

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



**DETERMINACION 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.**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

ALEXANDER DE JESUS PARADA RODRIGUEZ

RAUL ERNESTO AYALA RIVERA

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

JUNIO 2010

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA **UNIVERSIDAD DE EL
SALVADOR**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ.

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ.

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIA

MSc. MORENA LIZETTE MARTINEZ DE DIAZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo.

ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez.

ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: FISICOQUIMICO

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano.

DOCENTES DIRECTORES

Licda. Sandra Guadalupe Peraza de Ramírez.

Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios todopoderoso por habernos permitido alcanzar esta meta, brindándonos la sabiduría y fortaleza para lograrlo.
- A nuestros asesores: Licda. Sandra Guadalupe Peraza de Ramírez por todo el apoyo, amistad, consejos, traspaso de conocimientos y sobre todo la dedicación en el desarrollo de este trabajo, así como al Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz por brindar sus conocimientos y dedicación en el desarrollo de esta investigación.
- A nuestras coordinadoras, Licda. Maria concepción Odette Rauda Acevedo, Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano y MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez; por su disposición y contribución con el enriquecimiento de este trabajo de graduación.
- A todas las personas que de forma directa o indirectamente colaboraron de manera desinteresada con esta investigación.
- A todas las personas que estuvieron a nuestro alrededor brindándonos su apoyo y amistad para lograr esta meta.

DEDICATORIA

- A Dios: por haberme permitido culminar con satisfacción una de las metas más importantes de mi vida y poner en mí camino a las personas necesarias para lograrlo.
- A mis padres: Irma del Carmen Rodríguez de Parada y Pastor de Jesus Parada González por sus oraciones y el sacrificio de todos estos años, por su protección, amor, paciencia, comprensión y apoyo constante sin los cuales no hubiera sido posible alcanzar esta meta.
- A mis hermanos: Judith Beatriz Parada Rodríguez y Jorge Alberto Parada Rodríguez por su gran cariño y apoyo incondicional en todo momento para que terminara mis estudios.
- A mi amiga: Carolina Araujo por su apoyo y motivación en los momentos difíciles.
- A mi compañero: Raúl Ernesto Ayala Rivera por brindarme su amistad y apoyo incondicional y por haber compartido muchos de los momentos más importantes de mi vida.

Alexander de Jesús Parada Rodríguez.

DEDICATORIA

- A Dios: porque en su infinita misericordia me permitió llegar a esta etapa de mi vida y alcanzar esta meta.
- A mi esposa: Jacqueline Roxana de Ayala por su gran amor, comprensión y paciencia en todos estos años que ha estado a mi lado incondicionalmente, gracias amor por se tan especial.
- A mi hijo: Raúl Francisco Ayala Herrera por su gran amor, y eres mi gran inspiración para superar todas mis metas.
- A mis padres: Blanca Estela Rivera de Ayala y José Raúl Ayala y mis hermanos: Rodrigo José Ayala y José Alfonso Ayala; por sus oraciones y el sacrificio de todos estos años, por su comprensión, amor y su gran apoyo constante sin los cuales no hubiera sido posible alcanzar esta meta.
- A mi compañero: Alexander de Jesús Parada por brindarme su amistad y apoyo incondicional y por haber compartido muchos de los momentos más importantes de mi vida.

Raúl Ernesto Ayala Rivera

INDICE

Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xxiii
Capítulo II	
2.0 Objetivos	
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos Específicos	
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	29
3.1 Apastepeque.	29
3.1.1. Hidrografía.	29
3.1.2. Vegetación.	30
3.1.3. Suelos.	31
3.1.4. Producción agropecuaria.	31
3.1.5. Aspecto físico.	31
3.2. Concepción ataco.	33
3.2.1 Producción agropecuaria.	33
3.2.2 Suelos.	34
3.3. San Luís Talpa.	34
3.3.1. Aspecto físico.	34
3.3.2. Suelos.	36

