

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



RECOPIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE MUESTREO  
PARA ANALISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
ELVIA LORENA BONILLA ESCOBAR

PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA

16 DE FEBRERO  
DE 1841  
NOVIEMBRE DE 2004

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA



**©2004, DERECHOS RESERVADOS**

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,  
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

<http://virtual.ues.edu.sv/>

**SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA

DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO ARÉVALO

SECRETARIA

MSc. MIRIAN DEL CARMEN RAMOS DE AGUILAR

## **COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

COORDINADORA GENERAL

LICDA. MARIA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA

ASESORA DE AREA GESTION AMBIENTAL Y CALIDAD AMBIENTAL

LICDA. CECILIA HAYDEE GALLARDO DE VELÁSQUEZ

ASESORA DE AREA GESTION AMBIENTAL EN TOXICOLOGÍA Y  
QUÍMICA LEGAL

LICDA. MARIA LUISA ORTIZ DE LOPEZ

DOCENTES DIRECTORES

LICDA. MARTA ALICIA TORRES DE PORTILLO

LICDA. MARIA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida, salud, sabiduría, paciencia y permitirme llegar a la coronación de mi meta.

A mi adorada madrecita Elvia Escobar de Bonilla por darme todo su amor, confianza y comprensión, por sus oraciones y consejos. Gracias mamá por ser como eres, te quiero, eres excelente, gracias por estar siempre cuando la necesito pues sin su ayuda no hubiese sido posible finalizar mi meta.

A mi padre Buenaventura Bonilla Osorto por creer en mí y darme la oportunidad de estudiar y por ser un padre excelente, el mejor que Dios me eligió. Papá te quiero mucho, gracias por su apoyo, sacrificio, y confianza.

A mis hermanos: Marta Gladis por ser como mi segunda madre y por darme todo su cariño, Roberto Antonio por apoyarme en cada etapa de mi vida, José Wilber por tus consejos, Jorge Alberto gracias por tus oraciones, Reyna Marilyn por darme ánimo y ser tan comprensiva.

Gracias al comité de trabajos de graduación, por su orientación en el presente trabajo, docentes directores Licda. Marta Alicia Torres de Portillo,

Licda. Maria C. Odette Rauda, asesora de área gestión ambiental en toxicología y química legal Licda. Maria Luisa Ortiz de López y asesora de área gestión ambiental calidad ambiental. Licda. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez, por su paciencia, buenos consejos y por su apoyo.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme sabiduría y salud, por ser mi compañía y guiarme en mi carrera, sin su ayuda espiritual no fuera posible la finalización de mi meta.

A mis padres, Buenaventura y Elvia por su amor, sacrificio, comprensión, apoyo, oraciones y consejos.

A mis hermanos: Gladis, Roberto, Wilber, Marilyn y Jorge, por toda su comprensión y cariño a todos los quiero.

A mis abuelitos Jorge Bonilla, Dolores Osorto de Bonilla, José Santos Escobar, Evangelina de Escobar porque sé que aunque no estén presentes estarán orgullosos de mi.

A mis sobrinos: Jarvir Lucan, Jenny, Nancy, Melissa, Luis, Christopher, Sarita, Andy, Erick, Jorge David, por compartir conmigo los sacrificios y alegrías, a todos los quiero.

A mis tíos: Sara, Antonio, Alejandra, Isabel, Raquel, Cristóbal, Santos, Will y Emelina, por sus oraciones y por ser mis amigos.

A mis primos: Estrellita, Abelito, Johan, Javier, Reina, Jessica, Sarita, Brenda, Marilyn, Rudy y Jacqueline por todo su apoyo y cariño.

A Rafael Ernesto, por su amor incondicional, sincero, por su comprensión, por apoyarme en todo y por toda su paciencia y sabiduría. Gracias Rafaelito.

A todos mis amigos, Rodrigo Armando, Narda por su amabilidad, Carolina Irán por su cariño, Margarita, Mayrene, Zoraida, Alba, Jenny, Ricardo, Faustina, Claudia Arlet, Sandra, Dinora, Anita, Dorita, Jorge, Sonia, José, Licda. Aída, Lic. Mazzini, Ing. Maravilla, Lic. Eliseo, Sra. Nelly, Sr. Bernardo, Lic. Ricardo Palacios, Licda. Mirna, Sra. Patricia de Morales y familia, Arq. Karol Suhey, gracias por brindarme su apoyo en todo momento.

A mis demás familiares y amigos con mucho cariño.

## INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	xvi
II. OBJETIVOS	
III. MARCO TEORICO	21
IV. DISEÑO METODOLOGICO	25
V. RESULTADOS	27
5.1 Métodos de muestreo para análisis fisicoquímico	
5.1.1 Artículos que el recolector de muestras debe tener	27
5.1.2 Procedimiento de lavado y recipientes a utilizar en el muestreo	29
5.1.3 Métodos de toma de muestras	31
5.1.4 Envases de las muestras	32
5.1.5 Determinación de número de muestras a tomar en un muestreo	33
5.1.6 Métodos de muestreo	34
5.2 Toma de muestra con preservantes y la temperatura de conservación de la muestra	
5.2.1 Conservación de la muestra	41
5.2.2 Técnica de conservación	43
Resumen de requerimientos especiales para toma de muestras o manipulación	46



5.2.3 Observaciones del cuadro resumen	62
5.3 Condiciones óptimas de transporte hasta el lugar de análisis	
5.3.1 Procedimiento de cadena de custodia	65
Etiquetas utilizadas en la cadena de custodia	71
Registro de la cadena de custodia	73
5.4 Pasos a seguir para el muestreo de agua potable y residual	
5.4.1 Ejemplos de esquemas de procedimientos para toma de muestras	74
5.4.2 Muestreo de aguas potable, residual y de pozos	78
5.4.3 Muestreo en pozos profundos	78
5.4.4 Muestreo de tomas domiciliarias	80
5.4.5 Muestreo en líneas de conducción	80
5.4.6 Muestreo en tanques	80
5.4.7 Muestreo en tuberías de conducción	82
5.4.8 Muestreo en grifos y garzas	82
5.4.9 Muestreo en plantas de tratamiento	83
5.4.10 Muestreo en influentes	83
5.4.11 Muestreo en desengrasadores	84
5.4.12 Muestreo en sedimento primario	84
5.4.13 Muestreo en tanques de aereación	84

5.4.14 Muestreo en tanques de sedimentación secundarios	84
5.4.15 Muestreo en clarificadores	85
5.4.16 Muestreo en tanques de cloración	85
5.5 Pasos a seguir para el muestreo de agua de río, lago y mar	
5.5.1 Extracción de muestras superficiales	86
5.5.2 Equipos y técnicas de muestreo	89
5.5.3 Muestreo para aguas subterráneas	98
5.5.4 Muestreo de agua de ríos	101
5.5.5 Muestreo en manantiales	108
5.5.6 Procedimiento para toma de muestra de agua de lago	110
5.5.7 Procedimiento de muestreo para agua de mar	111

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## VII. CONCLUSIONES

## VIII. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

ANEXOS

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Artículos que el recolector debe tener	27
2. Procedimientos de lavado y recipientes recomendados para las muestras de agua	29
3. Resumen de requerimientos especiales para toma de muestras o manipulación	46
4. Parámetros en los que se utiliza envase de polietileno para la recolección de muestras	62
5. Parámetros en los que se utiliza envase de vidrio	63
6. Parámetros en los que la muestra se mantiene a 4° C de temperatura y a la sombra	64
7. Registro de cadena de custodia	73

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Etiquetas para análisis fisicoquímico	71
2. Etiquetas para pesticida, compuestos orgánicos	72
3. Etiqueta de rotulado para envases de toma de muestras	72
4. Procedimientos para la toma de muestra de agua potable	74
5. Procedimiento para agua residual	75
6. Diseño de aparato para toma de agua residual o potable	76
7. Extractor para muestras instantáneas	90
8. Frasco Van Dorn, extractor de muestras discretas en diferentes posiciones.	92
9. Extractor Kemmerer para muestras discretas	93
10. Extractor Múltiple	95
11. Extractor de muestras para oxígeno disuelto	97
12. Esquema para la selección de sitios de muestreo de agua	102

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo

1. Ejemplos de toma de muestras para análisis de agua
2. Material de empaque primario
3. Tabla de distribución t de student con v grados de libertad
4. Ejemplo de cómo encontrar el número de muestras a tomar para un análisis de agua
5. Hielera utilizada para preservar muestras y muestreador para líquidos

## Abreviaturas

ADEQ: Departamento de calidad ambiental de Arizona <sup>(12)</sup>

ADHS: Departamento de servicios de salud de Arizona <sup>(13)</sup>

COV: Compuestos orgánicos volátiles <sup>(9)</sup>

COSV: Compuestos orgánicos semivolátiles <sup>(9)</sup>

DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno <sup>(1)</sup>

EPA: Agencia de protección del medio ambiente <sup>(4)</sup>

FDA: Dirección de Alimentos y medicamentos (United States food and Drug Administration) <sup>(4)</sup>

PCBs: Bifenilos policlorados, el término se refiere a 209 isómeros que se caracterizan por el contenido de clorina. <sup>(14)</sup>

PTFE: Politetrafluoroetileno (teflón) <sup>(14)</sup>

QA /QC: programa de aseguranza de la calidad /control de la calidad <sup>(10)</sup>

USAID: Agencia para el desarrollo internacional (United States Agency for Internatioinal Development). <sup>(4)</sup>

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto recopilar los diferentes procedimientos de muestreo de aguas que existen; estos procedimientos pueden ser una tarea relativamente sencilla, sin embargo, se requiere algo más que la simple inmersión de un recipiente en el agua para obtener muestras representativas de la misma y preservar su integridad hasta que sean analizadas en el laboratorio.

Para asegurar resultados confiables, es necesario obtener muestras del agua que se desea analizar que sean relativamente homogéneas, pero en muchos cuerpos de agua con importantes variaciones espaciales y temporales, la extracción de muestras representativas es mucho más compleja. <sup>(5)</sup>

Los procedimientos que se plantearán en este trabajo de investigación contribuirán a que los analistas o personal encargado de la toma de muestra obtengan muestras de agua representativas. También se hará una descripción de los equipos de muestreo más comúnmente utilizados para la recolección de estas, además de la instrucción de trabajo para la operación del equipo de muestreo, incluyendo los recipientes empleados para la recolección de muestras, los preservantes a utilizar y el tiempo de conservación que proveen, así como el manipuleo de la muestra. Todo con el fin de evitar interferencias que incidan en el resultado de los análisis fisicoquímicos a efectuar.

Muchos métodos analíticos están sujetos a interferencia ocasionadas por sustancias que se encuentran en la muestra. Algunas sustancias tales como el cloro, dióxido de cloro, alumbre y otros, son de uso común y merecen especial



atención como posibles causas de interferencia. De todas ellas la más dañina es el cloro, ya que al reaccionar, blanquea o altera los colores de muchos reactivos indicadores. Entre los métodos que eliminan residuos de cloro se encuentra la adición de mínimas cantidades de sulfuro, tiosulfato o arseniato. Por lo general muchas de las interferencias se corrigen adicionando el reactivo apropiado. <sup>(1)</sup>

## **II. OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Recopilar los métodos de muestreo para análisis físicoquímico de aguas.

### **2.2 Objetivos específicos**

2.2.1 Investigar bibliográficamente los diferentes métodos de muestreo para análisis físicoquímico de aguas.

2.2.2 Enunciar el manejo de la toma de muestra con preservantes y la temperatura de conservación de la muestra.

2.2.3 Dar a conocer las condiciones óptimas de transporte hasta el lugar de análisis.

2.2.4 Desarrollar los pasos a seguir para el muestreo de agua potable y residual.

2.2.5 Desarrollar los pasos a seguir para el muestreo de agua de río, lago y mar.

### **III. MARCO TEORICO**

### 3.0 MARCO TEORICO

El muestreo se define como el proceso de seleccionar una parte del todo, tenemos muestreo estadístico y otros, pero en general están relacionados y los podemos clasificar en dos grandes grupos : El muestreo probabilístico, que es un proceso de selección de muestras en el cual los elementos son elegidos por métodos aleatorios, es decir que la selección de las unidades para la muestra se realiza por procedimientos al azar y con probabilidades conocidas; en el caso de muestreo no probabilístico se incluye todos los métodos en que las unidades elementales de la población no se seleccionan por procedimientos al azar. <sup>(3)</sup>

Es importante utilizar el método de muestreo más apropiado porque la calidad de los datos reunidos depende antes, de la calidad de la muestra; por ejemplo, si es representativa de la calidad del cuerpo de agua del cual se obtuvo y si se ha logrado o no evitar la contaminación. El uso de las técnicas más confiables para la extracción de muestras y para la realización de mediciones a campo contribuye a la calidad de los datos, aumenta su precisión y exactitud y mejora el proceso de manejo del agua en general. <sup>(1)</sup>

En los procedimientos de la toma de muestra es esencial la cadena de custodia, la cual es el proceso de posesión y manipulación de la muestra desde el momento en que fue tomada hasta el de su análisis y eliminación final.

La cadena de custodia comprende los pasos de etiquetado y sellado de la muestra, anotación en el libro de registro de campo y registro de la cadena de

custodia, hoja de petición de análisis de la muestra, envío de la muestra al laboratorio, recepción y almacenamiento de la muestra y la asignación de la muestra para ser analizada. <sup>( 1 )</sup>

La toma de muestra puede ser de forma manual o de forma automática y el tipo de envase que se utilice tiene mucha importancia. En general, los envases están hechos de plástico o vidrio, incluso bolsas y según los casos puede resultar preferible uno u otro de estos materiales. Por ejemplo si es un muestreo para análisis de aceite y grasa el envase es de vidrio, en cambio si es para demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), el envase es de plástico y, para un análisis microbiológico son bolsas de plástico y frascos estériles. Ver anexo 2

Otros aspectos a considerar en la toma de la muestra es que en algunos casos es necesario utilizar preservantes para conservar la integridad de la muestra hasta su análisis, evitar la contaminación por microorganismos o agentes externos. Por ejemplo, para mantener las características de la muestra es necesario mantenerla a una temperatura adecuada hasta su transporte al laboratorio. Entre los preservantes usados podemos mencionar algunos ácidos minerales, bases y sales. Ver cuadro 3.

El agua se define como un líquido incoloro, inodoro e insípido, es un líquido altamente polar con alta constante dieléctrica, lo que explica su alto poder disolvente; el agua es potable cuando está libre de gérmenes y de sustancias químicas dañinas. El agua residual o agua servida es una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios,

comerciales, fábricas e instituciones junto a cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente. <sup>( 7 )</sup>

El 97 % por ciento del agua está en los océanos. El agua oceánica contiene sal al igual que otros minerales disueltos y se le llama agua salada. Cuando se evapora, se observan principalmente residuos de sal y otras sustancias, como Oxígeno, Cloro, Hidrógeno, etc. <sup>( 7 )</sup>

Los ríos, riachuelos y otros cuerpos de agua tierra adentro no contienen sal y se les llama agua fresca. Al evaporarse, deja una mancha de residuos sucios debido a la sustancia disuelta en ella. También encontramos las aguas de los lagos que son saladas en algunos casos y dulces en otros, según sea la acumulación de sales disueltas en ellas. <sup>( 7 )</sup>



#### **IV. DISEÑO METOLOGICO**



#### 4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

Se divide en dos partes:

- Investigación bibliográfica
- Investigación de campo
  
- La investigación bibliográfica se llevó a cabo en las Bibliotecas:
  - Central de la Universidad de El Salvador
  - Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de El Salvador.
  - Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
  - Facultad de Biología de la Universidad de El Salvador.
  - Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM)
  - Universidad Centroamericana Dr. José Simeón Cañas (UCA)
  - Internet.
  
- Investigación de campo

Tipo de estudio teórico descriptivo, retrospectivo y prospectivo.

La investigación de campo es la recopilación de todos los procedimientos que se aplican a los diferentes muestreos fisicoquímicos de agua potable, residual, río, lago y mar, incluyendo las profundidades de la toma de muestra.

Los pasos a seguir en el presente trabajo son recopilar los diferentes muestreos dependiendo del tipo de agua, así como ordenar sus procedimientos, profundidades de la toma de muestra, preservantes y técnicas.

## **V. RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS

### 5.1.1 Artículos que el recolector de muestras debe tener

La experiencia indica que cuando las personas que van a recolectar las muestras llegan preparadas al lugar de la recolección de muestras, dicho procedimiento se lleva a cabo sin obstáculos. Como regla general el recolector de las muestras no debe de usar joyas ni tener cosas en los bolsillos de la gabacha, esto para prevenir que algo pueda caer en el lugar de muestreo, hay ciertos artículos que el recolector debe tener y no depender de otras personas para que se los proporcionen.<sup>(4)</sup> Para mayor detalle ver cuadro 1.

Cuadro 1. Artículos que el recolector de muestras debe tener

Artículo	Propósito
Gorro protector	Para asegurar que tiene uno a su medida y que le queda bien.
Máscara protectora con Recipientes para filtro.	Para asegurarse que tiene una a la medida, que pueda ponérsela sin problema y que tiene los recipientes apropiados.
Anteojos de seguridad	Para protegerse de salpicaduras.

cuadro 1. Continuación

Artículo	Propósito
Red para el cabello	Puede ser un requisito en ciertas líneas de producción.
Gabacha de laboratorio	Para asegurarse que tienen una a su medida
Guantes desechables	Para protegerse.

