

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



**CUANTIFICACION, POR FOTOMETRIA DE LLAMA, DE SODIO Y POTASIO  
EN AGUA ENVASADA EN PRESENTACIONES DE 600 y 500 mL Y  
COMERCIALIZADAS EN EL DISTRITO DOS DE LA ZONA  
METROPOLITANA DE SAN SALVADOR.**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:  
ELBA LILIANA NOCHEZ VEGA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

**MARZO 2014**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

## **COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION**

### **COORDINADORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

### **ASESORES DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS Y VETERINARIOS**

Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez.

MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejia.

### **DOCENTES DIRECTORES**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

Licda. Rosa Mirian Rivas de Lara

## INDICE

Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xiv
Capítulo II	
2.0 Objetivos	17
2.1 Objetivo General	17
2.2 Objetivos Específicos	17
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	19
3.1 El Agua	19
3.1.1 Propiedades Físicas	19
3.1.2 Propiedades Químicas	20
3.1.3 Ciclo del Agua	21
3.2 Agua envasada	22
3.2.1 Clasificación del agua de consumo humano	23
3.2.2 Fuentes de abastecimiento de agua natural	24
3.2.3 Fuentes de agua utilizada por empresas envasadoras nacionales	28
3.2.4 Regulaciones del agua envasada	28
3.2.4.1 Normas Nacionales	28
3.2.4.2 Normas Internacionales	31
3.3 Sodio	34
3.3.1 Generalidades del sodio	34
3.3.2 Propiedades Físicas	35
3.3.3 Propiedades Químicas	36
3.3.4 Abundancia y Obtención del sodio	37
3.3.5 Fuentes de contaminación de sodio	38

3.3.6	Regulación de Sodio en agua envasada	38
3.4	Potasio	39
3.4.1	Generalidades del Potasio	39
3.4.2	Propiedades Físicas	40
3.4.3	Propiedades Químicas	41
3.4.4	Abundancia y Obtención del Potasio	42
3.4.5	Fuentes de contaminación de Potasio	42
3.4.6	Regulación de Potasio en Agua envasada	43
3.5	Efectos del Sodio y Potasio en la Hipertensión Arterial	45
3.6	Fotometría de llama	48
3.6.1	Características y Funciones de la llama	48
3.6.2	Análisis de Sodio por Fotometría de llama	51
3.6.3	Análisis de Potasio por Fotometría de llama	51
Capítulo IV		
4.0	Diseño Metodológico	53
4.1	Tipo de Estudio	53
4.2	Investigación Bibliográfica	53
4.3	Investigación de Campo	53
4.4	Parte Experimental	56
4.4.1	Determinación de Sodio	56
4.4.2	Determinación de Potasio	58
Capítulo V		
5.0	Resultados y Discusión de los Resultados	61
5.1	Recolección de muestras	61
5.2	Cuantificación de Sodio y Potasio por el método de Fotometría de llama	68
5.2.1	Resultados de la cuantificación de Potasio	68
5.2.2	Discusión de Resultados del Análisis de Potasio	71
5.2.3	Resultados de la cuantificación de Sodio	74

5.2.4	Discusión de Resultados de Análisis de Sodio	76
5.3	Comparación de los resultados obtenidos en el análisis con la NSO 13.07.02:08 y con los límites recomendados por la OMS	80
5.3.1	Comparación de los resultados obtenidos en la cuantificación de Potasio con la IDR de la OMS	80
5.3.2	Comparación de los resultados obtenidos en la cuantificación de Sodio con la NSO 13.07.02:08 Agua Potable	82
5.4	Efectos de la Presión Arterial por exceso de Sodio o Déficit de Potasio	84
Capítulo VI		
6.0	Conclusiones	87
Capítulo VII		
7.0	Recomendaciones	90
	Bibliografía	92
	Glosario	98
	Anexos	103

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N°</b>		<b>N° Pág.</b>
1.	Molécula de Agua	20
2.	Ciclo del Agua	21
3.	Bomba Sodio – Potasio	47
4.	Zonas de la Llama	49
5.	Porcentaje de marcas de agua envasada nacionales de mayor preferencia por los consumidores.	62
6.	Porcentaje de marcas de agua envasada internacionales de mayor preferencia por los consumidores.	63
7.	Curva de calibración de Concentración de Potasio vs Emisión	68
8.	Curva de Regresión Ajustada Concentración de Potasio vs Emisión	69
9.	Curva de calibración de Concentración de Sodio vs Emisión	74
10.	Curva de Regresión Ajustada Concentración de Sodio vs Emisión	75
11.	Resultados obtenidos de la cuantificación de Potasio por marca de agua envasada	81
12.	Gráfica de los resultados obtenidos de la Cuantificación de Sodio por marca de agua envasada	83
13.	Etiqueta para identificación de muestras	121
14.	Fotómetro de llama digital PFP7	121
15.	Mapa de área metropolitana de San Salvador	122

16.	Preparación de Solución 100 ppm Potasio	123
17.	Preparación de Estándares de Potasio	124
18.	Preparación de solución de sodio 100 ppm	125
19.	Preparación de Estándares de Sodio	126
20.	Muestras de Agua envasada	127
21.	Preparación de muestras de agua para análisis	127
22.	Lectura de las muestras en Fotómetro de llama	128

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO N°</b>		<b>N° Pág.</b>
1.	Marcas de agua envasada nacionales de mayor preferencia por los consumidores	62
2.	Marcas de agua envasada internacionales de mayor preferencia por los consumidores	63
3.	Información general de las muestras de marcas nacionales de agua envasada	64
4.	Información general de las muestras de marcas internacionales de agua envasada	66
5.	Lecturas de emisión de los estándares de Potasio.	68
6.	Lectura de emisión de las muestras analizadas de marcas nacionales para análisis de Potasio.	72
7.	Lectura de emisión de las muestras analizadas de marcas internacionales para análisis de Potasio.	73
8.	Lectura de emisión de los estándares de Sodio	74
9.	Lectura de emisión de las muestras analizadas de marcas nacionales para análisis de Sodio	78
10.	Lectura de emisión de las muestras analizadas de marcas internacionales para análisis de sodio	79
11.	Resultados promedios de la cuantificación de Potasio	80
12.	Resultados promedios de la cuantificación de sodio	82
13.	Fuentes de agua utilizada por las empresas envasadoras de agua comercializadas en El Salvador	105
14.	Empresas envasadoras de agua por departamento.	107
15.	Listado de marcas de agua envasada nacionales	

	registradas en San Salvador	109
16.	Lista de empresas importadoras de agua envasada en El Salvador	111
17.	Valores máximos permisibles para sustancias químicas en NSO 13.07.01:08 Agua Potable	112
18.	Valores de sodio y Potasio recomendados por la Guía de Calidad para el agua potable de la OMS	113
19.	Valores de referencia de Ingesta dietética recomendada de Sodio y Potasio (como ingesta adecuada) derivada del IOM Institute of Medicine, National Academies.	114
20.	Listado de supermercados del Distrito 2 del área metropolitana de San Salvador.	120

## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad la cuantificación de Sodio y Potasio en muestras de agua envasada comercializadas en el Distrito dos de la zona Metropolitana de San Salvador, posteriormente los resultados obtenidos en el análisis se compararon con los límites establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable (NSO: 13.07.01:08) y con los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

Las muestras fueron seleccionadas en base a una encuesta dirigida a los consumidores en 3 puntos de muestreo representativos. La recolección de las muestras se llevó a cabo en el mes de Julio del año 2013. Se seleccionaron 7 marcas de agua envasada y se recolectaron 6 muestras por marca haciendo un total de 42 muestras.

La parte experimental se realizó en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. El método de análisis empleado para la cuantificación de Sodio y Potasio fue el Método de Fotometría de Llama.

Después de analizar las muestras de las diferentes marcas de agua envasada la concentración de Potasio obtenida en la cuantificación de Potasio osciló entre 0.55 ppm y 5.83 ppm de Potasio y la concentración de Sodio obtenida en la cuantificación de Sodio osciló entre 5.59 ppm y 28.59 ppm de Sodio.

Los resultados obtenidos nos indican que las muestras de agua analizadas cumplen con los límites máximos permisibles de Sodio establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13. 07.01:08 la cual establece un límite máximo de 200 mg/L y con los límites recomendados de ingesta dietética (IDR)

de Potasio por la Organización Mundial de la Salud la cual establece un ingesta dietética mínima de 4700 mg/día, por lo que se considera que las marcas de agua analizadas no pueden ser perjudiciales para la salud de los consumidores con respecto al incremento de la Hipertensión Arterial.

Se recomienda que se realicen estudios o evaluaciones sobre el efecto en la presión arterial provocados por el exceso de sodio o déficit de potasio. Y que las entidades competentes realicen monitoreos para verificar que las empresas envasadoras de agua cumplan con los parámetros establecidos en las diferentes Normas Obligatorias relacionadas a la calidad del agua para consumo humano, así como también que se planifiquen acciones que ayuden a minimizar los riesgos por incumplimiento a toda normativa legal relacionada con la calidad de agua.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

La demanda de agua envasada para consumo humano en El Salvador, ha crecido considerablemente en los últimos años, generalmente la población consume este líquido vital de la red pública que maneja la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), la cual en la mayoría de los casos ha sido cuestionada por su calidad y por no cumplir con las condiciones adecuadas para su consumo, es por esta razón que la población salvadoreña ha optado por adquirir las diferentes marcas de agua envasada que se comercializan en el país, las cuales deben cumplir con los parámetros estipulados por la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Envasada NSO 13.07.02:08, garantizando así la calidad de la misma.

Son diversas las causas que pueden afectar la calidad del agua, entendiendo por calidad el cumplimiento de las características y de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en las normas nacionales e internacionales, y con límites de concentración que no afecten la salud del consumidor; es por esta razón que existe la necesidad de realizar diversos estudios acerca de la calidad del agua envasada y de los efectos que el incumplimiento de los límites establecidos pueden producir en la salud de los consumidores.

Existen varias regulaciones o normativas que se aplican en el área operativa o productiva de las empresas envasadoras de agua en El Salvador, con el fin de garantizar la calidad del producto que comercializan dichas empresas, entre algunas de estas regulaciones se encuentran el Código de Salud, la Ley del Consumidor y la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Envasada NSO 13.07.02:08.

En esta investigación se seleccionaron dos parámetros como son el Sodio y el Potasio debido a que existen informes e investigaciones realizados por diferentes organismos e instituciones, tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Food and Drug Administration (FDA) y el Ministerio de Salud (MINSAL), las cuales hacen mención de la posible relación que puede existir entre el incremento de la Presión Arterial y la concentración de Sodio y Potasio presente en las diferentes marcas de agua envasada, y considerando que la mayoría de fuentes de abastecimiento de agua utilizadas por las empresas envasadoras, son aguas naturales que pueden contener diversas concentraciones de minerales, debido a la disolución de los estratos minerales por las aguas y los procesos de lixiviación de rocas de distinta composición.

El objetivo de la presente investigación es la determinación cuantitativa de Sodio y Potasio en diferentes marcas de agua envasada en presentaciones de 500 y 600mL distribuidas en el distrito dos de la zona metropolitana de San Salvador, con el fin de verificar si estas cumplen con los límites recomendados por las normas nacionales tomando como referencia la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08 y con los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y también para que los ciudadanos tengan conocimiento del contenido de sodio y potasio en las aguas envasadas y los efectos que estos elementos pueden producir en la salud.

La toma de muestras se llevó a cabo en diferentes supermercados del distrito dos del área metropolitana de San Salvador, las muestras fueron seleccionadas a través de un muestreo dirigido puntual y fueron analizadas por el método de Fotometría de Llama para la cuantificación de Sodio y Potasio en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, periodo 2013.

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar, por fotometría de llama, Sodio y Potasio en agua envasada en presentaciones de 500 y 600mL comercializados en el distrito dos de la zona metropolitana de San Salvador.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.2.1** Recolectar las muestras de agua envasada que serán analizadas en los puntos de muestreo seleccionados.
  
- 2.2.2** Determinar Sodio y Potasio por el Método de Fotometría de llama en diferentes marcas de aguas envasadas comercializadas en el distrito dos de la zona metropolitana de San Salvador.
  
- 2.2.3** Comparar los resultados obtenidos en el análisis de agua entre marcas de agua envasada nacionales e internacionales y verificar si los resultados cumplen con los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por la Norma Salvadoreña de Agua potable (NSO 13.07.01.08).
  
- 2.2.4** Recopilar bibliográficamente los efectos en la presión arterial provocados por el exceso de sodio o déficit de potasio en el agua envasada.
  
- 2.2.5** Dar a conocer a la Defensoría del Consumidor los resultados obtenidos del análisis químico realizado en agua envasada.

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### **3.0 MARCO TEORICO**

#### **3.1 EL AGUA** <sup>(4)</sup>

El agua constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida.

El agua del planeta esta principalmente almacenada en los océanos (97.39%) y en los glaciares (2.01%). Un porcentaje importante está contenido en las formaciones geológicas (0.54%). El remanente (0.06%) está constituido por aguas superficiales, que en una gran proporción son saladas y por lo tanto no potables. El agua dulce directamente disponible para consumo humano constituye menos del 0.02% de la hidrósfera. De esta cantidad el 95% esta almacenada en los lagos, quedando solamente 0.001% para todos los ríos y arroyos.

El agua del planeta cumple con un ciclo que también es llamado ciclo hidrológico, que consiste en que el agua pasa a la atmósfera por evaporación o transpiración y vuelve al suelo para condensación y precipitación. De esta manera la naturaleza garantiza que el agua no se pierda y pueda volver siempre a ser utilizada por los seres vivos.

##### **3.1.1 PROPIEDADES FISICAS** <sup>(18)</sup>

El agua pura es un líquido incoloro, inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que solo puede detectarse en capas de gran profundidad. El agua es la única sustancia que puede encontrarse en la naturaleza en los tres estados físicos de la materia es decir líquido, sólido y gaseoso.

A una presión atmosférica de 760 mm de mercurio, el punto de congelación del agua es de  $0^{\circ}\text{C}$  y su punto de ebullición de  $100^{\circ}\text{C}$ . El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  y es aproximadamente igual a la unidad ( $0.9999\text{ g/mL}$ ) y se expande al congelarse. Su tensión superficial varía con la temperatura y tiene una capacidad calorífica con un mínimo de  $34^{\circ}\text{C}$  y  $35^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1.2 PROPIEDADES QUIMICAS<sup>(32)</sup>

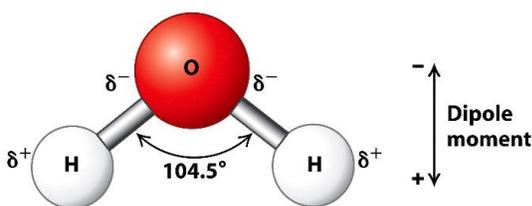


Figura N° 1  
Molécula del Agua

La molécula del agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, de modo que el átomo de oxígeno ocupa una posición central. La distancia del enlace O-H es de  $0.96\text{ \AA}$  y el ángulo formado por los tres átomos H-O-H es de  $104.5^{\circ}$  (Figura N° 1).

La geometría angular de las moléculas de agua tiene consecuencias enormes para los sistemas vivos. El agua es una molécula polar, el átomo de oxígeno con sus electrones no apareados lleva una carga negativa parcial y cada uno de los átomos de hidrógeno lleva una carga parcial positiva. Las atracciones electrostáticas entre los dipolos de las moléculas de agua son fundamentales para las propiedades del agua en sí y para su papel como solvente. Las moléculas de agua vecinas tienden a orientarse de manera que el enlace O-H de una molécula (el extremo positivo) apunte hacia uno de los pares de

electrones de la otra molécula de agua (el extremo negativo). La asociación intermolecular direccional resultante se conoce como *punte de hidrógeno*.

Esta propiedad es la que hace que el agua sea conocida como “solvente universal”. El carácter polar del agua hace un solvente excelente para materiales polares y iónicos.

### 3.1.3 CICLO DEL AGUA <sup>(10)</sup>

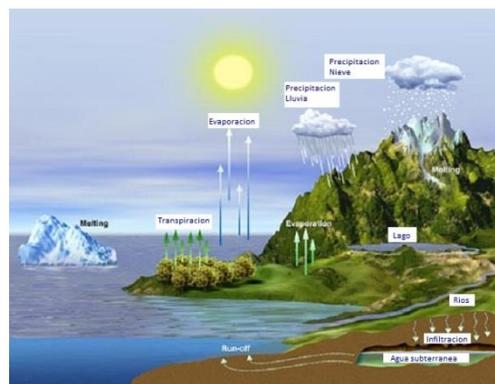


Figura N° 2  
Ciclo del Agua

La precipitación, percolación, escurrimiento y evaporación son etapas en el ciclo del agua, el cual no tiene principio ni fin. Del agua que llega a la tierra, alguna cae directamente sobre las superficies acuáticas; otra parte fluye sobre la tierra y hace su ruta por arroyos y ríos, estanques, lagos y depósitos o mares y océanos; parte de ella retorna de inmediato a la atmósfera por evaporación, desde las superficies acuáticas y terrestres así como por evaporación y transpiración de la vegetación y otra parte se filtra en la tierra. (Ver Figura N° 2)

Parte del agua que penetra en la corteza terrestre, es retenida cerca de la superficie, de donde alguna cantidad se evapora directamente y otra es tomada

por la vegetación, para ser retornada a la atmósfera por transpiración. El remanente del agua infiltrada escurre hacia abajo por gravedad, hasta alcanzar el nivel freático, para unirse al depósito subterráneo dentro de la corteza terrestre. La mayor parte del agua subterránea es descargada hacia la superficie del suelo a través de manantiales, o pasa ya sea al nivel freático o bajo el, a las corrientes o masas estáticas de agua, incluyendo los océanos.

El agua que fluye por arroyos y ríos se deriva, solo en una pequeña parte de la precipitación directa y en su mayoría del agua de lluvia que escurre por la superficie del suelo.

La evaporación y la precipitación son las principales fuerzas motrices en el ciclo del agua. La radiación solar es la fuente de energía requerida. El escurrimiento y la percolación desplazan el escenario de su evaporación a lo largo de la superficie terrestre; la circulación atmosférica lo hace para su condensación y precipitación.

### **3.2 AGUA ENVASADA** <sup>(19)</sup>

El agua envasada, considerada por la mayoría de instituciones gubernamentales como un alimento empacado, es definida según la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua envasada (NSO) 13.07.02:08 como “aquella apta para consumo humano, contenida en recipientes apropiados, aprobados por la autoridad competente, con cierre hermético que garantice las características de cumplimiento, sin aditivos que modifiquen sus características organolépticas, debiendo permanecer en tal condición hasta que llegue a manos del consumidor final”.

El agua envasada se puede encontrar en diferentes presentaciones, y en recipientes conteniendo diferentes volúmenes. El agua envasada es producto

de un largo procedimiento que inicia desde la elección de la fuente apropiada, continuando con el abastecimiento, tratamiento hasta llegar al envasado y, dependiendo si recibe o no tratamiento y que tipo de tratamiento. Podemos encontrarla en diferentes denominaciones, tales como agua mineral natural, agua purificada, agua enriquecida, entre otras.