3.4.	Jiquilisco	36
3.4.1.	Aspecto físico.	37
3.4.2.	Suelos.	39
3.5.	San Salvador	39
3.5.1.	Aspecto físico.	40
3.5.2.	Suelos.	41
3.6.	El Suelo.	42
3.7.	El Agua.	45
3.7.1	Estado Natural.	45
3.7.2	Propiedades Físicas	45
3.7.3	Propiedades Químicas.	46
3.8.	Calcio.	48
3.8.1.	Generalidades.	48
3.8.2.	Características Principales.	48
3.8.3.	Papel Biológico.	49
3.8.4.	Abundancia y Obtención.	49
3.8.5.	Metabolismo del Calcio.	50
3.8.6.	Localización.	50
3.8.7.	Valores Normales.	50
3.8.8.	Eliminación.	51
3.9.	Potasio.	52
3.9.1	Generalidades.	52

3.9.2	Características Principales.	52
3.9.3	Papel Biológico.	53
3.9.4	Abundancia y Obtención.	54
3.9.5	Precauciones.	54
3.10.	Manganeso.	54
3.10.1	Generalidades.	54
3.10.2	Características Principales.	55
3.10.3	Papel Biológico.	55
3.10.4	Abundancia y Obtención.	56
3.10.5	Precauciones.	56
3.11	Sodio	57
3.11.1	Generalidades	57
3.11.2	Características Principales.	58
3.11.3	Papel Biológico.	58
3.11.4	Abundancia y Obtención.	58
3.11.5	Precauciones.	59
3.12	Insuficiencia Renal.	59
3.12.1	Insuficiencia Renal Aguda.	60
3.12.1.1.	Síntomas y Diagnostico.	60
3.12.2	Insuficiencia Renal Crónica.	62
3.12.2.1	Síntomas.	62
3.12.2.2	Diagnostico.	64

3.12.3	Diálisis	65
3.13	Bomba Sodio – Potasio	66
3.13.1	Estructura Proteica.	66
3.13.2	Definición.	67
3.13.3	Funcionamiento.	68
3.13.4	Mantenimiento de la Osmolaridad y del Volumen Celular.	69
3.13.5	Activación de la Bomba Sodio – Potasio.	71
3.13.6	Transporte de Nutrientes.	74
3.13.7	Potencial Eléctrico de Membrana.	74
3.13.8	Impulsos Nerviosos.	74
3.13.9	Farmacología.	75
3.14	Deshidratación.	76
3.14.1	Síntomas.	76
3.15	Espectroscopia de Emisión y Absorción Atómica.	78
3.15.1	Fonometría de Llama.	80
3.15.2	Atomización de Llama.	81
3.15.3	Estructura de Llama.	82
3.15.4	Atomizadores de Llama.	82
3.15.5	Reguladores de Combustibles y Oxidantes.	83
3.15.6	Fuentes de Radiación.	83
3.15.7	Espectrofotometría de Absorción Atómica.	85
3.15.8	Instrumentación.	87

3.15.9	Fotómetros de Llama.	88
3.15.10	Espectrofotómetros de Absorción Atómica.	88
3.15.11	Función y Condiciones de las Llamas.	88
3.15.12	Interferencias.	91
3.15.13	Formación de Compuestos poco Volátiles.	91
3.16	Muestreo.	91
3.16.1	Elaboración de un Programa de Muestreo.	92
3.16.2	Estudios Preliminares.	93
3.16.3	Números de Muestras a Tomar y Parámetros a Determinar.	93
3.16.4	Tipo de Muestras y Muestreos.	94
3.16.5	Técnicas de Muestreo.	99
3.16.6	Conservación de las Muestras.	104
Capítulo IV		
4.0	Diseño Metodológico.	107
4.1	Tipo de Estudio.	107
4.2	Investigación Bibliografía.	107
4.3	Investigación de Campo.	107
4.4	Universo Muestral.	108
4.5	Tipo de Muestreo.	108
4.6	Puntos de Muestreo.	108
4.7	Tamaño de la Muestra.	109
4.8	Investigación Experimental.	109