### 5.1.2 Procedimiento de lavado y recipientes a utilizar en el muestreo

En la realización de la toma de muestra, es importante que el envase a utilizar sea el apropiado y esté limpio. Ver cuadro 2

Cuadro 2. Procedimientos de lavado y recipientes para muestras de agua <sup>(5)</sup>

Variables a ser Analizadas	Recipiente recomendado*	Procedimiento para el lavado
Alcalinidad Calcio Cloruro Fluoruro Magnesio pH Sodio Sulfato Residuo no filtrable Potasio Arsénico	1000 mL polietileno	Enjuagar: tres veces con agua corriente una vez con ácido crómico tres veces con agua corriente una vez con 1:1 ácido nítrico y luego: tres veces con agua destilada en ese orden.
Nitrógeno, Amoníaco Nitrógeno, nitrato y nitrito Total de carbono orgánico Total de nitrógeno	250 mL polietileno	Enjuagar: tres veces con agua corriente, una vez con ácido crómico tres veces con agua corriente y luego: tres con agua, en ese orden
Total de fósforo	Vidrio 50 mL (sovirel)	
Aluminio Cadmio Cromo Cobre Hierro Plomo Manganeso Níquel Selenio Zinc  Mercurio	Polietileno de 500 – 1000 mL (la elección del tamaño depende de la cantidad de metales a determinar y de la cantidad de muestras requeridas)  Vidrio 100 mL ( sovirel)	Enjuagar: tres veces con agua corriente, una vez con ácido crómico tres veces con agua corriente una vez con 1:1 ácido nítrico y luego: veces con agua destilada ultra pura, en ese orden.

cuadro 2. Continuación

Variables a ser Analizadas	Recipiente recomendado *	Procedimiento para el lavado
Pesticidas organo - clorados y PCBs	Vidrio (ámbar) 1000 mL con tapa recubierta de teflón	Enjuagar: Tres veces con agua corriente, una vez con ácido crómico Tres veces con agua libre de elementos orgánicos dos veces con acetona lavado, una vez con acetona de grado especial**, dos veces con hexano de grado pesticida y secar (destapado) en horno caliente a 360 °C durante al menos una hora.
Pentaclorofenol	Vidrio( ámbar) 1000 mL con tapa recubierta de teflón	
Compuestos fenólicos	Vidrio( ámbar) 1000 mL con tapa recubierta de teflón	
Herbicidas fenoxi-ácidos	Vidrio( ámbar) 1000 mL con tapa recubierta de teflón	

\* Los recipientes de teflón también se pueden usar para reemplazar a los recipientes de polietileno o de vidrio., aunque elevan el costo del muestreo  
Ácido crómico ó 35 mL de dicromato de sodio saturado ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) por litro de ácido sulfúrico concentrado pureza reactivo ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

El ácido crómico no debe utilizarse cuando la muestra se analiza para la determinación de cromo.

\*\* Acetona de grado especial – grado pesticida cuando se hace un análisis GC, grado UV para análisis LC.

### 5.1.3 Métodos de toma de muestras <sup>(1)</sup>

- a) Toma Manual : En la toma manual se supone que no se utiliza equipo alguno, pero este procedimiento puede resultar demasiado costoso en tiempo y dinero para programas de toma rutinaria de muestras o a gran escala.
- b) Toma automática: Mediante la toma automática se pueden eliminar los errores humanos en la manipulación, se reducen los costos laborales y se proporciona la posibilidad de hacer tomas con mayor frecuencia, por lo que su uso está cada vez más extendido. Es preciso comprobar que el aparato automático no contamine la muestra. Por ejemplo, los componentes plásticos pueden ser incompatibles con determinados compuestos orgánicos solubles en los plásticos.

Si se sabe aproximadamente cuáles son los componentes de la muestra el fabricante del aparato automático puede informar sobre las posibles incompatibilidades de los componentes plásticos. En algunos casos, lo mejor es hacer la toma manual con un envase de vidrio según un procedimiento que garantice la adecuada seguridad.

Los aparatos automáticos de toma de muestra se programan de acuerdo con las necesidades específicas de dicha toma, hay que controlar con precisión la velocidad de bombeo y el tamaño de los tubos según el tipo de muestra que quiera recogerse.

#### 5.1.4 Envases de las muestras <sup>(1)</sup>

El tipo de envase que se utilice tiene gran importancia. En general los envases están hechos de plástico o vidrio, y según los casos puede resultar preferible uno u otro de estos materiales. Por ejemplo, el sílice y el sodio pueden lixiviarse con el vidrio pero no en el plástico, y los metales pueden dejar residuos adsorbidos en las paredes de los envases de vidrio. Para muestras que contienen compuestos orgánicos, sin embargo, conviene evitar los envases de plástico salvo los fabricados con polímeros fluorados como el politetrafluoroetileno (PTFE).

En el caso de muestras que contienen compuestos orgánicos volátiles, algunos de estos pueden disolverse en las paredes de los envases de plástico o incluso pueden lixiviar sustancias de este material.

Los envases de plástico pueden degradarse y romperse. Algunos compuestos orgánicos son compatibles con determinados plásticos (véanse las instrucciones de los fabricantes). Sin embargo aunque se esté seguro de la compatibilidad, hay que tener en cuenta que las paredes de los envases de plásticos pueden resultar porosas para los compuestos orgánicos volátiles. En general, en estos casos es preferible utilizar envases de vidrio los tapones de los envases, que suelen ser de plástico, también pueden plantear problemas al ponerse en contacto con componentes orgánicos. En estos casos se utilizarán de metal o de politetrafluoroetileno (PTFE). Los viales de suero con tabiques de plásticos o goma recubierto de PTFE pueden resultar útiles.



### 5.1.5 Determinación del número de muestras a tomar en un muestreo:

Al realizar un muestreo lo primero que se debe obtener es el número de muestras que se van a tomar en los diferentes sectores aplicando la siguiente fórmula: <sup>(1)</sup>

$$N \geq \left( \frac{tS}{U} \right)^2$$

Donde:

N = número de muestras <sup>(3)</sup>

t = t de student para un nivel de confianza determinado <sup>(3)</sup>

S = desviación estándar de una población <sup>(3)</sup> (ver anexo 4)

U = nivel de confianza aceptable, por lo general es de 95%. <sup>(3)</sup>

Teniendo en cuenta las variaciones aleatorias tanto en los procedimientos analíticos como en la presencia de componentes en el lugar de la toma de muestra, una sola de ellas puede resultar insuficiente para alcanzar el nivel de incertidumbre deseado.

Un ejemplo de cómo utilizar la fórmula antes descrita se encuentra en los anexos 3 y 4, se incluye también la tabla de distribución t de student con v grados de libertad, necesaria para encontrar el valor de t a utilizar.

### 5.1.6 Métodos de muestreo

Existen diferentes métodos de muestreo que se pueden emplear en el análisis fisicoquímico de aguas, pero dentro de todos esos métodos hay unos que son específicos para determinados parámetros y se necesitará un manejo especial de muestra que asegure un resultado confiable.

En los procedimientos para parámetros rutinarios de aguas encontramos métodos diferentes de muestreo. Se deberá entonces consultar con el laboratorio que realiza el análisis con respecto al tipo y volumen del envase, preservación y tiempos de vigencia.

Descripciones claras de los parámetros elegidos, tiempos de vigencia, identificación y los preservantes que se van a utilizar deberán ser incluidas en el plan de muestreo antes de coleccionar las muestras, además debemos mencionar los artículos que la persona responsable de tomar la muestra debe llevar ( ver cuadro 1 )

Existen parámetros que emplean procedimientos de muestreo especiales.

#### A) Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Alrededor del 70% de las fuentes de los compuestos orgánicos volátiles (COV) son de origen natural, siendo la mayor parte alcanos naturales.

El resto es producido por el hombre, correspondiendo en su mayoría a productos aromáticos y alcanos antropogénicos, como ejemplos de COV tenemos: metano, etano, propano, acetileno, alcanos, bencenos y solventes, entre otros<sup>(9)</sup>

Debido a que las muestras de COV se evaporan y degradan fácilmente, ellas necesitan procedimientos especiales para su recolección, preservación y manejo. Siempre usar frascos ámbar de 40 mL que hayan sido lavados por el laboratorio, llenarlos a bajo flujo preservarlos con 25 mg. de ácido ascórbico ( si el cloro residual está presente), y dos o más gotas de ácido clorhídrico (HCl) para reducir el pH hasta  $< 2$ , y enviarlos al laboratorio dentro de los tiempos de vigencia recomendados, al realizar el análisis de las muestras habrá que evitar la contaminación de la muestra durante el transporte. A menos que hayan factores del sitio que podrían modificar el procedimiento abajo, se recomienda el método siguiente para el muestreo de COV. <sup>( 8 )</sup>

- 1- Seleccionar un frasco ámbar etiquetados de 40 mL para cada punto de muestreo. Usar el primero para probar la cantidad correcta de ácido clorhídrico (HCl) que se tiene que agregar para reducir el pH de la muestra bajo 2, y usar los otros para coleccionar las muestras y las muestras duplicadas. Dado que el pH de las muestras podría variar de una estación a otra, puede ser que se necesiten agregar diferentes cantidades de ácido clorhídrico ( HCl ) para reducir su pH, posteriormente para mantener la integridad de la muestra.
- 2- Con una pipeta limpia, agregar dos gotas de ácido clorhídrico ( HCl ) 1:1 (una gota para cada 20 mL) a la muestra.

El ácido es más pesado que el agua, y consecuentemente se encontrará en el fondo. Si se sospecha que está presente el cloro residual, agregar 25 mg. de ácido ascórbico al frasco.

Con gabacha, guantes y lentes de seguridad. Llenar completamente el frasco de prueba de pH con la bomba, envase abierto o llave. Tapar el frasco con el lado de PTFE ( teflón ) del septo hacia abajo, y agitar vigorosamente por un minuto. Abrir el frasco y probar con un medidor de pH ó papel especial de tornasol. Si es necesario, agregar otra gota de ácido y probar de nuevo hasta que el pH sea menos que 2.

Anotar la cantidad de ácido usada en la libreta de campo. Poner la muestra en el envase del agua purgada, y colocar el frasco en otro lugar<sup>(8)</sup>

3- Llenar las etiquetas de muestra con tinte impermeable.

Además de su nombre y el número de muestra, anotar los conservantes usados, y la ubicación exacta, fecha y hora de la recolección de la muestra; todo esto escrito en el frasco con un marcador para vidrio ó plástico, se recomienda Artline 444xf Paint Marker Outdoor use. Xylene Free 0.8 m/m.

4- Basado en la prueba de pH, agregar dos ó más gotas de ácido clorhídrico 1:1 con una pipeta limpia al segundo frasco. Proceder a tomar la muestra hasta el fondo; tener cuidado con el manejo de ácido clorhídrico que puede causar quemaduras intensas. <sup>(8)</sup>

- 5- Ya en el fondo colocar el frasco. Lentamente llenarlo a bajo flujo hasta que este lo más lleno que sea posible para evitar aeración <sup>(8)</sup>
- 6- Atornillar la tapa para que el lado de PTFE del septo esté hacia abajo. No sobre atornillar.
- 7- Invertir el frasco y golpearlo levemente. Si aparecen burbujas destapar el frasco, agregar más agua, tapanlo de nuevo invertir y repetir hasta que no aparezcan las burbujas.
- 8- Agitar el frasco por un minuto.
- 9 -Repetir los pasos 4 - 9 anteriores para las muestras duplicadas de QA/QC, los blancos del equipo y las muestras divididas, si es necesario.
- 10 -Envolver los frascos en un empaque de burbujas equipos u otro tipo de burbujas. Almacenar los frascos invertidos en una hielera con hielo picado a una temperatura de 4<sup>0</sup>C con un termómetro ,enviar con entrega inmediata. Mantener las muestras lejos de los vapores orgánicos.
- 11- Analizar las muestras dentro de 14 días.

#### B) Compuestos Orgánicos Semivolátiles (COSV) <sup>( 8 )</sup>

Usar el siguiente procedimiento para todo los orgánicos Semivolátiles ( se les llama también a estos compuestos: extraíbles en ácido-base-neutral):

- 1- Llenar dos botellas de vidrio ámbar de 1 litro ( no es necesario llenarlo completamente).
- 2- Tapar con un septo recubierto con teflón y una capa de plástico con rosca.
- 3-Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados y muestras divididas, los que sean necesario.

4-Almacenar los frascos en una hielera con hielo picado que contenga un termómetro a 4<sup>0</sup>C.

5- Asegurarse de que el laboratorio empiece la extracción de líquidos dentro de los 5 días siguientes .

C) Plaguicidas /PCBs.

Usar el mismo procedimiento que se usa para los orgánicos Semivolátiles descritos anteriormente. ( 8 )

D) Fenoles.

Usar el mismo procedimiento que se usa para los orgánicos Semivolátiles descritos anteriormente, pero además conservar las muestras con 5 mL de ácido sulfúrico para reducir el pH de la muestra a < 2. ( 8 )

E) Aceite y grasa.

Usar el mismo procedimiento que se usa para los orgánicos Semivolátiles descritos anteriormente, pero además conservar las muestras con 5 mL de ácido sulfúrico. ( 8 )

F) Metales (Excepto mercurio)

Usar el mismo procedimiento para todos los metales excepto el mercurio.

Consultar con el plan de muestreo para determinar si se requiere muestra filtradas o muestras sin filtración.

- 1- Filtrar la muestra con un filtro de cápsula, si se van a analizar metales disueltos.
- 2- Llenar una botella de plástico de un litro con etiqueta evitando aereación.
- 3- Agregar 2 mL de ácido nítrico concentrado por cada litro de agua para reducir el pH bajo 2.  
  
Nota: Usar gabacha, guantes, lentes de seguridad cuando se aplique el ácido.
- 4- Tapar con una tapa de plástico con rosca.
- 5 -Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo duplicados o muestras divididas , como sea necesario.
- 6-Almacenar los frascos en una hielera con hielo picado con un termómetro a 4°C.
- 7- Analizar antes de 6 meses .

G) Mercurio.

Usar el mismo procedimiento que se usa para metales, excepto que el tiempo de vigencia de las muestras es 28 días.

#### H) Cianuro.

- 1- Llenar una botella etiquetada de plástico de 1 litro evitando aereación. La etiqueta debe decir “ Análisis de Cianuro “ (  $\text{CN}^-$  ), preservado con hidróxido de sodio (  $\text{NaOH}$  ).
- 2- Descartar la primera media pulgada de la muestra.
- 3- Agregar 0.6 g de ácido ascórbico si hay cloro residual
- 4- Agregue píldoras de hidróxido de sodio hasta que el  $\text{pH} > 12$  (Consulte con el laboratorio para determinar la cantidad correcta ).
- 5- Tapar con una tapa de plástico con rosca.
- 6- Mezclar suavemente por dos minutos.
- 7- Llenar frascos adicionales para los blancos de campo y equipo duplicados o muestras divididas, si es necesario <sup>(8)</sup>.
- 8- Almacenar los frascos en una hielera con hielo picado con un termómetro a  $4^{\circ}\text{C}$ .
- 9- Analizar antes de dos días. <sup>( 8 )</sup>

La investigación no contempla el análisis microbiológico de aguas, por lo que no se describen muestreos utilizados para esos análisis.



## **5.2 Manejo de toma de muestra con preservantes y la temperatura de conservación de la muestra**

Una completa e inequívoca conservación de las muestras, sean éstas procedentes de diferentes cuerpos de agua, es imposible en la práctica.

Con independencia del tipo de muestras de que se trate, nunca puede conseguirse la estabilidad completa de todos sus componentes. En el mejor de los casos, las técnicas de conservación sólo retrasarían los cambios químicos y biológicos que inevitablemente se producen después de la toma.

### **5.2.1 Conservación de la muestra <sup>( 1 )</sup>**

A) Naturaleza de los cambios de la muestra:

Algunos análisis pueden verse afectados con mayor facilidad que otros por los efectos de la conservación de la muestra. Algunos cationes se pierden por adsorción en las paredes de los envases de vidrio o por intercambio iónico con ellas.

Entre estos cationes se encuentran aluminio, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, plata, y zinc. Por lo que, en estos casos, es mejor utilizar un envase diferente y limpio, y acidificar con ácido nítrico hasta un pH inferior a 2.0 para reducir al máximo la precipitación y la adsorción en las paredes del envase.

La temperatura cambia rápidamente; el pH puede variar de forma significativa en cuestión de minutos; los gases disueltos pueden perderse

(oxígeno, dióxido de carbono). Hay que determinar, la temperatura, el pH y los gases disueltos en el momento de hacer la toma.

Al cambiar el equilibrio pH-alcalinidad- dióxido de carbono, el carbonato de calcio puede precipitar y dar lugar a una disminución de los valores de calcio y de la dureza total.

El hierro y el manganeso son muy solubles en sus estados de menor oxidación, pero relativamente insolubles en sus estados de mayor oxidación; por lo tanto estos cationes pueden precipitar o disolverse si se encuentran en un sedimento, dependiendo del potencial de la muestra.

La actividad microbiológica puede ser la responsable de los cambios en el contenido de nitrato-nitrito-amoniaco, de la disminución de fenol y de DBO, ó de una reducción de los sulfatos a sulfitos, los iones ferrosos, el yoduro y el cianuro. Pueden aumentar, disminuir o cambiar la calidad, el color, olor y la turbidez.

El sodio, sílice y boro pueden lixiviarse a partir del vidrio del envase, el cromo hexavalente puede ser reducido a ión crómico.

Para la conservación de muestras con orgánicos volátiles es importante que no existan espacios vacíos.