### **3.2.1 CLASIFICACION DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO** <sup>(19)</sup>

#### **- Según el tipo de fuente de agua**

- a) Agua natural
- b) Agua de red pública

#### **- Según el tipo del agua de la fuente**

- a) Agua artesiana
- b) Agua de pozo
- c) Agua de manantial

Definiciones según la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO 13.07.02:08):

#### **- Agua natural**

Se define al agua natural como “el agua de manantial, mineral, artesiana o de pozo la cual se deriva de una formación subterránea y que no proviene de una sistema de abastecimiento municipal o público de agua”.

#### **- Agua de red pública**

Se define como “agua potable, cuya fuente proviene de un sistema de abastecimiento de agua a través de las redes de distribución”.

- **Agua artesiana**

Se define como “agua obtenida de un pozo que perfora un manto acuífero confinado ubicado por encima del nivel freático. El agua artesiana debe cumplir con los requisitos de agua natural”.

- **Agua de pozo**

Se define como “agua de un orificio perforado, excavado o de alguna manera construido en la tierra para obtener agua de acuífero. El agua de pozo deberá satisfacer los requisitos del agua natural”.

### 3.2.2 FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA NATURAL

El origen o las fuentes de abastecimiento de agua, son muy importantes en lo referente a la calidad y composición del agua. Las diferentes fuentes de agua ayudarán a determinar la naturaleza de los procesos posteriores de recolección, purificación, conducción y distribución.

- **Agua superficial** <sup>(29)</sup>

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua, forman ríos, lagos, lagunas, pantanos y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es la proveniente de precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

En nuestro país las aguas superficiales han sido utilizadas como cuerpos receptores de aguas residuales y desechos sólidos; lo que ha ocasionado un notable deterioro de su calidad. Las aguas negras y los desechos industriales arrastrados por el agua de fuentes puntuales no son tratadas en la mayoría de

los casos, en lugar de ser tratados, estos son descargados en corrientes de agua más cercanas o en lagunas de desechos.

El agua superficial es la más utilizada en nuestro país para la distribución y abastecimiento de agua en la red pública pero debido a su alta contaminación, esta debe pasar por un tratamiento de purificación adecuado para que sea apta para consumo humano, lo que algunas veces puede ocasionar una modificación en las características organolépticas o en el contenido de sales minerales del agua.

- **Agua Subterránea** <sup>(10)</sup>

Las fuentes de agua subterránea son aquellas en las que el agua se encuentra bajo la superficie; esta proviene directa o indirectamente de la precipitación; directamente, como agua de lluvia que se filtra al interior del suelo, pasa por grietas o pasajes en formaciones rocosas y penetra a profundidad suficiente para alcanzar el nivel freático; indirectamente, como agua superficial de corrientes, pantanos, lagos y depósitos, que se filtra al suelo a través de terrenos permeables cuando el nivel freático es inferior a las superficies libres del agua. El agua subterránea puede fluir a través de cavernas, fracturas y pasos de solución a velocidades comparables a las de las corrientes superficiales, o puede moverse en flujo laminar a través de los intersticios capilares de los suelos.

Las aguas subterráneas forman grandes depósitos que en muchos lugares constituyen la única fuente de agua disponible; cuando circulan bajo tierra, forman grandes sistemas de cuevas y galerías. En algunos lugares regresan a la superficie, brotando de la tierra, se transforma en manantiales, ríos, quebradas y océanos. Esta sale del subsuelo y forma el agua superficial. También pueden ser extraídas del acuífero por medio de la perforación de

pozos, los cuales dependiendo de las formaciones geológicas a través de las que pasan y su profundidad, son excavados, clavados y perforados, hasta profundidades de cientos o miles de metros.

Las aguas subterráneas de acuíferos profundos y confinados son habitualmente inocuas y químicamente estables si no existe contaminación directa por lo que las hace de mayor calidad para consumo humano; sin embargo, los acuíferos poco profundos o no confinados pueden estar expuestos a contaminación por las descargas o filtraciones asociadas a las prácticas agropecuarias, las redes de saneamiento y alcantarillado locales y los residuos industriales.

#### - **Acuíferos**

Un acuífero es una formación geológica saturada con agua, cuyo volumen y permeabilidad es suficiente para sostener la extracción de un caudal significativo de agua dulce. Se define también como la parte del subsuelo, compuesto por una o más formaciones geológicas que debido a la porosidad, permeabilidad o fracturación del material terráqueo que la forma y sus condiciones hídricas, almacena agua subterránea que fluye a través de la formación geológica y en cantidades que pueden ser extraídas.

#### - **Manantial**

Un manantial es una fuente natural de agua que surge del interior de la tierra o entre las rocas, desde un solo punto o por un área pequeña. Pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos. Puede ser permanente o temporal, se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud.

La composición del agua de los manantiales varía según la naturaleza del suelo o la roca donde se almacena.

- **Agua mineral** <sup>(11)</sup>

Las aguas minerales constituyen un recurso natural que yace en estratos acuíferos subterráneos. Se diferencian claramente del agua potable y se caracteriza por su contenido de determinadas sales minerales y sus proporciones relativas, así como por la presencia de elementos trazas o de oligoelementos y otros constituyentes útiles para el metabolismo humano.

Se obtienen directamente de fuentes naturales o perforadas de aguas subterráneas procedentes de estratos acuíferos, en los cuales, dentro de los perímetros protegidos deberán adaptarse todas las precauciones necesarias para evitar que la calidad química o física del agua mineral sufra algún tipo de contaminación o influencia externa.

La incorporación de los minerales al agua se debe a su elevado poder disolvente y a sus propiedades de combinación. Esta disolución comienza incluso antes de que se incorpore al sistema de flujo subterráneo propio de cada acuífero. Gases, aerosoles, polvo y sales diversas, presentes en la atmósfera, reaccionan con el agua.

La interacción con el suelo (capa edáfica), zona no saturada y acuífero aportara al agua su contenido iónico.

Los principales minerales que se encuentran presentes en las rocas sedimentarias y que pueden ser solubilizados son: Sílice, Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), Anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), Yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), Caolinita, Halloysita, etc. Además algunas veces se encuentran, especialmente asociados a los yesos, la sal común y los sulfatos de sodio y magnesio. Los iones disueltos en las aguas subterráneas se suelen dividir en mayoritarios, minoritarios y trazas. Los iones mayoritarios son cloruro, bicarbonato, sulfato, calcio, magnesio, sodio y potasio. Los iones minoritarios son aquellos que se

encuentran habitualmente formando menos del 1% del contenido iónico total. Los más importantes son bromuro, yoduro, sílice, litio, estroncio, fosfato, nitrito, hierro, manganeso, aluminio y fluoruro. Los elementos trazas son los que se encuentran en cantidades inferiores y que requieren técnicas muy resolutivas para su determinación. Son los metales pesados y otros. Los minerales se disuelven en el agua por su paso por las zonas subterráneas. Esto le brinda sabor al agua, dependiendo de la naturaleza geológica del terreno.

### **3.2.3 FUENTES DE AGUA UTILIZADA POR EMPRESAS ENVASADORAS NACIONALES <sup>(6)</sup>**

En el 2007, la Defensoría del Consumidor realizó un estudio en el cual se determinó la fuente de agua utilizada por las 34 empresas envasadoras de agua registradas en El Salvador, revisando el etiquetado de cada una de las marcas se obtuvieron los siguientes resultados: 11 marcas (32.35% de las muestras) reportan que tienen como fuente la red pública de agua potable, 10 marcas (29.41% de las muestras) informan que su fuente son las aguas de manantiales y aguas subterráneas, 5 marcas (14.7 % de las muestras) informan que envasan agua natural y las 8 marcas restantes (23.5% de las muestras) no especifican cual es la fuente de agua que utilizan (Ver anexo No.2).

### **3.2.4 REGULACIONES DEL AGUA ENVASADA**

#### **3.2.4.1 Normas Nacionales**

La producción y comercialización del agua envasada en El Salvador, se encuentra regulada por un marco normativo compuesto de los siguientes cuerpos legales:

- Código de Salud.
- La Ley de Protección al Consumidor.

- La Norma Salvadoreña Obligatoria de agua envasada.

- **Código de Salud** <sup>(7)</sup>

En el artículo No. 83 y artículo No. 86 literal “b” del Código de Salud se establece la facultad del Ministerio de Salud MINSAL para emitir las normativas necesarias para regular la elaboración, distribución y comercialización de los alimentos y bebidas destinadas al consumo público.

La misma disposición legal le atribuye la potestad de otorgar las autorizaciones para el funcionamiento de establecimientos que se dediquen a la elaboración, distribución y comercialización de alimentos y bebidas, siempre y cuando cumplan con los requisitos exigidos en las normativas respectivas.

- **Ley de Protección al Consumidor** <sup>(15)</sup>

En el Artículo 4 de la ley del consumidor se establecen los derechos básicos de los consumidores, destacándose el derecho a la información, que es el derecho a recibir del proveedor la información completa, precisa, veraz, clara y oportuna, que determine las características de los productos y servicios a adquirir, así como también de los riesgos o efectos secundarios, si los hubiere.

Por otra parte en el capítulo sobre el derecho a la seguridad y a la calidad, se establece la prohibición de los productos y servicios que puedan implicar un riesgo no solo para la vida, sino también para la salud y seguridad de las personas consumidoras.

- **Norma Salvadoreña Obligatoria de agua envasada** <sup>(19)</sup>

La Norma Salvadoreña Obligatoria de agua envasada NSO 13.07.02:08 define al agua envasada como “aquella apta para el consumo humano, contenida en recipientes apropiados, aprobados por la autoridad competente, con cierre

hermético que garantice las características de cumplimiento de esta norma, sin aditivos que modifiquen sus características organolépticas, debiendo permanecer en tal condición hasta que llegue a manos del consumidor final”.

Esta norma se aplica al agua envasada en lo que refiere a la extracción, tratamiento, envasado, etiquetado, almacenaje, transporte, distribución y comercialización, y también en lo que corresponde al agua envasada importada, así como también establece límites máximos permisibles microbiológicos y de sustancias químicas para conservar la calidad del agua.

La institución estatal responsable de la aplicación y vigilancia de esta norma es el Ministerio de Salud MINSAL, y el obligatorio cumplimiento de la misma les corresponde a todas las empresas, nacionales y extranjeras, cuya actividad económica sea extraer, tratar, envasar, etiquetar, almacenar, transportar y distribuir agua envasada para consumo humano.

El objeto general de esta norma es establecer los requisitos físicos, químicos, microbiológicos, radiológicos y de control de buenas prácticas de manufactura que debe cumplir el agua envasada destinada para el consumo humano. Así mismo la norma establece los requisitos específicos del diseño y comportamiento para determinar si las instalaciones, métodos, prácticas y controles utilizados en la extracción, tratamiento, envasado, almacenamiento, despacho, transporte y distribución de agua envasada están conformes a las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), las cuales establecen lineamientos a seguir en cuanto a la protección de la fuente de agua, edificios e instalaciones, operaciones sanitarias básicas, procedimientos, equipo, envasado y las cualidades del personal que debe laborar en la planta. La norma también incluye los métodos recomendados para la realización de los ensayos, la frecuencia del muestreo, los registros que se deben llevar, la verificación y

cumplimiento de las regulaciones establecidas, y por ultimo las regulaciones en cuanto a la distribución del producto.

### 3.2.4.2 Normas internacionales del agua envasada

#### - **Normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS)** <sup>(22)</sup>

Las Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), sirven de base para la elaboración de normas de todos los tipos de agua envasada. Como en el caso de otras fuentes de agua de consumo, la inocuidad se logra mediante una combinación de medidas de gestión, normas sobre la calidad de los productos terminados y actividades de análisis. La Comisión del Codex Alimentarius (CAC) de la OMS y la Organización de los Estados Unidos para la Agricultura (FAO) provee el marco internacional para la reglamentación del agua envasada. La *Norma para las aguas minerales naturales* describe el producto y sus parámetros de composición y calidad, establece límites para determinadas sustancias químicas y aborda aspectos relativos a la higiene, el envasado y el etiquetado; así como también establece requisitos estrictos para las aguas minerales naturales, como que deben ser extraídas de una fuente natural, como un manantial o pozo, y que deben embotellarse sin tratamiento adicional. La CAC ha elaborado también una *Norma general para las aguas potables embotelladas/envasadas distintas de las aguas minerales naturales*, la cual incluye aguas de otras fuentes, además de los manantiales y pozos, y permite el tratamiento del agua para mejorar su inocuidad y calidad.

#### - **Normas de la Administración de Drogas y alimentos (FDA)** <sup>(12)</sup>

En los Estados Unidos, el agua embotellada y el agua potable se rigen por dos organismos diferentes, la FDA regula el agua envasada y la Agencia de

Protección del Medio Ambiente (EPA) regula el agua potable, también conocida como agua potable pública.

La FDA regula el agua envasada como un alimento y la define como “el agua en botella destinada para consumo humano y que se encuentra sellada en botella u otros envases, sin los ingredientes agregados a menos que ‘esta pueda contener agentes antimicrobianos inocuos e idóneos”.

La FDA ha establecido normas específicas para el agua envasada en el Código de regulaciones Federales capítulo 21 (21 CFR), incluyendo el estándar de las normas de identidad, que definen los diferentes tipos de agua envasada, como el agua de manantial y agua mineral; las Normas de Calidad donde se establecen los niveles permitidos de contaminantes químicos, microbianos, físicos y radiológicos. También se encuentran establecidas las Buenas Prácticas de Manufactura (GMP), las Normas para la elaboración y envasado de agua potable, y las Normas de etiquetado.

- **Norma de la Asociación Internacional de Embotelladores de Agua (IBWA)** <sup>(13)</sup>

El *Código de Práctica* del agua envasada IBWA (International Bottled Water Association), llamado también el “Código modelo”, fue la primera norma publicada en 1982, cuando las regulaciones de la FDA para el agua envasada todavía estaban limitadas. La IBWA la cual es una asociación de representantes de diferentes marcas de agua envasada, desarrolló una serie de estándares que pueden ser utilizados como estándares mínimos que los miembros de dicha asociación deben adoptar para sus propias regulaciones y así verificar la seguridad y la calidad de su producto.

Los miembros de la IBWA normalmente emplean medidas adicionales para asegurar la protección del agua envasada; empezando desde la fuente de agua hasta el empaque. Estos requerimientos están escritos en el código modelo IBWA. Los miembros de esta asociación son convocados para pasar por una inspección de planta improvisada, estas inspecciones son conducidas por una organización de tercería y hacen cumplir todas las regulaciones aplicables. La IBWA actualmente contrata los servicios de la Fundación Internacional de Saneamiento, una auditoría técnica independiente altamente calificada.

- **Estándares de calidad según la EPA** <sup>(8)</sup>

Los estándares de agua de consumo humano, son regulación establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para controlar el nivel de contaminantes presentes en el agua. Estos estándares son parte de la “ley de agua potable segura” (SDWA, por sus siglas en ingles), aprobada para asegurar la protección del agua de consumo humano, e incluye: el análisis y protección de las fuentes agua, la protección de pozos y sistemas de captación, el tratamiento por medio de operadores cualificados y el control de la integridad de sistemas de distribución, y de la información al público sobre la calidad del agua.

Existen dos categorías de estándares del agua potable:

1. El reglamento nacional primario de agua potable

Estándar primario o NPDWR (por sus siglas en inglés) son los estándares aplicables legalmente a los sistemas públicos de agua. Los estándares primarios protegen la calidad del agua potable mediante la limitación de los niveles de contaminantes específicos que puedan afectar negativamente a la salud pública. Estos estándares están relacionados con los Niveles Máximos de Contaminantes.

## 2. El reglamento nacional secundario de agua potable

Estándar secundario o NSDWR (por sus siglas en ingles), es una guía para informar sobre los contaminantes que pueden producir efectos estéticos, como decoloración de la piel o dentadura, o dificultades de sabor, olor y color en el agua de consumo humano. La EPA recomienda los estándares secundarios a los sistemas de agua pero no los obliga a cumplir con ellos.

La EPA sigue una serie de instrucciones para determinar si es necesario establecer un estándar con relación a un contaminante en particular, y si es así, cuál debe ser el estándar. La EPA determina primero los contaminantes que tiene que regular. Estas determinaciones están basadas en los peligros para la salud y en la posibilidad de que estos contaminantes puedan existir en los sistemas públicos de agua en cantidades preocupantes.

### 3.3 SODIO

#### 3.3.1 GENERALIDADES DEL SODIO <sup>(33)</sup>

En 1806 Sir Humpry Davy descubrió que el enlace químico era de naturaleza eléctrica y que podía usar la electricidad para separar sustancias en sus componentes básicos, los elementos químicos.

En 1807, en el Instituto Real de Londres, Humpry Davy aisló sodio por primera vez, por medio de electrólisis utilizando hidróxido de sodio seco ligeramente humedecido. Davy observó que el metal que se formó en el electrodo que colocó dentro del hidróxido de sodio líquido, se convirtió en sólido al enfriarse, el cual era extremadamente maleable y mucho más suave que cualquiera de las sustancias metálicas comunes y parecía tener un brillo plateado.

El nombró al nuevo metal Sodio, debido a que había utilizado sosa cáustica, conocida también como soda, como fuente de obtención. En Alemania la sosa cáustica era conocida como Natronlauge, por lo que se sugirió que el nuevo elemento debería llamarse Natronium, es de aquí que se obtiene el símbolo químico del sodio Na.

### 3.3.2 PROPIEDADES FISICAS <sup>(33)</sup>

El Sodio se encuentra dentro del grupo de los metales alcalinos, su número atómico es 11 y su masa atómica es 22.98 g/mol. El sodio tiene un solo electrón en su órbita más externa, su valencia es +1, debido a esto, el sodio es un elemento químico altamente reactivo. Es un metal ligero que flota en el agua debido a su baja densidad.

En la naturaleza no se encuentra en forma metálica, sino formando parte de una gran variedad de minerales. A temperatura ambiente se encuentra en forma de una sustancia sólida metálica que es muy suave al tacto, cuando no está expuesto al aire es de color blanco plateado y brillante pero cuando éste entra en contacto con el aire se vuelve opaco y gris debido a la reacción con el oxígeno presente en la atmósfera.

Tanto el punto de fusión y el punto de ebullición del sodio son bastante altos; su punto de ebullición es de 883° C y su punto de fusión se encuentra a 97.72° C. El sodio es un buen conductor de la electricidad, lo que significa que la corriente eléctrica puede pasar a través de este elemento sin mucha resistencia.

### Propiedades Físicas del Sodio

Nombre	Sodio
Símbolo	Na
Clasificación	Metal alcalino
Numero atómico	11
Masa atómica	22.98977 g/mol
Densidad a 20° C	0.97 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	97.72° C, 370.87 K
Punto de ebullición	883° C
Capacidad calorífica	0.292 cal/g (solido) y 0.331 cal/g (liquido)
Radio atómico	185 pm
Radio iónico	97 pm
Color	Blanco plateado

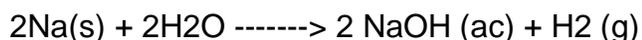
### 3.3.3 PROPIEDADES QUIMICAS <sup>(33)</sup>

El sodio es un metal alcalino muy reactivo, es más reactivo en comparación con el Litio y tiene propiedades menos reactivas que el Potasio.