4.8.1	Recolección de Muestras de Agua.	109
4.8.2	Procedimiento de Toma de Muestra.	109
4.8.3	Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica	110
4.8.4	Cuantificación de Sodio.	110
4.8.5	Cuantificación de Potasio.	113
4.8.6	Cuantificación de Calcio.	116
4.8.7	Cuantificación de Manganeso.	119
Capítulo V		
5.0	Resultados e Interpretación,	124
Capítulo VI		
6.0	Conclusiones.	141
Capítulo VII		
7.0	Recomendaciones.	144
Bibliografía		
Glosario		
Anexos		

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°

- 1 Tipos de Llama
- 2 Resultados de Sodio obtenido del análisis de las cinco muestras tomadas por comunidad.
- 3 Resultado de Potasio obtenido del análisis de las cinco muestras tomadas por comunidad.
- 4 Resultado de Calcio obtenido del análisis de las cinco muestras tomadas por comunidad.
- 5 Resultado de Manganeseo obtenido del análisis de las cinco muestras tomadas por comunidad.
- 6 Valor de Riesgo asignado a cada comunidad en orden ascendente.
- 7 Resultados de Tendencia y Significancia del análisis de regresión hecho con la comunidad por riesgo y cada uno de los elementos.
- 8 Resultados de tendencia y Significancia del análisis de regresión aplicado en cada elemento contra la creatinina.

INDICE DE FIGURAS

Figura N°

- 1 Molécula de Agua
- 2 Ubicación del Calcio en Tabla Periódica de los Elementos
- 3 Ubicación del Potasio en Tabla Periódica de los Elementos
- 4 Elemento de Potasio
- 5 Ubicación del Manganeso en Tabla Periódica de los Elementos
- 6 Piedra de Manganeso
- 7 Ubicación del Sodio en Tabla Periódica de los Elementos
- 8 Esquema de la Bomba Sodio - Potasio
- 9 Proceso de Transporte
- 10 Comparación de Emisión de Llama y Absorción Atómica
- 11 Diagrama de Espectrofotómetro de Absorción Atómica
- 12 Esquema para la preparación de la curva Patrón de Sodio
- 13 Esquema de la Preparación de la muestra para la cuantificación de Sodio en agua
- 14 Esquema para la preparación de la curva Patrón de Potasio
- 15 Esquema de la Preparación de la muestra para la cuantificación de Potasio en agua
- 16 Esquema para la preparación de la curva Patrón de Calcio
- 17 Esquema de la Preparación de la muestra para la cuantificación de Calcio en agua

- 18 Esquema para la preparación de la curva Patrón de Manganeso
- 19 Esquema de la Preparación de la muestra para la cuantificación de Manganeso en agua
- 20 Concentración de Elementos por Comunidad
- 21 Concentración de Manganeso por Comunidad
- 22 Mapa de Municipio de Apastepeque
- 23 Mapa detallado de Municipio de Jiquilisco
- 24 Mapa de Municipio de San Luis Talpa
- 25 Mapa de Municipio de San Salvador
- 26 Mapa de Municipio Concepción de Ataco
- 27 Toma de muestra
- 28 Medición de pH
- 29 Almacenamiento de muestras

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

- 1 Divisiones Político – Administrativas de los Municipios en Estudio
- 2 Principales Causas de Insuficiencia Renal Aguda
- 3 Mecanismo De Acción Bomba Sodio – Potasio
- 4 Tipos De Conservadores
- 5 Parámetros De Conservación De Muestras
- 6 Técnicas para la Preparación De Curvas
- 7 Cálculos
- 8 Normas
- 9 Resultados
- 10 Mapas de municipios y ubicaciones
- 11 Formulas Y Resultados Obtenidos Por El Método Estadístico De Regresión Lineal Por El Programa SPSS
- 12 Fotos de la toma de muestra