Se evitará la pérdida de materiales volátiles si se hace la toma llenando por completo el envase con la muestra, Para lo cual se hará rebosar aquel antes de taponarlo o sellarlo. Los viales de suero con tapón tabicado son especialmente útiles, ya que a través de dicho tapón puede tomarse una porción de la muestra mediante el uso de una jeringa.

#### B) Intervalo de tiempo entre la toma y el análisis de la muestra:

En general, cuanto menor sea el tiempo que transcurre entre la toma de la muestra y su análisis más fiable será el resultado del mismo.

Para determinados componentes y valores físicos es necesario proceder a un análisis inmediato sobre el terreno. En el caso de muestras compuestas es habitual considerar el momento que se acaba de hacer la muestra como el momento de toma de la muestra.

Es imposible establecer con exactitud el tiempo máximo que puede transcurrir entre la toma de la muestra y su análisis; esto depende de carácter de la muestra del tipo de análisis a realizar y de las condiciones de conservación. Los cambios debido al crecimiento de microorganismos se retrasan mucho si se mantiene la muestra en la oscuridad y a baja temperatura. Cuando el intervalo entre la toma y el análisis es lo suficientemente largo como para producir cambios en la concentración o en el estado físico de los componentes a medir, se seguirán las instrucciones de conservación que se ofrecen en el siguiente cuadro. (Ver cuadro 3).

Se registrará el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su análisis y en el caso que se haya añadido algún conservante se identificará.

#### **5.2.2 Técnica de Conservación <sup>(1)</sup>**

Para reducir al máximo la posible volatilización o biodegradación entre el momento de hacer la toma y el de proceder al análisis, se debe mantener la muestra a la menor temperatura posible sin que llegue a congelarse.

Lo mejor es empaquetar la muestra antes de enviarla a una hielera con hielo picado o en cubitos o con sustitutos comerciales del hielo. No debe utilizarse hielo seco pues este congelaría la muestra, lo que podría provocar la rotura del vidrio del envase.

El hielo seco puede además, afectar el pH de la muestra. Mientras se hace la mezcla, las muestras deben mantenerse con hielo o un sistema de refrigeración a 4°C. Las muestras se analizarán antes posible una vez llegadas al laboratorio; si no es posible hacerlo de manera inmediata, se recomienda conservarlas a 4°C en la mayoría de los casos.

Solo se utilizarán conservantes químicos cuando se haya demostrado que no van a estropear el análisis y en caso de que se utilizan, deberán añadirse al envase antes de poner la muestra, de manera que todas las partes de esta entren en contacto con el conservante en el momento en que sean recogidas.

No existe ningún método de conservación que sea totalmente satisfactorio, el conservante debe elegirse en función de los análisis a realizar. Un método de conservación útil para un análisis determinado puede ser inadecuado para otros, Por lo que a veces es necesario hacer varias tomas y conservarlas por separado para someterla a análisis múltiples. Todos los métodos de conservación pueden ser inadecuados si se aplican a materias en suspensión.

Por Ejemplo: el formaldehído afecta a la mayoría de los análisis por lo que no deben utilizarse.

Los métodos de conservación son relativamente limitados, y están diseñados, en general, para retardar la acción de los microorganismos, retrasar la hidrólisis de los compuestos y complejos químicos y reducir la volatilidad de los componentes. Los métodos de conservación se limitan al control de pH la adición de productos químicos, y el uso de envases ámbar u opacos, La refrigeración, la filtración y la congelación; así la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos en un análisis se fundamenta en la experiencia y el buen juicio de la persona que hace la toma de la muestra <sup>(1)</sup>

Como resultado de la investigación se presenta el siguiente cuadro resumen que incluye el material del recipiente, capacidad del envase a utilizar, mililitros de muestra a tomar, método de conservación y tiempo máximo de conservación recomendado para cada uno de los parámetros. (Ver cuadro 3)

Cuadro. 3 Resumen de requerimientos especiales para toma de muestras o manipulación <sup>(1)</sup>

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Aceite y grasas	v, calibrado, de boca ancha	1000	1000	Añadir $MgSO_4$ hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Acidez	P, V (B)	500	100	refrigerar	24 d
Alcalinidad	P, V	500	200	refrigerar	24 d
Aluminio	P	1000	100	2 mL conc. $HNO_3$ / L muestra	6 meses
Arsénico	P	500	200	refrigerar	6 meses
Boro	P	500	100	ninguno	28 d
Bromuro	P, V	500	50	ninguno	28 d
Cadmio	P	1000	100	2 mL conc. $HNO_3$ / L muestra	6 meses
Calcio	P	1000	100	refrigerar	7 días

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado *
Carbono orgánico e inorgánico	V	500	100	Analizar inmediatamente, o refrigerar y añadir HCl hasta pH < 2	7 d
Cianuro: Total.	P, V	1000	500	Agregar NaOH Hasta pH > 12, refrigerar	24 h 24 h si hay sulfuro
Susceptible de Cloración	P, V	1000	500	Añadir 100g Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / L	Inmediato / 24 h si hay sulfuro
Cloro, dióxido	P, V	1000	500	Analizar inmediatamente	0.5 h / N.C.
Cloro residual	P, V	1000	500	Analizar Inmediatamente	0.5 h

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Clorofila	P, V	1000	500	30 días en la oscuridad	30 d
COD	P, V	500	100	Analizar lo Antes posible, o añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2; refrigerar	7 d
Color	P, V	1000	500	refrigerar	48 h
Cobre	P	1000	100	2 mL conc. de HNO <sub>3</sub> / L muestra	6 meses
Cromo	P	1000	100	2 mL conc. de HNO <sub>3</sub> / L de muestra	6 meses



Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Cloruros	P, V	500	50	Enfriar a 4 <sup>0</sup> C	28 días
Conductividad Eléctrica	P	1000	500	Enfriar a 4 <sup>0</sup> C	24 h
Carbono en Suspensión	Platillo petri de plástico	500	100	Filtrar con filtro GF/C; enfriar a 4 <sup>0</sup> C	6 meses
Cromo VI	P (A), V (A)	500	300	refrigerar	24 h
Continuidad	P, V	1000	500	refrigerar	28 d

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Compuestos Orgánicos :					
Pesticidas	V (D), revestimiento de TFE, tapadera	1000	1000	Refrigerar, ácido ascórbico 100 mg / L, si existe cloro residual	7 d hasta extracción , 40d tras extracción
Fenoles	P, V	1000	500	Refrigerar, Añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hasta pH < 2	28 d
Purgables por purga y atrapamiento	V, revestimiento de TFE, tapadera	500	50	Refrigerar, añadir HCl hasta pH < 2; 1000 mg / L de ácido ascórbico si existe cloro residual	7 d

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Conductividad	P, V	1000	5	Refrigerar	28 d
Compuestos fenólicos	V	1000	500	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> a pH < 4 , 1g Muestra ; refrigerar	24 horas
DBO	P, V	1000	1000	Refrigerar	6 h
Dióxido de Carbono	P,V	500	100	Análisis inmediato	inmediato
Dureza	P,V	500	100	Añadir HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2	6 Meses

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
DQO	P, V	500	100	Analizar lo más pronto posible, ó agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 ; refrigerar	28 d
Dióxido de cloro	P,V	1000	500	Análisis inmediato	inmediato
Fluoruro	P	500	300	No requiere	28 d
Fosfato	V(A)	500	100	Para fosfato disuelto, filtrar Inmediatamente; refrigerar	48 h

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Fosfato					
Disuelto	V	500	Filtrar in situ Con un filtro de 0.45 micrómetro	Filtrar in situ con un filtro de 0.45 micrómetro	24 horas
Inorgánico	V	500	150	Refrigerar	24 horas
Total	V	500	150	Refrigerar	1 mes
Gas digestor de lodo	V, botella de gas	—	—	—	N.C.
Hidrocarburos clorados	V			Refrigerar	Extraer inmediatamente

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Hierro		1000	100	2 mL conc. HNO <sub>3</sub> / L de muestra.	6 meses
Herbicidas fenoxiácidos	V	1000	1000	Refrigerar	Extraer inmediatamente
Metales, en general	P (A), P(A)	1000	100	Métodos Disueltos, filtrar inmediatamente añadir HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2	6 meses
Magnesio	P	1000	100	Refrigerar	7 días
Manganeso	P	1000	100	2 mL concentrados de HNO <sub>3</sub> / L muestra	6 meses

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Mercurio	P, V	1000	500	Añadir $\text{HNO}_3$ hasta $\text{pH} < 2$ , refrigerar a $4^\circ\text{C}$	28 d
Materia orgánica	Platillo petri de plástico	500	100	Filtrar con filtro GF / C , enfriar a $4^\circ\text{C}$	6 meses
Nitrógeno Amoniaco	P, V	1000	500	Analizar lo antes posible ó añadir $\text{H}_2\text{SO}_4$ hasta $\text{pH} < 2$ , refrigerar	7d
Orgánico Kjeldahl	P, V	1000	500	Refrigerar, añadir $\text{H}_2\text{SO}_4$ hasta $\text{pH} < 2$	7 d

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Nitrato + Nitrito	P, V	500	200	Añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Nitrógeno Orgánico	P	500	200	Refrigerar	24 h
Nitrito	P,V	500	100	Analizar lo antes posible, o refrigerar analizar lo antes posible, o refrigerar	28 d
Nitrato	P,V	500	100	Analizar lo antes posible, o refrigerar	48 h (28 días para muestra clorada)



Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación ecomendado/ obligado
Níquel	P	100	100	2 mL HNO <sub>3</sub> Conc. / L muestra	6 meses
Olor	V	1000	500	Analizar lo antes posible, refrigerar	6 horas
Oxígeno disuelto	V, botella BO inmediatamente	500	300	Analizar	inmediatamente
Electrodo		500	300	Análisis inmediato	0.5 h
Winkler		500	300	Analizar inmediatamente puede retrasarse a titulación tras la acidificación	8 h

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Ozono	V	1000	1000	Análisis inmediato	0.5h
pH	P, V	—	—	Análisis inmediato	2 h
Pesticidas base carbonato	V	—	—	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH < 2, 10 g N <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / L	Extraer inmediatamente
Plomo	P	1000	100	2 ml HNO <sub>3</sub> conc. / L muestra	6 meses
Pesticidas órganofosforados	V	1000	500	Enfriar 4 <sup>0</sup> C, HCl 10% a pH 4. 4	no retener
Pentaclorofenol	V	500	100	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 4, 0.5 g CUSO <sub>4</sub> / L muestra ; refrigerar	

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Potasio	P	1000	100	refrigerar	7 d
Sabor		1000	500	Analizar lo Antes posible, refrigerar	24 h
Salinidad	V, sello de lacre	500	240	Analizar inmediatamente emplear sello de lacre	6 meses
Selenio	P	1000	100	Refrigerar	6 meses
Sílice	P	500	200	Refrigerar, no congelar	7 d
Sodio	P	1000	100	refrigerar	7 d

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Sólidos	P, V	500	200	Refrigerar	2 - 7 d
Sulfato	P, V	500	100	Refrigerar	28 d
Sulfuro	P, V	500	100	Refrigerar, añadir 4 gotas de acetato de Zinc 2 N/ 100 mL; añadir NaOH hasta pH > 9	28 d
Temperatura	P, V	500	50	Analizar Inmediante	inmediato

Cuadro 3. Continuación

Determinación	Material del recipiente	Capacidad del envase mL	Mililitros de muestra tomada mL	Conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado
Turbidez	P, V	500	100	Analizar el mismo día; guardar en oscuridad hasta 24 horas, refrigerar	24 h
Yodo	P, V	1000	500	Analizar inmediatamente	0.5 h
Zinc	P, V	1000	100	2 mL HNO <sub>3</sub> Conc. HNO <sub>3</sub> / L muestra	6 meses

Para las determinaciones que no especifican tipo de envase a emplear, vidrio ó plástico; refrigerar preferentemente durante su conservación y analizar lo antes posible. Refrigerar = conservar a 4<sup>o</sup>C en la oscuridad. <sup>(1)</sup> P = plástico (polietileno o equivalente), V = Vidrio ver anexo 2, V (A) ó P (A) = lavado con 1 + 1 ácido nítrico HNO<sub>3</sub>, V (B) = vidrio, borosilicato, V(D) = Vidrio, lavado con disolventes orgánicos, NC = No consta en la referencia citada, inmediato: Analizar inmediatamente, conservación no permitida.

### 5.2.3 Observaciones del cuadro resumen. <sup>(5)</sup>

Del cuadro anterior podemos observar las siguientes generalidades:

El recipiente más comúnmente usado es el envase de polietileno ya que está recomendado para las pruebas de:

Cuadro 4. Parámetros en los que se utiliza envase de polietileno para la recolección de muestras.

-Alcalinidad	-Cobre
-Aluminio	-Fluoruro
-Arsénico	-Hierro
-DBO	-Níquel
-Boro	-Pruebas para
-Cadmio	-Nitrógeno
-Calcio	(Como amoníaco,
-Carbono orgánico e inorgánico	-Kjeldahl o Nitrato y Nitrito)
-Cloruro	-Medición de pH
-Dureza	-Conductividad eléctrica
-Cloro	-Residuos
-DQO	-Selenio
-Plomo	-Sílice
-Magnesio y potasio	-Sodio
	-Sulfato

Para los parámetros:

Cuadro 5. Parámetros en los que se utiliza envase de vidrio

-Oxígeno disuelto
-Mercurio
-Hidrocarburos clorados
-Aceites y grasas
-Sabor y olor

El frasco recomendado es de vidrio y para ciertos parámetros será necesario lavar el recipiente de vidrio con ácido nítrico u otras soluciones, lo anterior es también aplicable a los recipientes de polietileno. Aunque en muchos casos se utiliza indistintamente frascos de vidrio o polietileno, los recipientes recomendados para cada uno de los parámetros varían de acuerdo a requisitos específicos ver anexo 2.

Para preservar la muestra es necesario regular la temperatura y de esa manera evitar reacciones no deseadas. Por lo general las muestras se mantienen a 4°C de temperatura y a la sombra, el tiempo máximo de almacenamiento varía de acuerdo al parámetro a analizar y este procedimiento se aplica a las variables. <sup>( 5)</sup>

Cuadro 6. Parámetros en los que la muestra se mantiene a 4° C de temperatura y a la sombra

-Alcalinidad	-Carbono orgánico e inorgánico
-Arsénico	-Cloruro
-DBO	-Hidrocarburos clorados
-Boro	-DQO
-Calcio	-Fluoruro
-Magnesio	-Selenio
-Nitrógeno	-Sílice
-Nitrógeno orgánico	-Sodio
-Fósforo inorgánico y total	-Conductividad eléctrica
-Potasio	-Sulfato
-Residuo	

También tenemos que el conservador para aluminio, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, níquel y zinc es de dos mL de ácido nítrico concentrado por un litro de muestra, la cual tiene un tiempo máximo de almacenamiento de 6 meses. <sup>( 1 )</sup>



### **5.3 Condiciones óptimas de transporte hasta el lugar de análisis**

Lo primero que debe hacerse es contar con el equipo necesario para la toma de muestra en las diferentes zonas en estudio, así como con el material y reactivos necesarios para cada análisis. Entre estos materiales tenemos; hieleras, que contendrán hielo picado y que mantendrán las muestras a una temperatura de 4<sup>0</sup>C. Las hieleras además contendrán un blanco viajero, es decir agua destilada proveniente del laboratorio a la cual se le ha determinado pH, temperatura y conductividad esto nos dará un control que nos indicará si en el transporte la muestra pueda sufrir algún tipo de contaminación y alteración, por ello el transporte debe estar limpio. Además se debe llevar a cabo una cadena de custodia, la cual se detalla a continuación:

#### **5.3.1 Procedimiento de cadena de custodia <sup>( 1 )</sup>**

Es esencial asegurar la integridad de la muestra desde su toma hasta la emisión del informe. Ello implica hacer una relación del proceso de posesión y manipulación de la muestra desde el momento en que fue tomada hasta el de su análisis y eliminación final.

Este proceso se denomina cadena de custodia, y es importante en el caso de que los resultados deban presentarse en un litigio. Si no es éste el caso, el procedimiento de cadena de custodia resulta útil como control rutinario de la trayectoria de la muestra.

Se considera que una muestra está bajo vigilancia personal si se encuentra en posesión física de una persona, que es la que se encarga de custodiarla y de protegerla de posibles falsificaciones, o si se encuentra en una zona de acceso limitado al personal autorizado. A continuación se resumen los principales aspectos de la cadena de custodia: <sup>(1)</sup>

A) Etiquetado de la muestra: Utilícense etiquetas para evitar falsas identificaciones de la muestra. Suelen resultar adecuadas las etiquetas adhesivas o las chapas. En ella debe constar al menos de la siguiente información:

- Número de la muestra
- Nombre de la persona que ha tomado la muestra
- Fecha
- Hora
- Lugar de la toma de muestra.
- Firma del muestreador

Hay que adherir las etiquetas a los envases antes o en el momento de hacer la toma, la etiqueta se rellena con tinta indeleble en el momento de la toma.

Al final de esta sección se presentan diseños de etiquetas.

B) Sellado de la muestra: Se utilizarán sellos para detectar cualquier falsificación de la muestra que pueda hacerse antes del análisis. Se recurrirá para ello a sellos adhesivos de papel en los que conste al menos la siguiente información: <sup>(1)</sup>

- Número de la muestra (idéntico al número de la etiqueta)
- Nombre de la persona que ha tomado la muestra
- Hora.

También pueden utilizarse sellos de plástico.

El sello se colocará de forma tal que sea necesario romperlo para abrir el envase. El sellado ha de realizarse antes de que el envase haya sido apartado de la vigilancia del personal que toma la muestra. <sup>(1)</sup>.