El sodio reacciona fácilmente con el Oxígeno formando óxido de sodio; cuando una pieza de sodio entra en contacto con el aire, se forma el óxido de sodio al instante y este forma una capa blanca que protege al metal de cualquier otra reacción adicional. Cuando el Sodio se quema en el aire, reacciona con el oxígeno atmosférico para formar Peróxido de sodio (Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

El sodio reacciona violentamente con el agua a 25° C, dando como resultado la formación de una solución incolora que consiste en hidróxido de sodio y gas hidrógeno. Se trata de una reacción exotérmica, el metal sodio se calienta y puede entrar en ignición y quemarse dando lugar a una característica llama

naranja. El hidrógeno liberado durante el proceso reacciona fuertemente con el oxígeno del aire, produciendo un estallido.



Con el Amoniaco reacciona bajo dos condiciones diferentes, cuando la reacción se lleva a cabo con carbono puro se obtiene Cianuro de sodio (NaCN) y liberación de gas hidrógeno; cuando reacciona con amoniaco líquido utilizando como catalizadores hierro, cobalto o níquel, se obtiene Amida de sodio (NaNH<sub>2</sub>) y la formación de gas hidrogeno.

### 3.3.4 ABUNDANCIA Y OBTENCION DEL SODIO <sup>(33)</sup>

El sodio ocupa el sexto lugar por su abundancia entre todos los elementos de la corteza terrestre, la cual contiene el 2.83% de sodio en sus formas combinadas y es el metal alcalino de mayor abundancia. Durante millones de años el sodio se ha desprendido de rocas y suelos, y se disuelve en el agua de los océanos. Las sales de sodio son altamente solubles y tienden a permanecer en solución ya que no se producen entre ellas reacciones de precipitación.

Los niveles de sodio en el agua pueden variar entre menos de 1 mg/L y más de 500 mg/l. El ión sodio suele estar asociado con el ión cloruro, el agua de mar contiene aproximadamente 11,000 ppm de sodio, por lo que el sodio es después del cloro, el segundo elemento más abundante en solución en el agua de mar, también se encuentran concentraciones significantes en los ríos y en los lagos (aproximadamente 9 ppm).

Las sales de sodio más importantes que se encuentran en la naturaleza son el cloruro de sodio o sal de roca (NaCl), el carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), el borato de sodio o bórax (Na<sub>2</sub>[B<sub>4</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>].8H<sub>2</sub>O), el nitrato de sodio (NaNO<sub>3</sub>) y el sulfato

de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Las sales de sodio se encuentran en el agua de mar, lagos salados, agua de manantial y agua mineral.

### **3.3.5 FUENTES DE CONTAMINACION DE SODIO** <sup>(33)</sup>

Los compuestos de sodio se utilizan en muchos procesos industriales y en la mayoría de ocasiones terminan como aguas residuales de procedencia industrial las cuales son desechadas incorrectamente en los océanos, disolviéndose y contaminando así el agua natural.

Otra fuente de contaminación de sodio es la intrusión de agua de mar en las aguas subterráneas, esta consiste en el movimiento del agua de mar en los acuíferos de agua dulce debido a procesos naturales o actividades humanas. La intrusión de agua de mar se debe a la disminución de los niveles de aguas subterráneas o por aumento en los niveles de agua de mar. Esta puede afectar la calidad del agua no solo en los sitios de bombeo de pozos, sino también en otros sitios de pozos y en las porciones no desarrolladas del acuífero.

### **3.3.6 REGULACION DE SODIO EN AGUA ENVASADA**

La principal fuente de exposición diaria de Sodio son los alimentos incluyendo el agua envasada. Aunque generalmente las concentraciones de sodio en el agua envasada no son mayores de 20 mg/L, en algunos países pueden superar en gran medida esta cantidad debido a la intrusión salina, depósitos minerales, efluentes de aguas residuales, etc. A pesar de la variación de la concentración de sodio en las diferentes clases de agua envasada, no se ha determinado un valor de referencia basado en los efectos sobre la salud <sup>(26)</sup>.

En la Norma Salvadoreña Obligatoria de agua envasada NSO 13.07.02:08 no se hace referencia a ningún valor máximo permitido para la concentración de sodio en agua envasada, en la Norma Salvadoreña Obligatoria de agua, agua potable NSO 13.07.01:08 si se hace referencia a un límite máximo permisible de sodio de 200.0 mg/L (Ver anexo N° 6), basándose en el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud. <sup>(20)</sup>

Las Normas Internacionales para el agua potable de la OMS de 1958, 1963 y 1971 no hicieron referencia al Sodio. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicada en 1984, se concluyó que no habían pruebas suficientes para justificar el establecimiento de un valor de referencia para el sodio, basándose en las consideraciones relativas al riesgo para la salud, pero se señaló que la ingesta de sodio en el agua de consumo puede afectar más a las personas que requieren una dieta baja en sodio y a los lactantes alimentados con biberón. Se estableció un valor de referencia para el sodio de 200 mg/L basado en las consideraciones gustativas, ya que si las concentraciones rebasan los 200 mg/L, el agua podría tener un gusto inaceptable (Ver Anexo 7). <sup>(22)</sup>

## **3.4 POTASIO**

### **3.4.1 GENERALIDADES DEL POTASIO** <sup>(32)</sup>

En 1807, en el Instituto Real de Londres, Humpry Davy aisló potasio por primera vez, por medio de electrólisis utilizando hidróxido de potasio seco ligeramente humedecido. La electrólisis fue impulsada por la producción combinada de tres baterías que él había construido.

Cuando Davy aplicó voltaje al hidróxido de potasio, observó la formación de unos glóbulos con un alto brillo metálico recolectados en el electrodo cargado negativamente. Los glóbulos explotaron cuando estuvieron en contacto con la atmósfera. Davy observó que el nuevo metal presentaba una densidad tan baja que flotaba en el aceite, una característica que ningún otro metal presentaba. El colocó una pieza de potasio en agua y observó que el agua se descomponía con gran violencia, y observó una explosión instantánea con llama purpura brillante. El potasio fue el primer metal aislado por medio de la electrólisis.

El nombre de potasio se deriva de la palabra inglesa “potasa”, que originalmente significaba un álcali extraído con agua. El símbolo químico K proviene de la palabra “Kalium” nombre del elemento en Alemania y Escandinavia.

### **3.4.2 PROPIEDADES FISICAS** <sup>(32)</sup>

El potasio se encuentra dentro del grupo de los metales alcalinos y químicamente está representado por el símbolo K; su número atómico es 19 y su masa atómica es 39.0983 g/mol.

El potasio es un metal alcalino de color blanco plateado, de gran abundancia en la naturaleza. Este metal reactivo es un sólido suave, blando y ligero que se corta con facilidad con un cuchillo. Tiene un punto de fusión muy bajo 63.2° C, y es el segundo metal menos denso después de litio, su densidad es de 0.86 g/cm<sup>3</sup> a 20° C, flota fácilmente en el agua. El potasio es plateado pero se oxida rápidamente con el aire y se oscurece en cuestión de minutos, por lo que generalmente se almacena bajo aceite o grasa.

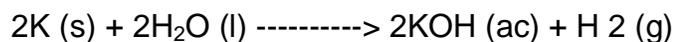
### Propiedades Físicas del potasio

Nombre	Potasio
Símbolo	K
Clasificación	Metal alcalino
Numero atómico	19
Masa atómica	39.0983 g/mol
Densidad a 20° C	0.862 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	63.2° C
Punto de ebullición	760° C
Color	Blanco plateado

### 3.4.3 PROPIEDADES QUIMICAS <sup>(32)</sup>

El potasio es un metal muy reactivo, este reacciona muy rápida e intensamente con el agua y el oxígeno. Con el oxígeno reacciona violentamente formando peróxido de potasio.

El potasio reacciona con el agua formando una solución incolora básica de hidróxido de potasio (KOH) y gas hidrógeno. Esta es una reacción exotérmica, el potasio se calienta hasta tal punto que aparece una llama color púrpura, además el hidrógeno liberado durante la reacción, reacciona fuertemente con el oxígeno de la atmósfera. El potasio reacciona más rápidamente y violentamente con el agua que el sodio.



El potasio no reacciona con la mayoría de los hidrocarburos, tales como aceite mineral o queroseno. Se disuelve fácilmente en líquido amoníaco, hasta 480g por 1000g de amoníaco a 0° C. En una solución pura, el potasio reacciona

lentamente con el amoníaco para formar  $\text{KNH}_2$ , pero esta reacción es acelerada por pequeñas cantidades de sales de metales de transición.

#### **3.4.4 ABUNDANCIA Y OBTENCION DEL POTASIO** <sup>(32)</sup>

El potasio es un elemento muy común, es el séptimo elemento más abundante en la corteza terrestre, la cual contiene 2.83% de potasio en sus formas combinadas. Algunos minerales arcillosos contienen potasio, estos se disuelven en el agua de mar a través de procesos naturales, como el proceso de meteorización. Las sales de potasio presentan solubilidades muy elevadas y son difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm y el agua de mar contiene alrededor de 400 ppm de potasio, por lo que lo hace un elemento mucho menos significativo que el sodio.

Las principales fuentes de potasio en el suelo son las arcillas. Los niveles de potasio en el suelo son muy variables en función del tipo de arcilla que contenga y del porcentaje de esta en la fracción mineral del suelo.

Entre algunos minerales que contienen potasio se encuentran los feldespatos que corresponden a un sistema ternario compuesto de ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) y anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) y ocasionalmente de depósitos de evaporitas, en particular de sales tipo silvina ( $\text{KCl}$ ) o carnalita ( $\text{KCl MgCl}_2$ ).

#### **3.4.5 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE POTASIO** <sup>(32)</sup>

El potasio es un componente esencial en la nutrición de las plantas y se encuentran en la mayoría de los tipos de suelo, es por esto que su uso principal es como fertilizante en la agricultura, este se encuentra en forma de cloruro potasio ( $\text{KCl}$ ), sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) o nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ). Los

fertilizantes agrícolas consumen el 95% de la producción mundial de potasio y aproximadamente el 90% de este se suministra como Cloruro de potasio (KCl).

Estos fertilizantes producen aguas residuales agrícolas que por procesos naturales se disuelven en el agua superficial, incrementando así la concentración de potasio en el agua y estos son difíciles de purificar.

Los compuestos de potasio también son muy utilizados en aplicaciones industriales, los principales productos químicos de potasio utilizados en la industria son el hidróxido de potasio, carbonato de potasio y cloruro de potasio. Todos estos compuestos en la mayoría de los casos terminan en aguas residuales industriales y no son tratadas adecuadamente antes de ser vertidas a las aguas superficiales, contaminando así el agua natural y afectando la calidad del agua.

#### **3.4.6 REGULACION DE POTASIO EN AGUA ENVASADA**

El potasio es un elemento esencial que está presente en todos los alimentos, especialmente en vegetales y frutas, pero también lo podemos encontrar en bajas concentraciones en el agua de consumo humano ya sea natural pero especialmente en las aguas que han pasado por un tratamiento de purificación con permanganato de potasio y cloruro de potasio, los cuales pueden incrementar considerablemente la concentración de potasio en el agua. Los niveles resultantes de potasio en el agua que ha pasado por un tratamiento con sales de potasio, pueden ser de un máximo de 10 mg/L. Aunque las concentraciones de potasio normalmente encontradas en el agua para consumo son generalmente bajas y no presenta una preocupación para la salud, la alta solubilidad del cloruro de potasio y su uso en el tratamiento de agua puede provocar un incremento de exposición significativo.<sup>(24)</sup>

Un estudio realizado en el Reino Unido por el Regional Heart Study encontró una concentración promedio de potasio de 2.5 mg/L en agua potable, otro estudio realizado en Canadá en el 2008 por Health Canadá indicaron que las concentraciones promedio de potasio en agua natural y agua tratada que provenía de diferentes áreas variaban entre <1 y 8 mg/L. Sin embargo en un área donde existe la mayor producción de Cloruro de Potasio alcanzó una concentración de 51 mg/L. <sup>(14)</sup>

En nuestro país no existe una norma que establezca un límite del contenido de potasio en el agua envasada. La Norma Salvadoreña Obligatoria de agua envasada NSO 13.07.02:08 y la Norma Salvadoreña Obligatoria de agua, agua potable NSO 13.07.01:08 no hacen referencia a ningún valor máximo o mínimo permitido para la concentración de potasio en el agua de consumo humano.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) tampoco hace referencia a un límite de concentración de potasio en el agua, pero en un estudio realizado llamado "*Potassium in drinking water*", se recomienda una ingesta de 4.7 g/día de potasio para adultos (19 a 70 años de edad). Este límite está basado en los Valores de Referencia de Ingesta Dietética proporcionados por el Instituto de Medicina (IOM) (ver anexo N° 8). Según el estudio se considera que este nivel de potasio debe mantener la presión sanguínea baja y reduce los efectos adversos del cloruro de sodio en la presión sanguínea.

Debido a que existe insuficiente información acerca de los beneficios de dichos efectos en el ensayo dosis – respuesta, un promedio estimado del potasio requerido no puede ser establecido. <sup>(24)</sup>

### 3.5 EFECTOS DEL SODIO Y POTASIO EN LA HIPERTENSION ARTERIAL

La Hipertensión Arterial (HTA), definida como el aumento mantenido de las cifras de presión arterial sistólica/diastólica (PAS/PAD) en valores superiores a 140/90 mmHg, es un trastorno muy frecuente, que afecta aproximadamente a 1,000 millones de personas en todo el mundo y es el factor de riesgo de enfermedad cerebrovascular más frecuente en los pacientes mayores de 50 años de edad. La PAS y la PAD presentan una distribución unimodal en la población, observándose que el riesgo cardiovascular aumenta de forma directa y continua con valores de PAD > 70 – 75 mmHg y de PAS > 110 – 115 mmHg.<sup>(17)</sup>

La Hipertensión arterial incrementa la incidencia de enfermedades cardiovasculares: enfermedades cerebrovasculares, cardiopatía isquémica, insuficiencia cardíaca, vasculopatías periféricas y nefropatías, así como la muerte súbita con respecto a los normotensos de la misma edad y sexo. Además, con frecuencia, la Hipertensión arterial coexiste con otros factores de riesgo, como obesidad, dislipemia, diabetes mellitus, tabaquismo, etc. <sup>(17)</sup>

La ingesta exagerada de sodio, especialmente en la forma de cloruro de sodio y el reducido aporte de potasio, son determinantes, junto con la obesidad y el sedentarismo de un aumento progresivo de la incidencia y prevalencia de la hipertensión arterial.

La alta ingesta de Sodio, parece actuar sinérgicamente en el desarrollo de la hipertensión arterial. Existe evidencia de que el Sodio (Na) aumenta la estimulación del nervio simpático causando una constricción de los vasos sanguíneos renales, disminuyendo así la excreción de sal y agua.

Existen muchos estudios que muestran que el control de la presión arterial (PA) es mejor cuando se reduce la ingesta de Sodio (Na), sin embargo, el papel del sodio tanto en la patogenia de la HTA como su correlación con la mortalidad cardiovascular, es actualmente muy debatido y no existe acuerdo en el mundo científico acerca del impacto real del sodio en la HTA. <sup>(34)</sup>

El sodio es el principal catión extracelular y ha sido considerado esencial en la aparición y mantención de la hipertensión arterial. Por el contrario, el potasio, el principal catión intracelular, generalmente se ha considerado como un factor de menor importancia en la patogénesis de la hipertensión arterial. Sin embargo, existe evidencia que indica que un déficit de potasio tiene un papel fundamental en la hipertensión arterial y en sus secuelas cardiovasculares. El déficit de potasio aumenta las cifras de pacientes con hipertensión arterial y la administración oral de suplementos de potasio a pacientes hipertensos disminuye sus valores. Según estudios realizados, un incremento en la ingesta diaria de potasio de 80 mmol/día disminuye la presión sistólica en 5.9 mmHg y la diastólica en 3.4 mmHg. <sup>(34)</sup>

Muchos estudios experimentales, epidemiológicos y clínicos han mostrado que un aumento de la ingesta de potasio tiene efectos favorables en la salud, pero no debemos olvidar que hay algunos pacientes que se exponen al riesgo de hiperkalemia severa cuando tienen alterados sus mecanismos de excreción renal de potasio. <sup>(34)</sup>

El alto consumo de sodio puede crear un desequilibrio en el buen funcionamiento de la bomba sodio-potasio, que es la que regula la concentración de dichos iones en nuestro organismo.

### 3.5.1 BOMBA SODIO-POTASIO

La bomba sodio-potasio es una proteína de membrana fundamental en la fisiología de las células excitables que se encuentra en todas nuestras membranas celulares. Su función es el transporte de los iones inorgánicos más comunes en biología (Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y Potasio ( $\text{K}^+$ )) entre el medio extracelular y el citoplasma. (32) Realmente poco Sodio sale, o entra, de la célula por el sistema de Ósmosis. Si la ósmosis fuera eficaz, ella haría que la cantidad de Sodio fuese la misma dentro y fuera de las células. Sin embargo, el Sodio está en mayor cantidad fuera de la célula (142 meq/l) y en menor dentro de la célula (10 meq/l). Es por eso que la mayoría del Sodio sale de la célula por un sistema llamado transporte activo, donde la presencia del Potasio y el uso de energía, son esenciales (Ver Figura N°3). (17)

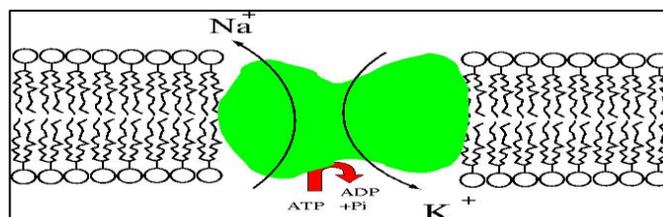


Figura N° 3  
Bomba Sodio - Potasio

La bomba de sodio – potasio juega un papel muy importante en el mantenimiento del volumen celular. La salida del Sodio ( $\text{Na}^+$ ) de la célula, hace que el líquido extracelular tenga un mayor potencial eléctrico positivo. Eso atraerá los iones negativos (Cloro, etc.) para fuera de la célula. Con más  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  fuera de la célula, el agua saldrá de dentro de la célula, por ósmosis, evitando el entumecimiento arriba de lo normal. (17)

De esa manera podemos entender la importancia del Potasio en la alimentación de las personas, porque su deficiencia daña el funcionamiento de la bomba sodio – potasio que es esencial a la vida normal de todas las células del cuerpo humano.

### **3.6 FOTOMETRIA DE LLAMA** <sup>(21)</sup>

Es una técnica espectroscópica de emisión que utiliza una llama como fuente de excitación y un fotodetector electrónico como dispositivo de medida. La fotometría de emisión de llama es principalmente un método de análisis cuantitativo y es uno de los métodos más sensibles y precisos para el análisis de metales alcalinos, la mayor parte de los metales alcalinotérreos y una media docena más de otros elementos metálicos.

