aprendizaje sobre cómo realizar un muestreo de agua en diferentes matrices se aplicó la metodología basada en la demostración práctica la cual se realizó a través de videos en los que se explica detalladamente y se ejemplifica cada uno de los procesos para una correcta toma de muestras de agua en diferentes matrices.

4.4.3. Elaboración de herramientas didácticas: manual de procedimientos y material audiovisual, para la toma de muestras de agua en diferentes matrices.

Para hacer eficaz el proceso de enseñanza aprendizaje se elaboraron herramientas didácticas que ayudarán y facilitarán la enseñanza del proceso de muestreo de agua en las diferentes matrices. Los dos tipos de herramientas didácticas son:

- Manual de procedimientos; que consiste en un elemento físico donde se detalla toda la información fundamental para la realización de un muestreo de agua.
- Material audiovisual; a través de este tipo de herramienta se ejemplifica mediante una demostración, el proceso correcto que requiere la realización de la toma de muestras de agua.

A. Diseño del material didáctico:

El manual de procedimientos lleva por título “Manual de procedimientos para muestreo de agua en diferentes matrices basado en la Norma ISO 5667”. Está constituido por las siguientes partes. (Ver Anexo N°7):

1. Portada
2. Índice
3. Introducción
4. Capítulo 1: Aspectos generales de la herramienta didáctica.

Este capítulo se enfoca principalmente en dos puntos importantes los cuales son: campo de aplicación e importancia de la herramienta didáctica.

5. Capítulo 2: Introducción al proceso de muestreo de agua.

Este capítulo se detalla la definición de muestreo de aguas y su importancia.

6. Capítulo 3: Aspectos generales del muestreo de agua.

Este capítulo abarca las precauciones, normas de seguridad, materiales y equipo para el muestreo y transporte de muestras.

7. Capítulo 4: Técnicas generales de muestreo de agua en diferentes matrices.

En este capítulo desarrollan procedimientos detallados mediante esquemas, seguido de una nota, en la que se hace la referencia a la visualización del video para cada procedimiento del proceso de muestreo de agua en las diferentes matrices.

8. Bibliografía

9. Anexos

B. El material didáctico audiovisual cuenta con la siguiente estructura:

Inicialmente se muestra el tema principal, indicando la matriz en la que se realiza el muestreo de agua; seguido de una breve información del sitio de muestreo, localización y descripción del lugar. Luego se detalla la parte esencial de dicho material didáctico audiovisual que describe y demuestra cada uno de los pasos a seguir para un correcto muestreo de agua mediante un proceso demostrativo de cada paso y finalmente se da a conocer información del Laboratorio Físicoquímico de Aguas así como sus números de contacto.

C. Materiales, equipos y reactivos para la toma de muestras de agua.

Para el proceso de muestreo fue necesario contar con ciertas herramientas fundamentales como lo son: materiales y equipo; que permitieron el desarrollo de dicho proceso. (Ver Anexo N°8).

D. Selección de puntos de cada matriz

La filmación de cada uno de los videos se desarrolló en la zona occidental y central de El Salvador, obteniendo de esta manera los diferentes escenarios para la demostración del proceso de muestreo de agua; a continuación, se detalla el tipo de agua y lugares de muestreo los cuales se seleccionaron con base a las matrices en las que se optó realizar la investigación:

- Agua Potable: Grifo de agua potable, localizado en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Agua de Río: Rio Shutecath, Caluco Departamento de Sonsonate.
- Agua Subterráneas: Pozo situado en el Cantón El Porvenir, Santo Tomás
- Agua de Lago: Lago de Coatepeque, Departamento de Santa Ana
- Aguas Residuales: Laguna La Maraly, Municipio de Soyapango.

E. Filmación y edición de videos.

La filmación de estos videos se llevó a cabo entre agosto del año 2020 y enero del año 2021. Se realizó una demostración práctica a través de videos en los que se detalla paso a paso el proceso de muestreo de agua, los cuales estuvieron a cargo de los autores de la presente investigación así como también para un determinado escenario se solicitó la ayuda de una tercera persona para el desarrollo de la filmación de dichos videos. Para la filmación de cada uno de los videos fue necesario trasladarse hacia los diferentes puntos seleccionados de cada matriz; los materiales y equipos cumplieron una función importante para el desarrollo del material audiovisual, para esta actividad se necesitó de: cámaras fotográficas,

teléfonos celulares, trípode, selfie stick (Ver Anexo N°8). Posteriormente para la edición de cada video se utilizó el programa Wondershare Filmora, con el cual se le dio formato a cada uno de los videos.

4.4.4. Transferencia de las herramientas didácticas al personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas y socializarlo a su vez en la plataforma de YouTube para un fácil acceso al público.

Finalizado el proceso de elaboración de las herramientas didácticas se realizó la transferencia al personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas para su revisión, tanto del manual de procedimientos como del material audiovisual, luego de su edición se procedió a crear un canal en la plataforma virtual de YouTube bajo el nombre Laboratorio Físicoquímico de Aguas; donde se publicaron cada uno de los videos, cabe recalcar que este canal se creó con el correo institucional del Laboratorio Físicoquímico de Aguas.

El manual de procedimientos se encuentra a disposición del público a través del personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas; siendo ellos los facilitadores de la información al momento que un cliente se aboque a dicho establecimiento a solicitar de sus servicios, se le brindara la información escrita como también la audiovisual a través de una tarjeta con un código QR (código de respuesta rápida) el cual podrá escanear con su móvil y lo llevará directo a la visualización del video de muestreo de agua de acuerdo a la matriz en la que se requiera realizar el análisis.

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Con la investigación bibliográfica se obtuvo la serie de la Normativa ISO 5667, la cual orienta sobre las directrices para el muestreo de agua en diferentes matrices, desarrollando así el manual de procedimientos, el cual detalla el proceso de toma de muestras de agua en diferentes matrices. Luego de realizar el trabajo de campo se procedió a la elaboración del material audiovisual el cual parte del manual de procedimientos; con la ayuda de estas dos herramientas se proyecta aportar al personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas una secuencia didáctica que permita una nueva estrategia de enseñanza aprendizaje a sus clientes en la toma de muestras de agua en diferentes matrices para su posterior análisis físicoquímico.

5.1. Diseño de la secuencia didáctica para la enseñanza de toma de muestras de agua.

La secuencia didáctica servirá de guía para el personal del Laboratorio Físicoquímico de Agua en cuanto a la enseñanza aprendizaje de las personas que se abocan a dicha institución y requieran el servicio de análisis de agua. Se diseñó cada una de las partes que constituyen la secuencia didáctica tales como: tema general, contenidos, responsables de la elaboración de la secuencia, objetivos, organización y recursos que se utilizarán para el desarrollo de la misma.

Cuadro N°12: Guía para una secuencia didáctica como herramienta para el proceso de enseñanza aprendizaje en la toma de muestras de agua.

SECUENCIA DIDACTICA PARA EL MUESTREO DE AGUA	
TEMA GENERAL	Secuencia didáctica como herramienta para el proceso de enseñanza aprendizaje en la toma de muestras de agua.

Cuadro N°12: Continuación...

CONTENIDOS	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción al proceso de toma de muestras de agua. - Aspectos generales al muestreo de agua. - Técnicas generales de muestreo de agua en diferentes matrices.
RESPONSABLES DE ELABORACIÓN DE LA SECUENCIA	<p>Luis Alfredo Carrillo Castillo Lucia Alejandra Cuéllar Trejo</p>
OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Orientar mediante un documento escrito a las personas sobre el muestreo de agua para su análisis fisicoquímico y microbiológico. - Mostrar las técnicas generales sobre el muestreo de agua para análisis fisicoquímico y microbiológico en diferentes matrices. - Facilitar enlaces web como recursos audiovisuales para el adiestramiento en el muestreo de agua en diferentes matrices.
ORGANIZACIÓN DE LA SECUENCIA	<p style="text-align: center;">Inicio.</p> <p>Cada vez que una persona se acerque a las instalaciones del Laboratorio a solicitar un análisis fisicoquímico de aguas, se iniciará el adiestramiento sobre el muestreo de aguas, partiendo con la facilitación de recursos didácticos siendo estos: un recurso escrito y audiovisual por parte del personal del Laboratorio Fisicoquímico de Aguas, a su vez se deberá explicar brevemente la importancia de los recursos didácticos que se le está facilitando a la persona.</p> <p>Actividad 1. <u>Lectura del material escrito.</u> La actividad consiste en que la persona lea el manual: "Manual de procedimientos para el muestreo de agua en diferentes matrices basado en la norma ISO 5667". En el manual la persona se encontrará con los siguientes contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción al proceso de muestreo de agua. - Aspectos generales al muestreo de agua. - Técnicas generales del muestreo de agua en diferentes matrices. <p>Esta herramienta didáctica pretende fomentar la dinámica del proceso enseñanza aprendizaje en la toma de muestras de agua para obtener resultados óptimos en los análisis de verificación de la calidad de agua.</p> <p>Actividad 2. <u>Visualización del recurso audiovisual.</u></p> <p>La actividad se deberá desarrollar una vez que se haya dado cumplimiento a la lectura del material escrito, la persona puede encontrar al final del documento una sucesión de enlaces web donde se encuentran una serie de videos que explican paso a paso las técnicas generales para el muestreo de aguas en diferentes matrices.</p> <p>Esta herramienta didáctica audiovisual se basa en la demostración práctica, permite conocer la forma correcta de cómo realizar la toma de muestra de agua.</p> <p style="text-align: center;">APERTURA</p>

Cuadro N°12: Continuación...

ORGANIZACIÓN DE LA SECUENCIA	DESARROLLO	<p>Actividad 3. <u>Desarrollo del muestreo de agua.</u></p> <p>Habiendo desarrollado las primeras dos actividades, la persona se encuentra en la capacidad de realizar el proceso de toma de muestras de agua para análisis físicos, químicos y microbiológicos.</p> <p>Esta actividad consiste en que la persona se situé en el lugar donde desarrollará el proceso de muestreo, deberá tomar las precauciones y las indicaciones que se describen en el manual de procedimientos.</p> <p>Cabe recalcar que los frascos que se utilizaran para este proceso deberán ser los adecuados según se especifican en los tipos de recipientes, en el caso de que la persona no pueda obtener los recipientes adecuados, estos serán proporcionados por el Laboratorio Físicoquímico de Aguas.</p>
	CIERRE	<p>Actividad 4. <u>Entrega de muestras de agua al Laboratorio.</u></p> <p>Terminada la actividad 3, se concluirá con la actividad 4 la cual consiste en que la persona que realizó el muestreo de agua, entregue las muestras de agua al personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas, junto con la documentación que le corresponde a cada muestra.</p> <p>El personal del laboratorio será quien evaluará si el proceso se ha desarrollado de la manera correcta, tomando evidencias como: utilización de recipientes adecuados a las muestras en análisis, etiquetado de muestras, preservación y documentación.</p>
RECURSOS DIDACTICOS	<p>Para el desarrollo de esta secuencia didáctica se hará uso de lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manual de procedimientos (Material de lectura), es un recurso didáctico en forma escrita que describe las generalidades del proceso de muestreo y las técnicas generales para tomar las muestras de agua en diferentes matrices. - Material audiovisual (Videos), es un recurso audiovisual en el cual se encuentran filmadas demostraciones prácticas, que explican paso a paso el proceso de toma de muestras de agua en las diferentes matrices para su posterior análisis físicoquímico y microbiológico. 	