C) Libro de registro de campo: Toda la información pertinente a un estudio de campo o toma de muestra se registrará en un libro en el que al menos constará lo siguiente: <sup>(1)</sup>

- Objeto de la toma
- Localización del punto de donde se ha hecho
- Nombre o dirección del contacto de campo
- Productor del material del que se ha hecho la toma
- Dirección de dicho productor en caso que sea distinta de la del lugar de obtención de la muestra .
- Tipo de muestra. Si ésta procede de aguas residuales, hay que identificar el que las produce También es necesario hacer constar la posible composición de la muestra, incluyendo sus concentraciones.
- El número y volumen de las muestras tomadas

- Descripción del punto donde se ha hecho la toma
- El método de la misma
- La fecha y el momento de la toma
- El número de identificación del que ha hecho la toma
- Referencias del lugar en forma de mapas o fotografías
- Observaciones y mediciones de campo
- Firmas del personal responsable de las observaciones

Dado que las situaciones de toma de muestras son muy variadas, no pueden darse reglas generales acerca de la información que debe registrarse en el libro, pero en cualquier caso conviene incluir la información suficiente como para que pueda reconstruirse la toma de muestra sin tener que confiar en la memoria del que la ha hecho. El libro de registro debe estar protegido y guardado en un lugar seguro. <sup>(1)</sup>

D) Registro de la cadena de custodia: <sup>(1)</sup> Es preciso rellenar el registro de la cadena de custodia que acompaña a cada muestra o grupo de muestras.

Este registro debe constar de la siguiente información:

- Número de la muestra
- Firma del que ha hecho la toma
- Fecha
- Momento y lugar de la toma
- Tipo de muestra

- Firma de las personas que han participado en la cadena de custodia
- Fechas de las distintas posesiones.

E) Hoja de petición de análisis de la muestra. <sup>(1)</sup> La muestra irá al laboratorio acompañada por una hoja de petición de análisis. La persona que hace la toma deberá complementar el apartado del impreso referido al trabajo de campo, en el que se incluye gran parte de la información pertinente anotada en el libro de registro. El apartado del impreso que corresponde al laboratorio deberá ser rellenado por el personal de éste, y consta de :

- Nombre de la persona que recibe la muestra
- Número de la muestra en el laboratorio
- Fecha de recepción
- Análisis a realizar

F) Envío de la muestra al laboratorio: <sup>(1)</sup> La muestra se enviará al laboratorio lo antes posible e irá acompañada del registro de la cadena de custodia y de la hoja de petición de análisis. La muestra se entregará a la persona que deba encargarse de su custodia.

G) Recepción y almacenamiento de la muestra: <sup>(1)</sup> En el laboratorio, la persona encargada recibe la muestra e inspecciona su estado y su sello, comprueba la información de la etiqueta y la del sello, comparándolas con la del registro de la cadena de custodia, le asigna el número de laboratorio, la registra en el

libro de entrada al laboratorio y la guarda en una habitación o cabina de almacenamiento hasta que sea asignada a un analista.

- H) Asignación de la muestra para ser analizada: En general, el supervisor del laboratorio es el que asigna la muestra para que sea analizada. Una vez en el laboratorio, el supervisor o el analista son los responsables del cuidado y la vigilancia de la muestra. <sup>(1)</sup>

**Consideraciones a tomar en cuenta durante el proceso de cadena de custodia:**

- Se deben colocar dos blancos viajeros para que veamos como afecta la temperatura las condiciones ambientales, relativamente puede haber una contaminación, con estos blancos se garantiza que las muestras se han mantenido en buenas condiciones cuando todo está normal y no se ve afectado. Si cambia el pH es que hubo una contaminación por lo que se sugiere al encargado de toma de muestra que debe tomarla de nuevo
- También el vehículo a utilizar para el transporte de la muestra debe estar limpio para evitar una probable contaminación.
- El empleo y mantenimiento de carpetas o libretas de campo tiene por objeto ubicar toda la información necesaria sobre el sitio de muestreo en un solo archivo.
- Las mediciones de campo son los parámetros que se miden en el lugar, lo más cerca posible en tiempo y espacio al sitio de muestreo. Estas

mediciones comprenden aquellos parámetros cuyos valores cambian rápidamente, tales como temperatura, pH, sólidos sedimentables, turbidez, color, alcalinidad, oxígeno disuelto, sulfuro de hidrógeno, cloro libre y en general, cualquier gas disuelto que sea de interés .

- Periódicamente se debe verificar la operación y la calibración de todos los instrumentos de campo .
- Las notas tomadas son importantes para el proceso de recolección de muestras, debido a que a menudo, son el único registro escrito que soporta las mediciones de campo; por ello, las libretas de campo ,deben escribirse en un lenguaje técnico, legible y completo y ser llenada con tinta indeleble. A continuación, ejemplos de etiquetas y hoja de registro a utilizar.

### Etiquetas utilizadas en la cadena de custodia

FISICOQUÍMICO	
<i>Código de la muestra:</i> _____	___pH ___Ácidos
<b>FUENTE</b>	___ Cond. ___ ST
	___Alcalinos
	___SO <sub>4</sub> ___SD
<i>Fecha y hora:</i> _____	___SS ___Cl
<i>Laboratorio:</i> _____	___DBO <sub>5</sub> ___Cr <sup>+6</sup>
<i>Firma del muestreador:</i> _____	___Turb. ___DBO <sub>5</sub>
<i>Otros parámetros:</i> _____	___ Color ___F
<i>Observaciones:</i> _____	
_____	
_____	

Figura 1. Etiqueta para análisis fisicoquímico

PESTICIDAS, COMPUESTOS ORGANICOOS	
<i>Código de la muestra:</i> _____	_____ Plaguicidas
<b>FUENTE</b> _____	
_____	
<i>Fecha y hora:</i> _____	_____ PCBs
<i>Laboratorio :</i> _____	
<i>Firma del muestreador</i> _____	_____ Compuestos orgánicos
<i>Otros parámetros</i> _____	
<i>Observaciones:</i> _____	
_____	

Figura 2. Etiqueta para análisis de pesticidas y compuestos orgánicos

Código N°	Fecha	Hora
Ubicación del Muestreo:		Preservante:
Laboratorio:		_____
_____ DBO      _____ Metales		Observación:
_____ Sólidos      _____ Aceites y Grasas		
_____ DQO      _____ OD		
_____ Nutrientes      _____ Bacterias		
_____ FQ      _____ Otros		
_____ Plaguicidas		
Muestreadores:		Firma:

Figura 3. Etiqueta de rotulado para envases de toma de muestra

Nota: El tamaño de las etiquetas varía de acuerdo al tamaño del envase a utilizar en el muestreo.



Cuadro 7. Registro de cadena de custodia

Muestreador:				Firma:		
Código de muestra	Ubicación de la toma de muestra	Fecha	Hora	Tipo de Muestra	Nº de Envase	Análisis requerido
Despachado por: _____ Firma: _____ Fecha/hora: _____				Recibido por: _____ Firma: _____ Fecha/hora: _____		
Entrega de Blancos por: _____ Firma: _____ Fecha/hora: _____				Recibido de Blancos por: _____ Firma: _____ Fecha/hora: _____		
Blanco Viajero 1	Temperatura	Conductividad	pH	Laboratorio para análisis fisicoquímico de aguas: _____ Recibido por: _____ Firma: _____ Fecha/hora: _____		
*Blanco Viajero 2						
Después de tomar la muestra entregado por: _____ Firma: _____ Fecha/hora: _____				Nombre del analista que recibe la muestra: _____ Firma: _____ Sello: _____ Fecha/hora: _____		
Observaciones: _____ _____ _____ _____				Resultados de análisis: _____ _____ _____ _____		

Nota. \* Este nuevo blanco viajero es para ver que ha variado

## 5.4 Pasos a seguir para el muestreo de agua potable y residual

### 5.4.1 Ejemplos de esquemas de procedimientos para toma de muestra

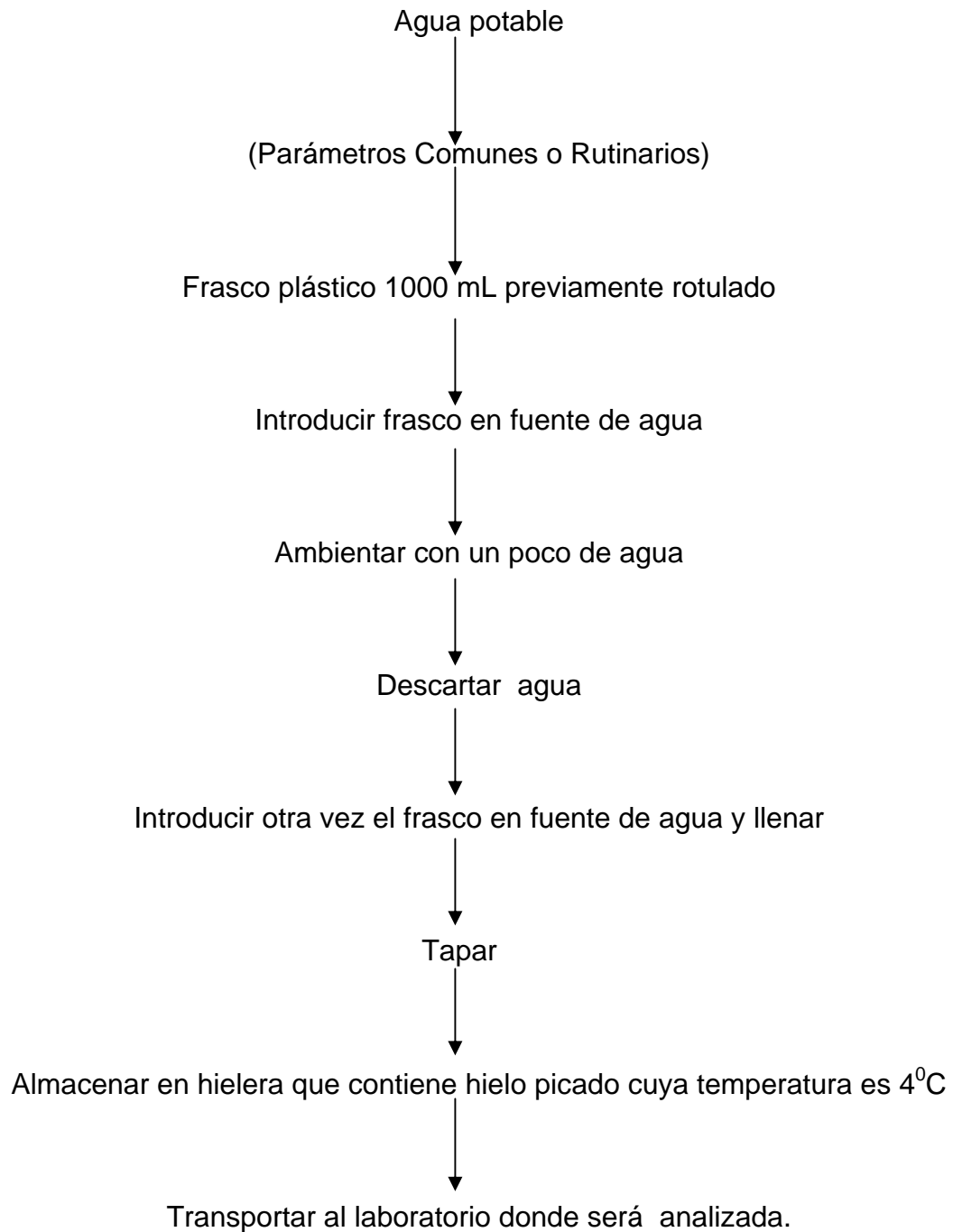


Figura 4. Procedimientos para la toma de muestra de Agua Potable

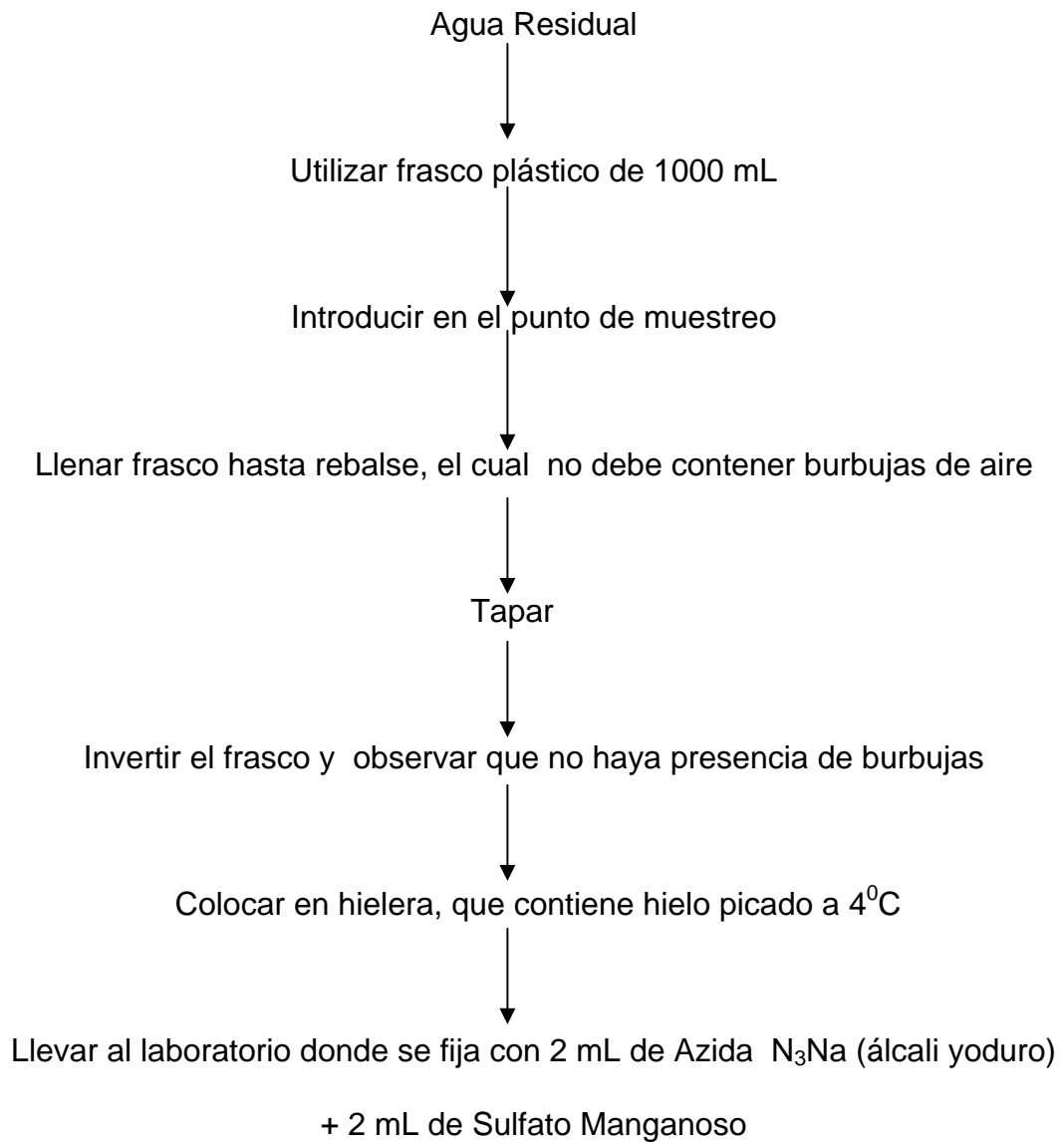


Figura 5. Procedimiento a seguir para el muestreo en agua residual.

Aplicable para análisis de DBO.

Nota: Si hubiera presencia de burbujas se vuelve a tomar la muestra.

## Toma de muestra piloto

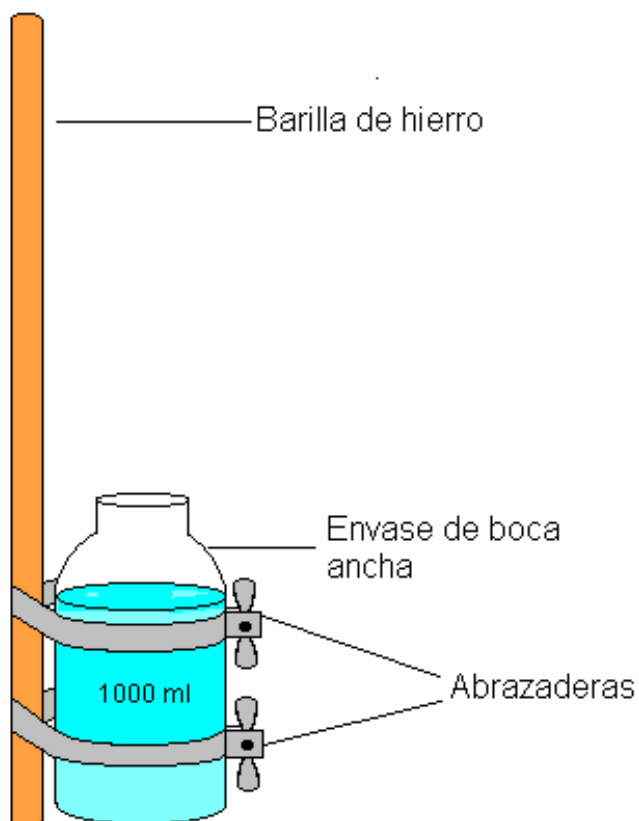


Figura 6. Diseño de aparato para toma de agua residual o potable.