Los procesos que conducen a la emisión se logran mediante la introducción de la muestra en el seno de la llama. La muestra se nebuliza transformando la solución en un aerosol constituido por diminutas gotitas de líquido. Posteriormente ocurren una serie de procesos que al final dan como resultado una mezcla de átomos del analito, iones de analito; moléculas de la muestra y una variedad de especies moleculares y atómicas que se forman por reacciones entre el combustible, el oxidante y la muestra. Debido a la gran variedad de procesos complejos que tienen lugar, no es sorprendente que la atomización sea la etapa más crítica de la espectroscopia de llama, y la que limita la precisión de este método.

#### **3.6.1 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DE LA LLAMA** <sup>(21)</sup>

Se distinguen cuatro zonas en el seno de la llama (Ver Figura N°4):

1. Zona de precalentamiento: aquí la mezcla se calienta hasta la temperatura de combustión. En esta zona, el soluto se des-solvata parcialmente.

2. Cono azul o interno: es la zona en donde se produce la vaporización y descomposición de las moléculas del soluto y comienza su proceso de excitación.
3. Zona interconal: es la más transparente, en donde la interferencia por parte de la llama es mínima.
4. Cono externo: en esta zona se completa la combustión con reacciones de quimioluminiscencia, auxiliadas por la presencia de aire, emitiendo radiación azul – violeta.

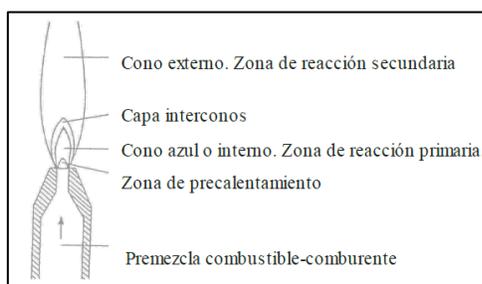


Figura No. 4  
Zonas de la llama

Para que la llama sea considerada adecuada debe cumplir ciertos requisitos, como por ejemplo poseer la temperatura adecuada para llevar a cabo satisfactoriamente los procesos que ocurren en ella, debe mantenerse constante y su propio espectro no debe interferir en la observación específica de la emisión que se desea medir.

Las funciones básicas de la llama en la espectroscopia de emisión son:

1. Convertir los constituyentes de la muestra líquida al estado de vapor.
2. Descomponer estos constituyentes en átomos o moléculas simples.
3. Excitar electrónicamente estos átomos y moléculas simples.

**Procesos que se llevan a cabo en la llama** <sup>(21)</sup>

1. Se evapora el agua o los otros disolventes dejando como residuo diminutas partículas de sal seca.
2. La sal seca se vaporiza, es decir, pasa al estado gaseoso.
3. Las moléculas gaseosas, o una parte de ellas, se disocian progresivamente dando lugar a átomos neutros o radicales. Estos átomos neutros son las especies emisoras en fotometría de llama.
4. Parte de los átomos neutros se excitan térmicamente o se ionizan. La fracción excitada térmicamente es importante en análisis por fotometría de llama ya que el retorno al estado fundamental de los electrones excitados es el responsable de la emisión de la luz que se mide.
5. Parte de los átomos neutros o de los radicales que se encuentran en la llama pueden combinarse para formar nuevos compuestos gaseosos. La formación de estos compuestos reduce la población de átomos neutros en las llamas y constituye las interferencias químicas que se presentan en los métodos de análisis que utilizan llamas.

- **Instrumental:** El fotómetro de llama JENWAY modelo PFP7 (Ver Figura N° 14) es un equipo de fotometría atómica de emisión de llama diseñado para la determinación rutinaria de Sodio (Na), Potasio (K), Litio (Li), Calcio (Ca) y Bario (Ba) en soluciones acuosas. El instrumento utiliza un aspirador capilar para inyectar la muestra en una cámara de mezcla que contiene un punto de mira plástico con efecto de spray que sirven para mezclar el combustible, el oxidante y las gotas de la muestra. Esta combinación genera una niebla y solo las gotas más pequeñas pueden entrar en el quemador.

Los límites de detección del instrumento son: Sodio: 0.2 ppm, Potasio: 0.2 ppm, Litio: 0.25 ppm, Calcio: 15 ppm y Bario: 30 ppm. <sup>(9)</sup>

### **3.6.2 ANÁLISIS DE SODIO POR FOTOMETRÍA DE LLAMA <sup>(1)</sup>**

En el análisis de sodio se pueden determinar cantidades de sodio a una longitud de onda de 589 nm. La muestra se pulveriza en una llama de gas y la excitación se realiza en condiciones controladas y reproducibles. La línea espectral buscada se aísla utilizando filtros de interferencia o por medio de una disposición adecuada de la ranura en los dispositivos de dispersión de luz, tales como prismas o rejillas. La intensidad de la luz se mide por un potenciómetro con fototubos. La intensidad de la luz a 589 nm es aproximadamente proporcional a la concentración del sodio.

### **3.6.3 ANÁLISIS DE POTASIO POR FOTOMETRÍA DE LLAMA <sup>(1)</sup>**

En el análisis de potasio se pueden determinar cantidades de potasio en un fotómetro de llama que puede ser de lectura directa o de patrón interno a una longitud de onda de 766.5 nm. La muestra se pulveriza en una llama de gas y la excitación se realiza en condiciones controladas y reproducibles. La línea espectral buscada se aísla utilizando filtros de interferencia o por medio de una disposición adecuada de la ranura en los dispositivos de dispersión de luz, tales como prismas o rejillas. La intensidad de la luz se mide por un potenciómetro con fototubos. La intensidad de la luz a 766 nm es aproximadamente proporcional a la concentración del potasio.

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## 4.0 DISEÑO METODOLOGICO

### 4.1 Tipo de Estudio

El presente trabajo se clasifica como:

- **Retrospectivo:** Porque para realizar la investigación se tomaron de referencia estudios anteriores (nacionales e internacionales).
- **Prospectivo:** Porque el trabajo desarrollado, servirá como un antecedente para futuras investigaciones y proyectos relacionados.
- **Experimental:** Porque se realizaron análisis químicos a las muestras de agua envasada; en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador (UES).

### 4.2 Investigación Bibliográfica

Se realizó en:

- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador (UES).
- Biblioteca “Doctor Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador (UES)
- Biblioteca de la Universidad Salvadoreña “Alberto Masferrer” (USAM).
- Internet

### 4.3 Investigación de Campo

**Universo:** Todas las marcas de agua envasada en presentaciones de 500 y 600mL distribuidas en los supermercados seleccionados del distrito dos de la zona metropolitana de San Salvador (Ver anexo N° 4 y N° 5).

**Muestra:** Se seleccionaron las marcas de agua envasada de mayor preferencia para los consumidores en los principales supermercados del Distrito 2 de la zona metropolitana de San Salvador, en base a una entrevista realizada en los puntos de toma de muestra. (Ver anexo No.1).

**Tipo de muestreo:** Se realizó un Muestreo Dirigido puntual <sup>(5)</sup> en los supermercados seleccionados del distrito dos de la zona metropolitana de San Salvador (Ver anexo N° 11).

**Toma de muestra:**

1. Se seleccionaron tres supermercados del distrito 2 de la zona metropolitana de San Salvador, donde se encuentren a la venta diferentes marcas de agua envasadas en presentaciones de 500 y 600 mL.
2. Se seleccionaron las marcas de agua envasada (nacionales e internacionales) de mayor preferencia por los consumidores, en base a una entrevista realizada en supermercados del distrito dos de la zona metropolitana de san salvador.
3. Para conocer el número de muestras por marca para el estudio, se utilizó la fórmula siguiente:<sup>(5)</sup>

Fórmula:

$$n = \frac{z^2 PQ}{E^2}$$

Dónde:

z = Grado de confianza del 95% (z = 1.98)

PQ = Desviación típica o estándar de la población

(P=0.5; Q=0.5)

E = Error muestral (0.4)

Sustituyendo en la fórmula:

$$n = \frac{(1.98)^2 (0.5) (0.5)}{(0.4)^2}$$

n = 6.1 muestras

Obteniendo un resultado de n= 6 muestras

#### **Recolección de las muestras:**

1. Las muestras se recolectaron en los diferentes supermercados seleccionados.
2. Posteriormente fueron identificadas con una etiqueta que contenía la siguiente información: Punto de recolección, fecha y hora del muestreo, nombre de la marca, número de lote (si lo presenta), fecha de vencimiento (si lo presenta), nombre del recolector de la muestra.
3. Se verificó que las muestras no tuvieran evidencia de violación de sellado, o que los envases estén abiertos, las muestras deben ser tomadas en el recipiente original en el que el producto ha sido envasado; de lo contrario no se deben considerar las muestras.
4. Las muestras fueron transportadas en una hielera desde el lugar de muestreo hasta el laboratorio de análisis.
5. Las muestras se conservaron en refrigeración hasta antes de realizar el análisis. Las muestras no fueron congeladas las muestras.<sup>(1)</sup>

## 4.4 Parte Experimental

### 4.4.1 Determinación de sodio<sup>(1)</sup>

- **Principio:** Se pueden determinar cantidades de sodio por fotometría de emisión de llama. Las determinaciones pueden realizarse a una longitud de onda de 589 nm.
  
- **Interferencia:** El potasio y el calcio interfieren en la determinación de sodio si la relación potasio-sodio es  $\geq 5:1$  y la relación calcio-sodio es  $\geq 10:1$ ; si se sobrepasan estas relaciones se debe medir primero el calcio y el potasio de manera que se pueda añadir la concentración aproximada de iones interferentes a los patrones de calibración de sodio. La interferencia del magnesio no aparece hasta que la relación magnesio-sodio excede de 100, lo que es muy raro.
  
- **Reactivos**
  1. **Preparación de la solución estándar de Sodio (Na)<sup>(1)</sup>**

Soluciones patrones a las siguientes concentraciones de sodio (Ver anexo N° 16):

    - a. 5 ppm
    - b. 10 ppm
    - c. 15 ppm
    - d. 20 ppm

#### 2. Solución blanco

Se utilizó agua desionizada como solución blanco.

### 3. Solución de HCl 1:1

Diluir 500 mL de HCl al 37% de pureza en 400mL de agua desionizada, homogenizar y diluir hasta 1 L. Aplicando las precauciones pertinentes.

### 4. Solución de concentración desconocida

Muestra de agua de las marcas seleccionadas.

#### **Procedimiento:**<sup>(9)</sup>

1. Tratamiento de soluciones patrón: preparar una solución patrón de 1000 ppm de sodio, partiendo de esta solución preparar soluciones patrones a concentraciones de 5, 10, 15 y 20 ppm.
2. Tratamiento de soluciones muestras: Tomar 100 mL de cada una de las muestras, añadirle 5 mL de solución de HCl 1:1 y calentar por 15 minutos.
3. Calibrar el equipo empleando agua destilada para calibrar a cero y utilizar el estándar de 20 ppm para la lectura de mayor emisión, repetir este paso con agua desionizada y el estándar de sodio 20 ppm, tantas veces sea necesario para conseguir la estabilización en 0.00 y 40 de emisión.
4. Posteriormente cuando se complete la calibración, leer los estándares de 5, 10, 15 y 20 ppm a una longitud de onda de 582 nm.
5. Leer la emisión de la muestra por duplicado a una longitud de onda de 582 nm.
6. Construir la curva de calibración (Emisión vs Concentración) comenzando con el estándar de menor concentración.
7. Interpolarse en el gráfico la emisión de la muestra para calcular la concentración desconocida de Sodio.

#### 4.4.2 Determinación de Potasio<sup>(9)</sup>:

- **Principio:** Se pueden determinar cantidades de Potasio por fotometría de emisión de llama. Las determinaciones pueden realizarse a una longitud de onda de 766.5 nm.
  
- **Interferencia:** El sodio y el calcio interfieren en la determinación de potasio si la relación sodio-potasio es  $\geq 5:1$  y la relación potasio-calcio es  $\geq 10:1$ ; el magnesio empieza a interferir cuando la relación magnesio-potasio sobrepasa de 100:1.
  
- **Reactivos:**
  1. **Preparación de la solución estándar de Potasio (K)<sub>(1)</sub>**

Soluciones patrones a las siguientes concentraciones de Potasio (Ver anexo N° 15):

    - a. 10 ppm
    - b. 20 ppm
    - c. 30 ppm
    - d. 40 ppm
  
  2. **Solución blanco**

Se utilizó agua desionizada como solución blanco.
  
  3. **Solución HCl 1:1**

Diluir 500 mL de HCl al 37% de pureza en 400 mL de agua desionizada, homogenizar y diluir hasta 1 L. Aplicando las precauciones pertinentes.
  
  4. **Solución de concentración desconocida**

Muestra de agua envasada de las marcas seleccionadas

- **Procedimiento**<sup>(9)</sup>:

1. Tratamiento de soluciones patrón: preparar una solución patrón de 1000 ppm de Potasio, partiendo de esta solución preparar soluciones patrones a concentraciones de 10, 20, 30 y 40 ppm.
2. Tratamiento de soluciones muestras: Tomar 100 mL de cada una de las muestras, añadirle 5 mL de solución de HCl 1:1 y calentar por 15 minutos.
3. Calibrar el equipo empleando agua destilada para calibrar a cero y utilizando el estándar de 40 ppm para la lectura de mayor emisión, repetir este paso con agua desionizada y el estándar de sodio 20 ppm, tantas veces sea necesario para conseguir la estabilización en 0.00 y 80 de emisión.
4. Posteriormente cuando se complete la calibración, leer los estándares de 10, 20, 30 y 40 ppm a una longitud de onda de 582 nm.
5. Leer la emisión de la muestra por duplicado a una longitud de onda de 766.5 nm.
6. Construir la curva de calibración (Emisión vs Concentración) comenzando con el estándar de menor concentración.
7. Interpolar en el gráfico la emisión de la muestra para calcular la concentración desconocida de Potasio.

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

## **5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la investigación, la cual comprende los resultados de la encuesta dirigida a consumidores, los datos generales de las muestras, y los resultados de los análisis químicos los cuales comprenden la cuantificación de sodio y potasio en las diferentes marcas de agua envasada seleccionadas.

### **5.1 RECOLECCION DE LAS MUESTRAS**

La recolección de las muestras se realizó en tres supermercados del Distrito 2 del área Metropolitana de San Salvador, los cuales fueron seleccionados al azar; los supermercados seleccionados fueron La Despensa de Don Juan sucursal Metrocentro, Super Selectos sucursal San Luis y Pricismart sucursal MetroCentro.

Las marcas de agua envasadas recolectadas y analizadas en esta investigación fueron seleccionadas a partir de los resultados obtenidos en la encuesta realizada a consumidores teniendo un total de 7 marcas envasadas de mayor preferencia por los consumidores, 4 marcas nacionales y 3 internacionales en presentaciones de 500 mL y 600 mL.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los consumidores:

**Cuadro N°1: Marcas de agua envasada nacionales de mayor preferencia por los consumidores**

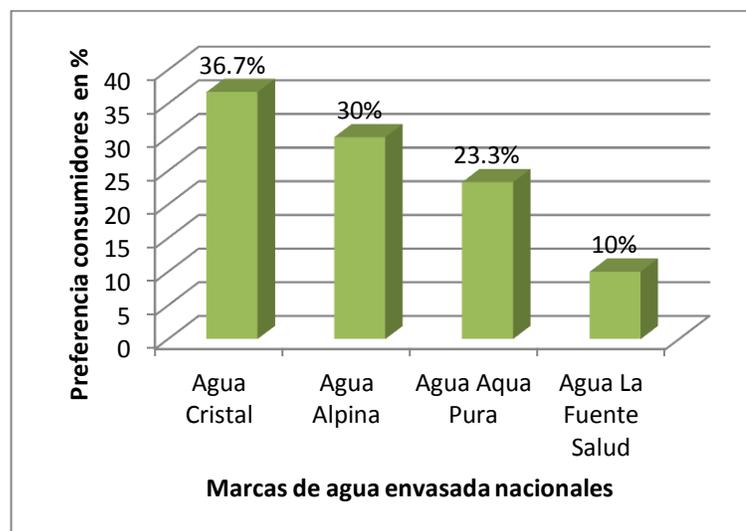
Nombre	Preferencia (%)
Agua Cristal	36.7
Agua Alpina	30.0
Agua Aqua Pura	23.3
Agua La Fuente Salud	10.0

30 consumidores ----- 100%

11 consumidores ----- x;

x= 36.7%

Según los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los consumidores la marca Agua Cristal resulto ser la de mayor preferencia con un 36.7% y la de menor preferencia la marca Agua La Fuente Salud con un 10%, con respecto a las marcas nacionales de agua envasada. (Ver Figura N°5)



**Figura N°5: Porcentaje de marcas de Agua envasada nacionales de mayor preferencia por los consumidores**

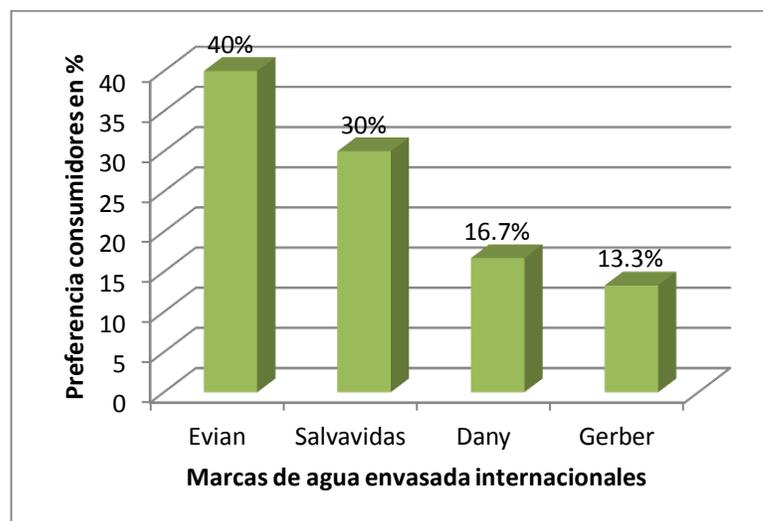
**Cuadro N° 2: Marcas de agua envasada internacionales preferidas por los consumidores**

Nombre	Preferencia (%)
Evian	40.0
Salvavidas	30.0
Dany	16.7
Gerber	13.3

30 consumidores ----- 100%

12 consumidores -----  $x$ ;  $x= 40\%$

Con respecto a las marcas de agua envasada internaciones, según los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los consumidores la marca Evian resulto ser la de mayor preferencia con un 40% y la de menor preferencia la marca Gerber con un 13.3%. (Ver Figura N°6)



**Figura N° 6: Porcentaje de Marcas de agua envasada internacionales de mayor preferencia por los consumidores**

Las muestras de agua envasada fueron recolectadas en la tercera y cuarta semana del mes de julio del año 2013. Se recolectaron 2 muestras por marcas en cada uno de los supermercados muestreados teniendo un total de 42 muestras de agua envasada.