Por lo tanto, la estrategia de la secuencia didáctica en el proceso de enseñanza aprendizaje permitirá facilitar que las personas se involucren en procesos de autoformación, para que sean constructores del conocimiento, a través del conjunto articulado de actividades, con el objetivo final de aprender sobre el proceso correcto en la toma de muestras de agua en diferentes matrices para análisis fisicoquímico y microbiológico.

5.2. Identificación de metodologías para la enseñanza de la toma de muestras de agua en ríos, lagos, agua de pozo, agua potable y aguas residuales.

Para llevar a cabo el proceso formativo de enseñanza aprendizaje sobre cómo realizar un muestreo de agua en diferentes matrices se estudiaron diversas metodologías didácticas, sin embargo se decidió utilizar la metodología basada en la demostración práctica a través de videos; con la aplicación de esta metodología se puede mostrar de forma secuencial un proceso, en el cual la persona interesada en realizar un muestreo de aguas aprenderá mediante procesos de demostración práctica y coordinada como realizar la actividad.

5.3. Elaboración de la herramienta didáctica manual de procedimientos para la instrucción de los procedimientos de toma de muestras de agua de diferentes matrices.

- Elaboración del manual de procedimientos

La base para la elaboración del manual de procedimientos parte de la serie de la Normativa ISO 5667 bajo el título Calidad de Agua, de ella se extrajeron los procedimientos a seguir para la toma de muestras de agua de las diferentes fuentes contempladas para la investigación las cuales son: agua de ríos, lagos, agua potable, agua residual y agua subterránea.

El manual de procedimientos incluye las siguientes secciones (Ver Anexo N°7):

- a. Portada principal
- b. Portada secundaria
- c. Índice del manual
- d. Encabezado y pie de página
- e. Introducción
- f. Capítulo I: Aspectos generales
- g. Capítulo II: Introducción al proceso de muestreo de agua.
- h. Capítulo III: Aspectos generales del muestreo de aguas.
- i. Capítulo IV: Técnicas generales de muestreo de agua en diferentes matrices y sitios web.
- j. Referencias bibliográficas
- k. Anexos

- **Portada principal del manual de procedimientos**

La portada del manual se presenta en un diseño creativo en el que destaca el título general en la parte central.

En la parte inferior se hace referencia al manual como una herramienta para la enseñanza aprendizaje en la toma de muestras de agua. Seguidamente se detalla la institución a la cual pertenece. (Ver Anexo N°9)

- **Portada secundaria**

En la parte superior de la portada se detalla el título del manual de procedimientos, seguido del número de edición y año; en el centro se hace referencia que en el manual se encontrarán las técnicas generales para el proceso de muestreo y en la parte inferior los autores del manual. (Ver Anexo N°9)

- **Índice del manual**

El índice tiene como objetivo facilitar al lector la ubicación de los diferentes puntos que se desarrollan en el manual. (Ver Anexo N°9)

- **Encabezado y pie de página**

El encabezado de las páginas siguientes del manual de procedimientos consta de un recuadro con el logo del Laboratorio Físicoquímico de Aguas, título del manual, código, edición y fecha de entrada en vigencia.

En el pie de página se encuentra la numeración de las páginas y una nota en la que se prohíbe la reproducción total o parcial del documento sin la autorización del Laboratorio Físicoquímico de Aguas. (Ver Anexo N°10)

- **Introducción**

Es el preámbulo del manual de procedimientos que permite al lector conocer e introducirse a la información que se desarrolla a continuación.

El presente manual de procedimientos contiene las técnicas generales para el proceso de muestreo de agua en diferentes matrices, a su vez se describen los recipientes que se pueden utilizar en el muestreo para análisis físicoquímicos y microbiológicos, los métodos de conservación y almacenamiento de las muestras de agua, así como también las precauciones y recomendaciones necesarias para llevar a cabo el proceso de muestreo de agua realizados en diferentes matrices, dándole así el cumplimiento a la Normativa ISO 5667; a su vez están incluidas direcciones de sitios web anexas a cada matriz en donde podrá observar de manera práctica cómo llevar a cabo el proceso de muestreo de forma correcta. Finalmente, este manual pretende fomentar de manera dinámica el proceso enseñanza aprendizaje en la toma de muestras de agua para obtener resultados óptimos en los análisis para la verificación de la calidad de agua.

Capítulo I: Aspectos generales

- Campo de aplicación.

El presente manual de procedimientos contiene las técnicas generales para el proceso de muestreo de agua, la cual va dirigida a aquellas personas que no tengan conocimiento sobre el proceso, así como también para aquellas personas que tienen un conocimiento previo al proceso de muestreo en una matriz en específica, pero que les servirá para ampliar sus conocimientos para el muestreo en otro tipo de fuente. Por otro lado, servirá como fuente bibliográfica para futuras investigaciones.

- Importancia de la herramienta didáctica.

La importancia de este manual de procedimientos se enfoca principalmente en la instrucción a las personas para que lleven a cabo la técnica correcta del muestreo de agua en diferentes matrices, entendiéndose matrices como: ríos, lagos, aguas residuales, aguas subterráneas y agua potable.

Una correcta toma de muestras constituye entonces uno de los elementos fundamentales para el control de calidad analítica a fin de obtener datos reales de las características del cuerpo de agua muestreada.

Capítulo II: Introducción al proceso de muestreo de agua.

- Muestreo de agua. ⁽¹⁵⁾

Para poder realizar un buen procedimiento del muestreo de agua, se debe hacer una buena elección del sitio de muestreo y la identificación de los parámetros a analizar, esto permitirá que los resultados que se obtengan sean completamente confiables. El muestreo de agua, lo podemos definir como el proceso de sacar una porción, procurando que sea homogénea y

representativa, de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características definidas.

El muestreo constituye entonces uno de los elementos fundamentales para el control de calidad analítica a fin de obtener datos reales de las características del cuerpo de agua muestreada. Las muestras se toman y examinan esencialmente para determinar parámetros físicos, químicos, microbiológicos, que requerirán de criterios y técnicas de muestreo diferentes.

El proceso debe ser muy cuidadoso para garantizar que la muestra no sea alterada o contaminada, a fin de asegurar los datos que se obtengan en el laboratorio, el transporte y la conservación de la muestra de agua; son actividades muy importantes durante el proceso, que permiten no exceder los tiempos límites para el procesamiento analítico de las muestras de agua.

Capítulo III: Aspectos generales del muestreo de aguas.

- Cualificación del personal

El personal que realizará el proceso de muestreo de aguas, deberá cumplir los requisitos mínimos, en cuanto a formación.

Las habilidades del personal que desarrollara el proceso de muestreo, son un factor importante para la fiabilidad y trazabilidad de los resultados, por lo que el proceso de cualificación debe programarse y llevarse a cabo teniendo en cuenta la formación y experiencia de este.

El proceso de cualificación en el muestreo consta, normalmente, de las siguientes etapas:

- a) Una primera etapa que consiste en la lectura y comprensión de los procedimientos a seguir para cada matriz de muestreo de agua o una matriz en específico.

- b) Una segunda etapa de observador, mediante la visualización de una serie de videos donde se representa el proceso correcto del muestreo de agua, llevado a cabo por personal calificado.

- **Precauciones generales de seguridad.** ⁽¹⁵⁾

La amplia diversidad de condiciones que se encuentran al efectuar el muestreo de aguas puede someter al personal a una variedad de riesgos para la seguridad y la salud. Aparte del peligro de lesiones físicas, se deben tomar las precauciones para evitar la inhalación y la ingestión de materiales tóxicos por la boca y a través de la piel.

A continuación, se presentan situaciones específicas:

- a) Para garantizar la seguridad del personal, se debe considerar las condiciones climáticas. Al tomar muestras en grandes masas de agua se deben usar chalecos salvavidas y cuerdas salvavidas.
- b) Si es posible, se debe evitar el muestreo en sitios inseguros, tales como bancos de tierra inestables. Si esto no se puede evitar, la operación no la debe efectuar una sola persona sino un equipo de varias personas, con las precauciones adecuadas. Cuando sea apropiado, se debe recurrir al muestreo desde puentes.
- c) El acceso razonable en todos los climas es importante y esencial para el muestreo de agua. En algunas situaciones, se deben considerar peligros naturales.
- d) Si se instalan instrumentos u otros elementos de equipo en una ribera de un río, se deben evitar las situaciones susceptibles de inundación o vandalismo, tomando las precauciones adecuadas.
- e) Durante el muestreo de agua surgen muchas otras situaciones, en las cuales se deben tomar precauciones especiales para evitar accidentes.

Por ejemplo, algunos efluentes industriales pueden ser corrosivos o pueden contener materiales tóxicos o inflamables.

Tampoco se deben pasar por alto los peligros relacionados con los desechos: estos pueden ser gaseosos, microbiológicos, virológicos o zoológicos, tales como los procedentes de amibas o helmintos.

- f) El personal debe contar con equipo de protección personal que asegure su integridad física y su salud, entre ellos se debe hacer uso de:

Gabacha manga larga o trajes impermeables al agua, zapatos cerrados cómodos y en tales casos impermeables al agua, lentes de protección, guantes de látex, gorro y mascarilla. Es necesario que todo el personal afectado esté formado e informado sobre la evaluación de riesgos para la seguridad y salud en el trabajo inherente a esta actividad.

- **Recipientes y materiales que se utilizan para el proceso de muestreo de agua.**⁽¹⁵⁾

Recipientes

El recipiente de la muestra usado para recolectar y almacenar la muestra se debe elegir después de considerar, por ejemplo, la resistencia a las temperaturas extremas, la resistencia al rompimiento, la facilidad de buen sellado y de reapertura, el tamaño, la forma, la masa, la disponibilidad, el costo, el potencial en relación con limpieza y reutilización.

El recipiente de la muestra tiene que preservar la composición de la muestra con respecto a pérdidas debidas a la adsorción y la volatilización, o a la contaminación por sustancias extrañas. No obstante, se debe recordar que el recipiente en el cual se almacena la muestra y el tapón no debe:

- Ser causa de contaminación (por ejemplo, los recipientes de vidrio de borosilicato pueden incrementar el contenido de sílice o sodio).

- Absorber o adsorber los constituyentes que se deban determinar (por ejemplo, en un recipiente de polietileno se pueden absorber hidrocarburos; y en la superficie de uno de vidrio se pueden adsorber trazas de metales).
- Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo, fluoruros que reaccionen con el vidrio).

En el caso de muestras para la determinación de parámetros fisicoquímicos, una precaución sencilla que, sin embargo, no es adecuada en todos los casos, es llenar los frascos completamente y taparlos en tal forma que no haya aire sobre la muestra.

Esto limita la interacción con la fase gaseosa y la agitación durante el transporte evitando así, las modificaciones en el contenido de CO₂, y por consiguiente, las variaciones en el pH; los hidrogenocarbonatos no se convierten en carbonatos precipitables; el hierro tiene menos tendencia a ser oxidado, limitando así variaciones de color, etc.

Tipos de recipientes:

- **Recipientes para muestras de análisis fisicoquímicos.**

Son adecuadas las botellas de vidrio de polietileno y borosilicato. Se prefieren otros materiales más inertes químicamente, por ejemplo, politetrafluoroetileno (PTFE), pero a menudo son demasiado costosos para el uso rutinario.

Las tapas de rosca, las botellas de boca estrecha y las de boca ancha deben estar provistas de tapones/tapas de plástico inerte o tapones con base de vidrio.

- **Recipientes para muestras de análisis microbiológico.**

Los recipientes de muestras para examen microbiológico deben tener capacidad de resistir las altas temperaturas que se presentan durante la esterilización. Durante dicha esterilización o durante el almacenamiento de la

muestra, los materiales no deben producir o soltar sustancias químicas que puedan impedir la viabilidad microbiológica, soltar productos químicos tóxicos o estimular el crecimiento. Las muestras deben permanecer selladas hasta que se abran en el laboratorio, y se deben cubrir para evitar la contaminación. Las botellas de las muestras deben ser de vidrio o materiales de plástico de buena calidad y deben ser libres de sustancias tóxicas.