ABREVIATURAS

AA	Absorción Atómica
ERC	Enfermedad Renal Crónica
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
PROCAFE	Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café
NSO 13.07.01:04	Inciso 13.07.01:04
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
ASTM	Sociedad Americana de Ensayos de materiales (Por sus siglas en ingles)
USGS	Inspección Geológica de los Estados Unidos (Por sus siglas en ingles)
APHA	Asociación de la Salud Publica de América (Por sus siglas en ingles)
AWWA	Asociación Americana del Trabajo en Agua (Por sus siglas en ingles)
WEF	Foro Económica Mundial (Por sus siglas en ingles)
EDTA	Acido Etileno Tetracético.
PVC	Cloruro de Polivinilo
NOM	Norma Oficial Mexicana
GSD	Desviación Geométrica Estándar
N/A	No Detectable
DS	Desviación Estándar
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

Km	Kilometro
Cm	Centímetro
mg	Miligramo
μg	Microgramo
G	Gramo
nm	Nanómetro
ppm	Parte por millón
KMnO ₄	Permanganato de Potasio
SnCL ₂	Cloruro de Estañoso
HNO ₃	Ácido Nítrico
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
L	Litro
≤	Símbolo que representa menor o igual
%	Símbolo que representa porcentaje
λ	Símbolo que representa longitud de onda

RESUMEN

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad la cuantificación de Sodio, Potasio, Calcio y Manganeso en agua de consumo humano en cinco comunidades de El Salvador y posteriormente comparar las concentraciones de dichos metales con los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable (NSO:13.07.01:04).

En El Salvador se han publicado varios reportes que muestran que en la última década, el país ha sufrido un aumento inesperado de casos de Enfermedad Renal Crónica (ERC) que rápidamente evolucionan hacia una fase terminal (11). Tomando como referencia el “Estudio de Prevalencia de Enfermedad Renal Crónica en cinco comunidades de El Salvador”, en donde compara la prevalencia de Enfermedad Renal Crónica en cinco comunidades con diferentes actividades económicas y ubicación geográfica, las cuales son: Cantón Shucutitán de Concepción de Ataco en Ahuachapán, Cantón Calderas de Apastepeque en San Vicente, Reparto Santa Clara de San Jacinto en San Salvador, Casco de la Hacienda Santa Clara de San Luís Talpa en La Paz y Caserío El Paraíso de Jiquilisco, Cantón Tierra Blanca, en Usulután. En la presente investigación se recolectaron 5 muestras de agua de consumo humano en cada una de las 5 comunidades que aplico el estudio mencionado, haciendo un total de 25 muestras. La parte experimental se realizó en el Laboratorio de Calidad Integral de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), con el método de espectrofotometría de absorción atómica especificado para cada uno de los metales objeto de estudio, que fueron mencionados anteriormente. Al comparar los resultados obtenidos en las 25 muestras de agua de consumo humano con los

límites establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO: 13.07.01:04 Agua. Agua Potable, se observó que las concentraciones de los metales se encuentran entre los límites, pero debido a que la Norma Salvadoreña Obligatoria no hay regulación para Potasio y Calcio, y para que el estudio fuera bien fundamentado se comparó con los parámetros de ingesta diaria recomendada por la Guía para la Calidad del Agua Potable que presenta la Organización Mundial de la Salud, y las concentraciones de los metales se encuentran dentro de los límites de la ingesta diaria. Las concentraciones también fueron analizadas estadísticamente por el método de regresión lineal, utilizando el programa SPSS, donde se logró determinar la relación entre las concentraciones de los metales y los valores promedio de creatinina en sangre presentados en resultados del estudio de prevalencia de ERC que se habían realizado anteriormente en las mismas zonas muestreadas. A pesar que las concentraciones de los metales evaluados no superan los valores de consumo diario recomendado por la OMS y los límites establecidos por la NSO 13.07.01.04 CONACYT con base en el análisis estadístico por regresión lineal, se puede inferir que los metales sodio, potasio y manganeso pueden incrementar el riesgo de padecer ERC en las comunidades en estudio. Por tanto se recomienda que se realicen monitoreos en las aguas de las comunidades en estudio por las entidades correspondientes.