A continuación se presenta la información general obtenida a partir de las etiquetas de las muestras de agua envasadas:

**Cuadro N°3 Información general de las muestras de marcas nacionales de agua envasada**

Marca	Muestra	Número de Lote / Fecha de vencimiento	Rotula Na y K	Supermercado
<b>Agua Cristal</b>	Mx1	L201 16/01/14	Na = 7mg / 240mL K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx2	L201 16/01/14	Na = 7mg / 240mL K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx3	L208 23/01/14	Na = 7mg / 240mL K = No rotula	Super Selectos
	Mx4	L208 23/01/14	Na = 7mg / 240mL K = No rotula	Super Selectos
	Mx5	L211 26/01/14	Na = 7mg / 240mL K = No rotula	Pricesmart
	Mx6	L211 26/01/14	Na = 7mg / 240mL K = No rotula	Pricesmart
<b>Agua Alpina</b>	Mx1	0705011045 Sin vence	Na < 5 mg / 240mL K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx2	0705011045 Sin vence	Na < 5 mg / 240mL K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx3	0705011045 Sin vence	Na < 5 mg / 240mL K = No rotula	Super Selectos
	Mx4	0705011045 Sin vence	Na < 5 mg / 240mL K = No rotula	Super Selectos

	Mx5	0705011045 Sin vence	Na < 5 mg / 240mL K = No rotula	Pricesmart
	Mx6	0705011045 Sin vence	Na < 5 mg / 240mL K = No rotula	Pricesmart
<b>Agua Aqua pura</b>	Mx1	Sin número de lote Sin Vence	Na = 0mg / 235mL K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx2	Sin número de lote Sin Vence	Na = 0mg / 235mL K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx3	Sin número de lote Sin Vence	Na = 0mg / 235mL K = No rotula	Super Selectos
	Mx4	Sin número de lote Sin Vence	Na = 0mg / 235mL K = No rotula	Super Selectos
	Mx5	Sin número de lote Sin Vence	Na = 0mg / 235mL K = No rotula	Pricesmart
	Mx6	Sin número de lote Sin Vence	Na = 0mg / 235mL K = No rotula	Pricesmart
<b>La Fuente Salud</b>	Mx1	2111010709871 Sin Vence	Na = No rotula K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx2	218092801185 Sin Vence	Na = No rotula K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx3	211101709886 Sin Vence	Na = No rotula K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx4	211101709877 Sin Vence	Na = No rotula K = No rotula	Super Selectos
	Mx5	204115317383 Sin Vence	Na = No rotula K = No rotula	Super Selectos
	Mx6	197135827867 Sin Vence	Na = No rotula K = No rotula	Super Selectos

**Cuadro N° 4 Información general de las muestras de marcas internacionales de agua envasada**

<b>Marca</b>	<b>Muestra</b>	<b>Número de Lote / Fecha de vencimiento</b>	<b>Rotula Na y K</b>	<b>Supermercado</b>
<b>Evian</b>	Mx1	Sin lote / 29/10/14	Na = 6.5mg/L K= 1mg/L	Despensa de Don Juan
	Mx2	Sin lote / 29/10/14	Na = 6.5mg/L K= 1mg/L	Despensa de Don Juan
	Mx3	Sin lote / 23/10/14	Na = 6.5mg/L K= 1mg/L	Super Selectos
	Mx4	Sin lote / 23/10/14	Na = 6.5mg/L K= 1mg/L	Super Selectos
	Mx5	Sin lote / 29/10/14	Na = 6.5mg/L K= 1mg/L	Pricesmart
	Mx6	Sin lote / 29/10/14	Na = 6.5mg/L K= 1mg/L	Pricesmart
<b>Agua Salvavidas</b>	Mx1	Sin lote / Sin vence	Na = No rotula K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx2	Sin lote / Sin vence	Na = No rotula K = No rotula	Despensa de Don Juan
	Mx3	Sin lote / Sin vence	Na = No rotula K = No rotula	Super Selectos
	Mx4	Sin lote / Sin vence	Na = No rotula K = No rotula	Super Selectos
	Mx5	Sin lote / Sin vence	Na = No rotula K = No rotula	Pricesmart
	Mx6	Sin lote / Sin vence	Na = No rotula K = No rotula	Pricesmart
<b>Agua Dany</b>	Mx1	141T2 0148F2 25/01/14	Na = 6mg/200mL K = 4mg/L	Despensa de Don Juan
	Mx2	141T2 0145F2 25/01/14	Na = 6mg/200mL K = 4mg/L	Despensa de Don Juan

	Mx3	141T2 0136F2 25/01/14	Na = 6mg/200mL K = 4mg/L	Dispensa de Don Juan
	Mx4	141T1 0921F2 25/01/14	Na = 6mg/200mL K = 4mg/L	Super Selectos
	Mx5	141T2 0440F2 24/01/14	Na = 6mg/200mL K = 4mg/L	Super Selectos
	Mx6	110F2 1119T1 13/03/14	Na = 6mg/200mL K = 4mg/L	Super Selectos

Según el cuadro No. 3, solamente una marca de agua envasada nacional no presenta el número de lote correspondiente, 3 marcas de agua envasada no presentan su fecha de vencimiento, 1 marca de agua no rotula la cantidad de sodio contenido, y 5 marcas de agua envasada no rotulan la cantidad de potasio contenido en la muestra de agua.

Según el cuadro No. 4, 2 marcas de agua envasada extranjera no presentan su número de lote correspondiente, 1 marca de agua envasada no presenta su fecha de vencimiento, 1 marca de agua no rotula su contenido de sodio y 1 marca de agua no rotula su contenido de potasio.

## 5.2 CUANTIFICACION DE SODIO Y POTASIO POR EL METODO DE FOTOMETRIA DE LLAMA

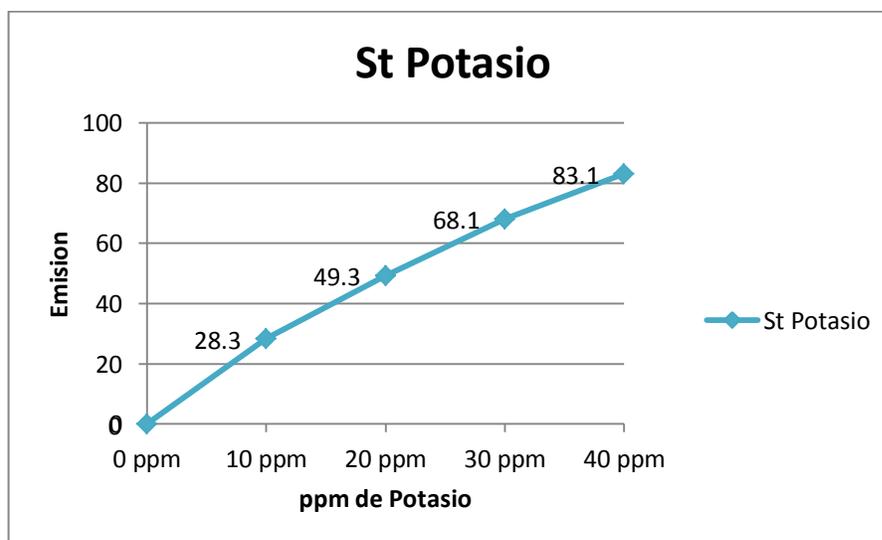
### 5.2.1 RESULTADOS CUANTIFICACION DE POTASIO

Se elaboró una curva de calibración de Potasio para las muestras de agua envasada, siguiendo las recomendaciones de la APHA (1). Se utilizaron estándares de Potasio a las concentraciones de 10, 20, 30 y 40 ppm de K.

**Cuadro N° 5: Lecturas de emisión de los estándares de Potasio.**

St	ppm de Potasio	Emisión
Blanco	0	0
1	10	28.3
2	20	49.3
3	30	68.1
4	40	83.1

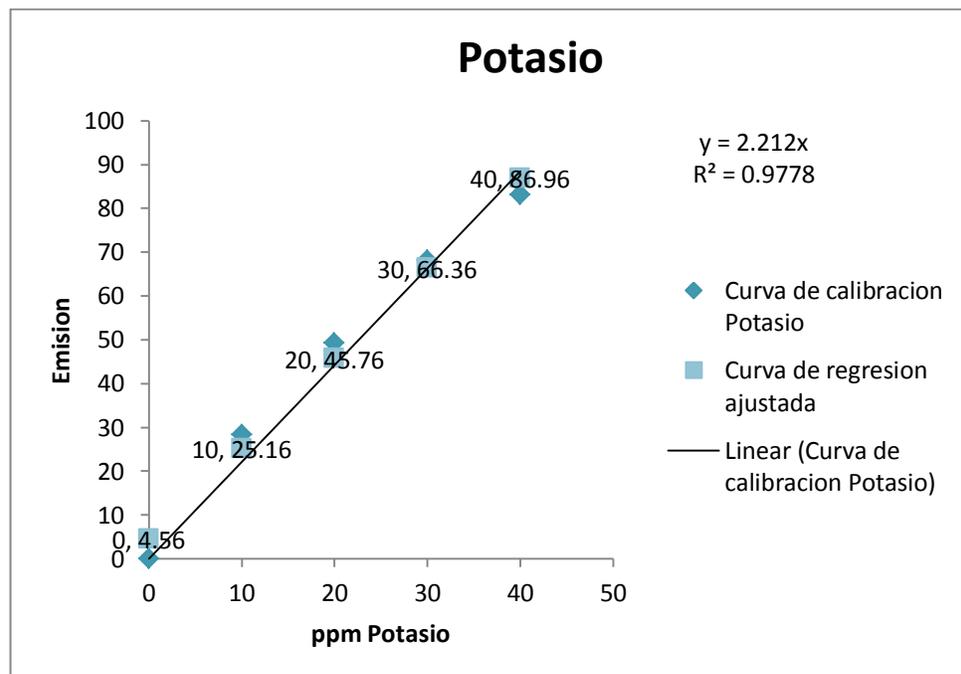
Con los datos obtenidos se realizó la curva de calibración:



**Figura N° 7: Curva de calibración de potasio Concentración vs Emisión**

Al graficar la curva de calibración de la concentración de Potasio contra la emisión obtenida en la lectura, no se obtuvo una línea recta debido a que estos datos son experimentales y no siempre se encuentran perfectamente alineados, para obtener una línea recta es necesario hacer un ajuste lineal aplicando el método de Mínimos Cuadrados y así poder determinar el valor de las concentraciones de potasio en las muestras, ya sea por interpolación de la curva de calibración o a través de la ecuación de la línea recta “ $y=mx + b$ ”.

Al aplicar el método de Mínimos Cuadrado se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura No. 8: Curva de Regresión Ajustada de Concentración Potasio vrs emisión**

El método de mínimos cuadrados determina los valores de los parámetros “m” y “b” de la recta que mejor se ajusta a los datos experimentales.

El coeficiente de correlación lineal “r” nos indica el grado de dependencia entre las variables “x” e “y”, y se aplica cuando la relación que pueda existir entre las variables es lineal. Compara los valores de “y” calculados y reales. Su valor puede variar entre -1 y 1.

Si  $r = -1$ , todos los puntos se encuentran sobre la recta existiendo una correlación que es perfecta e inversa.

Si  $r = 0$ , no existe ninguna relación entre las variables.

Si  $r = 1$ , todos los puntos se encuentran sobre la recta existiendo una correlación que es perfecta y directa; es decir no hay diferencia entre el valor “y” calculado y el valor de “y” real.

La exactitud de la línea calculada depende del grado de dispersión de los datos. Cuanto más lineales son los datos, más exacto será el modelo de regresión lineal.

Después de obtener la curva de regresión lineal de los estándares de Potasio, se interpolan los valores de emisión obtenidos en las lecturas de las muestras de agua envasada, para conocer su concentración de Potasio.

### 5.2.2 DISCUSION DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE POTASIO

Para estudiar la relación entre la emisión obtenida y la concentración de Potasio en las diferentes marcas de agua envasada analizada se determinó: la ecuación de la recta donde se calcularon los parámetros de la pendiente (m), el intercepto (b) y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), de la curva de regresión ajustada mediante el método de los mínimos cuadrados.

Los gráficos y cálculos se realizaron utilizando Microsoft Office Excel 2010, obteniéndose los siguientes resultados: Ver Figura No.4.

El coeficiente de determinación ( $r^2$ ): 0.9778 nos indica que los valores obtenidos en la curva de regresión ajustada corresponden con los datos obtenidos experimentalmente.

De acuerdo a los datos obtenidos en la curva de regresión, la ecuación ajustada es  $y=2.212x + 0$ ; donde el intercepto ( $b = 0$ ) y la pendiente ( $m = 2.212$ ).

Sustituyendo el valor de “y” en la ecuación de la gráfica con las emisiones obtenidas por cada muestra en el análisis, y despejando “x” para obtener la concentración de las muestras obtenemos:

$$X = \frac{2}{2.212}$$

$$X = 0.90 \text{ ppm de Potasio}$$

Este resultado nos indica que hay presencia de Potasio en las muestras de agua envasada.

A continuación se presentan las lecturas de emisión obtenidas de cada una de las muestras analizadas con su respectiva concentración en ppm:

**Cuadro N° 6: Lectura de emisión de las muestras analizadas de marcas nacionales para análisis de Potasio**

<b>Marca</b>	<b>Muestra</b>	<b>Emisión</b>	<b>ppm Potasio</b>
<b><i>Agua Cristal</i></b>	Mx1	2.0	0.90
	Mx2	2.0	0.90
	Mx3	2.0	0.90
	Mx4	1.8	0.81
	Mx5	2.2	0.99
	Mx6	2.0	0.90
<b><i>Agua Alpina</i></b>	Mx1	12.8	5.79
	Mx2	12.9	5.83
	Mx3	13.3	6.01
	Mx4	13.3	6.01
	Mx5	12.5	5.65
	Mx6	12.6	5.70
<b><i>Agua Aqua pura</i></b>	Mx1	1.6	0.72
	Mx2	1.5	0.68
	Mx3	1.2	0.54
	Mx4	1.6	0.72
	Mx5	0.5	0.23
	Mx6	1.5	0.68
<b><i>Agua La Fuente Salud</i></b>	Mx1	9.6	4.34
	Mx2	9.7	4.39
	Mx3	10.0	4.52
	Mx4	9.7	4.39
	Mx5	15.0	6.78
	Mx6	10.1	4.57

**Cuadro N° 7: Lectura de emisión de las muestras analizadas de las marcas internacionales para análisis de Potasio**

<b>Marca</b>	<b>Muestra</b>	<b>Emisión</b>	<b>Ppm</b>
<b><i>Agua Evian</i></b>	Mx1	2.7	1.22
	Mx2	2.7	1.22
	Mx3	2.5	1.13
	Mx4	2.4	1.08
	Mx5	2.4	1.08
	Mx6	2.6	1.18
<b><i>Agua Salvavidas</i></b>	Mx1	5.9	2.67
	Mx2	6.1	2.76
	Mx3	5.6	2.53
	Mx4	5.9	2.67
	Mx5	5.8	2.62
	Mx6	5.3	2.40
<b><i>Agua Dany</i></b>	Mx1	1.1	0.50
	Mx2	1.0	0.45
	Mx3	1.1	0.50
	Mx4	1.4	0.63
	Mx5	1.2	0.54
	Mx6	1.5	0.68

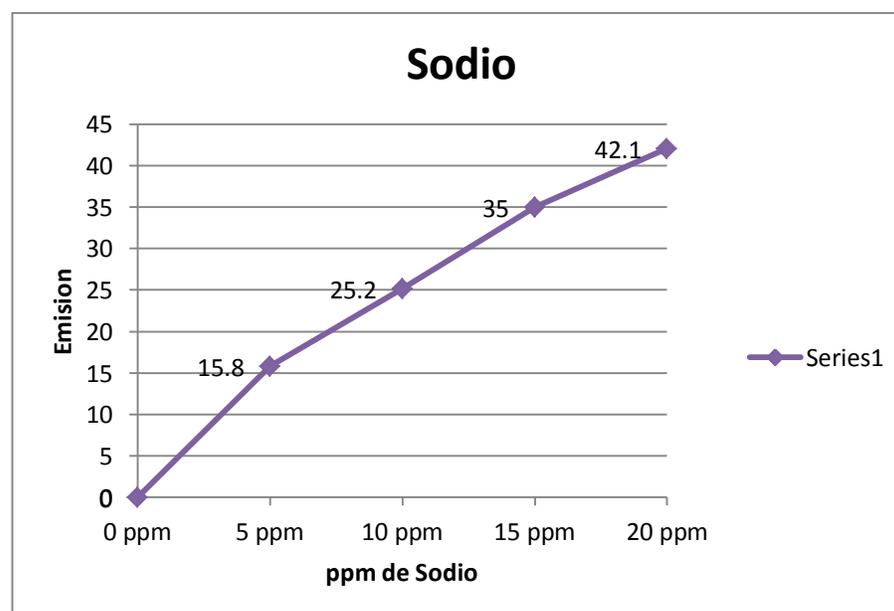
### 5.2.3 RESULTADOS DEL ANALISIS DE SODIO

Se elaboró una curva de calibración de Sodio para las muestras de agua envasada, siguiendo las recomendaciones de la APHA <sup>(1)</sup>. Se utilizaron estándares de Sodio a las concentraciones de 5, 10, 15 y 20 ppm de Na.

**Cuadro N° 8: Lectura de emisión de los estándares de Sodio**

ST	PPM de Sodio	Emisión
Blanco	0	0
1	5	15.8
2	10	25.2
3	15	35.0
4	20	42.1

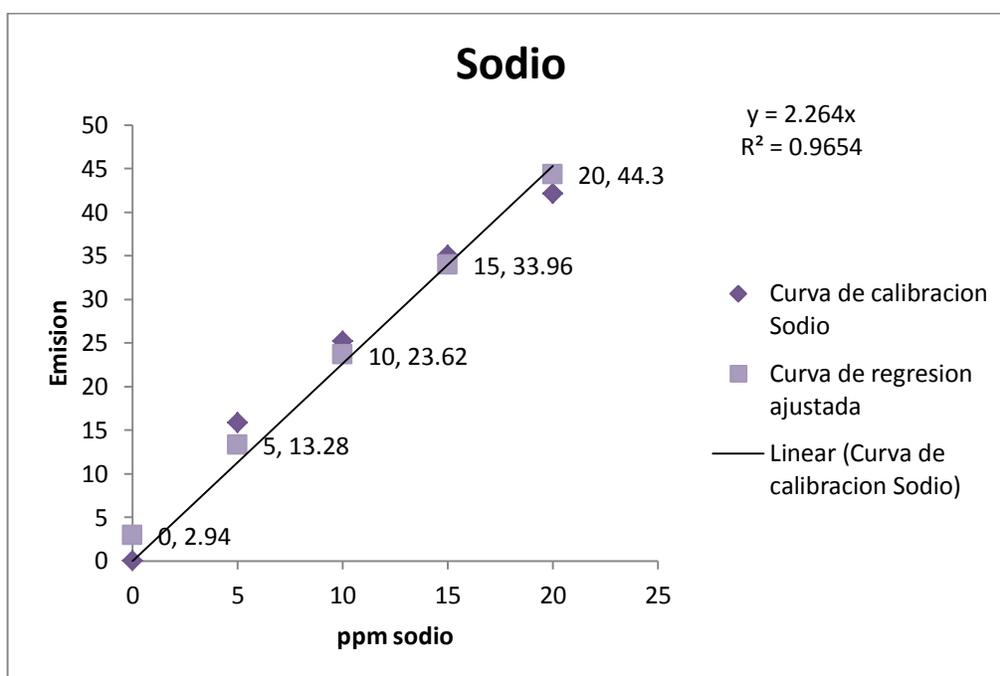
Con los datos obtenidos se realizó la curva de calibración:



**Figura N° 9: Curva de calibración de sodio Concentración vs Emisión**

Al graficar la curva de calibración de la concentración de Sodio contra la emisión de los estándares de Sodio, no se obtuvo una línea recta, para obtener una línea recta es necesario hacer el ajuste lineal aplicando el método de Mínimos Cuadrados y así poder determinar el valor de las concentraciones de sodio en las muestras, ya sea por interpolación de la curva de calibración o a través de la ecuación de la línea recta “ $y=mx + b$ ”.