Nota: El volumen del frasco puede variar de acuerdo al parámetro a analizar y el tamaño de la barrilla de hierro es por lo general de 1.5 metros. Las abrazaderas son de aluminio. Se recomienda que el aparato sea usado o empleado para un solo tipo de muestra.

Si hay parámetros que modifiquen el procedimiento general, como en el caso de DBO y en la determinación de aceites y grasas en los que se utilice frasco

de vidrio ámbar, habrá que lavar el frasco con hexano para disolver las grasas y de esa manera no exista reacción al tomar la muestra.

Antes de desarrollar los diferentes métodos de muestreo, hay condiciones generales que deben de tomarse en cuenta al momento de muestrear:<sup>(16)</sup>

- Identificar inmediatamente las muestras. En la mayoría de los casos es mejor emplear un número consecutivo y de ser posible una clave para indicar el estudio al que pertenece la muestra.
- Las muestras se deberán tomar en los sitios de mayor turbulencia, o después de esta, lo cual asegura homogeneidad en el cuerpo de agua.
- Evitar tomar muestras en sitios muy cercanos a la pared u orilla del cuerpo de agua( por ejemplo tanques de aeración,ríos, canales,tanques de sedimentación)
- No deben de recogerse depósitos o materiales de las paredes o superficies de agua; así como tan poco es recomendable tomar partículas grandes o no usuales.
- Aunque los recipientes de muestreo son enjuagados con agua destilada en el laboratorio, se recomienda no se empleen los mismos recipientes para muestreo de agua potable, residual y renovada. Sino que sean diferenciados para cada uno de los tres tipos de agua y así evitar contaminación por residuos sobre todo al emplear recipiente en los que se toma agua residual, para muestrear agua potable o renovada.

-Estos procedimientos se complementa con el resumen del cuadro donde esta el tipo de envase, volumen de muestra y el tipo de conservante a utilizar. Ver cuadro 3.

#### **5.4.2 Muestreo de agua potable, residual y de pozos**

A continuación se presentan tipos de muestreo a utilizar en lugares en los cuales se emplea agua potable o de pozos, en su orden se explican cada uno de ellos:

- Pozos Profundos
- Tomas domiciliarias
- Líneas de conducción
- Tanques
- Tuberías de conducción
- Grifos y garzas
- Plantas de tratamiento
- Influentes
- Muestreo en desgrasadores
- Muestreo en sedimento primario
- Tanques de aeración
- Tanque de sedimentación secundario
- Clarificadores
- Tanque de cloración

### 5.4.3 Muestreo de Pozos Profundos <sup>(16)</sup>

- Pozos con sistema de bombeo

En el caso de pozos que tengan una motobomba de gasolina o dispositivo de electricidad esta bombeará el agua de pozo a un contenedor el cual puede ser un tanque o sistema, este tipo de contenedores tiene una llave o grifo en que puede ser tomada la muestra.

Consideraciones a tomar en cuenta:

A) Para muestras con análisis físicos y químicos:

Antes de tomar la muestra se deberá dejar correr el agua para desalojar la que pueda estar estancada en la tubería, luego tomar la muestra en el recipiente.

B) Para muestras con análisis de metales se siguen las mismas instrucciones que en (a).

C) Para muestras con análisis de compuestos orgánicos:

Se hace el mismo proceso que (a), lo único que el flujo de la llave será disminuido para evitar la agitación, burbujeo y derrame de la muestra, llenando completamente el recipiente, al cerrarlo se verificará que no exista burbujas en el interior.

D) Para muestras con análisis de grasas y aceites: Se sigue el mismo procedimiento que (a), pero se deberá evitar derramamiento en el frasco.

- Pozos sin sistema de bombeo

Este tipo de pozos por lo general se encuentran en áreas rurales en donde los pozos no tienen algún tipo de sistema de bombeo, pero tienen por lo general poleas instaladas por medio de las cuales se puede obtener la muestra. Para la toma de muestra se recomienda algún tipo de recipiente metálico amarrado a la polea y en el interior de este recipiente, en donde se colectará la muestra.

Nota: Para el caso de las muestras de compuestos orgánicos volátiles deberá verificarse la ausencia de burbujas.

#### **5.4.4 Muestreo de tomas domiciliarias:**

El muestreador acudirá a la casa destinada y localizará la primera llave de entrada y efectuará las mismas acciones realizadas en el muestreador de pozos con sistemas de bombeo.

#### **5.4.5 Muestreo en líneas de conducción**

En general las líneas de conducción son subterráneas, por lo que siempre se cuenta con algún tipo de registro, este se abre y se encontrará un dispositivo o grifo a través del cual puede colectarse la muestra.

#### **5.4.6 Muestreo en tanques:**

Para los casos en que el tanque tenga algún dispositivo de salida tal como un



grifo o llave se seguirán las mismas instrucciones que para pozos.

En la mayoría de los tanques el nivel del agua se encuentra fuera del alcance del muestreador, por lo que se emplean dispositivos de monitoreo y contrapesos en los recipientes de muestreo, con el fin de alcanzar el nivel o una profundidad adecuada y obtener la muestra requerida.

Al encontrarse en un tanque se debe identificar en la zona superior un registro por el que aparte de medirse el tirante y tener escaleras para efectuar la medición, se podrá efectuar la toma de muestra utilizando los dispositivos ya mencionados.

#### **Recomendaciones para la toma de muestras en tanques:**

En las muestras cuyo parámetro a analizar requiera de la adición de algún agente químico como conservador se recomienda tomar la muestra en un recipiente final que contendrá dicho conservador.

##### **A) Para muestras con análisis físico y químico.**

Al cuerpo del recipiente de muestreo se le amarra un contrapeso de aproximadamente 1.5 Kg. Y se suelta el recipiente con el contrapeso hasta una profundidad de 5-10 cm con respecto al nivel superficial de agua del tanque, la muestra es transferida al recipiente en el que finalmente será transportada y se tapa inmediatamente.

##### **B) Para muestras con análisis de grasas y aceites: La recolección de estas muestras se sigue el mismo procedimiento que para las muestras de**

análisis físicos y químicos, salvo que la toma debe ser superficial y con un frasco de boca ancha cuyo contenido se vaciará al frasco final de muestreo, evitando su derramamiento, este frasco contendrá el conservador ya mencionado anteriormente.

En los parámetros tales como metales, compuestos orgánicos y análisis especiales se seguirán las mismas instrucciones que para los parámetros físicos y químicos.

#### **5.4.7 Muestreo en tuberías de conducción.**

Deben de considerarse sitios tales como red primaria y secundaria de agua residual. En algunos casos bastará tomarse la muestra; en otros casos por ejemplo en el drenaje profundo o semiprofundo, las muestras

Deberán tomarse auxiliándose de vástagos o cadenas que sujeten firmemente el recipiente de muestreo. Dependiendo del análisis a realizar se tomarán las muestras considerando las recomendaciones hechas con anterioridad.

#### **5.4.8 Muestreo en Grifos y Garzas.**

Cuando el sitio de muestreo es una garza, una toma de riego de agua renovada o cualquier otro tipo de grifo, el agua deberá dejarse correr durante unos segundos, tiempo que podrá ser aprovechado en enjuagar los recipientes

que así lo requieran y de esta forma asegurar la representatividad de la muestra.

Se recomienda tomar inicialmente las muestras para los análisis fisicoquímicos y de materia orgánica y cerrar la válvula, tomar después las muestras de metales y de compuestos orgánicos, en el caso de garzas, este tipo de instalaciones tienen una válvula de paso de ella o de un lado o dentro de un registro; para abrirlas se emplea una llave de forma "T", con la cual se gira hacia cualquiera de los lados para permitir el paso del agua y en el tubo de salida del agua se conecta una manguera para poder tomar las muestras.

#### **5.4.9 Muestreo en Plantas de Tratamiento.**

En las plantas de tratamiento de agua residual, debe determinarse el sitio donde se tomará la muestra, dependiendo del objetivo del muestreo. Por ejemplo: si se quiere evaluar la eficacia de remoción de la planta, se muestrea en el influente y efluente de remoción de la planta únicamente; si se requiere evaluar la calidad del agua que es renovada, entonces se muestreara el efluente (clorado).

En otros casos es necesario tomar muestras que indiquen si las condiciones de operación son las indicadas y entonces se tomaran muestras de un proceso en especial; por ejemplo en el tanque de aereación o en la recirculación, en todas y cada una de las plantas se deberán observar los cuidados necesarios

para muestrear ya que en cada una de ellas la toma de muestra será diferente; dependiendo de sus instalaciones y operaciones.

En casi todos los casos la toma de muestra será semejante a alguno de los casos descritos (canal, cuerpo de agua semiestático, cuerpo turbulento).

#### **5.4.10 Muestreo en Influentes.**

Se tomarán después de la rejilla que separa la materia de mayor volumen, antes de los desarenadores o tanques de almacenamiento, En la mayoría de las plantas el influente es conducido a través de una canaleta antes de llegar al desarenador o desgrasador o tanque de sedimentación.

#### **5.4.11 Muestreo en Desgrasadores.**

La muestra se tomara superficialmente, antes durante y/ o después de este proceso. Cuando el efluente del desgrasador es encausado, será en la cortina que se forme en donde se tome la muestra.

#### **5.4.12 Muestreo en Sedimento Primario.**

Generalmente el efluente de éstos forman una cortina, antes de llegar al tanque de aireación, siendo el sitio donde se debe tomar la muestra.

#### **5.4.13 Muestreo en tanques de Aireación.**

Se deberá tomar la muestra de este sitio en lo más alejado posible de las

paredes del tanque, así como evitar muestras cerca de las salidas de aire o de los dispersores, cuando estos últimos estén funcionando. Si no hay seguridad o se requiere verificar que haya uniformidad de todo el tanque de aeración, se deberá tomar muestras individuales y analizar cada una de ellas.

#### **5.4.14 Muestreo en Tanques de Sedimentación Secundario.**

Al igual que en los tanques de sedimentación primaria, se forma una cortina de agua a la salida de estos, siendo el sitio ideal de muestreo; en los casos que no se forma cortina de agua, el sitio podrá ser al final del tanque, antes de pasar a los dosificadores.

#### **5.4.15 Muestreo de Clarificadores.**

El efluente de este sitio, es el efluente de la planta de cloración. En este sitio ya es factible la medición de porciones de remoción, los sitios de muestreo pueden ser en la cortina formada en los vertedores si es abundante el flujo y accesible el sitio, o bien en las canaletas que conducen y juntan el efluente en cada vertedero; también puede ser al juntarse el efluente de todos los vertederos antes de pasar a cloración.

#### **5.4.16 Muestreo en Tanques de Cloración.**

En general se recomienda el efluente de los tanques, como sitio de muestreo, a menos que se requieran muestras en tanques.

## **5.5 Pasos a seguir para el muestreo de agua de río, lago y mar.**

### **5.5.1 Extracción de Muestras de Aguas Superficiales. <sup>(5)</sup>**

Es responsabilidad del investigador de campo señalar correctamente todos los puntos de muestreo. Es importante que la muestra siempre se extraiga del mismo lugar. Solo así se podrá interpretar con fiabilidad los cambios temporales en los niveles variables de la calidad del agua. Además se debe especificar los tipos de muestra a extraer (por ejemplo, aleatorios, integradas o compuestas), también se puede controlar otros elementos del muestreo tales como la extracción de un volumen adecuado de agua o el correcto envío de las muestras.

El tipo de muestra de agua superficial recolectada se determina por una serie de factores tales como:

- 1- Los objetivos del estudio, incluidas las variables de interés y exactitud y la precisión necesaria
- 2- Las características del sistema bajo estudio, incluidos régimen del caudal, condiciones climáticas, aportes puntuales y no puntuales, aportes de agua subterránea, afluentes, homogeneidad del cuerpo de agua y la vida acuática presente.
- 3- Los recursos disponibles es decir, mano de obra, tiempo, equipo y materiales.

#### Muestras Aleatorias:

Una muestra instantánea “discreta” es la que se toma en lugar, profundidad y tiempo seleccionados y luego se realiza para los componentes de interés.

Una muestra instantánea “integrada en profundidad” se toma de partes predeterminadas de la profundidad de la columna de agua en un lugar y tiempo seleccionados para un cuerpo de agua dado; luego se analiza individualmente para los componentes de interés.

#### Muestras Compuestas:

Una muestra compuesta proporciona una estimación de la calidad promedio del agua durante el período del muestreo. Esta clase de muestras se obtiene mezclando en un frasco varias muestras discretas de volúmenes iguales o ponderados; se analiza una alícuota de la mezcla para los componentes de interés.

Los dos principales tipos de muestras compuestas son:

- 1- Compensada secuencial o en el tiempo y
- 2- Compensada según el caudal.

La muestra compuesta temporal se obtiene bombeando una muestra en forma continua y constante o mezclando volúmenes iguales de agua extraídos a intervalos regulares de tiempo. La muestra compensada según el caudal se obtiene por bombeo continuo a una velocidad proporcional al caudal, o mezclando volúmenes de agua proporcionales al caudal, extraídos a intervalos regulares de tiempo.

### Extracción de Muestras Representativas. <sup>(5)</sup>

Las muestras compuestas en profundidad en una vertical columna de agua, ubicadas en tramos homogéneos de un río, o arroyo, pueden ser apropiados para zonas de muestreo de la calidad del agua. En corrientes pequeñas se pueden tomar muestras aleatorias extraídas del centro del caudal. Para las zonas de muestreo ubicado en un tramo no homogéneo de un río o arroyo, es necesario extraer muestras de una sección transversal frente al emplazamiento y en una cantidad especificada de puntos y profundidades. La cantidad y tipo de muestra dependerá del ancho, profundidad, descarga, cantidad transportada de sólidos en suspensión y de la vida acuática existente. Por lo general mientras mayor sea la cantidad de puntos en la sección transversal de donde se extraen muestras, más representativa será la muestra compuesta. Normalmente con tres a cinco puntos es suficiente, para corrientes angostas y poco profundas se necesitan menos.

Las indicaciones siguientes se aplican a la extracción de muestras de agua:

A) No incluir en la muestra partículas grandes no homogéneas como hojas.

B) Colocar el aparato de muestreo de aguas arriba a fin de evitar contaminación. El muestreo desde el lado de aguas arriba de un puente permite a quien toma la muestra detectar si se aproxima cualquier material flotante y ayuda a prevenir la contaminación de la muestra por restos de pintura o polvo del camino.



- C) Recolectar un volumen suficiente que permita repetir los análisis.
- D) Llevar registros precisos en la carpeta de muestreo sobre posibles fuentes de interferencia, condiciones ambientales y áreas problemáticas.

### **5.5.2 Equipos y técnicas de muestreo**

Recolectores de muestras instantáneas:

Los recolectores de muestras pueden dividirse en dos amplias categorías:

Los destinados a muestras en las cuales solo interesa los componentes no volátiles destinados a la toma de muestras en las que se analizaran gases disueltos y otros componentes volátiles.

Los extractores de muestras instantáneas también se pueden dividir en “discretas” (profundidad superficial o específica) y de integración en profundidad. Para la determinación de componentes no volátiles se pueden utilizar tanto los extractos de integración en profundidad como los discretos para estos fines también se puede utilizar un extractor “múltiple”.

Se pueden extraer una muestra instantánea utilizando un soporte de hierro con recipiente adecuado, un frasco de Van Dorn, un frasco tipo Kemmerer o un extractor tipo bomba. Se pueden hacer muestras compensadas a partir de varias muestras instantáneas o se les puede extraer con extractores especiales ( por ejemplo : extractores de integración).

Un soporte de hierro es un dispositivo de hierro o pintado con un antioxidante.

En la figura 7, se observa las partes que componen el extractor de muestras instantáneas y demás especificaciones del equipo. Es de hacer notar que se puede variar el peso del lastre para sumergir el aparato a la profundidad deseada.

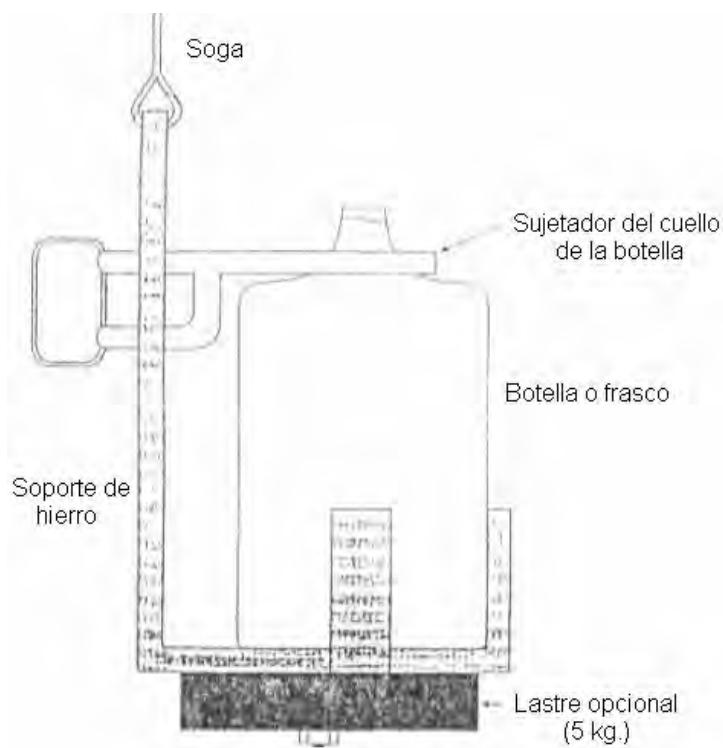


Figura 7. Extractor de muestras Instantáneas.

Extractores para muestras discretas.