- Materiales y equipo necesarios para el muestreo.

En la tabla N°1 se enlistan los materiales necesarios para llevar a cabo el proceso de muestreo de agua, de manera generalizada:

Tabla N°1: Materiales para el proceso de muestreo de agua.

Total	Material
1	Frascos de polietileno de boca ancha con capacidad de 1L para análisis físicos y químicos.
1	Frasco estéril de vidrio o plástico de boca ancha con capacidad de 250 mL para análisis microbiológicos.
4	Guantes de látex.
1	Mascarilla descartable.
1	Gorro descartable.
1	Gabacha manga larga.
1	Cinta adhesiva transparente.
1	Tabla de campo.
2	Etiquetas para identificación de muestras.
1	Hielera con frigoríficos.
1	Bolígrafo tinta azul.
1	Toallas blancas.
1	Termómetro ambiental.
---	Formatos para el muestreo de agua (controles previos al muestreo, cadena de custodia, formato de informe de muestreo).

El equipo necesario debe ser seleccionado dependiendo la matriz en la que se desea realizar el muestreo, teniendo en cuenta el lugar y las condiciones de

dicho lugar; se deberá contar con trajes y botas impermeables, chalecos salvavidas, cuerdas, brazo mecánico articulado o dispositivo equivalente, para sostener envases y acceder a flujos inaccesibles o peligrosos mediante recolección directa.

- **Preservación de muestras de agua.** ⁽¹⁶⁾

Las aguas, en particular las aguas de superficie y las aguas residuales, son susceptibles de cambio como resultado de reacciones físicas, químicas o biológicas que pueden ocurrir entre el tiempo del muestreo y el análisis.

La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman las precauciones necesarias durante el muestreo, el transporte y el almacenamiento, para determinaciones específicas, las concentraciones determinadas serán diferentes de las que existían en el momento del muestreo.

En general, si las muestras se analizan en un lapso de 24 h, es suficiente la técnica de preservación con enfriamiento de 1 °C – 5 °C.

- **Transporte de muestras de agua.**

Para el transporte de las muestras se tiene en cuenta lo siguiente:

1. Verificar que la nevera contenga suficiente hielo o sus respectivos frigoríficos, para asegurar que la refrigeración se mantenga por debajo de los 5°C hasta que las muestras ingresen al laboratorio.
2. Asegurar que la tapa de cada nevera quede bien asegurada, de tal manera que durante el viaje no se destapen o se pueda alterar la temperatura al interior de la misma.
3. Las neveras son tratadas cuidadosamente, de forma que, en su manipulación no sean golpeadas, se mantienen en posición horizontal, se mantienen alejadas de fuentes de calor y se ubican lejos de productos volátiles u otros, que puedan causar contaminación de las muestras.

4. Las neveras son aseguradas al vehículo de transporte para evitar que durante el viaje se maltraten.
5. La persona responsable de tomar las muestras mantiene la custodia permanente de las mismas hasta que son entregadas al laboratorio.

- **Indicaciones generales para el muestreo.** ⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones a tener en cuenta para el proceso de muestreo de aguas:

1. Cuando se van a tomar varias muestras en un punto o estación de muestreo se tomará en primer lugar el volumen destinado al análisis microbiológico y por último lugar la destinada a las determinaciones fisicoquímicas, con lo cual se evitarán posibles contaminaciones.
2. En muestreos en profundidad en lagos o embalses, las muestras se coleccionarán desde la superficie hacia la zona más profunda, para eludir en lo posible la mezcla de capas de agua.
3. Las muestras de agua de fondo se coleccionarán evitando remover los sedimentos, circunstancia que alteraría gravemente el resultado analítico posterior.
4. En muestras de vertidos, es importante considerar que la concentración de partículas se afecta tanto en profundidad como espacialmente, pudiendo no ser homogénea en el tiempo.
5. Si se toman muestras de agua profunda, el recipiente debe quedar herméticamente cerrado para evitar que sustancias oxidables al contacto con el aire varíen su concentración desde su origen hasta el momento del definitivo análisis en el laboratorio.
6. Cuando se toman muestras a través de un bombeo es necesario bombear un determinado tiempo antes de tomar la muestra posterior sujeto del análisis, para conseguir una homogeneidad en el agua y que ésta sea representativa del total de la masa líquida existente en origen.

7. Para muestras microbiológicas el envase deberá contener un agente reductor, como el tiosulfato de sodio pentahidratado, para detener la reacción del oxidante utilizado como desinfectante.

Deben añadirse 0,1 ml de tiosulfato de sodio pentahidratado (18 mg/ml) por cada 100 ml de muestra, lo que permite inactivar la concentración mínima de cloro residual de 2 mg/l y de hasta 5 mg/l.

8. Para el muestreo en grifos, el grifo o la llave debe ser desinfectado considerando métodos de desinfección, por ejemplo, se limpia con un algodón empapado en hipoclorito, isopropanol o etanol y, a continuación, se elimina el exceso dejando correr el agua del propio grifo.
9. Si un tanque de almacenamiento tiene más de un compartimiento y dichos compartimientos están conectados hidráulicamente, estos pueden ser considerados como un solo depósito.

10. Cuando un depósito se ha sacado de servicio, o se ha limpiado, cuando no existe una válvula de muestreo en la tubería de salida, o cuando la capa superficial del depósito se debe analizar, la toma de muestras será por inmersión, se debe tener cuidado especial.

Asegurando que en el proceso de muestreo no se introducen residuos al agua y que el equipo este esterilizado antes del muestreo para evitar comprometer microbiológicamente al agua del depósito. NOTA: No emplear frascos de gaseosa, jugos, alimentos, etc.

Capítulo IV: Técnicas generales de muestreo de agua en diferentes matrices y sitios web.

MUESTREO DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO (Ver Anexo N°11)

Agua de lagos. ⁽¹⁷⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.

2. Identificar el punto de muestreo, siendo este un punto de buena homogenización.
3. Utilizar un frasco de boca ancha con capacidad de 1L.
4. Enjuagar 2 o 3 veces el frasco limpio con el agua a muestrear e introducir el frasco en la masa de agua superficial, desplazándolo horizontalmente hasta una profundidad de unos 30 a 50 cm aproximadamente.
5. Llenar el frasco completamente evitando dejar aire atrapado en su interior y colocar la tapa del frasco bajo el agua (esto evita modificaciones durante el transporte).
6. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacene la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
7. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
8. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
9. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del laboratorio, donde se realizará los análisis.

Agua potable. Sistema de distribución grifos. ⁽¹⁸⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Utilizar un frasco de boca ancha con capacidad de 1L.
3. Abrir el grifo y dejar fluir el agua durante 2 a 3 minutos (a temperatura constante).
4. Luego de haber dejado fluir el agua, enjuagar 2 o 3 veces el frasco limpio con la misma agua que se va a analizar.

5. Reducir el flujo de agua y llene el frasco completamente evitando dejar aire atrapado en su interior al colocar la tapa (esto evita modificaciones durante el transporte).
6. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacenar la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
7. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
8. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
9. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del laboratorio, donde se realizará los análisis.

Aguas residuales. ⁽²⁰⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Identificar el punto de muestreo, siendo este un punto de buena homogenización, normalmente el centro del flujo, donde la velocidad es mayor y la posibilidad de asentamiento de sólidos es menor, evitar muestrear en lugares con espuma.
3. Utilizar un frasco de boca ancha con capacidad de 1L.
4. Enjuagar 2 o 3 veces el frasco limpio con la misma agua que se va a analizar.
5. Introducir y llenar completamente el frasco entre 15 a 30 cm de profundidad y colocar la tapa del frasco evitando dejar aire atrapado en su interior (esto evita modificaciones durante el transporte).

6. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacene la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
 7. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
 8. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
 9. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del Laboratorio, donde se realizará los análisis.
- Nota: Utilizar un brazo mecánico para desarrollar el muestreo en lugares de difícil acceso.

Agua de ríos. ⁽¹⁹⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Una vez identificado el punto de muestreo remover de la zona de muestreo, todo aquel material extraño (bolsas, ramas, hojas, etc.).
3. Utilizar un frasco de boca ancha con capacidad de 1L.
4. Enjuagar 2 o 3 veces el frasco limpio con la misma agua que se va a analizar e introducir el frasco en el agua verticalmente, con la boca hacia abajo hasta una profundidad de unos 30 a 50 cm aproximadamente.
5. Girar el envase lentamente hasta colocarlo en sentido contrario a la corriente y en dirección paralela a la superficie, de forma que se llene completamente desplazando todo el aire de su interior por el movimiento natural del agua, colocar la tapa del frasco evitando dejar aire atrapado en su interior (esto evita modificaciones durante el transporte).

6. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacenar la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
7. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
8. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
9. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del laboratorio, donde se realizará los análisis.

Aguas subterráneas. ⁽²¹⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Limpiar las orillas del broquel del pozo, para prevenir que el agua que se va muestrear del pozo no se contamine con material externo.
3. Hacer bajar un dispositivo de muestreo limpio por el interior del pozo, dejando que se llene con agua a una profundidad conocida.
4. Recuperar la muestra de agua desde el dispositivo de muestreo y transferir a un recipiente de boca ancha con capacidad de 1L, previamente enjuagado con el agua colectada.
5. Llenar el frasco completamente evitando dejar aire atrapado en su interior colocando la tapa dentro del agua (esto evita modificaciones durante el transporte).
6. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacene la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

7. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
8. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
9. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del laboratorio, donde se realizará los análisis.

MUESTREO PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO (Ver Anexo N°12)

Agua de lagos. ⁽¹⁷⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Identificar el punto de muestreo, siendo este un punto de buena homogenización.
3. Utilizar un frasco estéril de boca ancha con capacidad de 250mL-500mL (no abrir el frasco estéril hasta el momento de llenado).
4. Destapar el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos externos (no enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene. Ver anexo N°13).
5. Introducir en la masa de agua superficial el frasco de muestreo estéril, tomándolo por su base y sumergiéndolo en el agua horizontalmente en dirección de la boca del frasco.
6. Llenar sólo la mitad o las dos terceras partes del frasco estéril, de manera que quede un espacio de aire en él frasco, esto contribuye al mezclado. La cantidad mínima a recoger para este análisis es de aproximadamente 200 mL.

7. Colocar rápidamente la tapa del frasco estéril que contiene la muestra.
8. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacenar la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
9. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Agua potable. Sistema de distribución grifos. ⁽¹⁸⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Utilizar un frasco estéril de boca ancha con capacidad de 250mL - 500mL.
3. Con el grifo cerrado y haciendo uso de un aspersor desinfectar con alcohol al 70% el grifo, retirar el exceso de alcohol que pueda haber quedado sobre el grifo con una torunda de algodón o gasa estéril.
4. Antes de tomar la muestra dejar fluir el agua al menos durante 2 a 3 minutos (a temperatura constante).
5. Destapar el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos externos (no enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene. Ver anexo N°13).
6. Reducir el flujo de agua para evitar salpicaduras y llenar lentamente el frasco a la mitad o las dos terceras partes del frasco estéril, de manera que quede un espacio de aire en él frasco, esto contribuye al mezclado. La cantidad mínima a recoger es de aproximadamente 200 mL.
7. Colocar la tapa del recipiente que contiene la muestra, teniendo la precaución de no contaminar la tapa y evitar así contaminaciones accidentales posteriores.

8. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacene la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
9. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
10. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
11. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del laboratorio, donde se realizará los análisis.

Agua de ríos. ⁽¹⁹⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Una vez Identificado el punto de muestreo remover de la zona de muestreo, todo aquel material extraño (bolsas, ramas, hojas, etc.).
3. Utilizar un frasco estéril de boca ancha con capacidad de 250mL - 500mL (no abrir el frasco estéril hasta el momento de llenado).
4. Destapar el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos externos (no enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene. Ver anexo N°13), el envase seleccionado se tomará por su base y se sumergirá en el agua horizontalmente.
5. El frasco se deberá llenar sólo la mitad o las dos terceras partes del frasco, de manera que quede un espacio de aire, esto contribuye al mezclado. La cantidad mínima a recoger para este análisis es de aproximadamente 200 mL.

6. Colocar la tapa del recipiente que contiene la muestra, teniendo la precaución de no contaminar la tapa y evitar así contaminaciones accidentales posteriores.
7. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacene la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
8. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
9. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
10. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del laboratorio, donde se realizará los análisis.

Aguas subterráneas. ⁽²¹⁾

1. Realizar el llenado del formulario que corresponde a los controles previos al proceso de muestreo.
2. Limpiar las orillas del broquel del pozo, para prevenir que el agua que se va muestrear del pozo no se contamine con material externo.
3. Hacer bajar un dispositivo de muestreo limpio por el interior del pozo, dejando que se llene con agua a una profundidad conocida.
4. La muestra se recuperará desde el dispositivo de muestreo con un recipiente de boca ancha con capacidad de 250mL - 500mL.
5. Destapar el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos externos (no enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene. Ver anexo N°13), el envase seleccionado se tomará por su base y se sumergirá en el agua.

6. El frasco se deberá llenar sólo la mitad o las dos terceras partes del frasco, de manera que quede un espacio de aire, esto contribuye al mezclado. La cantidad mínima a recoger para este análisis es de aproximadamente 200 mL.
7. Colocar la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua y almacene la muestra en un contenedor de material aislante (hielera), con suficientes frigoríficos, que permitan la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.
8. Proceder a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.
9. Trasladar al laboratorio la muestra de agua, teniendo en cuenta que se deben cumplir los tiempos máximos de almacenamiento permitidos previo a la realización de los análisis.
10. Entregar la documentación de la muestra recolectada al personal del laboratorio, donde se realizará los análisis.

ENLACES WEB PARA EL MUESTREO DE AGUA EN DIFERENTES MATRICES

- **Técnicas generales de muestro para análisis fisicoquímico y microbiológico.**

Busque en internet desde su dispositivo móvil o del dispositivo que disponga en ese momento que le permita acceder a: “LABORTORIO FISICOQUIMICO DE AGUAS”, donde encontrará el material audiovisual en los siguientes enlaces web y códigos QR:

Agua de Lagos	Agua Potable	Agua de Ríos
Código QR: 	Código QR: 	Código QR: 
Enlace web: https://youtu.be/infcAI9-G2o	Enlace web: https://youtu.be/01oKI2GvVml	Enlace web: https://youtu.be/teFQrY3PwOE

Aguas Residuales	Aguas Subterráneas
Código QR: 	Código QR: 
Enlace web: https://youtu.be/OZQi3DLogqE	Enlace web: https://youtu.be/YRsVMroZxjl

Referencias bibliográficas.

La mayor parte del contenido de la herramienta didáctica de lectura está basada y ha sido retomada de la Normativa ISO 5667: Calidad de agua.

1. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo. Bogotá: ICONTEC, 1995. (NTC-ISO-5667-2)
2. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Parte 3. Directrices para la

preservación y manejo de las muestras. Bogotá: ICONTEC, 1995. (NTC-ISO-5667-3)

3. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Parte 4. Directrices para el muestreo de lagos naturales y artificiales Bogotá: ICONTEC, 1987. (NTC-ISO-5667-4)
4. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Directrices para el Muestreo de Agua Potable de instalaciones de tratamiento y Sistemas de Distribución por Tuberías. Bogotá: ICONTEC, 1995. (NTC-ISO-5667-5)
5. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Guía para el Muestreo de Aguas de Ríos y Corrientes. Bogotá: ICONTEC, 1995. (NTC-ISO-5667-6)
6. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Muestreo de Aguas Residuales. Bogotá: ICONTEC, 1995. (NTC-ISO-5667-10)
7. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Muestreo de Aguas Subterráneas. Bogotá: ICONTEC, 1995. (NTC-ISO-5667-11)

5.4. Elaboración de herramienta didáctica audiovisual.

5.4.1. Selección de matrices.

Para llevar a cabo la filmación del material audiovisual, se seleccionaron previamente las matrices, con las condiciones necesarias, como: condiciones climáticas, sitios seguros que no representen peligros de deslizamiento de tierra, en el caso de aguas residuales y aguas subterráneas; para el muestreo

de agua en ríos se evaluó el caudal para una mejor demostración, además se tuvo en cuenta las precauciones en el caso de masas grandes de agua, como el lago ya que la filmación del material audiovisual no representó un peligro físico para el personal.

La demostración práctica sobre la toma de muestras de agua potable para análisis fisicoquímico y microbiológico, se realizó en un grifo ubicado en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Otra matriz de filmación se llevó a cabo en el turicentro municipal Shutecath, Caluco, departamento de Sonsonate, el cual contaba con un caudal adecuado para el desarrollo de la demostración práctica del muestreo de agua para el análisis fisicoquímico y microbiológico.

Para agua de lago, se realizó en el lago de Coatepeque, situado en el municipio del Congo, departamento de Santa Ana, teniendo en cuenta las precauciones generales de seguridad, y haciendo uso de chalecos salvavidas; en este sitio de muestreo se desarrolló el muestreo de aguas para análisis fisicoquímico.

Para aguas residuales se realizó en la laguna La Maraly, situada en el municipio de Soyapango, departamento de San Salvador y por último en el caso de aguas subterráneas se llevó a cabo en un pozo situado en el cantón El Porvenir, municipio de Santo Tomás, departamento de San Salvador, donde se desarrolló el muestreo de aguas para fisicoquímico y microbiológico.

5.4.2. Toma y edición de videos.

La importancia del proceso de toma de muestras de agua, se vuelve un punto crítico para la obtención de resultados analíticos confiables, con base a esto cada una de las representaciones se realizó de manera correcta en los sitios detallados anteriormente, utilizando materiales y equipo de fácil acceso para la población, ver Anexo N°10. Los actores responsables de realizar la

demostración de los procedimientos estuvo a cargo de los autores de esta investigación, y que en algunas ocasiones fue necesaria la ayuda de terceras personas.

Una vez se obtuvieron la serie de videos de las diferentes matrices, se realizó la edición a través del programa Wondershare Filmora, con el cual se diseñó el formato final de cada video. (Ver anexo N°14)

5.5. Trasferencia de las herramientas didácticas y socialización en la plataforma de YouTube.

Las herramientas didácticas se entregaron al personal del Laboratorio Físicoquímico de Aguas para su revisión y autorización; luego de su revisión y aprobación se procedió con la creación de un canal en la plataforma virtual de YouTube, bajo el título: "LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS", aquí se publicaron la serie de videos con el objetivo que estén disponibles para la población interesada en realizar el proceso de muestreo de agua. (Ver Anexo N°15)

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. El diseño de la secuencia didáctica permitirá el adiestramiento en la toma de muestras de agua aplicada a diferentes matrices, mediante actividades sucesivas que permitan la obtención de muestras representativas del sitio de muestreo.
2. El Laboratorio Físicoquímico de Aguas no contaba con información técnica detallada sobre el adiestramiento de la toma de muestra de agua, por lo que se realizó una investigación bibliográfica exhaustiva de los reglamentos internacionales como fuente informativa para la elaboración y ejecución de las herramientas didácticas.
3. A partir de las diferentes metodologías de enseñanza aprendizaje, se pudo determinar que la metodología basada en la demostración práctica fue la más factible para el trabajo de investigación, porque permite ejemplificar de forma clara y sencilla el proceso correcto para toma de muestras de agua en diferentes matrices.
4. Las herramientas didácticas se elaboraron de manera que los interesados comprendan la forma correcta de realizar un muestreo de agua, independientemente del nivel académico que posean, además estas herramientas didácticas son aplicables a todos los lagos, ríos, agua subterránea, agua potable y agua residual en donde se requiera determinar un análisis íntegro del agua.
5. Con la entrega de las herramientas didácticas al Laboratorio Físicoquímico de Aguas, se está proporcionando material didáctico que es necesario para la capacitación de los clientes que solicitan de sus servicios, asimismo la socialización de los recursos didácticos a través del canal de YouTube del Laboratorio servirá para tener un mayor alcance de la información para la población.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

Le recomendamos al Laboratorio Físicoquímico de Aguas:

1. Utilizar las herramientas didácticas elaboradas como base para la instrucción de los procedimientos adecuados en el muestreo de agua de diferentes matrices.
2. Concientizar a las personas sobre la importancia de realizar un correcto muestreo de agua en las diferentes matrices para asegurar que los resultados que se obtengan de los análisis sean representativos del sitio de muestreo.
3. Continuar ampliando la secuencia didáctica y aplicarla al adiestramiento de toma de muestras de agua en otras matrices que no están contempladas dentro de esta investigación.
4. Actualizar constantemente las herramientas didácticas elaboradas, con base a las actualizaciones de la Normativa ISO 5667.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alfaro, K., Escobar, J. & Hernández, D. (2014). *Uso y manejo del agua para el consumo humano en relación a la protección jurídica del medio ambiente* (tesis pregrado). Universidad de El Salvador, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, El Salvador. Pág. 108-109
2. Alley, E. Roberts, (2007). *Water Quality Control Handbook* (2°ed). The United States of America: McGraw-Hill Education.
3. Análisis físico-químico y bacteriológico de aguas. (2019, Julio 02). Disponible en: <http://www.microinmuno.qb.fcen.uba.ar/SeminarioAguas.htm>.
4. APHA - American Public Health Association, American Water Works Association (AWWA) and Water Environmental Federation (WEF). 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Ed. Washington D.C, USA.
5. Bravo Inclán, L. (2004). Serie autodidáctica en materia de normas técnicas relacionadas con la inspección y verificación. Unidad didáctica para la aplicación de la nmx-aa-014-1980. Cuerpos receptores- muestreo. (1ª edición). Instituto Mexicano de Tecnología.
6. Carbajal Azcona, A. y González Fernández, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. Pág. 63-73
7. CONACYT (2019, julio 02). NSO 13.49.01:09 Agua. aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Disponible en: [https:// www.transparencia.gob.sv /institutions /anda/ documents/115912 /download](https://www.transparencia.gob.sv/institutions/anda/documents/115912/download)
8. Decreto N° 3.516 - Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua (Anexo I, Libro VI: De la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente). Perú. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

9. Díaz-Barriga, A. (2019, Julio 14). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. [Archivo PDF]. Recuperado de: http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf
10. ECURED (2019, abril 17). *Arroyo. Lago. Río*. Disponible en: <https://www.ecured.cu>
11. Evaluación de la calidad del agua, lago de Coatepeque (2014). Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descargas/Menu/Temas/Recurso%20Hidrico/Calidad%20de%20Agua/Lago%20de%20Coatepeque%202014.pdf>.
12. Félez Santafé, M. (2009). Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos. Pág.13-19
13. IMTA (2008). Propiedades Físicas del Agua [on line]. Disponible en: http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=293:fisica&catid=72:ciencias-naturales&Itemid=480
14. IMTA (2010). Propiedades Químicas del Agua [on line]. Disponible en: http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=1992:propiedades-quimicas-del-agua&catid=72:ciencias-naturales&Itemid
15. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1995. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo. Bogotá: ICONTEC. (NTC-ISO-5667-2)
16. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1995. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Parte 3. Directrices para la preservación y manejo de las muestras. Bogotá: ICONTEC. (NTC-ISO-5667-3)

17. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1997. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Parte 4. Directrices para el muestreo de lagos naturales y artificiales Bogotá: ICONTEC. (NTC-ISO-5667-4)
18. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1995. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Directrices para el Muestreo de Agua Potable de instalaciones de tratamiento y Sistemas de Distribución por Tuberías. Bogotá: ICONTEC. (NTC-ISO-5667-5)
19. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1995. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Guía para el Muestreo de Aguas de Ríos y Corrientes. Bogotá: ICONTEC. (NTC-ISO-5667-6)
20. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1995. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Muestreo de Aguas Residuales. Bogotá: ICONTEC. (NTC-ISO-5667-10)
21. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1995. Gestión Ambiental. Calidad de Agua. Muestreo. Muestreo de Aguas Subterráneas. Bogotá: ICONTEC. (NTC-ISO-5667-11)
22. Junta de Andalucía (2019, julio 14). Guía de métodos y técnicas didácticas. [Archivo PDF]. Recuperado de: http://www.juntadeandalucia.es/agencia-decalidadsanitaria/acsa_formacion/html/Ficheros/Guia_de_Metodos_y_Tecnicas_Didacticas.pdf
23. MARN (2010). Informe de la calidad de los ríos en El Salvador. Disponible en: http://mapas.snet.gob.sv/hidrologia/Documentos/Calidad_Agua2010.pdf
24. MARN (2019, julio 02). Evaluación de la calidad de agua de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/DOCUMENTO.ESTRATEGIAS.pdf>

25. Melgar, M., Moya, G. & Polio, M. (2012). Estudio Preliminar de la Calidad de Agua de Captación Superficial para Consumo Humano en El Tamarindo, Cantón Las Delicias, Municipio de San Miguel (tesis pregrado). Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, El Salvador. Pág. 8
26. MINED (1995). *Historia Natural Y Ecología De El Salvador*. (Tomo. 1). Ministerio de Educación, República de El Salvador. Pág. 148
27. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017). *Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador*. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descargas/Documentos/2018/Informe%20de%20la%20calidad%20de%20agua%202018.pdf>
28. Montiel Longhi, L. Organización, función y ecología en los seres vivos. Conceptos básicos. Costa Rica: Universidad estatal a distancia. Pág.3-7
29. M.V. de la Fuente Aragón; D. Ros McDonnell; M.A. Ferrer Ayala, M. Muñoz Guillermo; F. Cavas Martínez & L. Ros McDonnell (2019, Julio 17). La relación de los resultados del aprendizaje, la metodología docente y la metodología de evaluación. Universidad Politécnica de Cartagena. [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://web.ua.es/va/ice/jornadas-redes-2014/documentos/comunicacions-posters/tema-3/393106.pdf>
30. Nava, G. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para Análisis de laboratorio*. Bogotá DC: Instituto Nacional de Salud. Pág. 23-29
31. Norma Técnica. Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario. (2004). Disponible en: <http://www.anda.gob.sv/wp-content/uploads/2015/04/aguas-residuales.pdf>
32. NSO 13.07.01:08. 2009. Agua, Agua potable (Tomo 383). Ministerio de Salud. El Salvador.

33. OEFA (2019, Junio 02). *Fiscalización ambiental en aguas residuales* (on line). Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
34. OMS (2019, febrero 10). Agua. Disponible en: <https://www.who.int/topics/water/es/>
35. Reglamento especial de aguas residuales. 2000 Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/marn/documents/1587/download>
36. Tejada, A., Sánchez, J. (2004). Serie autodidáctica en materia de normas técnicas relacionadas con la inspección y verificación. Unidad didáctica para la aplicación de la nmx-aa-003-1980. Aguas residuales – muestreo. (1ª edición). Instituto Mexicano de Tecnología
37. Tolcachier, Jorge Alberto. “Contaminación Del Agua”, Medicina Ambiental. Roemmers. Argentina. Pág.100
38. Torres, H. y Girón, D. (2009). Didáctica general. (2ª edición). San José, C.R.: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana. Pág. 11-13
39. Ugalde Romero, M. (2005). Manuales de procedimientos y diagramas de flujo en la administración de archivos. (On line). Disponible en: www.archivonacional.go.cr/.../RAN%202005%ManualesProcedimientos.doc
40. UNR (2019, Febrero 20). Técnicas de muestreo, análisis e interpretación de datos. Argentina
41. Yuncong, L. y Migliaccio, K. (2011) *Water Quality Concepts, Sampling, and Analyses*. Estados Unidos: CRC Press. Pág. 1-3

GLOSARIO

Agua potable o agua para consumo humano: Toda el agua en su estado original o después de tratamiento, prevista para tomar, cocinar, preparar alimentos u otros propósitos domésticos, independientemente de su origen. Agua sometida a un proceso de potabilización, que cumpla lo establecido en la legislación nacional vigente. ⁽¹⁸⁾

Agua residual: Es un líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.⁽³⁶⁾

Educador: Se dice que el docente actúa como educador cuando se preocupa por la formación integral del estudiante (desarrollo personal, social, profesional), no sólo de que asimile contenidos teóricos.⁽³⁸⁾

Educando: Es aquel que está en proceso de educarse, es quien gracias a una guía dada por quien tiene mayor saber y experiencia, el educador, logra que su potencialidad creativa y sus condiciones físicas, intelectuales y artísticas se desarrollen en la máxima expresión posible, de acuerdo a las capacidades individuales.⁽³⁸⁾

Recurso didáctico; herramienta didáctica: Medios, materiales, equipos o incluso infraestructuras destinadas a facilitar el proceso de enseñanza y el aprendizaje.⁽³⁸⁾

Muestra: Porción, idealmente representativa tomada de un cuerpo de agua definido, de manera intermitente o continua, con el propósito de examinar diversas características definidas.⁽⁶⁾

Muestra compuesta: dos o más muestras o submuestras, mezcladas en proporciones conocidas apropiadas (bien sea en forma discreta o continua), a partir de las cuales se puede obtener el resultado promedio de una característica deseada. Las proporciones generalmente se basan en mediciones de tiempo o de flujo. ⁽¹⁵⁾

Muestra en el sitio; muestra instantánea: una muestra discreta tomada aleatoriamente (con relación al tiempo y/o al lugar) en una masa de agua. ⁽¹⁵⁾

Muestra puntual: muestra discreta tomada aleatoriamente (con relación a tiempo y/o ubicación) de un cuerpo de agua. ⁽²⁰⁾

Muestreo: Es el proceso de sacar una porción, procurando que sea representativa, de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características definidas. ⁽¹⁵⁾

Muestreo automático: proceso por medio del cual se toman muestras ya sea en forma discreta o continua, independientemente de la intervención humana, de acuerdo con un programa predeterminado. ⁽¹⁹⁾

Preservación: Acción de proteger una cosa contra los agentes que puedan destruirla o dañarla. ⁽³⁶⁾

Punto de muestreo: posición precisa donde se toman las muestras, dentro de un lugar de muestreo. ⁽²⁰⁾

Reservorio: Área natural o artificial donde se almacena agua, ya sea para uso doméstico, industrial, agropecuario u otros. ⁽⁵⁾

Unidad didáctica: Unidad de trabajo relativa a un proceso completo de enseñanza-aprendizaje, que no tiene duración temporal fija, y en la cual se precisan el conjunto de objetivos didácticos, bloques elementales de contenido y actividades de aprendizaje y de evaluación. ⁽³⁸⁾

ANEXOS

ANEXO N°1
SITIOS DE MUESTREO.



Figura N°6: Lago de Coatepeque ubicado en el Departamento de Santa Ana.



Figura N°7: Pozo ubicado en Cantón el Porvenir, Santo Tomás, departamento de San Salvador.



Figura N°8: Rio Shutecath, Caluco, departamento de Sonsonate.



Figura N°9: Grifo de agua potable ubicado en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.



Figura N°10: Laguna de aguas residuales La Maraly, ubicada en el municipio de Soyapango. Departamento de San Salvador.

ANEXO N°2

PORTADA DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA ISO 5667.

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC-ISO
5667-1**

1995-05-10*

**CALIDAD DEL AGUA.
MUESTREO. DIRECTRICES PARA EL DISEÑO DE
PROGRAMAS DE MUESTREO**



E: WATER QUALITY. SAMPLING GUIDANCE ON THE DESIGN
OF SAMPLING PROGRAMMES

CORRESPONDENCIA: esta norma es idéntica (IDT) por
traducción a la ISO 5667-1:1980 y
al Technical Corrigendum 1:1996

DESCRIPTORES: calidad del agua; análisis de agua;
muestreo; programa de muestreo.

I.C.S.: 13.060.45

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

ANEXO N°3
TÉCNICAS GENERALES PARA LA PRESERVACIÓN DE MUESTRAS
PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.⁽³⁾

Tabla N°2: Técnicas de preservación de muestras, para análisis fisicoquímico.

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación Máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
Acidez y alcalinidad	P o V	500 mL, Llenar completamente el recipiente para extraer el aire.	Enfriar entre 1°C y 5 °C	24 h
Aluminio	P lavado en ácido V o VB lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Aniones (Br, F, Cl, NO ₂ , NO ₃ , SO ₄ y PO ₄)	P o V	500 mL	Enfriar entre 1°C a 5 °C	24 h
	P	500 mL	Congelar a -20 °C	1 mes
Antimonio	P lavado en ácido V lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl o HNO ₃	1 mes
Arsénico	P lavado en ácido V lavado en Ácido	500 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl o HNO ₃	1 mes
Bario	P lavado en ácido o VB lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Berilio	P lavado en ácido o V lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Bifenilos policlorados (PCB)	V lavado con solvente, con Revestimiento de la tapa en PTFE	1 000 mL No preenjuagar el recipiente con la muestra No llenar completamente el recipiente de la muestra	Enfriar entre 1°C y 5 °C	7 d
Bromato	P o V	100 mL	Enfriar entre 1°C y 5 °C	1 mes
Bromo residual	P o V	500 mL	Enfriar entre 1°C y 5 °C	24 h

Tabla N°2: Continuación...

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación Máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
Cadmio	P lavado en ácido VB lavado en Ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Calcio	P o V	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Carbono orgánico total (COT)	V o P	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄ , enfriando a entre 1 °C y 5 °C.	7 d
	P	100 mL	Congelar a -20°C	1 mes
Cianocloruro	P	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h
Cianuro liberado fácilmente	P	500 mL	Adicionar NaOH hasta pH > 12 enfriar entre 1 °C y 5 °C	7 d 24 h, si hay azufre presente
Cianuro total	P	500 mL	Adicionar NaOH hasta pH > 12 enfriar entre 1 °C y 5 °C	7 d 24 h, si hay azufre presente
Cinc	P lavado en ácido, o VB lavado en ácido	100 mL	Acidificar a un pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Cloro residual	P o V	500 mL	Llenar el recipiente completamente; mantener la muestra en la oscuridad.	5 min
Cloramina	P o V	500 mL	Mantener la muestra en la oscuridad	5 min
Clorato	P o V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	7 d
Clorito	P o V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	5 min
Cloruro	P o V	100 mL		1 mes
Cobre	P lavado en ácido o V lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes

Tabla N°2: Continuación...