Al aplicar el método de Mínimos Cuadrado se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura No. 10: Curva de Regresión Ajustada Concentración de Sodio vrs Emisión**

Después de obtener la curva de regresión lineal de los estándares de Sodio, se interpolan los valores de emisión obtenidos en las lecturas de

las muestras de agua envasada, para conocer su concentración de Sodio.

#### 5.2.4 DISCUSION DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SODIO

Para estudiar la relación entre la emisión y la concentración de Sodio en las diferentes marcas de agua envasada analizada se determinó: la ecuación de la recta donde se calcularon los parámetros de la pendiente (m), el intercepto (b) y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), de la curva de regresión ajustada mediante el método de los mínimos cuadrados.

Los gráficos y cálculos se realizaron utilizando Microsoft Office Excel 2010, obteniéndose los siguientes resultados: Ver Figura No. 10 (Grafica mínimos cuadrados)

El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) obtenido: 0.9654 nos indica que los valores obtenidos en la curva de regresión ajustada corresponde con los datos obtenidos experimentalmente.

De acuerdo a los datos obtenidos en la curva de regresión, la ecuación ajustada es  $y=2.264x + 0$ ; donde el intercepto ( $b = 0$ ) y la pendiente ( $m = 2.264$ ).

Sustituyendo el valor de “y” en la ecuación de la gráfica con las emisiones obtenidas por cada muestra en el análisis, y despejando “x” para obtener la concentración de las muestras obtenemos:

$$X = \frac{19.65}{2.264}$$

$$X = 8.68 \text{ ppm de Sodio}$$

Para la determinación de la concentración de Sodio se tomó una muestra de 100 mL de la muestra de agua, pero el valor obtenido de emisión no estaba dentro del rango establecido por las soluciones estándar en su curva de calibración, esto se debe a la alta concentración de iones sodio en la muestra, por lo que se procedió a tomar una alícuota de 50 mL para diluirla con agua destilada hasta obtener un volumen de 100 mL.

*Cascada de dilución:*

Mx = 50.0 mL  $\xrightarrow{\text{Agua destilada}}$  100.0 mL

FD= 100

8.68 ppm = 8.68 ug/mL

8.68ug/mL x 100 (FD) = 868ug en 50 mL de muestra

868 ug ----- 50.0 mL

X ----- 1.0 mL

X = 17.36 ug por mL (ppm)

A continuación se presentan las lecturas de emisión obtenidas de las muestras analizadas y su respectiva concentración de Sodio en ppm (Ver Cuadro N°9 y N°10):

**Cuadro N° 9: Lectura de emisión de las muestras analizadas  
de marcas nacionales para análisis de Sodio**

<b>Marca</b>	<b>Muestra</b>	<b>Emisión Mx diluida</b>	<b>Ppm Mx diluida</b>	<b>Ppm Mx</b>
<b><i>Agua Cristal</i></b>	Mx1	19.65	8.68	17.36
	Mx2	20.55	9.08	18.16
	Mx3	21.10	9.32	18.64
	Mx4	20.45	9.03	18.06
	Mx5	20.65	9.12	18.24
	Mx6	19.10	8.44	16.88
<b><i>Agua Alpina</i></b>	Mx1	22.30	9.85	19.70
	Mx2	22.10	9.76	19.52
	Mx3	22.30	9.85	19.70
	Mx4	21.90	9.67	19.34
	Mx5	21.45	9.47	18.94
	Mx6	20.20	8.92	17.84
<b><i>Agua Aqua pura</i></b>	Mx1	17.55	7.75	15.50
	Mx2	17.70	7.82	15.64
	Mx3	18.55	8.19	16.38
	Mx4	17.65	7.79	15.58
	Mx5	16.50	7.29	14.58
	Mx6	17.70	7.82	15.64
<b><i>Agua La Fuente Salud</i></b>	Mx1	27.15	11.90	23.98
	Mx2	26.70	11.79	23.58
	Mx3	27.40	12.10	24.20
	Mx4	27.50	12.15	24.30
	Mx5	24.40	10.78	21.56
	Mx6	26.70	11.79	23.59

**Cuadro N° 10: Lectura de emisión de las muestras analizadas  
de marcas internacionales para análisis de sodio**

<b>Marca</b>	<b>Muestra</b>	<b>Emisión Mx diluida</b>	<b>Ppm Mx diluida</b>	<b>Ppm Mx</b>
<b><i>Agua Evian</i></b>	Mx1	6.50	2.87	5.74
	Mx2	6.40	2.83	5.66
	Mx3	6.35	2.80	5.60
	Mx4	6.55	2.89	5.78
	Mx5	6.36	2.74	5.48
	Mx6	5.95	2.63	5.26
<b><i>Agua Salvavidas</i></b>	Mx1	12.60	5.57	11.14
	Mx2	12.75	5.63	11.26
	Mx3	13.15	5.81	11.62
	Mx4	13.20	5.83	11.66
	Mx5	13.15	5.81	11.62
	Mx6	13.30	5.87	11.74
<b><i>Agua Dany</i></b>	Mx1	33.80	14.93	29.86
	Mx2	33.30	14.71	29.42
	Mx3	33.15	14.64	29.28
	Mx4	32.15	14.20	28.40
	Mx5	31.95	14.11	28.22
	Mx6	29.85	13.18	26.36

### 5.3 COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANALISIS CON LA NSO 13.07.02:08 Y CON LOS LIMITES RECOMENDADOS POR LA OMS

#### 5.3.1 COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CUANTIFICACION DE POTASIO CON LA IDR DE LA OMS

En el país no existe una Norma que establezca un límite del contenido de potasio en el agua envasada; tanto la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 como la Organización Mundial de la Salud no hacen referencia a ningún valor máximo o mínimo permisible para la concentración de potasio en el agua de consumo humano, por lo que se optó por comparar el resultado obtenido en el análisis con la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de Potasio por la Organización Mundial de la Salud.

A continuación se presentan los resultados promedios obtenidos en la cuantificación de potasio en las diferentes marcas de agua envasada:

**Cuadro N° 11: Resultados promedios de la cuantificación de Potasio**

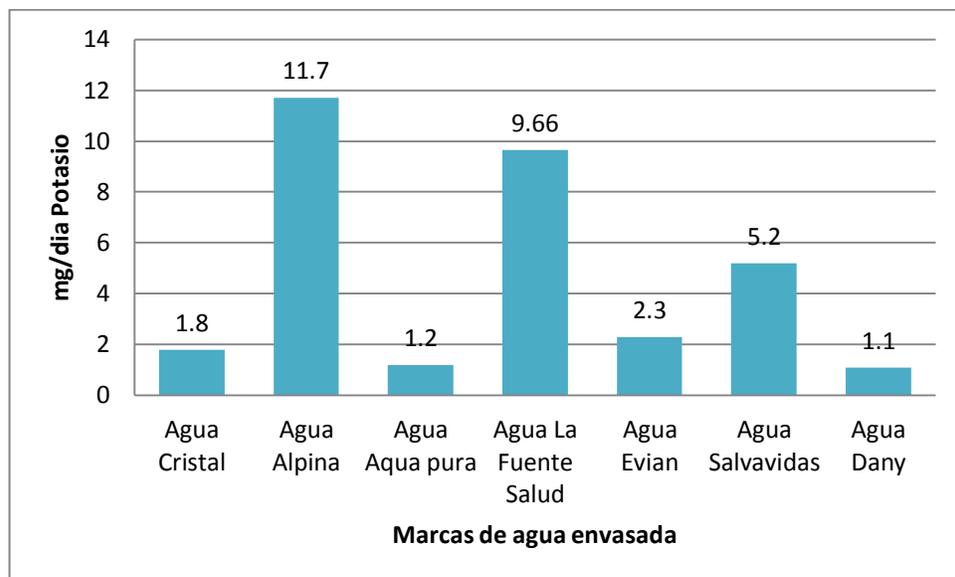
Marcas de agua	Resultados ppm (mg/L) Potasio	Resultados (mg/día)* Potasio	Ingesta dietética recomendada de Potasio por OMS (mg/día)
Agua Cristal	0.90	1.8	4,700**
Agua Alpina	5.83	11.7	
Agua Aqua pura	0.60	1.2	
Agua La Fuente Salud	4.83	9.66	
Agua Evian	1.15	2.3	
Agua Salvavidas	2.61	5.2	
Agua Dany	0.55	1.1	

\* Según ingesta diaria recomendada de agua (2 Litros) por OMS para adultos

\*\*Ingesta diaria recomendada para adultos

Los resultados obtenidos indican que la concentración de Potasio se encuentra por debajo de la Ingesta diaria recomendada según la OMS que corresponde a 4.7g/día de Potasio en adultos.

A continuación se presenta el grafico de los resultados obtenidos en la cuantificación de potasio por marca de agua envasada (Ver Figura N°11):



**Figura N° 11: Resultados obtenidos en la cuantificación de Potasio por marca de agua envasada**

### 5.3.2 COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA CUANTIFICACION DE SODIO EN LA NSO 13.07.02:08 AGUA POTABLE

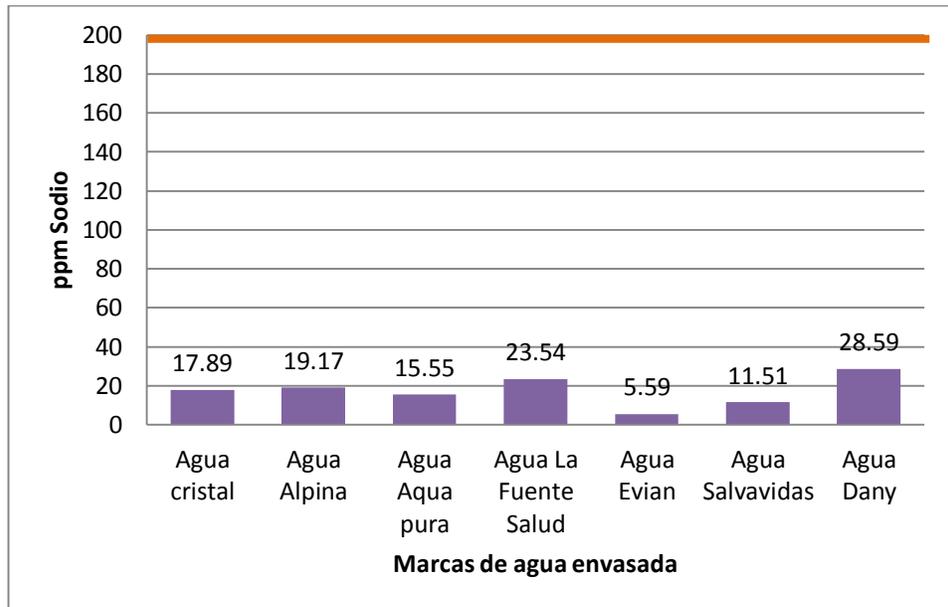
Para la cuantificación de sodio se tomó como referencia la NSO 13.07.01:08 de Agua potable; la cual hace referencia a un límite máximo permisible de sodio de 200 mg/L (ppm) basándose en el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud.

A continuación se presentan los resultados promedios obtenidos en la cuantificación de sodio en las diferentes marcas de agua envasada:

**Cuadro N° 12: Resultados promedios de la cuantificación de sodio**

Marcas de agua	Resultados ppm Sodio (mg/L)	Límite máximo permisible ppm de sodio según NSO 13.07.01:08 Agua potable
Agua Cristal	17.89	200 mg/L
Agua Alpina	19.17	
Agua Aqua pura	15.55	
Agua La Fuente Salud	23.54	
Agua Evian	5.59	
Agua Salvavidas	11.51	
Agua Dany	28.59	

Los valores promedios de la cuantificación de Sodio de las diferentes marcas de agua envasada, se encuentran dentro del límite establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO13.07.01:08 de Agua Potable. A continuación se presenta el grafico de los resultados obtenidos en la cuantificación de Sodio por marca de agua envasada (Ver Figura N°12):



**Figura N° 12: Grafica de los resultados de cuantificación de Sodio por marca de agua envasada**

#### **5.4 EFECTOS DE LA PRESION ARTERIAL POR EXCESO DE SODIO O DEFICIT DE POTASIO**

El consumo de sodio es un evidente factor determinante del grado de presión arterial a nivel poblacional. La ingesta exagerada de sodio, especialmente en la forma de cloruro de sodio y el reducido aporte de potasio, son determinantes de un aumento progresivo de la incidencia y prevalencia de la hipertensión arterial.

Existen muchos estudios que muestran que el control de la presión arterial en los hipertensos es mejor cuando se reduce la ingesta de Sodio (Na), sin embargo, el papel del sodio tanto en la patogenia de la Hipertensión Arterial como su correlación con la mortalidad cardiovascular, es actualmente tema de debate y no existe acuerdo en el mundo científico acerca del impacto real del sodio en la Hipertensión Arterial.

El sodio es el principal catión extracelular y ha sido considerado esencial en la aparición y mantención de la hipertensión arterial. Por el contrario, el potasio, el principal catión intracelular, generalmente se ha considerado como un factor de menor importancia en la patogénesis de la hipertensión arterial. Sin embargo, existe evidencia que indica que un déficit de potasio tiene un papel fundamental en la disminución de la hipertensión arterial y en sus secuelas cardiovasculares. <sup>(34)</sup>

El alto consumo de sodio puede crear un desequilibrio en el buen funcionamiento de la bomba sodio-potasio, que es la que regula la concentración de dichos iones en nuestro organismo y para que exista una regulación de la cantidad de sodio que entra y sale de la célula es

necesario que exista aporte de potasio. Es por esta razón, que el consumo reducido de potasio también es un tópico de gran interés en el desarrollo de la hipertensión Arterial.

La bomba sodio-potasio es una proteína de membrana fundamental en la fisiología de las células excitables que se encuentra en todas nuestras membranas celulares. Su función es el transporte de los iones inorgánicos Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y Potasio ( $\text{K}^+$ ) entre el medio extracelular y el citoplasma.<sup>(32)</sup> Realmente poco Sodio sale, o entra, de la célula por el sistema de Ósmosis. La mayoría del Sodio sale de la célula por un sistema llamado transporte activo, donde la presencia del Potasio y el uso de energía, son esenciales. <sup>(17)</sup>

De esa manera podemos entender la importancia del Potasio en la alimentación de las personas, porque su deficiencia daña el funcionamiento de la bomba sodio – potasio que es esencial a la vida normal de todas las células del cuerpo humano.

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

1. Todas las marcas envasadas analizadas no exceden los límites de la ingesta dietética recomendada (IDR) por la Organización Mundial de la Salud para el Potasio.
2. Los resultados obtenidos en la cuantificación de Sodio demuestran que las marcas de agua envasada analizadas se encuentran por debajo del límite máximo permisible de Sodio establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.02:08 de Agua potable.
3. Ya que las diferentes marcas de agua envasada analizadas cumplen con los límites máximos permisibles de Sodio establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13. 07.01:08 y con los límites recomendados de Potasio por la Organización Mundial de la Salud, no se consideran perjudiciales para la salud de los consumidores con respecto al incremento de la Hipertensión Arterial.
4. En El Salvador no existe ninguna Norma que regule el contenido de Potasio en el agua envasada, y la Organización Mundial de la salud no proporciona límites recomendados para el contenido de Potasio en agua de consumo humano.
5. De las muestras analizadas el 71.4% de las marcas de agua envasada rotulan el contenido de sodio y solamente el 28.6% de las marcas de agua rotulan el contenido de potasio, por lo que no cumplen con la norma general de etiquetado de alimentos pre-ensados.

6. A pesar de que existen entes reguladores para la verificación del cumplimiento de las NSO relacionadas con la comercialización del agua envasada tales como el Ministerio de Salud y la Defensoría del Consumidor, se encontraron deficiencias en el cumplimiento de algunos de los requisitos establecidos en la Normativa de etiquetado, como son la fecha de vencimiento, el número de lote y el contenido de sodio en agua envasada.

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Que la Defensoría del Consumidor, institución reguladora responsable de la aplicación y vigilancia de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.02:08 Agua, Agua potable, realice monitoreos post-registro para verificar que las empresas envasadoras de agua cumplan con los límites establecidos de sodio en dicha norma.
2. Que las empresas envasadoras de agua cumplan con la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) 67.10.01:03 Norma General para Etiquetado de los Alimentos Pre-ensados para que rotulen en su etiqueta el contenido de sodio y potasio y los usuarios tengan el conocimiento de la cantidad que consumen de dichos elementos.
3. Que se realicen estudios o evaluaciones sobre el efecto en la presión arterial provocados por el exceso de sodio o déficit de potasio contenidos en el agua envasada.
4. Dar seguimiento al presente trabajo, en futuras investigaciones, realizando monitoreos o ensayos, para determinar si las empresas envasadoras de agua cumplen con las especificaciones establecidas por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.02:08 con respecto al contenido de sodio.
5. Que el Ministerio de Salud (MINSAL) como ente correspondiente planifique acciones que ayuden a minimizar riesgos por incumplimiento a toda normativa legal relacionada con el cumplimiento de la calidad de agua, con el fin de evitar sucesos posteriores que puedan afectar la salud de los usuarios.

6. Que se realicen investigaciones acerca de los beneficios o efectos que puede causar el incremento de la ingesta de Potasio en la Presión Arterial y así conocer como este elemento puede inhibir el efecto del sodio sobre dicha enfermedad.