El peso que tiene el extractor es de Aproximadamente 2.7 Kg. ( Fig.7 ).

El frasco se coloca en el extractor y se asegura con el sujetador. En algunos casos los soportes de hierro puede llevar lastre adicional para asegurar una caída vertical. Una toma integrada en profundidad se toma permitiendo que el extractor se sumerja a una velocidad constante.

Los extractores para muestras discretas se emplean para sacar agua a una profundidad específica. Un extractor se sumerge a la profundidad deseada, se activa y luego se retira. Los más comúnmente utilizados para tal fin son tipo bomba, Van Dorn o Kemmerer.

El frasco Van Dorn está diseñado para extraer muestras a una profundidad de 2 metros o más. El extractor, presentado en sus dos configuraciones en la figura 9, puede ser de cloruro de polivinilo o de material plástico acrílico, ya sea para muestreo general o de metales trazas. Hay juntas herméticas de neopreno y siliconas, las juntas de los extremos son de goma moldeada semi-rígida o de plástico rígido torneado con abrazaderas. Cuenta con una válvula de drenaje para la remoción de la muestra.

La configuración horizontal debe usarse cuando las muestras se extraen del fondo o de la interfaz sedimento/ agua, o cuando se requieren muestras de una faja estrecha de perfil de profundidad ( por ejemplo: quimoclina o termoclina ). Hay extractores de 2 a 16 litros de capacidad.

Si bien el funcionamiento del frasco Van Dorn varía levemente según sea su tamaño y estilo, el procedimiento básico es el siguiente:

- (a) Abrir el extractor levantando los elementos de cierre o juntas de obturación
- (b) Fijar el mecanismo disparador
- (c) Bajar el extractor de profundidad deseada
- (d) Activar el mensajero de metal o goma para “disparar “el mecanismo que cierra los obturadores de los extremos del extractor.

(e) Trasegar la muestra de agua del frasco Van Dorn a un recipiente individual a través de la válvula de drenaje.

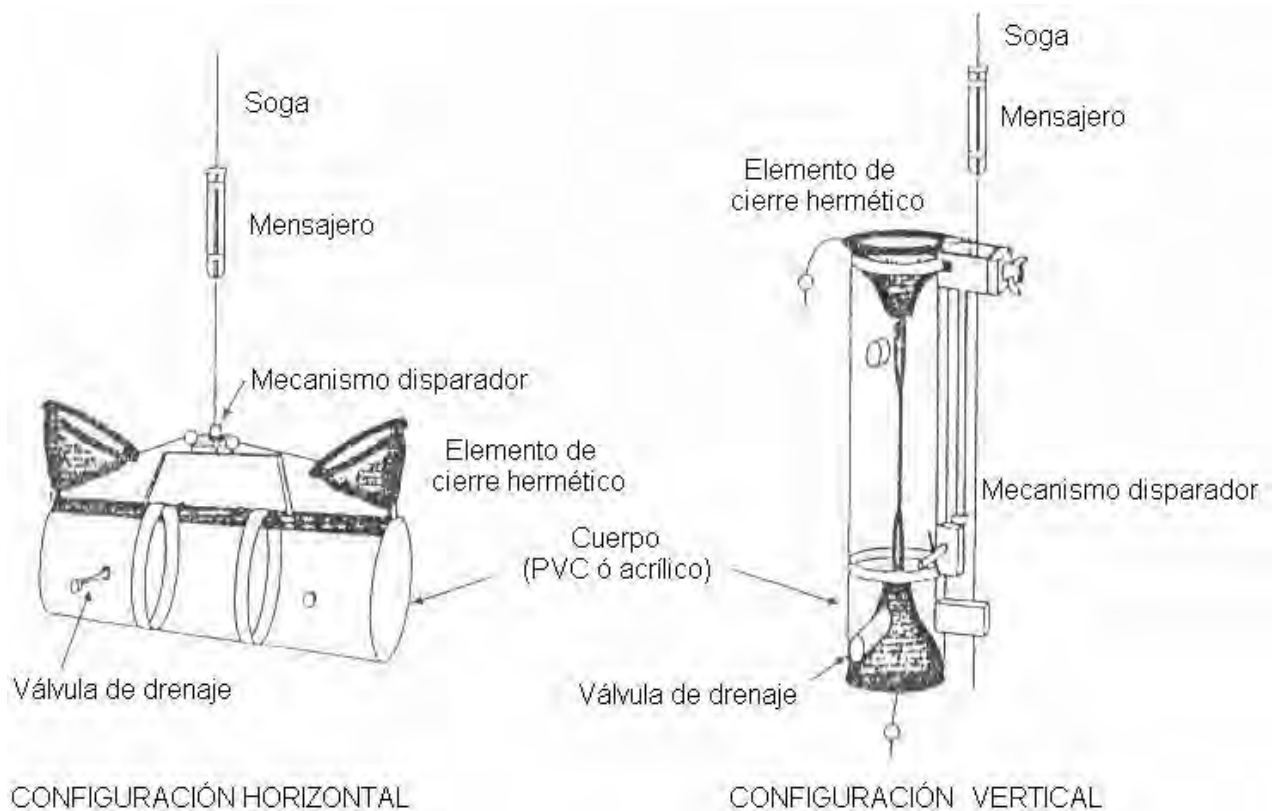


Figura 8. Frasco Van Dorn, extractor de muestras discretas en diferentes posiciones

Extractor tipo Kemmerer es uno de los más antiguos extractores verticales accionado por un mensajero. Generalmente se utiliza en cuerpos de agua con profundidades superiores a 1 metro.

El extractor Kemmerer presentado en la figura 9, puede ser de bronce o de bronce niquelado y se emplea para muestreo general. Para el muestreo de metales traza, los extractores Kemmerer son de cloruro de polivinilo o de plástico acrílico con obturadores o sellos de goma siliconada.

Tanto los de metal como los de plástico tienen de 0.5 a 8 litros de capacidad y en general el funcionamiento del extractor Kemmerer es igual al del frasco Van Dorn.



Figura 9. Extractor Kemmerer para muestras discretas

Para tomar muestras a profundidades específicas existen tres tipos de bombas:

De diafragma, peristálticas y rotativas. En general, las bombas de diafragma son manuales; las peristálticas y rotativas requieren una fuente de energía y, por consiguiente, su utilidad a campo es limitada.

No se recomienda el uso de bombas peristálticas en la recolección de muestras para el análisis de clorofila porque las células de algas se pueden dañar. Todas las bombas deben tener una construcción interna tal que no contamine la muestra de agua, además las mangueras de entrada y de salida también deben estar libres de contaminantes.

El procedimiento es el siguiente:

- (a) Colocar la manguera de entrada de agua especificada en el programa de muestreo. Cuidar de no bombear aceite, algas u otros residuos;
- (b) Purgar la bomba y las mangueras con agua de la estación a ser muestreada antes de comenzar con el muestreo;
- (c) Operar cada bomba según su respectivo manual de instrucciones
- d) Llenar el tipo y cantidad de recipientes para muestras requeridas en cada sitio desde la manguera de salida.

Nota: Cuidar de no contaminar las bombas. No permitir que las mangueras rocen el suelo durante el transporte de las bombas.

Un extractor "múltiple" permite la recolección simultánea en un punto determinado de varias muestras de igual o diferente volumen. Cada muestra se extrae en su propio recipiente.

Cuando las muestras son de igual volumen se puede tener información sobre la variable instantánea entre las muestras duplicadas. En la figura 10.

Se ilustra un extractor múltiple. El extractor puede ser modificado para albergar distintas cantidades de frascos de distintos tamaños de acuerdo con los requerimientos de los programas específicos, esto se logra cambiando el tamaño de las cubetas, modificando la profundidad de las cubetas y la configuración y el tamaño de las aberturas en la tapa de acrílico.

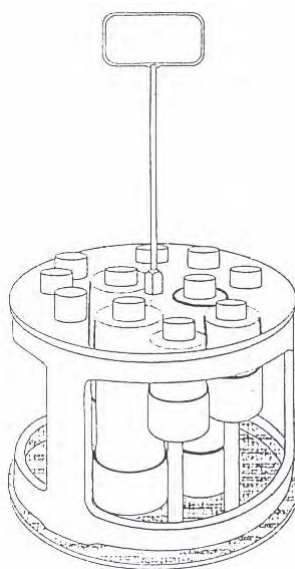


Figura 10. Extractor múltiple

Extractor de muestras para oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Para la demanda bioquímica de oxígeno, las muestras deben tomarse en recipientes de boca estrecha que tengan tapones de vidrio a fin de evitar que el aire quede atrapado en las muestras.

El procedimiento es el siguiente:

- (a) Colocar el frasco para DBO de 250 mL a 300 mL en el extractor y ajustar la tapa. Asegurar que el tubo de llenado del lado interno de la tapa quede dentro del frasco para DBO
- (b) Introducir el extractor en el agua a la profundidad requerida y dejarlo hasta que ya no se vea salir aire del extractor.
- (c) Retirar el extractor y quitar la tapa. Si en el frasco hay burbujas, golpear los costados del frasco para DBO con el tapón. Este procedimiento liberará las burbujas de aire atrapadas. Tapar el frasco para DBO con el tapón biselado especial y luego retirarlo de la cámara del extractor.

Nota: No se aconseja utilizar este extractor en arroyos poco profundos. Si es necesario tomar muestras de una corriente poco profunda, inclinar suavemente el frasco en dirección aguas abajo minimizando la agitación de la muestra (burbujeo). En la figura 11 se observa el extractor de muestras antes expuesto:



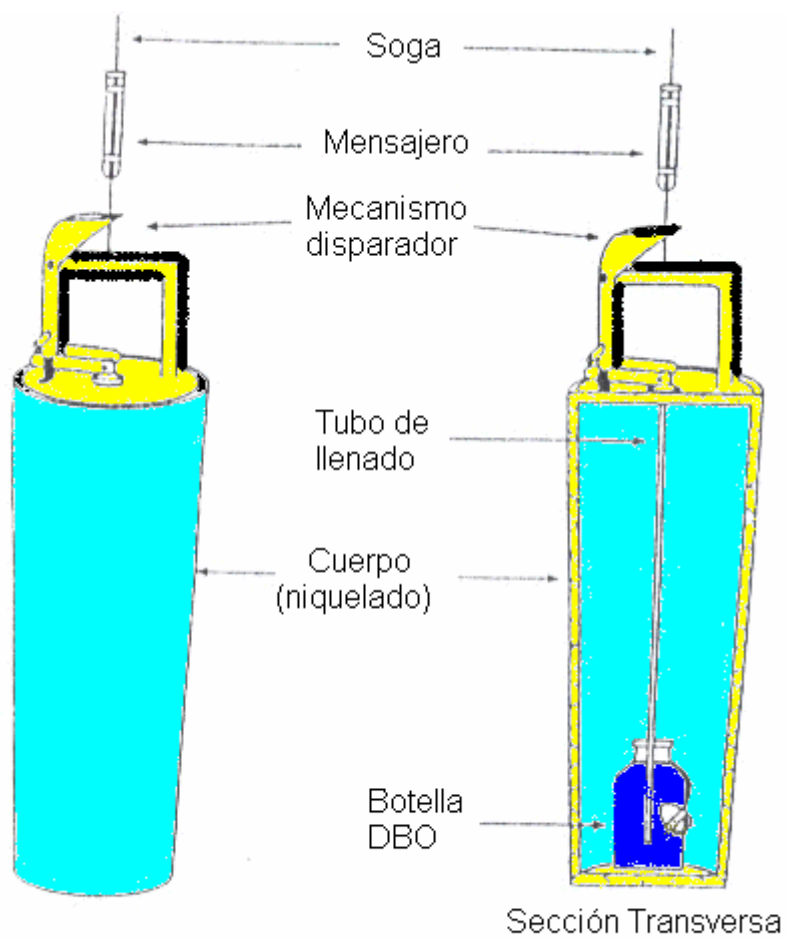


Figura 11. Extractor de muestras para oxígeno disuelto

### 5.5.3 Muestreo para aguas subterráneas <sup>(8)</sup>

Es más fácil y más seguro manejar las muestras del agua superficial y subterránea cuando se siguen los siguientes pasos:

- 1- Emplear gabacha
- 2- Usar guantes protectores apropiados
- 3- Sellar las botellas
- 4- Sólo usar tinta impermeable cuando se escriban las etiquetas
- 5- Asegurar las etiquetas con cinta transparente alrededor de la botella
- 6- Usar papel pH o pHmetro de campo en las muestras que se colocarán en la hielera de envío para establecer la condición de la muestra
- 7- Colocar un termómetro en la hielera de envío para asegurar que las muestras estén suficientemente preservadas cuando van en camino al laboratorio.
- 8- Llevar un blanco viajero (agua destilada empleada por el laboratorio a la cual se le ha tomado su pH, temperatura y conductividad).

NOTA: Lo ideal es emplear agua ultrapura.

La obtención de muestras de control de calidad, las oficinas federales y estatales de QA / QC requieren la colección de muestras adicionales llamadas blancos de equipo, blanco de campo, blanco viajero, duplicados y muestras divididas.

**Definiciones de Blancos.**

-Los Blancos de Equipo consisten de envases llenos con el agua final del enjuague de la descontaminación de los equipos. Una vez analizados, muestran la efectividad de la limpieza de los equipos de campo <sup>(8)</sup>

Colecte los blancos de equipo después del muestreo del agua subterránea o superficial en la estación con la contaminación más alta. Uno por día del muestreo es suficiente. <sup>(8)</sup>

-Los Blancos de Campo: son envases de agua deionizada que llenan en la estación de muestreo, etiquetan, empaquetan, sellan y se mandan al laboratorio con las otras muestras. Se usan los blancos de campo para investigar la contaminación en el laboratorio, y durante la colecta y envío de las muestras. El laboratorio requiere un blanco de campo por cada día del muestreo. <sup>(8)</sup>

-Los Blancos de Viaje: son envases de agua deionizada preparados por el laboratorio. Se mantienen en la misma hielera que las otras muestras en cada fase del proceso de colecta, manejo y envío. <sup>(8)</sup>

Se usan estas muestras para verificar la calidad de descontaminación, colecta y procedimiento de manejo, y para verificar que no se haya afectado la calidad de la muestra de agua. El número, tipo y manejo de las muestras de QA / QC deben ser claramente especificados en el plan de muestreo. <sup>(8)</sup>

Según la EPA, no se tiene que recolectar los tres tipos de blancos todos los días. Un blanco al día es suficiente con el siguiente orden de referencia: Blancos de equipo, campo y viaje.

Muchas veces se usan los blancos de viaje para los análisis de COV. Se mande en clave al laboratorio todas las muestras de QA /QC. Se colecta la muestra de laboratorio de QC para cada 10 muestras colectadas, o una por semana, cualquiera que sea. Esta muestra no es una muestra adicional, sino una designación especial para una que ya existe. Colecte una muestra del volumen doble (un envase más que la muestra normal).los envases deberán ser claramente identificados como muestras de laboratorio de QC.

En el almacenaje en el laboratorio Se requiere por lo menos uno para cada envío de muestra. <sup>(8)</sup>

Las muestras compuestas se usan para verificar la precisión de la colecta de campo o el análisis de laboratorio. Se colecta la muestra de un punto en donde se cree que hay niveles altos de un compuesto particular.

Las muestras divididas son muestras adicionales que se colectan y se manejan igual que las otras en el campo, excepto que se mandan a un laboratorio diferente o al mismo laboratorio en clave para los análisis, como una prueba de los procedimientos y manejo del laboratorio. Muchas veces se colectan este tipo de muestras durante una supervisión de certificación.

Las muestras de fondo son aguas que se encuentran en lo más profundo de la fuente de agua, se colectan para verificar los resultados de la evaluación de muestreo del punto.

Se deben usar muestras de fondo para establecer las condiciones de fondo, y obtener hidráulicamente pendiente arriba de la fuente de contaminación , <sup>(8)</sup> envolver y empaquetar las muestras con seguridad para que los envases de muestra no se rompan en camino al laboratorio. Asegurarse de empacar los blancos de la misma manera que las demás muestras, para que el laboratorio no pueda identificar los blancos; anotar todos los códigos de identificación en la libreta de campo.

La EPA, ADEQ, ADHS y las agencias de México tienen procedimientos y formas específicas para el envío de las muestras y el protocolo de la cadena de custodia. Consultar con las oficinas de QA/QC cuando se está desarrollando el plan de muestreo y asegurarse de entender todos los aspectos de estos procedimientos. Envolver y empacar las muestras con seguridad para que los envases de muestra lleguen al laboratorio sin ninguna rotura. Se debe asegurar de que el laboratorio haya sido notificado de la hora de la entrega y la manera del envío de las muestras (camión de carga, mensajero u otro). Por ejemplo, ADHS tiene un “Registro de cadena de custodia”, y etiquetas de “envíos para solicitar análisis químico”, y formas que se adjuntan a las muestras a analizar por el laboratorio estatal. <sup>(8)</sup>

#### **5.5.4 Muestreo de agua de ríos**

Requerimientos para el muestreo en ríos.