CAPITULO I
INTRODUCCION

xxiii

1.0 INTRODUCCION

El agua en algunas ocasiones presenta elevadas concentración de sales (Ca, K, Na y Mn) las cuales pueden causar un desequilibrio en el organismo humano lo que puede llevar a una deshidratación, ésta tiende a ser más frecuente en países muy cálidos en donde hay temperaturas muy altas las cuales provoca que las personas tengan una mayor necesidad de consumo de agua.

La deshidratación es una de las muchas causas que pueden provocar enfermedades como lo es la insuficiencia renal siendo esta una enfermedad que en los últimos años ha ido en aumento.

El Salvador es uno de los países que se encuentra en una zona climática muy cálida más que todo en zonas costeras del país en donde las temperaturas tienden a ser mayores, esto a la vez provoca que los habitantes de los referidos lugares tiendan a elevar el consumo de agua, sobre todo las personas que su trabajo es la agricultura las cuales se exponen por muchas horas al sol, para quienes el consumo de agua es necesario ya que así logran evitar una posible deshidratación que les provoque insuficiencia renal.

Los casos de insuficiencia renal en El Salvador han aumentando y lo interesante es que se está presentando entre trabajadores no agrícolas y trabajadores agrícolas encontrándose estos en diferentes zonas climáticas y geográficas del país ⁽¹¹⁾. La única diferencia es que las personas que viven en las cercanías de la costa pacífica desarrollan la enfermedad hasta la etapa terminal más rápidamente que las personas que viven en zonas de mayor

altura, según estudios que se han realizado estas personas sean trabajadores agrícolas o no, consumen suficiente agua para evitar la enfermedad.

La presente investigación está dirigida a la cuantificación de los elementos sodio, potasio, manganeso y calcio, los cuales en cantidades mayores a las normales pueden provocar desordenes electrolíticos, deshidratación y ocasionar así la enfermedad renal crónica.

Así se justifico la necesidad de efectuar un estudio de cuantificación de estos elementos para verificar si estos están en niveles normales o no, comparando los resultados de las comunidades seleccionadas con los valores que establece la Norma Salvadoreña y así verificar si el agua que estas personas consumen puede ser la causante de dicho desequilibrio que provoque la deshidratación, seguido por la enfermedad renal. De esta manera se dejarían resultados actualizados sobre la calidad de agua de estas comunidades y poder proporcionar esta información para que sea utilizada en futuras soluciones.

Se llevó a cabo en diferentes zonas climáticas y geográficas del país, incluyendo lugares que se emplee la agricultura así como en lugares que no se emplea, se tomaron 5 comunidades:

- Zona occidental: Cantón Chucutita, Municipio Concepción de Ataco, Departamento de Ahuachapán, dedicada al cultivo de café y ubicada a mas de 1,600 m.s.n.m.

- Zona Central: Reparto Santa Clara, Barrio San Jacinto, Departamento de San Salvador, comunidad urbana no dedicada al agro y ubicada a unos 500 m.s.n.m.
- Zona Paracentral: Casco de la Hacienda Santa Clara, Municipio de San Luís Talpa, Departamento La Paz, comunidad semi rural dedicada al cultivo de caña de azúcar cercana a la costa pacífica.
- Zona Paracentral: Cantón Calderas, Municipio de Apastepeque, Departamento San Vicente, comunidad rural dedicada al cultivo de la caña de azúcar y ubicada a 500 m.s.n.m.
- Zona Oriental: Cantón Tierra Blanca, Municipio de Jiquilisco, Departamento de Usulután, comunidad rural dedicada al cultivo de la caña de azúcar y cercana a la costa pacífica.