## BIBLIOGRAFIA

1. Apha – Awwa – Wpcf. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17ª Ed. España. Ediciones Díaz de Santos, S.A. 1992. Pág. 3-166-170; 3-142-144.
2. Aparicio Ramos C. L.; Ladino Solito O.E. Evaluación de la calidad microbiológica y físico-química de aguas envasadas en bolsas distribuidas en el área metropolitana de San Salvador en el periodo de Septiembre – Octubre de 2007. *Universidad de El Salvador*. 2011.
3. Ayala Rivera R.E.; Parada Rodríguez A.J. Determinación cuantitativa de Sodio, Potasio, Manganeso y Calcio, en aguas de consumo humano en cinco comunidades de El Salvador y su posible incidencia en la enfermedad renal. *Universidad de El Salvador*. 2010.
4. Antón D. J., Diversidad, globalización y la sabiduría de la naturaleza. 1ª Ed. Costa Rica, Piriguazu Ediciones/ Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo CIID, 1999. Pág. 119 – 120.
5. Bonilla, G. Cómo hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas. 4ª Ed. El Salvador. UCA Editores. 2000. Pág. 90 – 97.
6. CDC (Centro de Defensa del Consumidor) Negociando con la sed: El mercado del agua envasada en El Salvador. [base de datos en línea]. 2007. [fecha de acceso: 15 de octubre de 2012] Disponible en: <http://www.cdc.org.sv/publicaciones?token=investigacion&page=2>

7. Código de Salud y su Reglamento. Decreto No. 955. [base de datos en línea] Editorial Jurídica Salvadoreña. 2000. [fecha de acceso: 10 de enero de 2013]. Disponible en: <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/codigo-de-saulud>
8. EPA (United States Environmental Protection Agency) Estableciendo estándares para agua potable segura. [base de datos en línea]. Estados Unidos. 2000. [fecha de acceso: 12 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://water.epa.gov/drink/agua/estableciendo.cfm>
9. Facultad de Química y Farmacia. Manual de Química Analítica III. Año lectivo 2011. Departamento de Análisis químico e instrumental. Pág. 69 – 75.
10. Fair Gordon M.; Geyer John C.; Okun Daniel A. Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Volumen 1. 13ª Ed. México. Editorial Limusa Wiley 1994.
11. Fagundo J.; Cima A.; González P. Revisión bibliográfica sobre clasificación de las aguas minerales y mineromedicinales. Centro Nacional de Termalismo. Disponible en: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/clasificacion\\_aguas\\_minerales.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/clasificacion_aguas_minerales.pdf)
12. FDA (Food and Drug Administration). Regulaciones del agua envasada y la FDA. [base de datos en línea]. Estados Unidos. 2002. [fecha de acceso: 3 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.fda.gov/food/foodsafety/product-specificinformation/bottledwatercarbonatedsoftdrinks/ucm077079.htm>

13. IBWA (International Bottled Water Association) Code of Practice. [base de datos en línea]. Estados Unidos. 2012. [fecha de acceso: 29 de diciembre de 2012]. Disponible en:  
[http://www.bottledwater.org/files/IBWA\\_CODE\\_OF\\_PRACTICE\\_2012\\_0412\\_FINAL.pdf](http://www.bottledwater.org/files/IBWA_CODE_OF_PRACTICE_2012_0412_FINAL.pdf)
  
14. Institute of Medicine of the National Academies. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. National Academy of Science. [base de datos en línea] Washington D.C. Estados Unidos. 2005. [fecha de acceso: 12 de noviembre de 2012]. Disponible en:  
[books.nap.edu/catalog.php?record\\_id=10925#toc](http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=10925#toc)
  
15. Ley de Protección al Consumidor. Decreto No. 776 Editorial Jurídica Salvadoreña. Febrero 2005. Disponible en:  
<http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/ley-de-proteccion-al-consumidor>
  
16. López Silva M.C., Rodríguez Fernández C., Sánchez Ruiz M., Meijide Failde T., Vázquez Seijas E. Hipertensión Arterial y aguas minerales: ¿sabemos dar el mejor consejo? Medicina General y de familia [revista en internet] 2007 [acceso 28 de noviembre de 2012] 93: 93 – 100. Disponible en:  
[http://www.mgyf.org/medicinageneral/revista\\_93/pdf/93-100.pdf](http://www.mgyf.org/medicinageneral/revista_93/pdf/93-100.pdf)
  
17. Lorenzo F.P.; Moreno G.A.; Leza C.; Lizasoain I.; Moro S.M.; Portales A.; Velázquez Farmacología Básica y Clínica. 18ª Ed. Buenos Aires; Madrid. Editorial Médica Panamericana. 2008. Págs. 435 – 438.

18. Marín G. R., Físicoquímica y Microbiología de los medios acuáticos Tratamiento y control de calidad de agua. 2ª Ed. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A., 2003. Pág. 3-5.
19. Ministerio de Salud MINSAL. Norma salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.02:08 Agua. Agua envasada. Primera actualización. El Salvador. 2009. Págs. 1 – 4, 13 – 24.
20. Ministerio de Salud Pública. Norma salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable. Segunda actualización. Tomo 383 Número 109. El Salvador. 2009. Págs. 3 – 18.
21. Olsen E. D.; Métodos Ópticos de Análisis. 2ª Ed. España. Editorial Reverte S.A., 1990. Págs. 293 – 295.
22. OMS (Organización Mundial de la Salud). Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1: Recomendaciones. 3ª Ed. Ginebra – Suiza: OMS; 2006. Págs. 55, 99 – 100, 177, 200, 356, 412.
23. OMS (Organización Mundial de la Salud). Hipertensión Arterial: Informe de un Comité de expertos de la OMS. Ginebra: OMS. 1978. Págs. 16, 28 – 29.
24. OMS (Organización Mundial de la Salud). Potassium in Drinking water. 2ª Ed. Ginebra: OMS; 2003. Págs. 1 – 5.
25. Organización Mundial de la Salud. Reducción del consumo de sal en la población: Informe de un foro y una reunión técnica de la OMS. Ginebra: OMS. 2006. Págs. 9 – 20.

26. Organización Mundial de la Salud. Sodium in Drinking water. Volumen 2. 2ª Ed. Ginebra: OMS; 2003. Págs. 2 – 4.
27. Oscicka, R. M., Giménez, M. C. Determinación del Contenido de Sodio y Potasio en aguas naturales subterráneas por fotometría de llama. Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Argentina. [revista en internet] 2004 [acceso 15 de enero de 2013]; E-068. Disponible en:  
<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/8-Exactas/E-068.pdf>
28. Pomeranz A., Dolfin T., Korzets Z., Eliakim A., Wolach B. Increased sodium concentrations in drinking water increase blood pressure in neonates. *Journal of Hypertension*, 2002; 20(2): 203 – 207.
29. Sánchez Bravo A., Agua: Un recurso escaso. 1ª Ed. Sevilla – España. ArCiBel Editores / Publicaciones digitales S.A. 2006. Pág. 182 – 183.
30. Sayyed Juned A, Bhosle Arjun B. Analysis of Chloride, Sodium and Potassium in Groundwater samples of Nanded City in Mahabharata, India. *Eur. J. Exp. Bio*, 2011; 1(1): 74 – 82.
31. Voet D.; Voet J. G.; Pratt C., Fundamentos de bioquímica: la vida a nivel molecular. 2ª Ed. Madrid – España: Editorial Médica Panamericana S.A., 2009. Pág. 23 – 26.
32. Water Treatment Solutions Lenntech. Potasio (K) y agua: mecanismos de reacción, impacto ambiental y efectos en la salud [base de datos en línea]. Estados Unidos. [fecha de acceso: 27 de noviembre de 2012]. Disponible

en: <http://www.lenntech.com/periodic/water/potassium/potassium-and-water.htm>

33. Water Treatment Solutions Lenntech. Sodio y agua: mecanismos de reacción, impacto ambiental y efectos en la salud. [base de datos en línea]. Estados Unidos. [fecha de acceso: 25 de noviembre de 2012]. Disponible en: <http://www.lenntech.es/sodio-y-agua.htm>

34. Zárate Méndez L.H., Valenzuela Montero A. Equilibrio de Sodio – Potasio en la regulación de la hipertensión arterial. Med Wave. 2012; 12(2). Disponible en:  
<http://www.mednet.cl/link.cgi/Medwave/Revisiones/RevisionClinica/5301>

## GLOSARIO

1. **Hidrosfera:** es el nombre que recibe el conjunto de las partes líquidas de la tierra. Se trata del sistema material formado por el agua que está debajo y sobre la superficie.<sup>(10)</sup>
2. **Evaporación:** Es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial.<sup>(10)</sup>
3. **Transpiración vegetal:** Consiste en la pérdida de agua en forma de vapor que produce en las plantas.<sup>(10)</sup>
4. **Condensación:** Proceso en el cual se produce el cambio de estado de la materia que se encuentra en estado gaseoso y pasa a estado líquido.<sup>(10)</sup>
5. **Tensión superficial:** Es la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área.<sup>(18)</sup>
6. **Capacidad calorífica:** Es la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en un proceso cualquiera y el cambio de temperatura que experimenta.<sup>(18)</sup>
7. **Atracción electrostática:** Fuerza de acercamiento que experimentan dos elementos cargados de signo contrario cuando se encuentran a una distancia determinada.<sup>(32)</sup>
8. **Nivel freático:** corresponde en un acuífero libre al lugar en el que se encuentra el agua subterránea.<sup>(10)</sup>

9. **Formación geológica:** Es la secuencia estratigráfica originada por sedimentación en un periodo de la historia de la tierra, con rocas magmáticas incluidas en la misma, así mismo el periodo en el cual se formaron.<sup>(11)</sup>
10. **Estrato acuífero:** Terreno impregnado de aguas subterráneas y situado encima de una capa impermeable; compuesta de grava, arena o piedra porosa que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas.<sup>(11)</sup>
11. **Oligoelementos:** Son bioelementos presentes en pequeñas cantidades (menos de un 0.05%) en los seres vivos y tanto su ausencia como una concentración por encima de su nivel característico, puede ser perjudicial para el organismo, llegando a ser hepatotóxicos.<sup>(11)</sup>
12. **Capa edáfica:** Capa superficial, disgregada y de espesor variable que recubre la corteza terrestre procedente de la meteorización mecánica y física de la roca preexistente.<sup>(10)</sup>
13. **Electrolisis:** Es el proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad, en ella ocurre la captura de electrones por los cationes en el cátodo (reducción) y la liberación de electrones por los aniones en el ánodo (oxidación).<sup>(32)</sup>
14. **Exotérmica:** Reacción química que desprenda energía, ya sea como luz o como calor.<sup>(32)</sup>
15. **Salmueras:** Es agua con una alta concentración de Cloruro de sodio (NaCl) disuelta.<sup>(11)</sup>

16. **Ánodo:** ion cargado negativamente.

17. **Cátodo:** ion cargado positivamente.

18. **Intrusión salina:** Es el proceso por el cual los acuíferos costeros están conectados con el agua del mar. El agua salada procedente del mar fluye hacia el subsuelo continental mezclándose con las reservas de agua dulce.<sup>(33)</sup>

19. **Lixiviación:** Es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido.<sup>(10)</sup>

20. **Presión sanguínea diastólica:** Corresponde al valor mínimo de la tensión arterial cuando el corazón está en diástole o entre latidos cardiacos. Se refiere al efecto de distensibilidad de la pared de las arterias, es decir el efecto de presión que ejerce la sangre sobre la pared del vaso.<sup>(17)</sup>

21. **Presión sanguínea sistólica:** Corresponde al valor máximo de la tensión arterial en sístole (cuando el corazón se contrae). Se refiere al efecto de la presión que ejerce la sangre eyectada del corazón sobre la pared de vasos.<sup>(17)</sup>

22. **Esfigmomanómetro de mercurio:** Es un instrumento médico empleado para la medición indirecta de la presión arterial, que la suele proporcionar en unidades físicas de presión, por regla general en milímetros de mercurio.<sup>(17)</sup>

23. **Meteorización:** Es la desintegración, descomposición y disgregación de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos y fisicoquímicos.<sup>(10)</sup>
24. **Feldespatos:** Son un grupo de minerales que corresponden en volumen al 60% de la corteza terrestre. Es un componente esencial de muchas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de tal modo que muchas de estas rocas se clasifican según su contenido de feldespato.<sup>(10)</sup>
25. **Patogenia:** Secuencia de sucesos celulares y tisulares que tienen lugar desde el momento del contacto inicial con agente etiológico hasta la expresión final de la enfermedad.<sup>(17)</sup>
26. **Salinidad:** Es la concentración de las sales minerales solubles en el agua, principalmente de los metales como el sodio, magnesio y calcio.<sup>(16)</sup>
27. **Espectroscopia de llama:** Una técnica de análisis instrumental, altamente sensible, para analizar e identificar metales alcalinos (sodio, potasio, litio) y alcalinotérreos (calcio, magnesio, estroncio y bario).<sup>(21)</sup>
28. **Atomización:** Es el proceso en el cual se pulveriza un líquido para reducirlo a partículas muy pequeñas.<sup>(9)</sup>
29. **Blanco:** Un análisis inicial que incluye a todos los reactivos y omite solamente la muestra. Nos proporciona una referencia para comparación. Es muy importante para minimizar contaminantes extrañas que pueden ser confundidas con los constituyentes de la muestra.<sup>(21)</sup>

**ANEXOS**

## Anexo N° 1

### ENTREVISTA DIRIGIDA A CONSUMIDORES DE AGUA ENVASADA

Esta entrevista será realizada a clientes de supermercados de mayor afluencia de personas de la zona metropolitana de san salvador del distrito dos, con el objetivo de conocer cuales marcas de agua envasada son de mayor preferencia por los consumidores y poder establecer a partir de esta información las marcas de agua a analizar.

SEXO            F             M

1. ¿Cuál es la(s) marca(s) de agua envasada que usted prefiere?

---

2. ¿Por qué prefiere consumir estas marcas de agua?

---

3. ¿Cuál de las siguientes marcas extranjeras de agua envasada es de su preferencia?

Agua Evian

Agua Gerber

Agua Aloha

Agua Pingüino

Agua dos pinos

Agua Salvavidas

Agua Santa María

4. ¿Qué marca de agua envasada considera que es la de mayor preferencia?

---

## **Anexo N° 2**

**Fuentes de agua utilizada por empresas envasadoras de agua  
comercializadas en El Salvador**

**Cuadro N° 13** Fuentes de agua utilizadas por las empresas envasadoras de agua comercializadas en El Salvador.

<b>Origen del Agua</b>	<b>Marca</b>
Fuente publica: 11 marcas	Agua D’Cielo Hawaiian Cool Agua Libertad DELY AquaVITA Agua caída D’ cielo Agua Fría De los Ángeles Bella Font Cima Fresh Bebe
Manantial o agua subterránea: 10 marcas	Agua Vital Roca Azul Oasis La Fuente Aguas del Futuro Los Cedros Agua Helada Evian Clarita Light Agua del Campo
Agua natural o de fuente natural: 5 marcas	Las Perlitas Alpina Sabemas Eco Water Rigel

Fuente desconocida y no informada: 8 marcas	Kul Salvavidas Agua Cristal Aqua Pura Aloha Piedra Azul Palmera Huchapi
--	--

Datos proporcionados por el Centro de defensa del Consumidor (CDC)

### Anexo N° 3

**Cuadro N° 14** Empresas envasadoras de agua por departamento.

<b>Departamento</b>	<b>Número de empresas</b>
San Salvador	26 empresas
San Miguel	8 empresas
La Paz	7 empresas
La Libertad	7 empresas
Chalatenango	3 empresas
Santa Ana	3 empresas
Cuscatlán	2 empresas
Sonsonate	2 empresas
Usulután	2 empresas
La Unión	1 empresas
TOTAL	61 empresas

Fuente: Elaboración en base al Registro de Alimentos y Bebidas del Ministerio de Salud MINSAL.

**Anexo N° 4**

**Listado de marcas nacionales de agua envasada registradas en el  
Departamento de San Salvador**

**Cuadro N° 15** Listado de marcas de agua envasada nacionales registradas en San Salvador.

<b>MARCA</b>	<b>EMPRESA</b>
1. Agua Cristalina	Industrias La Constancia S.A. de C.V.
2. Agua Cristal	Industrias La Constancia S.A. de C.V.
3. Agua envasada “Agua viva”	Industrias de la roca
4. Agua envasada “De la roca”	Industrias de la roca
5. Agua Peña Blanca	Agroval S.A. de C.V.
6. Agua envasada “San Marcos”	Agua envasada San Marcos
7. Agua envasada “Libertad”	Agua Libertad S.A. de C.V.
8. Agua envasada “Akua Speed”	Akua – Speed
9. Agua natural envasada “Aquapura”	Aquapura S.A. de C.V.
10. Agua natural “Aquaroca”	Aquaroca
11. Agua filtrada y purificada “La Montaña”	Burgos Suriano S.A. de C.V.
12. Agua envasada Conchagua	Comercial REG
13. Agua Natural Danubio	Danubio S.A. de C.V.
14. Agua envasada Ecopura	Ecopura S.A. de C.V.
15. Agua envasada Pingüinito	Envasadora Endeli Grupo Hernández Asociados, S.A. de C.V.
16. Agua purificada envasada Agua fina	Industrias diversificadas de alimentos S.A. de C.V. (IDA)
17. Agua envasada Inhospi – Bebe	Inhospi S.A. de C.V.
18. Agua natural Alpina	Inversiones vida S.A. de C.V.
19. Agua natural Alpinita	Inversiones vida S.A. de C.V.
20. Agua natural de manantial BLU	Omnilife El Salvador S.A. de C.V.
21. Agua envasada de la Fuente	Planta torrefacción de café S.A. de

	C.V.
22. Agua envasada Stream	Planta torrefacción de café S.A. de C.V.
23. Agua envasada deliciosos	Productos de carne deliciosos
24. Agua envasada Nataragua	Wilfredo molina Mendoza
25. Agua envasada Club Social	Club Social Price Smart

Datos proporcionados por el Centro de defensa del Consumidor (CDC)

## Anexo N° 5

**Cuadro N°16** Lista de empresas importadoras de agua envasada en El Salvador.

<b>Marca</b>	<b>Empresa Importadora</b>	<b>Origen de la importación</b>
Evian botella	Distribuidora Nacional S.A. de C.V.	Francia
Agua purificada Aloha	ABEDECA S.A. de C.V.	Guatemala
Agua purificada Pingüino	Inversiones del Sur (INVERSUR)	Guatemala
Agua pura Salvavidas	EDT El Salvador, S.A.	Guatemala
Agua mineral Dos Pinos	Cooperativa de Productores de Leche, R.L. Costa Rica	Costa Rica
Agua pura de manantial Gerber	Productos Gerber de Centroamérica S.A. de Costa Rica	Costa Rica
Agua natural del manantial 100% Santa María	Nestlé México, S.A. de C.V.	México

Fuente: Elaboración en base al Registro de Alimentos y Bebidas del Ministerio de Salud Pública MINSAL.

## Anexo N° 6

**Cuadro N° 17** Valores máximos permisibles para sustancias químicas según  
Norma Salvadoreña Obligatoria Agua Potable NSO 13.07.01:08.