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
Color	P o V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C Mantener la muestra en la oscuridad.	5 d
Compuestos de bromuro y bromo	P o V	100 mL	Enfriar entre 1 °C y 5° C	1 mes
Compuestos de metal pesado (excepto mercurio)	P o VB 500	500 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Compuestos Organo estañados	V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5° C	7 d
Conductividad	P o V	100 mL Llenar el recipiente completamente para extraer el aire	Enfriar entre 1 °C y 5° C	24 h
Cromo	P lavado en ácido, o V lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Cromo (VI)	P lavado en ácido, o V lavado en ácido	100 mL	Enfriar entre 1 °C y 5° C	24 h
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	P o V	1 000 mL Llenar completamente el recipiente para extraer el aire.	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	P	1000 mL	Congelar a -20°C	1 mes
Demanda química de oxígeno (DQO)	P o V	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄	1 mes
Demanda química de oxígeno (DQO)	P	100 mL	Congelar a -20°C	1 mes

Tabla N°2: Continuación...

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación Máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
Detergentes	Véase "tensioactivos"			
Dióxido de carbono	P o V	500 mL Llenar el recipiente completamente para extraer el aire	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h
Dióxido de cloro	P o V	500 mL	Mantener la muestra en la oscuridad	5 min
Dureza total	Véase calcio			
Fenoles	VB, ámbar, lavado en solvente con Revestimiento de PTFE en la tapa	1 000 mL No preenjuague el recipiente con muestra No llenar Completamente el recipiente de la muestra	Acidificar a pH < 4 con H ₃ PO ₄ ó H ₂ SO ₄	3 semanas
Fosforo disuelto	V o VB o P	250 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	1 mes
	P	250 mL	Congelar a -20 °C	1 mes
Fosforo total	V o VB o P	250 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄	1 mes
	P		Congelar a -20 °C	1 mes
Fluoruros	P, pero que no sea PTFE	200 mL		1 mes
Hidrocarburos	Vidrio lavado con solvente (por ej: pentano) usado para la extracción	1 000 mL No preenjuague el recipiente con la muestra; los analitos se adhieren a la pared de la botella.	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄ ó con HCl	1 mes

Tabla N°2: Continuación...

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación Máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
Hidrocarburos Aromáticos monocíclicos	V, viales con Septum forrado en PTFE	500 mL Llenar el recipiente completamente para extraer el aire	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄	7 d
Hierro (II)	P lavado en ácido o VB lavado en Ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl y exclusión de oxígeno atmosférico	7 d
Hierro total	P lavado en ácido o VB lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Níquel	P lavado en ácido o VB lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Nitrato	P o V	250 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h
	P o V	250 mL	Filtrar antes de la preservación con ácidos. Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl	7 d
	P	250 mL	Congelar a -20 °C	1 mes
Nitrito	P o V	200 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h
Nitrógeno Kjeldahl	P o VB	250 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄	1 mes/
	P	250 mL	Congelar a -20 °C	1 mes

Tabla N°2: Continuación...

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación Máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
Nitrógeno total	P o V	500 mL	Acidificar a pH < 2 con H ₂ SO ₄	1 mes
	P	500 mL	Congelar a -20 °C	1 mes
Magnesio	P lavado en ácido o VB lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Manganeso	P lavado en ácido o VB lavado en ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Metilmercurio	VB lavado en ácido.	500 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃ y Adicionar K ₂ Cr ₂ O ₇ [0,05 % m/m] concentración final].	24 h
Mercurio	VB lavado en ácido	500 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃ y Adicionar K ₂ Cr ₂ O ₇ [0,05 % m/m] concentración final].	24 h
Olor	V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	6 h El ensayo se puede realizar en el sitio
Oxígeno	P o V	300 mL El recipiente debería estar lleno completamente		4 d

Tabla N°2: Continuación...

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación Máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
pH	P o V Llenar el recipiente Completamente para extraer el aire	100 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	6 h El ensayo se debería llevar a cabo lo más pronto posible y de preferencia en el sitio inmediatamente después del muestreo.
Plata	P lavado en ácido o V lavado en Ácido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Plomo	P lavado en ácido, o VB lavado en acido	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Potasio	P	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Silicatos disueltos	P	200 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	1 mes
Silicatos Totales	P	100 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	1 mes
Sodio	P o V	100 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Sólidos totales (residuos totales, extracto seco)	P o V	100 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h
Solventes clorados	V, viales con espacio de cabeza, con tapas de PTFE.	250 mL Llenar el recipiente completamente para extraer el aire.	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl	24 h
Sólidos suspendidos	P o V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	2 d
Sulfato	P o V	200 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	1 mes

Tabla N°2: Continuación.

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Volumen mínimo y técnica de llenado	Técnica de preservación	Tiempo de preservación Máximo recomendado antes del análisis, después de preservación
Sulfito	P o V	500 mL Llenar el recipiente completamente para extraer el Aire		2 d
Tensioactivos aniónicos	V, enjuagar Con metanol	500 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄ Enfriar entre 1 °C y 5 °C	2 d
Tensioactivos catiónicos	V, enjuagar Con metanol	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	2 d
Tensioactivos no iónicos	V	500 mL Asegúrese de que el recipiente esté completamente lleno	Agregar solución de formaldehído al 40 % (v/v) para obtener una solución de 1 % (v/v); Enfriar entre 1 °C y 5 °C	1 mes Los elementos de vidrio no se deberían lavar con detergente
Turbiedad	P o V	100 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C Almacenar en la oscuridad.	24 h
Vanadio	P lavado en ácido o VB lavado en ácido	200 mL	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes
Yoduro	V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	1 mes
Yodo	V	500 mL	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h

P = plástico (por ejemplo, polietileno, politetrafluoetileno (PTFE), poli-cloruro de vinilo (PVC), polietilentereftalato (PET))
V = vidrio
VB = vidrio de borosilicato
Para el metal pesado soluble: se hará filtración por membrana de 0,45 micras antes de la acidificación para el metal pesado total: se puede acidificar después del muestreo.

ANEXO N°4
FORMATOS PARA CONTROLES PREVIOS AL MUESTREO, CADENA
DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS E INFORME FINAL DEL
MUESTREO.

Cuadro N°15: Formato para los controles previos al muestreo.

 <p>LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS</p>		<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS MUESTREO DE AGUA <u>CONTROLES PREVIOS</u></p>	
N°	CONTROL	SI	NO
1	Verificación de lista de materiales.	X	
2	Verificación de la limpieza de los frascos.	X	
3	Revisión del equipo de seguridad.	X	
4	Verificación de existencia de reactivos a utilizar.	X	
5	Etiqueta de muestras, etiquetas del frasco, cadena de custodia y formato del informe del muestreo	X	

Cuadro N°16: Formato para la cadena de custodia de las muestras.

 <p>LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS</p>	<p align="center">UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS MUESTREO DE AGUA</p> <p align="center"><u>CADENA DE CUSTODIA</u></p>	
<p>LUGAR Y DIRECCIÓN: Lago de Coatepeque, El Congo, Santa Ana.</p>		
<p>FUENTE: Agua de Lago.</p>		
<p>FECHA: Lunes, 07 de Octubre de 2019.</p>	<p>HORA: 09:00 A.M.</p>	
<p align="center">IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</p>	<p align="center">PARAMETROS DE LA MUESTRA EN EL SITIO</p>	
<p>Muestra para Análisis físicoquímico: Frasco plástico de 1L con Etiqueta.</p>	<p align="center">pH</p>	<p align="center">TEMPERATURA</p>
	<p align="center">8.5</p>	<p align="center">25°C</p>
<p>OBSERVACIONES: El muestreo se llevó a cabo a una distancia de 4 km de la orilla del lago.</p>		
<p>COLECTADO POR: Luis Carrillo. Lucía Cuellar.</p>	<p align="center">USO DEL LABORATORIO</p>	
	<p>RECIBIDO POR: (Exclusivo del personal del laboratorio).</p>	
<p>ENVIADO POR: Luis Carrillo.</p>	<p>FECHA: HORA: (Exclusivo del personal del laboratorio).</p>	
	<p>COMENTARIOS: (Exclusivo del personal del laboratorio).</p> <p>FIRMA: (Exclusivo del personal del laboratorio).</p>	
<p>FIRMA: </p>		

Cuadro N°17: Formato del informe de muestreo.

 <p>LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS MUESTREO DE AGUA</p> <p><u>INFORME DEL MUESTREO</u></p>
TEMPERATURA DEL AMBIENTE: 35°C.	
HORA DE MUESTREO: 09:00 A.M.	
ZONA (central, occidental, oriental): Zona Occidental.	
DIRECCION PUNTO DE MUESTREO: Lago de Coatepeque, El Congo, Santa Ana.	
MATERIAL DE ENVASE EMPLEADO PARA EL MUESTREO: Frasco Plástico de boca ancha con capacidad de 1Litro.	
VOLUMEN DE MUESTRA EXTRAIDA: 1Litro.	
TEMPERATURA DE MUESTRA: 25°C.	
TIEMPO REQUERIDO DESDE LA TOMA DE LA MUESTRA HASTA EL LABORATORIO: 4 horas luego del muestreo	
TIPO DE CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA: Método de enfriamiento.	
CROQUIS DEL LUGAR: 	
RESPONSABLE DEL MUESTREO: Luis Carrillo y Lucia Cuellar.	
FIRMA: 	
FECHA DEL MUESTREO: Lunes, 07 de Octubre de 2019.	

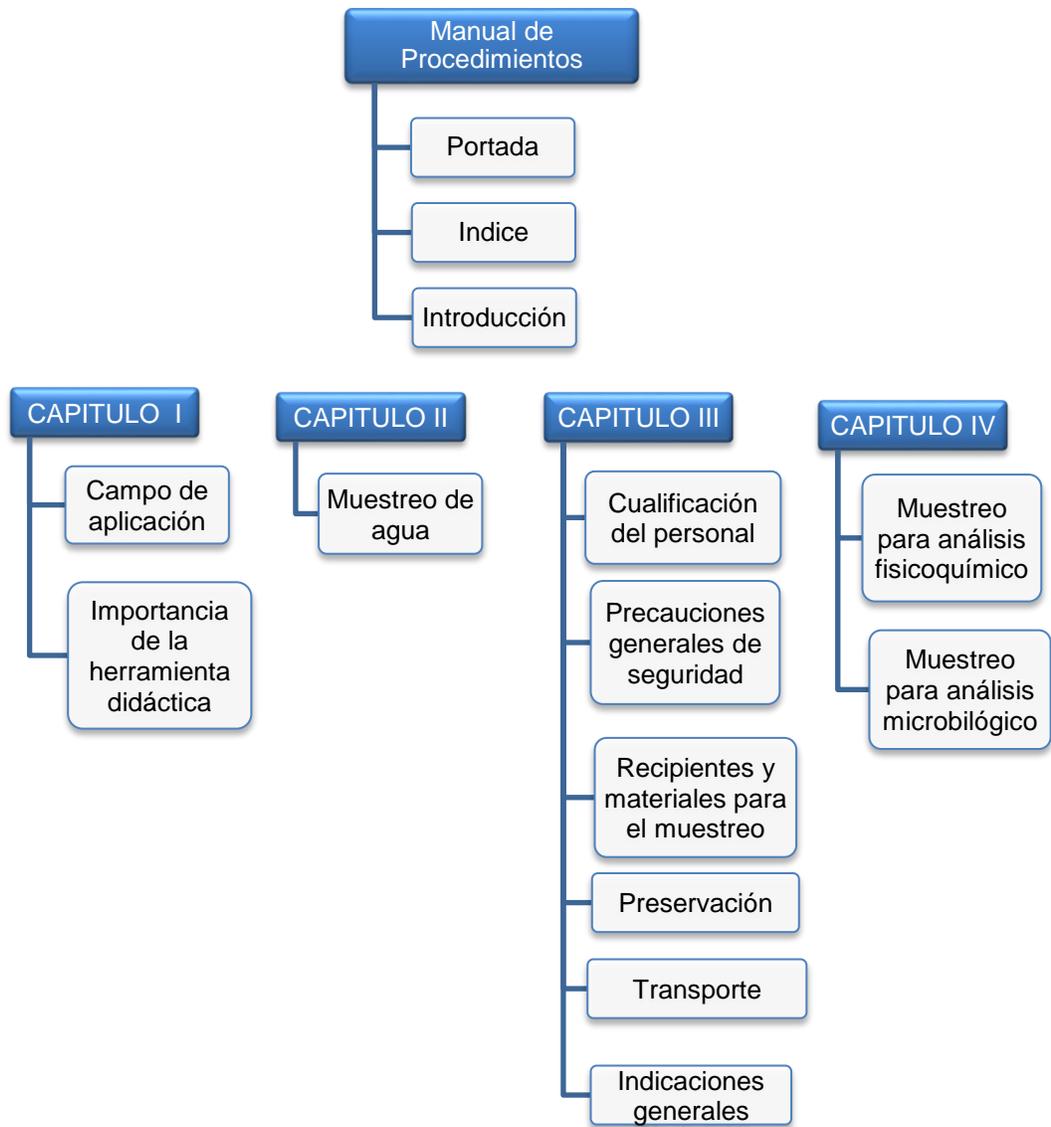
ANEXO N°5
ETIQUETA DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA.