Una vez decidida la ubicación general de un punto de muestreo, quedan aún factores de interés práctico que influyen en su posición exacta. Ver figura 12

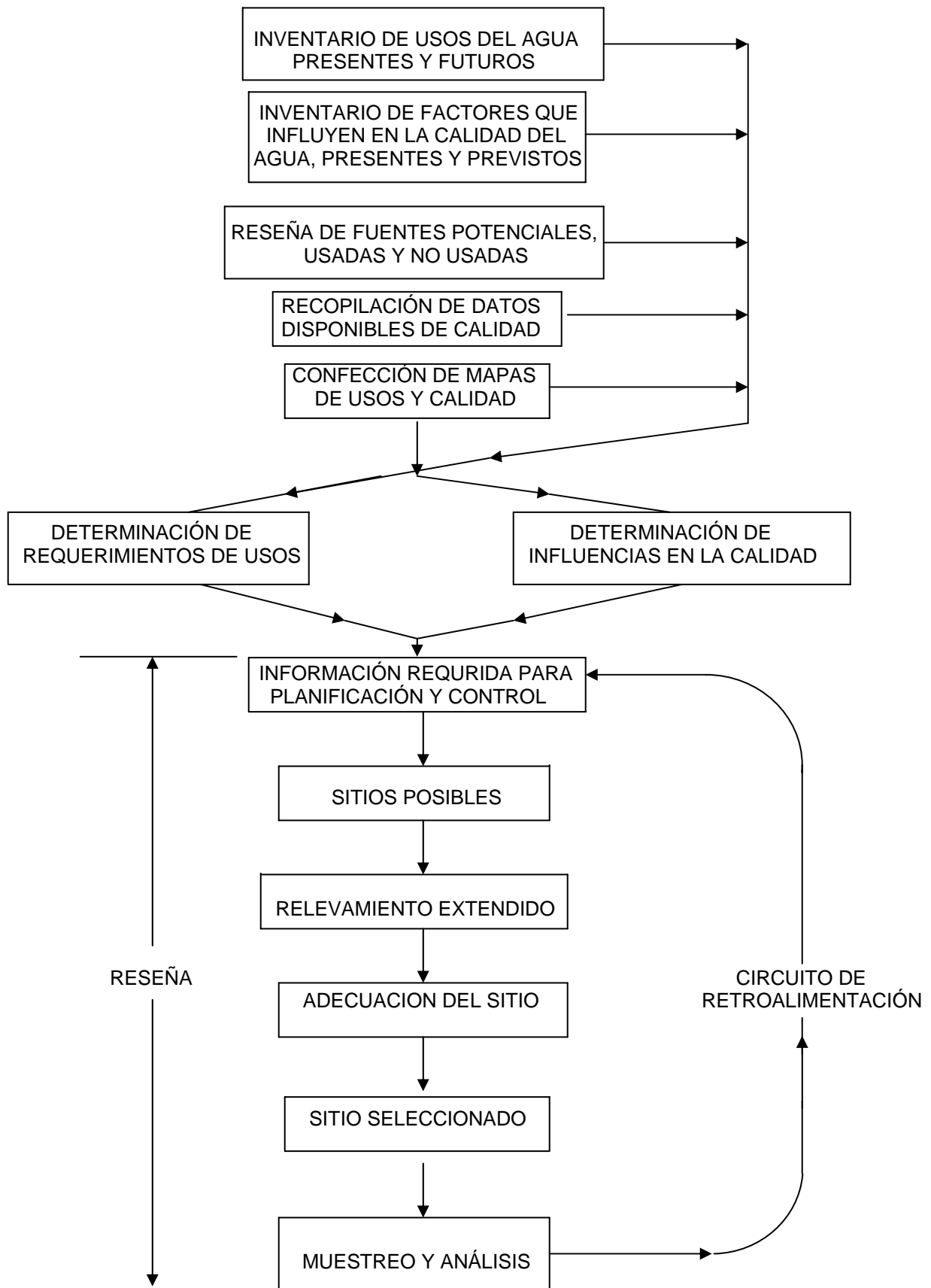


Figura 12. Esquema para la selección de sitios de muestreo del agua <sup>(5)</sup>

## Medición de caudales.

Cuando se toman muestras de un río especialmente en los puntos de flujos en ríos, se debe determinar cual es la descarga del río a la altura del punto a fin de permitir el cálculo de la descarga másica de las distintas variables. Esta información es necesaria para lograr un manejo adecuado de los recursos hídricos y para descifrar las variaciones en la calidad del agua que se observan en el punto.

Por lo tanto, cuando se seleccionan puntos de monitoreo de la calidad del agua, hay que considerar la posibilidad de situarlas en o cerca de puntos de medición de caudales ya establecidos. Lo ideal sería que el punto de aforo se encuentre en el sitio de muestreo, pero puede ser igualmente satisfactorio si se sitúa en algún punto aguas arriba o aguas abajo donde no se haya producido ningún cambio significativo en el caudal.

A veces es posible calcular el caudal en forma indirecta a partir de dos o mas puntos de aforo si no existe ninguna instalación de aforo, será necesario instalar una que sirva a los puntos de muestreo. Hay que tener presente que si la persona a cargo de tomar las muestras tiene que realizar prolongados procedimientos de aforo, lo hará a expensas del tiempo que le asigne al muestreo.

### **Procedimientos de muestreo para aguas de río<sup>(5)</sup>.**

Para un río la frecuencia de muestreo es cada dos semanas siempre y cuando exista un tramo homogéneo del cuerpo en estudio.

Las dificultades surgen cuando el único punto de muestreo aceptable se encuentra en un tramo no homogéneo, es decir un tramo sin mezcla de un río; por consiguiente, las muestras individuales no serán representativas de un cuerpo de agua. Será necesario extraer muestras de una sección transversal del río a fin de obtener valores promedio; esto se puede realizar de diversas maneras. <sup>(5)</sup>

El río se considera como una serie de secciones verticales frente al lugar seleccionado. De cada sección se extraen muestras discretas y se les analiza por separado. Los resultados se pueden promediar sumándolos a todos y dividiéndolos por la cantidad de muestra. Como alternativa, para ahorrar trabajo de análisis, las muestras se pueden mezclar en iguales proporciones y los análisis de la muestra compuesta serán iguales a los valores calculados; este promedio se pondera en el tiempo y no tiene en cuenta las diferencias de caudal entre las secciones.

Es preferible obtener promedios ponderados según el caudal, lo que implica medir la magnitud del caudal en cada sección en el momento de muestreo. Se debe conocer el área de cada sección transversal y preparar perfiles de velocidad para cada una de ellas. <sup>(5)</sup>

Para obtener un promedio ponderado según el caudal, el caudal en cada sección se multiplica por el valor del sector, los resultados de todos los sectores se suman y ese resultado se divide por el caudal total. Nuevamente, es posible reducir el trabajo de análisis preparando una muestra compuesta que contenga



muestras de cada sección agregadas en proporción a los flujos de las secciones, este proceso lleva mucho tiempo.

Si se toma una serie de promedios ponderados según el caudal utilizando los análisis de muestras individuales, se puede obtener una relación matemática entre los resultados analíticos de uno, o quizás más de los puntos de muestreo y en promedio ponderado según el caudal. El uso de esta relación podría contribuir a reducir en gran medida el tiempo y el trabajo requeridos, pero la confiabilidad del resultado será un tanto inferior. <sup>(5)</sup>

### **Puntos de muestreo.**

Hay diversos puntos posibles y su disponibilidad está limitada por las circunstancias propias de cada localidad. Todas tienen sus ventajas y desventajas, se describen a continuación.

#### **- Puentes**

Generalmente, quienes extraen muestras prefieren hacerlo desde puentes por su acceso fácil y por que permiten la exacta identificación del punto de muestreo, controlar las posiciones laterales y verticales del muestreo y trabajar sin peligro en todo tipo de condiciones climáticas o de caudal.

Las desventajas son los riesgos por el tráfico caminero y las dificultades con el tráfico fluvial en particular, dado que el muestreo normalmente se lleva a cabo en el lado de aguas abajo del puente.

Las condiciones hidráulicas pueden coadyuvar a la mezcla y pueden mejorar el contenido de oxígeno disuelto si hay un déficit apreciable, pero esto rara vez es significativo.

El muestreo desde puentes es, por lo general, la forma mas económica y expeditiva de tomar muestras de un río.<sup>(5)</sup>

- Botes

Realizarlo en cualquier punto a lo largo o ancho del río. Sin embargo, es necesario identificar con precisión el punto de muestreo, generalmente con referencia a una o mas señales en tierra. Es necesario tomar toda clase de precauciones a fin de evitar que el bote agite los sedimentos del fondo e ingresen a la muestra. Dado que puede haber riesgos por caudales elevados o tormentas, todas las personas a bordo deben tener salvavidas. El tiempo que emplea el bote para trasladarse de un punto a otro es prolongado y la flexibilidad de traslado que representa el bote tiene como contrapartida negativa la menor cantidad de puntos que se pueden visitar. Una alternativa mas veloz, siempre y cuando haya rampas adecuadas disponibles, consiste en remolcar con un automóvil un bote pequeño de un punto a otro; o simplemente se puede dejar un bote cerca de cada estación de muestreo en forma permanente.<sup>(5)</sup>

- Vadeo

Cuando los ríos son poco profundos, las muestras se pueden tomar vadeando. Las muestras deben extraerse río arriba de quien las recoge ya que este inevitablemente altera el fondo.

Si bien se pueden obtener muestras representativas, la persona a cargo de

la extracción de muestras quizás no lo considere muy satisfactorio ya que debe usar una vara o, en algunos casos, atarse una cuerda de salvamento sujeta en la ribera.

- Ribera

Solo se recurrirá a esta forma de muestreo cuando no haya otra opción. Es preferible que la muestra se tome en aguas turbulentas o en la ribera externa de un recodo del río donde el agua, por lo general, es profunda y rápida. La persona que tome las muestras deberá usar siempre una cuerda de salvamento firmemente sujeta a la tierra.

- Vagoneta o cajón de aforo (aéreo).

Se pueden usar los cajones (aéreos) usados en mediciones de velocidad previamente adaptados para tomar muestras de ríos.

Su empleo se restringe a los ríos más pequeños. <sup>(5)</sup>

- Helicópteros

El uso del helicóptero ofrece dos ventajas: La flexibilidad, ya que se puede tomar muestras en cualquier punto de un río o lago por difícil que sea su acceso, y la rapidez. Los ensayos indican que la perturbación del agua no afecta significativamente la concentración de oxígeno disuelto.

Si bien su costo es elevado, hay que considerarlo con respecto al costo total del muestreo y análisis de todas las muestras.

### **5.5.5 Muestreo en manantiales. <sup>(5)</sup>**

En este muestreo pueden presentarse dos situaciones:

1- Si el nivel del agua permite el muestreo manual se procederá a realizarlo en la misma forma que para los tanques.

2- Si el nivel del agua permite el muestreo manual, éste se efectuará de la siguiente manera:

a) Para muestras con análisis físicos y químicos.

La muestra se coleccionará por debajo del nivel del agua a unos 30 cm de profundidad y a 2 metros de distancia con respecto de la orilla, sumergiendo el recipiente y manteniendo en forma inclinada hasta que se llene, se retira de la corriente y se tapa.

b) Para muestras con análisis de metales.

seguir el mismo procedimiento que para las muestras de análisis físicos y químicos.

c) Para muestra con análisis de compuestos orgánicos.

Para las muestras con análisis extractables en medio ácido y medio alcalino, plaguicidas organoclorados, se deberá seguir los mismos lineamientos utilizados en el muestreo para análisis físicos y químicos.

Con respecto al muestreo de compuestos volátiles y trihalometanos se deberá tener cuidado de no burbujear en la muestra, se llenará por completo el recipiente y se tapaná de inmediato.

- d) Para muestras de grasas y aceites. En este caso la muestra deberá tomarse superficialmente con el recipiente ligeramente inclinado, es de vital importancia el verificar que en el punto de muestreo no exista turbulencia.

#### Muestreo en canales:

Se recomienda tomar la muestra en el centro del canal y cerca de la superficie, debido a que en este punto la velocidad es mayor y por consecuencia hay menor asentamiento de sólidos.

Los recipientes deberán ser abiertos a contracorriente, evitando que el agua toque las manos o algún instrumento antes de entrar al recipiente. Para toma de muestra, deben considerarse los puntos señalados anteriormente para muestreo por grupo de parámetros.

#### **Requerimientos de las aguas de un lago.** <sup>(5)</sup>

El comportamiento de las aguas de un lago está sujeto a una gran variedad de influencias que actúan sobre 3 dimensiones a diferencia de agua de río que con frecuencia es virtualmente unidimensional. Debido a la complejidad del comportamiento de las aguas la custr, se indican en detalle los factores que originan las variaciones espaciales y temporales en la distribución de la calidad del agua. Por lo general, el muestreo de un lago se realiza desde un bote.

El punto normalmente se indica mediante una combinación de señales en las orillas y perfiles de profundidad con sondaje acústico. No es fácil identificar

con precisión el punto todas las veces, pero esto normalmente no es necesario si hay una buena mezcla lateral.

Se recomienda observar el siguiente programa mínimo:<sup>(5)</sup>

-2 profundidades (superficiales y fondo ) si la profundidad del lago no supera los 10 metros.

-3 profundidades (superficiales, termoclina y fondo) en lagos de hasta 30 metros de profundidad.

-4 profundidades (superficie, hipolimnio superior, termoclina y fondo ) en lagos de por lo menos 30 metros de profundidad.

Para lagos de mas de 100 metros de profundidad hay que considerar la posibilidad de profundidades adicionales .

#### **5.5.6 Procedimiento para toma de muestra de agua de lago.** <sup>(5)</sup>

Muchos lagos presentan el fenómeno de estratificación térmica estacional, por lo que las muestras se extraen del lago en forma vertical de acuerdo con la posición del medidor. Se puede trazar un perfil vertical de la estratificación a partir de una serie de mediciones verticales de la temperatura. Las muestras deben extraerse:

- 1- Inmediatamente de la superficie del agua
- 2- Inmediatamente encima del epilimnio
- 3- Inmediatamente debajo del epilimnio
- 4- En la mitad del hipolimnio
- 5- Un metro por encima de la interfaz sedimento / agua

Si hay una zona anóxica, es conveniente extraer al menos dos muestras de esta capa. Para los lagos profundos, se deben extraer muestras a intervalos de, por ejemplo, 100 metros. Cuando el lago está totalmente mezclado, las muestras deberían extraerse de los puntos 1 y 5. Si después de la inmersión persiste una zona anóxica en el fondo, ésta también debería ser muestreada cerca de su límite superior.

### **5.5.7 Procedimiento de muestreo para agua de mar.**

-Criterio para la toma de muestra

Los sitios pueden ser seleccionados con base a información obtenida durante una medición ambiental y poblacional, es decir, en sitios con: Frecuencia de muestreo. El muestreo deberá realizarse con una frecuencia mensual en tanto a calidad del agua sea apta para uso recreativo, en caso contrario cambiar la periodicidad del muestreo hasta que las condiciones del agua se establezcan.

Es importante que el muestreo se realice de preferencia en días con mayor afluencia de bañistas y procurar que sea tomada a la misma hora.

Procedimiento de muestreo.

Las muestras se tomarán de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- En zonas de oleaje tranquilo, tomar las muestras en áreas donde la profundidad del agua llegue a 1.0 metros aproximadamente ( cintura del muestreador ) la muestra deberá tomarse a contracorriente del flujo entrante

y a 30 cm aproximadamente bajo la superficie del agua.

- En zonas de playa con rompiente cercana a la orilla, pasar la rompiente a una profundidad del agua de 1 a 1.15 metros. El muestreador deberá colocarse a.
- Contracorriente del flujo entrante y tomar la muestra a 30 cm bajo la superficie del agua. Si la pendiente del fondo es pronunciada, tomar la muestra en la orilla, donde la profundidad del agua esté entre el tobillo y la rodilla, llenar el recipiente procurando que contenga un mínimo de arena .
- Tomar una muestra para determinar la temperatura del agua de mar.

En la orilla de la playa anotar en la hoja de cadena de custodia la identificación de la muestra, hora y temperatura. Llenar los datos de la etiqueta del envase con fecha y hora del muestreo, identificación de la muestra e iniciales del muestreador.

- De acuerdo al tipo de recipiente:

a) Frasco de vidrio. Aflojar levemente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad y evitando que se contamine el tapón o el cuello del frasco. Introducir el frasco con la boca hacia abajo hasta la profundidad seleccionada al tipo de playa, quitar el tapón e invertir el frasco para llenarlo hasta que quede un tercio del frasco del volumen libre, poner el tapón y sacar el frasco.

b) Bolsa de plástico. Quitar la tira de seguridad a la bolsa, introducir la bolsa cerrada a la profundidad deseada, la cual deberá quedar en sentido contrario al flujo de corriente( para evitar que el agua toque primero las



manos del muestreador y después entre en la bolsa ), una vez que se llene del 80% al 90% de su volumen se cierra, se saca la bolsa del agua.

Mientras se jalan con fuerza los alambres, girar la bolsa varias veces, unir los extremos del alambre y retorcerlos entre sí, llenar dos bolsas de muestra para cada sitio.

Tomar una muestra adicional en el primer punto de muestreo con el fin de determinar la temperatura con la que han llegado las muestras al laboratorio.

## **VI. DISCUSION DE RESULTADOS**

## 6. 0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Existen diferentes procedimientos de muestreo para agua potable, residual, de río, lago y mar, y lo importante en cada caso es seguir el procedimiento indicado para el cuerpo de agua donde se desea muestrear. Habrá que señalar bien las zonas en estudio y los sitios de muestreo a fin de poder repetir el muestreo si es necesario.

El envase o bolsa en donde se recolecta la muestra debe etiquetarse correctamente y así evitar confundirla al momento del traslado al laboratorio o al momento de analizarla dentro del mismo. En general, se deberá cumplir con todo el procedimiento de la cadena de custodia ya que es necesario dejar escrito el procedimiento de muestreo en el libro de registro de campo y guardar toda la información en archivos manuales o electrónicos.