<b>Parámetro</b>	<b>Límite Máximo Permissible (mg/L)</b>
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Cobre	1.3
Dureza Total como (CaCO <sub>3</sub> )	500
Fluoruros	1.00
Plata	0.07
Sodio	200.00
Sulfatos	400.00
Zinc	5.00
Hierro Total	0.30
Manganeso	0.1

## Anexo N° 7

**Cuadro N° 18** Valores de Sodio y Potasio recomendados por la Guía de Calidad para el agua potable de la OMS

<b>Parámetro</b>	<b>Límite máximo recomendado</b>
Sodio	No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud, se estableció un valor de referencia de 200mg/L de sodio basado en consideraciones gustativas.
Potasio	No se ha establecido ningún valor de referencia para el Potasio. Se estableció un valor de referencia de ingesta dietética de 4.7 g/día de potasio en adultos (19 -> 70 años de edad).*

## Anexo N° 8

**Cuadro N° 19** Valores de referencia de Ingesta dietética recomendada de Sodio y Potasio (como ingesta adecuada) derivada del IOM Institute of Medicine, National Academies

Grupos	Edades	Sodio (g/día)	Potasio (g/día)
Infantes	0 – 6 meses	0.12	0.4
	7 – 12 meses	0.37	0.7
Niños	1 – 3 años	1.0	3.0
	4 – 8 años	1.2	3.8
Adultos y jóvenes (masculino)	9 – 13 años	1.5	4.5
	14 – 51 años	1.5	4.7
	51 – 70 años	1.3	4.7
	>70 años	1.2	4.7
Adultos y jóvenes (femenino)	9 – 13 años	1.5	4.5
	14 – 51 años	1.5	4.7*
	51 – 70 años	1.3	4.7*
	>70 años	1.2	4.7*
Embarazo	14 – 50 años	1.5	4.7
Lactancia	14 – 50 años	1.5	5.1

\*La ingesta adecuada para adultos (19 -> 70 años de edad) es 4.7 g/día (IOM, 2004). Esto es equivalente a 78 mg/kg por peso corporal por día en adultos de 60 kg. (24)

**Anexo N° 9**  
**Guía para la calidad de agua potable (OMS)**

# Guías para la calidad del agua potable

PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN

**Volumen 1**

**Recomendaciones**

**Organización Mundial de la Salud**

### 12.108 Sodio

Las sales de sodio (por ejemplo, el cloruro sódico) se encuentran en casi todos los alimentos (la principal fuente de exposición diaria) y en el agua de consumo. Aunque las concentraciones de sodio en el agua potable normalmente son inferiores a 20 mg/l, en algunos países pueden superar en gran medida esta cantidad. Las concentraciones de sales de sodio en el aire son normalmente bajas con respecto a las presentes en los alimentos o el agua. Se debe señalar que algunos ablandadores del agua pueden incrementar notablemente el contenido de sodio del agua de consumo.

No se pueden extraer conclusiones definitivas con respecto a la posible asociación entre la presencia de sodio en el agua de consumo y la hipertensión. Por consiguiente, no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/l, el agua podría tener un gusto inaceptable (véase el capítulo 10).

#### *Antecedentes de la determinación del valor de referencia*

Las *Normas internacionales para el agua potable* de la OMS de 1958, 1963 y 1971 no hicieron referencia al sodio. En la primera edición de las *Guías para la calidad del agua potable*, publicada en 1984, se concluyó que no había pruebas suficientes para justificar el establecimiento de un valor de referencia para el sodio en el agua basándose en consideraciones relativas al riesgo para la salud, pero se señaló que la ingesta de sodio en el agua de consumo puede afectar más a las personas que requieren una dieta baja en sodio y a los lactantes alimentados con biberón. Se estableció un valor de referencia para el sodio de 200 mg/l, basado en consideraciones gustativas. En las Guías de 1993 no se propuso ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sodio, puesto que no se pudieron extraer conclusiones definitivas con respecto a la posible asociación entre la presencia de sodio en el agua de consumo y la hipertensión. No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/l, el agua podría tener un gusto inaceptable.

#### **Sodio**

El umbral gustativo del sodio en el agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. A temperatura ambiente, el umbral gustativo promedio del sodio es de 200 mg/l aproximadamente. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.5.1 y 12.108).

**Cuadro 8.17 Sustancias químicas de origen natural para las que no se han establecido valores de referencia**

Sustancia	Motivo por el que no se ha establecido un valor de referencia	Observaciones
Cloruro	Se presenta en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.	Puede afectar a la aceptabilidad del agua de consumo (véase el capítulo 10).
Sales de calcio y magnesio (dureza)	Se presentan en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.	Pueden afectar a la aceptabilidad del agua de consumo (véase el capítulo 10).
Sulfuro de hidrógeno	Se presenta en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.	Puede afectar a la aceptabilidad del agua de consumo (véase el capítulo 10).
pH	Sus valores en el agua de consumo son mucho menores que los que pueden producir efectos tóxicos.	Es un parámetro operativo de calidad del agua importante.
Sodio	Se presenta en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.	Puede afectar a la aceptabilidad del agua de consumo (véase el capítulo 10).
Sulfato	Se presenta en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.	Puede afectar a la aceptabilidad del agua de consumo (véase el capítulo 10).
Sólidos disueltos totales (SDT)	Se presentan en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.	Pueden afectar a la aceptabilidad del agua de consumo (véase el capítulo 10).

## Anexo N° 10

### Potasio en agua potable. Documento antecedente para el desarrollo de la Guía para la calidad de agua potable OMS

#### *POTASSIUM IN DRINKING-WATER*

**Table 2: Dietary reference intake values (as adequate intake), derived by IOM (2004)**

	Age group	Dietary reference intake (g/day)
Infants	0–6 months	0.4
	7–12 months	0.7
Children	1–3 years	3.0
	4–8 years	3.8
Male youth and adults	9–13 years	4.5 <sup>a</sup>
	14–>70 years	4.7 <sup>a</sup>
Female youth and adults	9–13 years	4.5 <sup>a</sup>
	14–>70 years	4.7 <sup>a</sup>
Pregnancy	n/a	4.7 <sup>a</sup>
Lactation	n/a	5.1 <sup>a</sup>

n/a, not applicable

<sup>a</sup> United Kingdom guidelines for adults are 3.7 g/day with no requirement for additional intake in pregnancy and lactation.

The adequate intake for adults (19–>70 years of age) is 4.7 g/day (IOM, 2004). This is equivalent to 78 mg/kg body weight per day for a 60 kg adult. The IOM (2004) adequate intake is based on potassium's effect of countering salt (sodium chloride) sensitivity in African Americans, as well as epidemiological evidence linking higher levels of potassium intake with decreased risk of bone loss and kidney stones.

## Anexo N° 11

**Cuadro N° 20** Listado de supermercados del Distrito 2 del área metropolitana de San Salvador.

<b>SUPER SELECTOS</b>			
Antel centro	Arce	Autopista sur	Beethoven
Caribe	Centro 1	Centro Libertad	Escalón
España	Feria rosa	La Cima	Los Santos
Masferrer	San Jacinto	Metro Centro*	Miralvalle 1*
San José	San Miguelito 2	San Miguelito 1	Santa Emilia
Trigueros	Olímpica	San Benito	San Luis*
Morazán	Metro Sur*	Miralvalle 2*	Gigante*
<b>DESPENSA DE DON JUAN</b>			
Centro Libertad	Escalón Norte	San Benito	Cumbres Escalón
General Arce	San Jacinto	Darío	La Cima
Terraza	Metro centro*		
<b>PRICESMART</b>			
Metro centro*			



## Anexo N° 14

### Mapas del área metropolitana de San Salvador



Figura N° 15 Mapa del área metropolitana de San Salvador

## Anexo No.15

### Preparación de estándares de Potasio

$$V_1 C_1 = V_2 C_2$$

Dónde:

$$C_1 = 1000 \text{ ppm} \quad V_1 = x$$

$$C_2 = 100 \text{ ppm} \quad V_2 = 250 \text{ mL}$$

### Preparación de solución estándar de 100 ppm

$$V_1 = \frac{250.0 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}} = 25 \text{ mL [1000 ppm] para 100 mL}$$

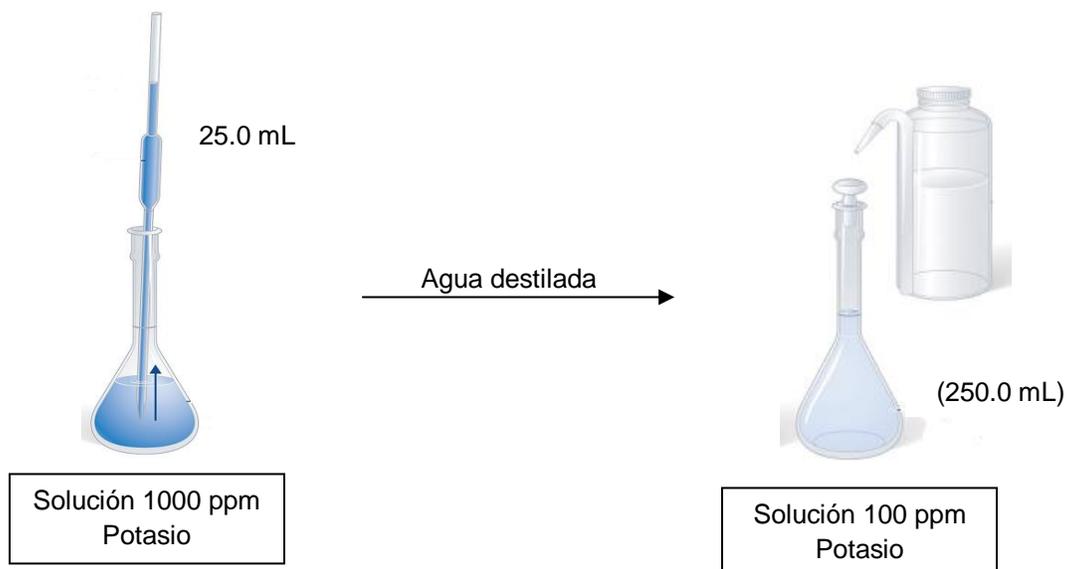
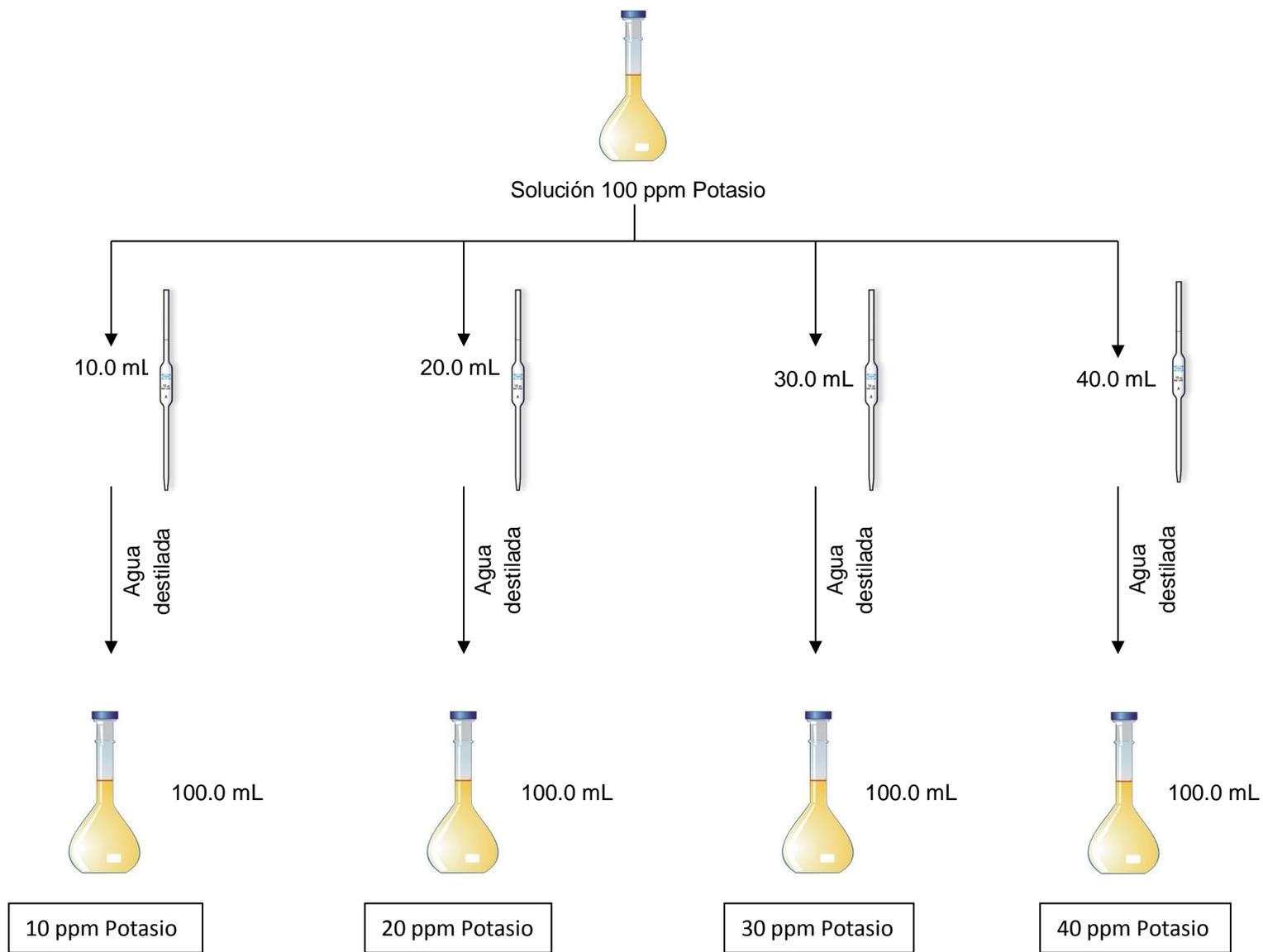


Figura N°16

Preparación Solución 100 ppm Potasio

Figura N° 17  
Preparación de estándares de Potasio



## Anexo No.16

### Preparación de estándares de Sodio

$$V_1 C_1 = V_2 C_2$$

Dónde:

$$C_1 = 1000 \text{ ppm} \quad V_1 = x$$

$$C_2 = 100 \text{ ppm} \quad V_2 = 250 \text{ mL}$$

### Preparación de solución estándar de 100 ppm

$$V_1 = \frac{250.0 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}} = 25 \text{ mL [1000 ppm] para 100 mL}$$

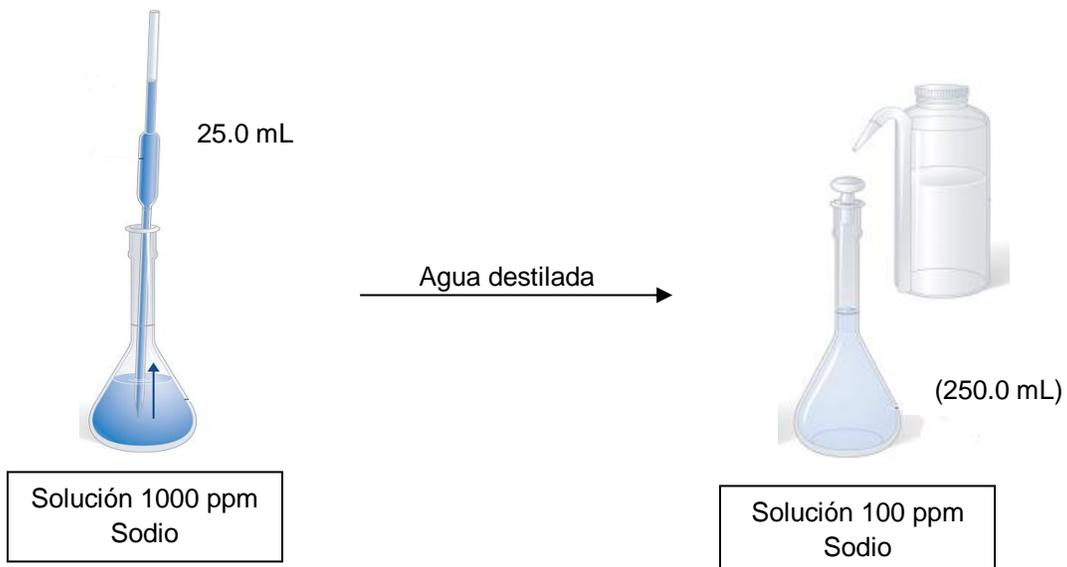


Figura N° 18  
Preparación Solución de Sodio 100 ppm

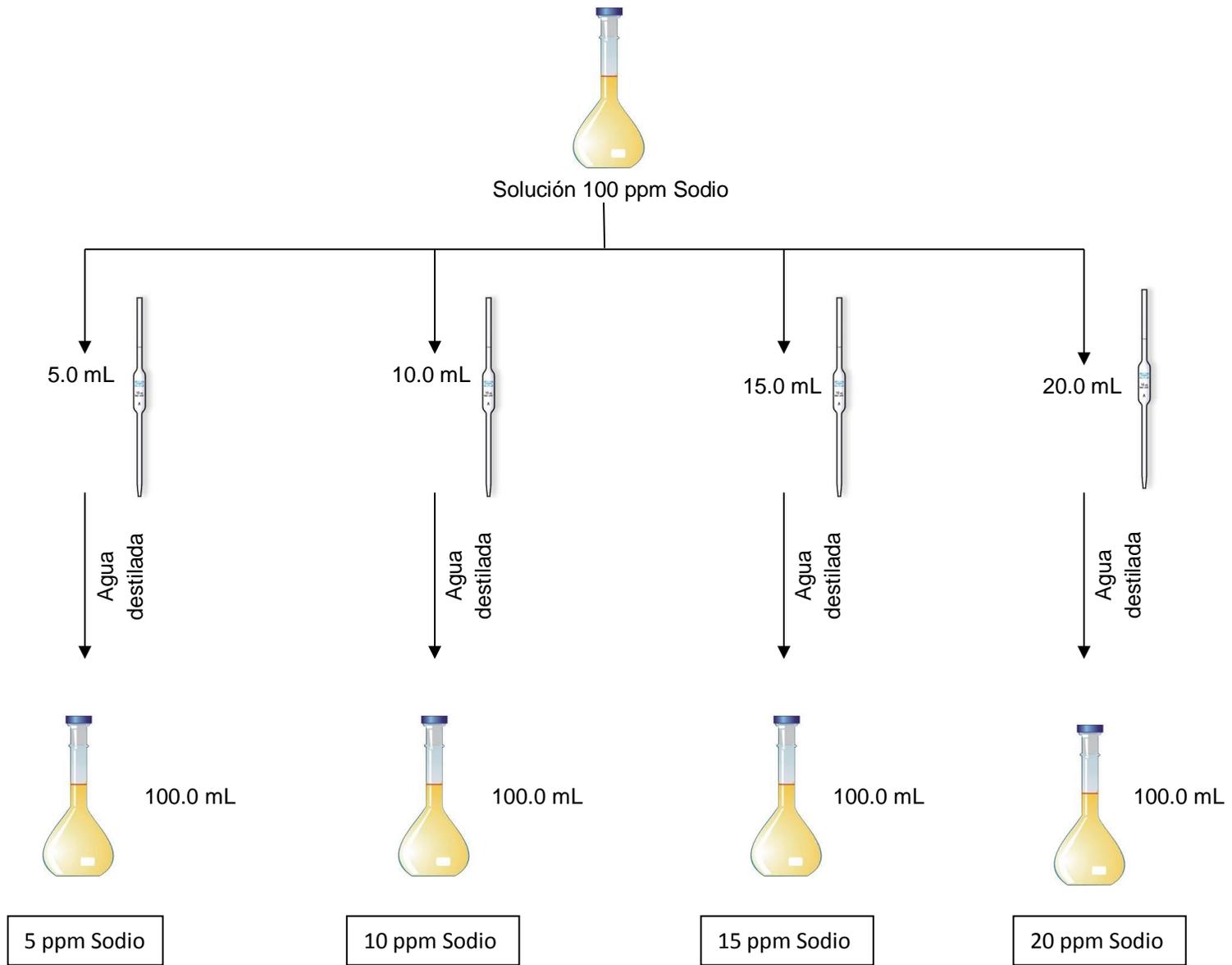


Figura N° 19  
Preparación de estándares de Potasio

## Anexo No. 17



**Figura N° 20:** Muestras de agua envasada



**Figura N° 21:** Preparación de muestras de agua para análisis

## Anexo No. 18



**Figura N° 22:** Lectura de las muestras en Fotómetro de llama