<p><small>LABORATORIO FISICOQUIMICO DE AGUAS</small></p> 	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA LABORATORIO FISICOQUIMICO DE AGUAS</p> <p><u>ETIQUETA IDENTIFICACION DE</u> <u>MUESTRA</u></p>
TIPO DE MUESTRA	Agua Superficial, Agua de Lago.
FECHA	Lunes, 07 de Octubre de 2019.
HORA	09:00 A.M.
LUGAR	Lago de Coatepeque, El Congo, Santa Ana.
RESPONSABLE	Luis Carrillo y Lucia Cuéllar.

ANEXO N°6
DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.

SECUENCIA DIDACTICA PARA EL MUESTREO DE AGUA		
TEMA GENERAL		
CONTENIDOS		
RESPONSABLES DE LA ELABORACIÓN DE LA SECUENCIA		
OBJETIVOS		
ORGANIZACIÓN DE LA SECUENCIA	APERTURA	
	DESARROLLO	
	CIERRE	
RECURSOS DIDACTICOS		

ANEXO N°7
CONTENIDOS DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.



ANEXO N°8

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO PARA EL MUESTREO DE AGUA, FILMACIÓN Y EDICIÓN DE VIDEOS.

MATERIALES

1. Frascos de polietileno de boca ancha.
2. Frasco de vidrio con capacidad de 250 mL.
3. Cinta adhesiva.
4. Tabla de campo.
5. Etiquetas de identificación de muestras de agua.
6. Dispositivo móvil con GPS.
7. Hielera con frigoríficos.
8. Bolígrafo azul.
9. Toallas blancas.
10. Termómetro.
11. Documentación de información (controles, cadena de custodia e informe)

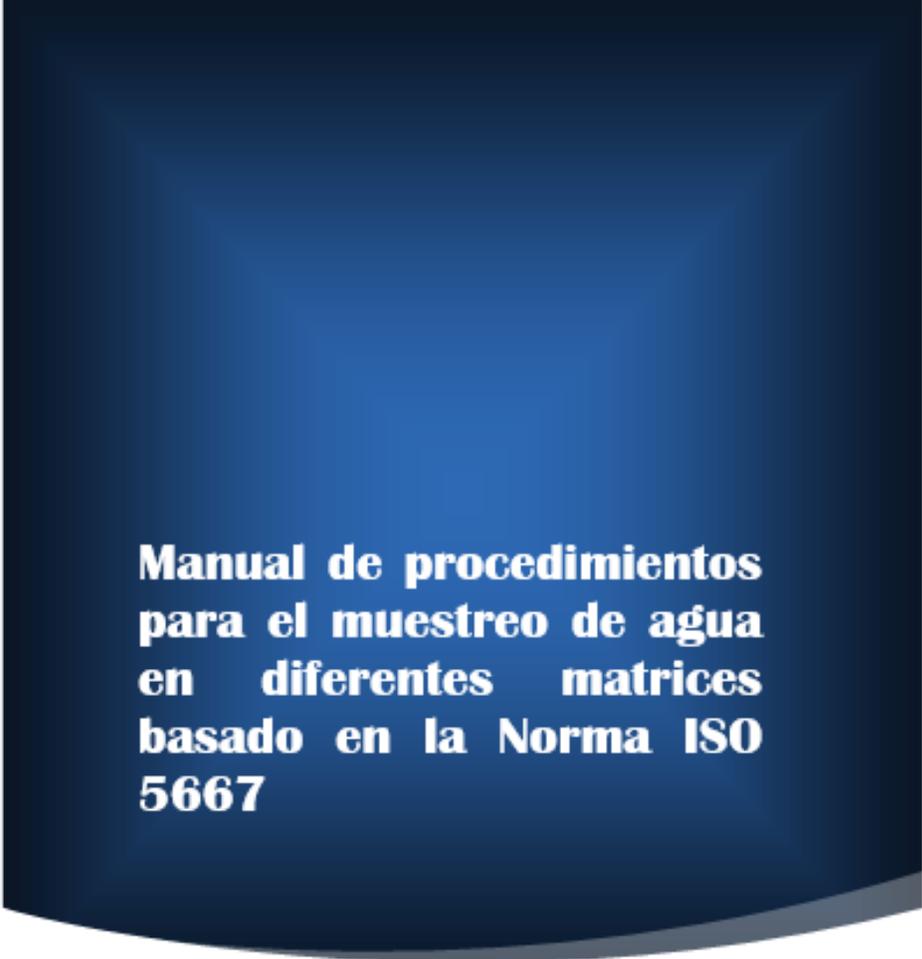
EQUIPO

1. Gabacha manga larga.
2. Mascarilla quirúrgica
3. Guantes de látex.
4. Zapatos impermeables al agua (botas de hule).
5. Chaleco salvavidas (muestreo en lagos).

FILMACIÓN Y EDICIÓN DE VIDEOS

1. Dispositivo Celular LG k11 y dispositivo Celular Samsung S9.
2. Trípode para celular.
3. Selfie Stick.
4. Computadora.

ANEXO N°9
PORTADA PRINCIPAL, PORTADA SECUNDARIA E ÍNDICE DEL
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.



**Manual de procedimientos
para el muestreo de agua
en diferentes matrices
basado en la Norma ISO
5667**

**TECNICAS GENERALES PARA EL MUESTREO DE AGUA
HERRAMIENTA PARA EL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN LA
TOMA DE MUESTRAS DE AGUA, APLICANDO LA NORMA ISO 5667**

LABORATORIO FISICOQUIMICO DE AGUAS | UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, FACULTAD
DE QUIMICA Y FARMACIA.

Figura N°11: Portada principal del manual de procedimientos.

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MUESTREO
DE AGUA EN DIFERENTES MATRICES BASADO
EN LA NORMA ISO 5667**

**Primera Edición
2021**

TÉCNICAS GENERALES PARA EL MUESTREO DE AGUA

**Autores:
Carrillo Castillo, Luis Alfredo
Cuéllar Trejo, Lucía Alejandra**

**Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización del Laboratorio
Fisicoquímico de Aguas.**

Figura N°12: Portada secundaria del manual de procedimientos.

INDICE	
I. INTRODUCCION	3
II. CAPITULO I	
ASPECTOS GENERLES DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	4
III. CAPITULO II	
INTRODUCCION AL PROCESO DE MUESTREO DE AGUA	6
IV. CAPITULO III	
ASPECTOS GENERALES DEL MUESTREO DE AGUA	8
V. CAPITULO IV	
TECNICAS GENERALES DE MUESTREO DE AGUA EN DIFERENTES MATRICES Y SITIOS WEB	17
MUESTREO DE AGUA PARA ANALISIS FISICOQUIMICOS	18
MUESTREO DE AGUA PARA ANALISIS MICROBIOLOGICOS	29
ENLACES WEB	38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS	

Figura N°13: Índice general del manual de procedimientos.

ANEXO N°10
ENCABEZADO Y PIE DE PÁGINA DEL MANUAL DE
PROCEDIMIENTOS.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA	CODIGO: LFQA – HD	
		EDICION	01
	“Manual de procedimientos para el muestreo de agua en diferentes matrices basado en la Norma ISO 5667”		FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA

Figura N°14: Encabezado de las páginas del manual de procedimientos.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización del Laboratorio Físicoquímico de Aguas	Página 88 de 57
--	------------------------

Figura N°15: Pie de las páginas del manual de procedimientos.

ANEXO N°11
TÉCNICAS DE MUESTREO EN DIFERENTES TIPOS DE AGUA PARA
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.

Muestreo en agua de lago.



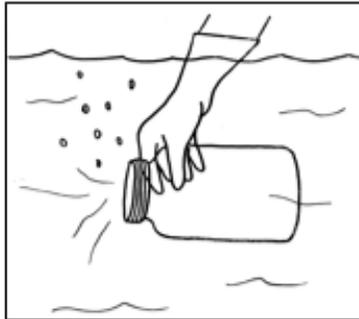
Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.



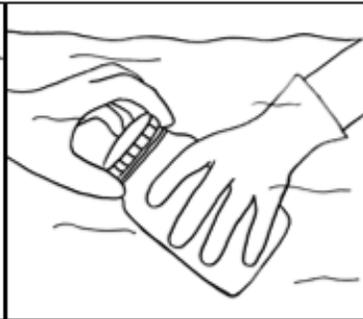
Identifique el punto de muestreo en un lugar de buena homogenización.



Enjuague 2 o 3 veces el frasco limpio de 1L con el agua a muestrear.



Introduzca el frasco en el agua, desplazándolo horizontalmente hasta una profundidad de unos 30 a 50 cm.



Llene el frasco evitando dejar aire atrapado en su interior y coloque la tapa del frasco bajo el agua.



Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.



Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

Muestreo de agua potable.

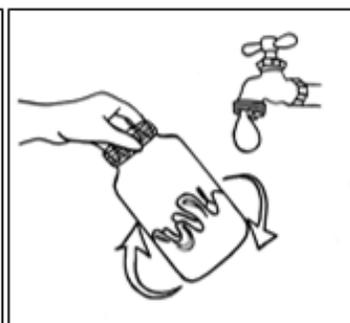
Sistemas de distribución: grifos.



Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.



Abra el grifo y deje fluir el agua durante 2 a 3 minutos.



Enjuague 2 o 3 veces el frasco limpio de 1L con el agua a analizar.



Reduzca el flujo de agua y llene el frasco completamente.



Coloque la tapa evitando dejar aire atrapado en su interior.



Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.

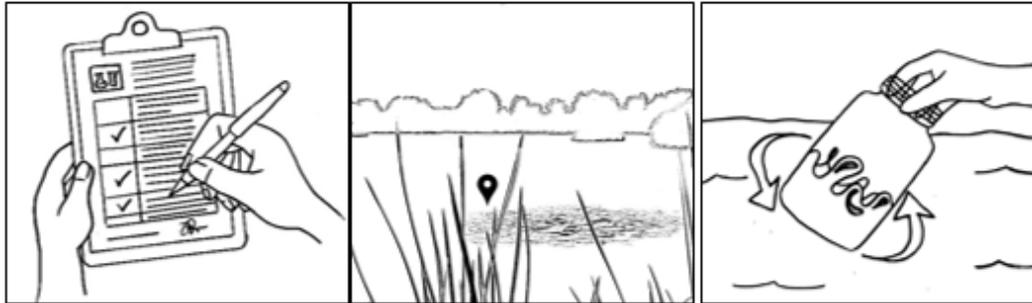


Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

Muestreo en aguas residuales.



Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.

Identifique el punto de muestreo, siendo este un punto de buena homogenización, evite muestrear en lugares con espuma.

Enjuague 2 o 3 veces el frasco limpio de 1L con el agua a analizar.



Introduzca y llene completamente el frasco entre 15 a 30 cm de profundidad.

Coloque la tapa del frasco evitando dejar aire atrapado en su interior.

Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.



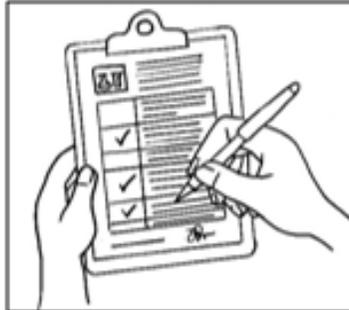
Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

Nota: Utilizar un brazo mecánico para desarrollar el muestreo en lugares de difícil acceso.

Muestreo en agua de río



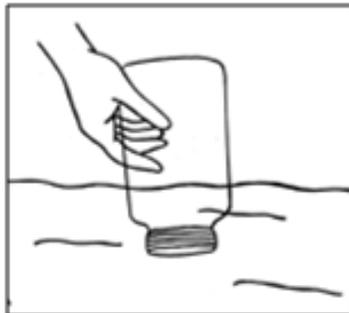
Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.



Identifique el punto de muestreo y remover de la zona todo aquel material extraño.



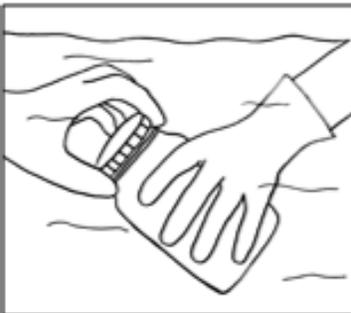
Enjuague 2 o 3 veces el frasco limpio de 1L con el agua a analizar.



Introduzca el frasco en el agua verticalmente, con la boca hacia abajo hasta una profundidad de unos 30 a 50 cm aproximadamente.



Girar el envase hasta colocarlo en sentido contrario a la corriente y en dirección paralela a la superficie, hasta que se llene desplazando todo el aire de su interior por el movimiento natural del agua.



Coloque la tapa del frasco evitando dejar aire atrapado en su interior.



Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

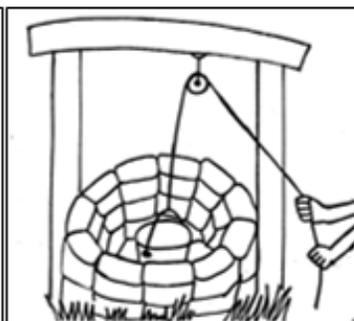
Muestreo en aguas subterráneas.



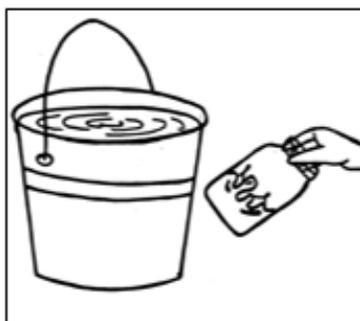
Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.



Limpiar las orillas del broquel del pozo, para prevenir que el agua no se contamine con material externo.



Hacer bajar un dispositivo de muestreo limpio por el interior del pozo, dejando que se llene con agua a una profundidad conocida.



Recupere la muestra desde el dispositivo de muestreo y transfiera a un recipiente de 1L, previamente enjuagado con el agua colectada.



Llene el frasco completamente evitando dejar aire atrapado en su interior colocando la tapa dentro del agua.



Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.



Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

ANEXO N°12
TÉCNICAS DE MUESTREO EN DIFERENTES TIPOS DE AGUA PARA
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

Muestreo en agua de lago.



Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.

Identifique el punto de muestreo, siendo este un punto de buena homogenización.

Utilice un frasco estéril de 250mL - 500mL, destápelo sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla.

Nota: No enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene.



Introducir en la masa de agua superficial el frasco estéril, tomándolo por su base y sumergiéndolo en el agua horizontalmente en dirección de la boca del frasco.

Llene sólo la mitad o las dos terceras partes del frasco estéril, de manera que quede un espacio para el mezclado. La cantidad mínima a recoger es de 200mL.

Coloque rápidamente la tapa. Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.



Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

Muestreo de agua potable.

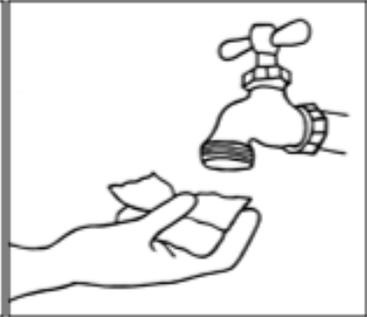
Sistemas de distribución: grifos



Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.



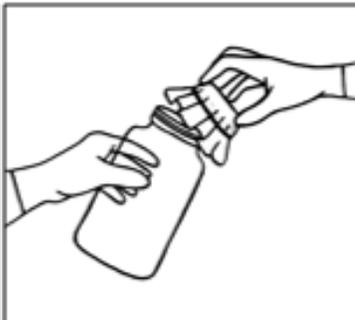
Con el grifo cerrado desinfecte con alcohol al 70% rociándolo sobre el grifo.



Retire el exceso de alcohol con una torunda de algodón o gasa estéril.



Antes de tomar la muestra deje fluir el agua al menos durante 2 a 3 minutos.



Utilice un frasco estéril con capacidad de 250mL - 500mL, destápelo sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla.



Reduzca el flujo de agua y llene el frasco a la mitad o las dos terceras partes. La cantidad mínima a recoger es de aprox. 200 mL.

Nota: No enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene.



Coloque la tapa del recipiente que contiene la muestra, teniendo la precaución de no contaminar la tapa.

Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.

Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.



Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

Muestreo en agua de río



Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.

Identifique el punto de muestreo y remover de la zona todo aquel material extraño.

Utilice un frasco estéril con capacidad de 250mL - 500mL, destápelo sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla.

Nota: No enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene.



Tomar el frasco por su base y sumergir horizontalmente, llenar hasta la mitad o las dos terceras partes. La cantidad mínima a recoger es 200 mL.

Coloque la tapa del recipiente que contiene la muestra, teniendo la precaución de no contaminar la tapa.

Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.



Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

Muestreo en aguas subterráneas.



Llenar el formulario de controles previos al proceso de muestreo.

Limpiar las orillas del broquel del pozo, para prevenir que el agua no se contamine con material externo.

Hacer bajar un dispositivo de muestreo limpio por el interior del pozo, dejando que se llene con agua a una profundidad conocida.



Utilice un frasco estéril con capacidad de 250 mL, destape el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla; tomar el frasco por su base y sumergir en el agua.

El frasco se deberá llenar sólo la mitad o las dos terceras partes, para facilitar el mezclado. La cantidad mínima a recoger es de aprox. 200 mL.

Coloque la etiqueta en el frasco que contiene la muestra de agua.

Nota: No enjuagar el frasco con el agua a muestrear, puesto que se perdería el preservante -tiosulfato sódico- que contiene.

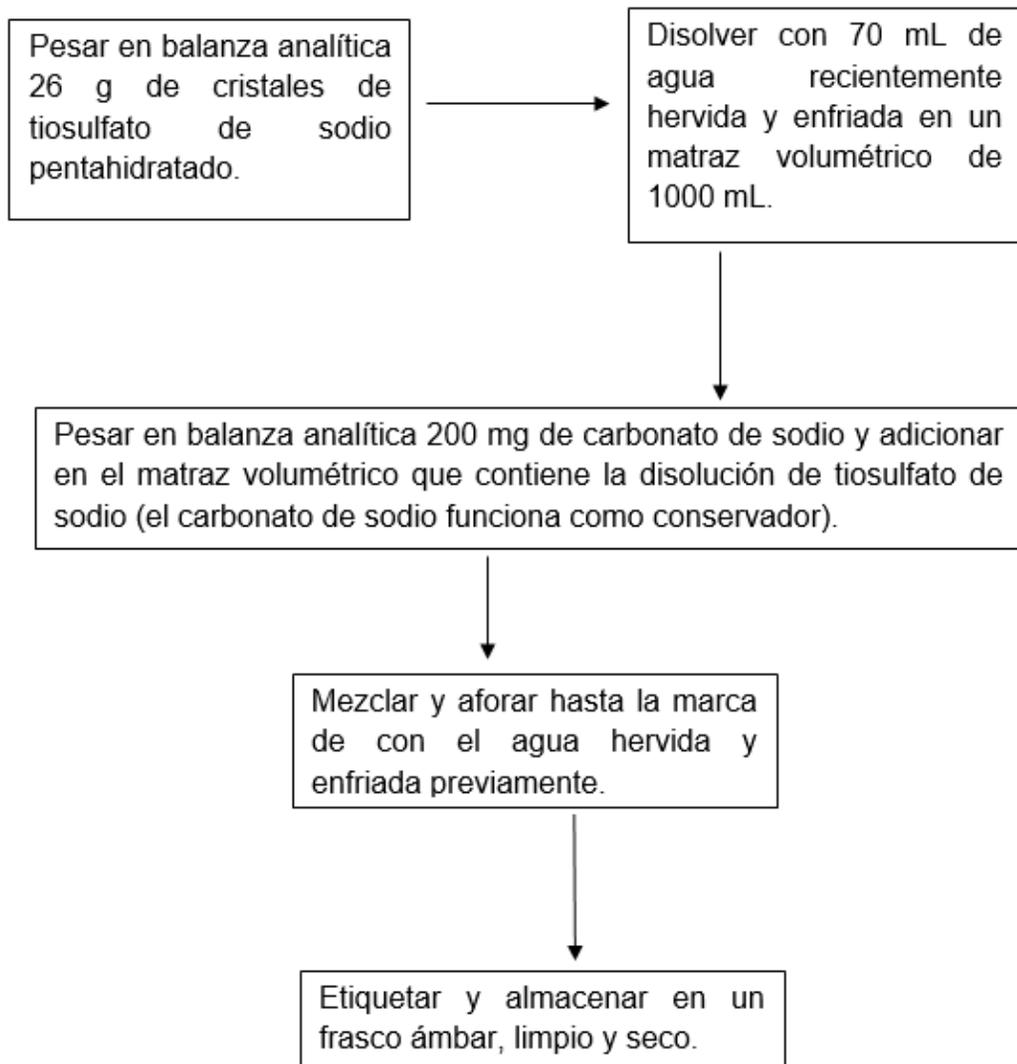


Almacene la muestra en una hielera con frigoríficos para la conservación de la muestra por el método de enfriamiento.

Proceda a llenar el formato correspondiente a la cadena de custodia y el informe de muestreo.

Traslade al laboratorio la muestra, cuidando los tiempos máximos de almacenamiento, y entréguelo al personal del laboratorio junto con la documentación.

ANEXO N°13
METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN DEL AGENTE REDUCTOR DE
TIOSULFATO DE SODIO PENTAHIDRATADO 0.1N PARA MUESTRAS
MICROBIOLÓGICAS.



ANEXO N°14
DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS
AUDIOVISUALES.



ANEXO N°15
DISCO COMPACTO QUE CONTIENE LAS TÉCNICAS GENERALES DE
MUESTREO DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y
MICROBIOLÓGICO.