También es necesario seguir los procedimientos de muestreo en su totalidad, es decir, utilizar los preservantes indicados para cada parámetro, utilizar la papelería necesaria y conservar a una temperatura recomendada (4°C a la sombra).

Es necesario guardar las muestras en una hielera que contenga hielo picado y además un termómetro el cual sirve para regular su temperatura interna. La hielera contendrá dos blancos viajeros para tener un control de las variaciones de la muestra hacia el laboratorio y que esta no haya sufrido ninguna contaminación, los blancos son proporcionados por el laboratorio y se les ha tomado previamente su pH, temperatura y conductividad eléctrica.

## **VII. CONCLUSIONES**

## 7.0 CONCLUSIONES

1. Es necesario que la persona encargada de la toma de muestra conozca la técnica a utilizar en el proceso.
2. Los laboratorios en proceso de acreditación deberán contar con los procedimientos normalizados de muestreo para que el análisis cumpla con el aseguramiento de la calidad.
3. Como regla general el recolector de las muestras no debe usar joyas ni tener objetos en los bolsillos de la gabacha para evitar que caigan en el lugar de muestreo.
4. Asegurar la calidad de resultados manteniendo las muestras con los preservantes indicados ,así como el envase y la temperatura de conservación.
5. El agua y los residuos generados en el proceso de análisis de agua, como ejemplo la purga de un pozo o descontaminación del equipo a utilizar, tienen que descartarse de manera apropiada, ante cualquier duda se deberá consultar con los organismos encargados de protección al medio ambiente.
6. En caso de que la persona o grupo interesado en un análisis no pueda sufragar los gastos que implica la extracción de la muestra y la remita al laboratorio por sus medios, éste no se hará responsable de los resultados obtenidos, ni de las probables interferencias que puedan resultar debido al mal manejo de la muestra

## **VIII. RECOMENDACIONES**

## 8.0 RECOMENDACIONES

1. Las libretas utilizadas en el proceso de cadena de custodia deben escribirse en un lenguaje técnico legible con tinta indeleble y con la información completa.
2. El personal encargado de la toma de muestra debe ser capacitado periódicamente y poseer todos los artículos para protegerse al momento de realizar la toma de muestra.
3. El manejo de la muestra desde la toma hasta el momento de análisis debe ser apropiado incluyendo una envoltura y empaquetado seguro para que los envases conteniendo la muestra lleguen al laboratorio sin rotura.
4. El laboratorio debe cumplir con el procedimiento de muestreo especificado en el manual de calidad.
5. Se debe describir con claridad en el plan de muestreo como se manejará el agua contaminada y otros residuos resultantes, a fin de evitar contaminar el sitio de toma de muestra , así como el medio ambiente.
6. El equipo de campo a utilizar en el muestreo debe estar calibrado y el muestreador debe capacitarse para el uso correcto del equipo.

## **BIBLIOGRAFIA**



## BIBLIOGRAFÍA

1. APHA ( Asociación americana de publicaciones de salud EEUU)  
AWWA (Asociación americana de aguas de trabajo EEUU)  
WPCF (Federación del agua para el control de la contaminación EEUU).  
1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y  
residuales. Editorial Díaz de Santos, S.A. 33-44p.
2. APHA (Asociación americana de publicaciones de salud EEUU) 1963.  
Aguas y aguas de desecho, undécima edición. México Editorial  
Interamericana 27-29, 265-266, 331-332, 370, 425p.
3. Bonilla G.1992. Métodos Prácticos de inferencia estadística II,  
Segunda edición. San Salvador. El Salvador, UCA editores. 9-11p.
4. Manual de entrenamiento para laboratorio de pesticidas editado por  
Clifton E. Meloan USAID, EPA, FDA  
Septiembre 1997, pag. 3-4
5. OMS (Organización Mundial de la Salud). Programa sobre  
Monitoreo y evaluación global de la calidad del agua. 1992. tercera  
edición Canadá
6. Sandoval VM. 1992.Estudio bibliográfico sobre material de empaque  
Utilizado en la industria farmacéutica su diseño importación función.  
Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de  
El Salvador. 3-10p.

7. <http://www.angelfire.com/mb/elagua/eduprinc.htm>
8. <http://ag.arizona.edu/AZWATER/publication/handbook>
9. <http://www.aguamarket.com/Diccionario/terminus>.

Bolsas Whirl – Park

10. <http://www.eleco.com.uy/productos/nasco/bolsas.htm>.
11. Cuidados para la toma de muestra de agua  
<http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/fluoreciencia/calidadweb/cal02.htm>.capitulo N<sup>o</sup> 2
12. <http://www.lenntech.com/español/agua-pura-de-ultra.htm>
13. <http://www.guajara.com/wiki/es/wikidedia/h/hi/hidrolisis.htm/>
14. [www.epa.ie/](http://www.epa.ie/)
15. <http://www.eleco.com.uy/productos/nasco/bolsas.htm>
16. <http://www.gruposise.com>
17. <http://es.encarta.msn.com>
18. [www. http-icm.csic.es/rec/gim/defini-hm#tiposdemuestreo](http://www.icm.csic.es/rec/gim/defini-hm#tiposdemuestreo)

## GLOSARIO

Agua ultrapura: Agua producida que es extremadamente pura y contiene una concentración muy baja de sales, de los componentes orgánicos/pyrogene, oxígeno, sólidos suspendidos y de las bacterias. <sup>(12)</sup>

Anoxia anóxica: Insuficiencia respiratoria causada en muchos casos por una atmósfera pobre en oxígeno. <sup>(9)</sup>

Agua turbulenta: Es un tipo de movimiento del agua en el cual se desvía de sus cursos rectos en una serie de vueltas y remolinos. <sup>(18)</sup>

Cadena de custodia Es el proceso de posesión y manipulación de la muestra desde el momento en que fue tomada hasta el de su análisis y su eliminación final. <sup>(1)</sup>

Epilimnio: Capa superficial del cuerpo de agua limitada por dos factores: la intensidad de la penetración de la luz y una línea imaginaria donde la temperatura declina bruscamente, llamada termoclina. <sup>(18)</sup>

Hipolimnio: Capa de agua que se localiza por debajo de la termoclina, caracterizada por la ausencia de rayos luminosos y por su baja productividad. <sup>(18)</sup>

Hidrólisis: Es el desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos por acción del agua. <sup>(13)</sup>

Quimoclina: Es el límite entre el agua profunda, rica en gas y minerales, y el agua corriente de la superficie. <sup>(18)</sup>

Lixiviación: Proceso de lavado que realiza el agua que se infiltra en el suelo. <sup>(18)</sup>

Septo: Del latín septum, cerrar, cercar. Se aplica al objeto plástico que divide al medio del frasco con la muestra. <sup>(18)</sup>

Termoclina: Es la superficie del mar existe una capa relativamente caliente, con una temperatura uniforme; esa capa puede extenderse de los 20 a 200 metros de profundidad, dependiendo de las condiciones locales debajo de ella existe una zona limítrofe en donde se presenta un rápido descenso de la temperatura, llamada termoclina. <sup>(18)</sup>

Vadear: Pasar un río u otra corriente de agua profunda por el vado o por cualquier otro sitio donde se pueda hacer. <sup>(18)</sup>

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Muestreador y sacamuestras para líquidos



Figura 1. Toma de muestra de un lago.



Figura 2. Extracción de muestras de agua de un estanque.



Figura 3. Medición de la conductividad y pH de las muestras.

## Anexo 2

### **Material de empaque primario**

La industria farmacéutica emplea materiales que son los mismos que en cuanto a su acondicionamiento utilizan otras industrias, la diferencia se halla en la calidad o en las especificaciones requeridas por la industria farmacéutica que son más rigurosas. Por ejemplo: existen grados variables de permeabilidad no solo entre polímeros químicos diferentes, sino entre los de un mismo tipo y los productos medicinales requieren cierto grado de permeabilidad a excepción de ciertos casos.

En la selección de los materiales de empaque se deben considerar los siguientes aspectos:

- Su capacidad de conservar y proteger al producto.
- El costo de su puesta en práctica, incluyendo la posibilidad de mecanización o empaquetado en serie.
- La comodidad de su empleo.
- La estética en la presentación.
- Facilidad de aprovisionamiento.

Entre los materiales utilizados en la elaboración de empaques primarios se tiene los siguientes:

1. Vidrio
2. Metales
3. Plásticos
4. Materiales celulósicos

## Anexo 2. Continuación

### **Vidrio**

Según las normas ASTM (Estándares americanos para materiales de prueba), el vidrio se define como un producto inorgánico que es enfriado a una condición rígida sin cristalización.

El vidrio está catalogado como el mejor material de empaque, debido a su estructura y composición es compatible con diversos productos y, tan solo variando su composición se puede ajustar su conducta química a fin de obtener propiedades específicas para su uso. Por ejemplo se disminuye la transmisión de radiaciones, se puede atenuar la liberación de un álcali, etc. y si se incorpora óxido de potasio se vuelve resistente a la hidrólisis, especialmente la ácida.

Al usar Silicio y Boro, se le denomina borosilicatado; se puede decir que el agente vitrificante que confiere transparencia al vidrio es el Sílice; al agregar óxido de calcio, como agente estabilizante, se impide las alteraciones de la estructura y en gran medida lo hace insoluble en las soluciones acuosas.

Se puede observar que las propiedades del vidrio están en relación directa con su composición química, ya que no es una especie química definida ni responde a una fórmula constante.

La clasificación mas satisfactoria para los vidrios utilizados en los envases farmacéuticos es la adoptada por la farmacopea de los Estados Unidos (U.S.P. XVIII, 1970), que establece la clase de envases de vidrio para productos orales y parenterales, agrupándolos en diferentes tipos como se describe a continuación:



## Anexo 2. Continuación

- Vidrio tipo I o vidrio de borosilicato : Su composición es aproximadamente Sílice 70%, anhídrido bórico 10%, alúmina más de 5%
- Vidrio tipo II : De composición sódica-cálcica, que ha sufrido un proceso de neutralización superficial con anhídrido sulfuroso (  $\text{SO}_2$  ).
- Vidrio tipo III : Pertenece a la categoría sódica cálcica, sin tratamiento superficial. Su composición química es variable, pero en general se encuentra óxido de silicio más del 71 %, óxido de aluminio mas del 2, óxido de sodio- óxido de potasio menos del 13, óxido de boro- óxido de magnesio abundante.
- Vidrio tipo IV : Pertenece a la categoría de vidrio sódico-cálcico de uso general .

### **Metales**

El Pomo fue usado en la antigüedad, pero por ser fácilmente atacable y altamente tóxico ha sido reemplazado por el Estaño aunque es de alto costo. En general el Aluminio es utilizado en la producción de tapones, envases para aerosoles, envases en forma de tubos, ya sea solo o recubierto por películas especiales; se puede aumentar la resistencia química del Aluminio sumergiéndolo en soluciones salinas que forman una capa protectora de complejos de Aluminio en forma de sales de cromato y fosfato.

Es frecuente que el aluminio se manufacture con polietileno para darle flexibilidad y para que selle fácilmente, este material de empaque constituye el denominado empaque flexible.

## Anexo 2. Continuación

### **Plástico**

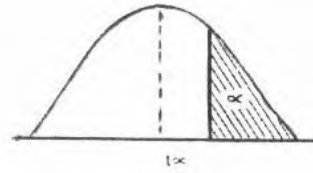
Comúnmente se consideran dos tipos de materiales plásticos: Los termoplásticos y los termoendurecidos.

Los termoplásticos se plastifican en caliente y se endurecen en frío y también pueden reciclarse. Los termoendurecidos son materiales que en principio son de consistencia blanda, lo que le permite su moldeo, modificándose químicamente por efecto de la temperatura que los vuelve rígido, no permitiendo ser reciclado, ejemplos son los fenoplásticos, aminoplásticos, poliésteres y poliuretano.

Es poco común que un material plástico se presente como un polímero puro, ya que en su composición además del polímero se encuentran estabilizantes, plastificantes, lubricantes, cargas, colorantes, etc. Y todos estos aditivos modifican más las características químicas y físicas de los materiales plásticos.

### Anexo 3

Tabla de distribución t de student con v grados de libertad



<b>v</b>	<b>t<sub>.45</sub></b>	<b>t<sub>.40</sub></b>	<b>t<sub>.30</sub></b>	<b>t<sub>.25</sub></b>	<b>t<sub>.20</sub></b>	<b>t<sub>.10</sub></b>	<b>t<sub>.05</sub></b>	<b>t<sub>.025</sub></b>	<b>t<sub>.01</sub></b>	<b>t<sub>.005</sub></b>
1	.158	.325	.727	1.000	1.376	3.08	6.31	12.71	31.82	63.66
2	.142	.289	.617	.876	1.061	1.89	2.92	4.30	6.96	9.92
3	.137	.277	.584	.765	.978	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84
4	.134	.271	.569	.741	.941	1.53	2.13	2.78	3.75	4.60
5	.132	.267	.559	.727	.920	1.48	2.02	2.57	3.36	4.03
6	.131	.265	.553	.718	.906	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71
7	.130	.263	.549	.711	.896	1.42	1.90	2.36	3.00	3.50
8	.130	.262	.546	.706	.889	1.40	1.86	2.31	2.90	3.36
9	.129	.261	.543	.703	.883	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25
10	.129	.260	.542	.700	.879	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17
11	.129	.260	.540	.697	.876	1.36	1.80	2.20	2.72	3.11
12	.128	.259	.539	.695	.876	1.36	1.78	2.18	2.68	3.06
13	.128	.259	.538	.694	.870	1.35	1.77	2.14	2.62	2.98
14	.128	.258	.537	.692	.868	1.34	1.76	2.13	2.60	2.95
15	.128	.258	.536	.691	.866	1.34	1.75	2.12	2.58	2.92
16	.128	.258	.535	.690	.865	1.34	1.75	2.11	2.57	2.90
17	.128	.257	.534	.689	.863	1.33	1.74	2.10	2.55	2.88
18	.127	.257	.534	.688	.862	1.33	1.73	2.09	2.54	2.86
19	.127	.257	.533	.688	.861	1.33	1.73	2.09	2.53	2.84
20	.127	.257	.533	.687	.860	1.32	1.72	2.08	2.52	2.83
21	.127	.257	.532	.686	.859	1.32	1.72	2.07	2.51	2.82
22	.127	.256	.532	.686	.858	1.32	1.72	2.07	2.50	2.81
23	.127	.256	.532	.685	.858	1.32	1.71	2.06	2.49	2.80
24	.127	.256	.531	.685	.857	1.32	1.71	2.06	2.48	2.79
25	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.06	2.48	2.78
26	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.05	2.47	2.77
27	.127	.256	.531	.684	.855	1.31	1.70	2.05	2.47	2.76
28	.127	.256	.530	.683	.855	1.31	1.70	2.04	2.46	2.76
29	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.76
30	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.75
40	.126	.255	.529	.681	.851	1.30	1.68	2.02	2.42	2.70
60	.126	.254	.528	.679	.848	1.30	1.67	2.00	2.39	2.66
120	.126	.254	.526	.677	.845	1.29	1.66	1.98	2.36	2.62
$\alpha$	.126	.253	.524	.674	.842	1.28	1.845	1.06	2.33	2.58

## Anexo 4

Ejemplo de cómo encontrar el número de muestras a tomar para un análisis.

En la siguiente tabla se muestran valores de  $\text{NO}_3$  para un muestreo al azar de 20 datos, con los cuales determinaremos la desviación estándar a utilizar:

x (mg/L)	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
2.0	0.18	0.0324
1.0	0.82	0.6724
1.5	0.32	0.1024
1.8	0.02	$4 \times 10^{-4}$
1.9	0.08	$6.4 \times 10^{-3}$
2.0	0.18	0.0324
1.5	0.32	0.1024
2.5	0.68	0.4624
3.0	1,18	1.3924
3.5	1.68	2.8224
1.0	-0.82	0.6724
2.5	0.68	0.4624
1.0	-0.82	0.6724
1.5	-0.32	0.1024
1.8	-0.02	$4 \times 10^{-4}$
1.6	-0.22	0.0484
1.7	-0.12	0.0144
1.8	-0.02	$4 \times 10^{-4}$
1.9	0.08	$6.4 \times 10^{-3}$
1.0	-0.82	0.6724
36.5		8.278

- Sabemos que:  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$   
 y como  $n = 20$  ;  $\sum x = 36.5$ ,  
 la media aritmética es igual a :  
 $\bar{x} = 1.825$

- Para encontrar la desviación estándar utilizamos la fórmula

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

Sustituyendo:

$$S = \sqrt{\frac{8.278}{20}}$$

$$S = 0.64 ;$$

El valor de t de student se determina de acuerdo al nivel de confianza (U) que en este caso es de 95%. el valor de t se encuentra en la tabla ver anexo 3, y se determina para valores  $n-1$ .

Como tenemos los valores:

$$S = 0.64$$

$$t = 2.86$$

$$U = 0.95$$

Sustituimos en la fórmula:

$$N = \left( \frac{(2.86) (0.64)}{0.95} \right)^2$$

$$N \geq \left( \frac{ts}{U} \right)^2$$

$$N = 3.71 \simeq 4$$

Para una población hipotética con 20 fuentes de agua, multiplicaremos el valor obtenido por el número de fuentes a analizar. En el ejemplo anterior, el número de muestras a tomar será de 80. Las fuentes pueden ser de agua de río, lago, manantiales, pozos, etc.

Anexo 5



Figura 4. Hielera utilizada para preservar <sup>(15)</sup>



Figura 5. Muestreador para líquidos <sup>(15)</sup>