La metodología utilizada para la cuantificación de estos elementos fue primero llevar a cabo la recolección de las muestras y luego se procedió a los análisis utilizando el método espectrofotométrico de emisión atómica, para cuantificar los elementos sodio, potasio, calcio y manganeso; y así de esta manera se obtuvieron resultados que nos llevaron a la conclusión de la investigación hecha. El estudio se realizó en un periodo de dos años

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar cuantitativamente el sodio, potasio, manganeso y calcio; en aguas de consumo humano y su posible incidencia en la enfermedad renal en cinco comunidades de El Salvador

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Seleccionar las zonas de recolección de muestras de agua de consumo humano, según el Estudio de prevalencia de enfermedad renal crónica en cinco comunidades de El Salvador.
- 2.2.2 Cuantificar el sodio, potasio, calcio y manganeso por medio del método espectrofotométrico de emisión atómica.
- 2.2.3 Comparar los resultados obtenidos en el análisis de agua de las cinco comunidades en base a lo que exige la Norma Salvadoreña de Agua Potable NSO 13.07.01.04 CONACYT y a lo recomendado para la ingesta diaria por la Guía para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- 2.2.4 Evaluar estadísticamente si hay alguna relación entre las concentraciones de metales cuantificados y la prevalencia de enfermedad renal crónica en cada una de las cinco comunidades.

CAPITULO III
MARCO TÉORICO

3.0 MARCO TÈORICO

3.1 APASTEPEQUE

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Municipio y distrito del departamento de San Vicente. Está limitado por los siguientes municipios: al N, por Santa Clara y San Esteban Catarina; al E, por San Ildefonso; al S, por San Vicente y al W, por San Esteban Catarina y San Cayetano Istepeque. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°42'12"LN. (extremo septentrional) y 13°37'04"LN.(extremo meridional); 88°36'20"LWG. (extremo oriental) y 88°47'57"LWG. (extremo occidental).

DIVISIÓN POLÍTICO -ADMINISTRATIVA

Para su administración, el municipio se divide en 10 cantones y 48 caseríos. Ver anexo 1.

3.1.1 HIDROGRAFÍA. Riegan el municipio los ríos: Acahuapa, Ismataco, Chanlagarto. El Amate, San Felipe y Sisimico; las quebradas: El Arenal, Tanhuíste, Ismataquito, Los Jocotes, San Juan de Merino, El Cutuco, de San Jacinto, La Quebradona, Las Pavas, Las Animas, Cerro Colorado, Nacoleon, Aguaypulo, El Coyol, Majano o El Espinal, El Chile, Las Pavas, San Pedro o El Mario, Las Pavas, San Pedro o El Mario, Las Pozas, San Juan y Los Olotes.

RÍOS PRINCIPALES

ISMATACO. Se forma de la confluencia de los ríos: Chanlagarto y Desagüe, 3 Kms. al NE. de la ciudad de Apastepeque. Corre de N a S hasta desembocar en el río Acahuapa. Tiene como afluentes las quebradas El Arenal, Tanhuiste y los Olotes. Su recorrido es de 6 Kms.

ACAHUAPA. Nace fuera de este municipio y entra a formar parte de él, 2.4Kms. al SW. de la ciudad de Apastepeque; corre de W a E, hasta abandonar esta jurisdicción; sirve de límite municipal a San Vicente y Apastepeque. Tiene como afluente el río Ismataco. La longitud de su recorrido es de 10.5 Kms.

SAN FELIPE. Nace 9.9 Kms. al E de la ciudad de Apastepeque; corre de N a S, hasta desembocar en el río Acahuapa; en un pequeño tramo de su recorrido sirve de límite municipal a San Vicente y Apastepeque. Tiene como afluentes el río El Ámate y la quebrada San Juan. Su longitud es de 5.5 Kms.

CLIMA. El Clima es calido y pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1600 y 2000 mm.

3.1.2 VEGETACIÓN.

La flora esta constituida por bosque húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son: Ceiba, bálsamo, copinol, cortez negro, chichipate, sincahuite, istaten, botoncillo, papaturro, ojushte y conacaste.

ROCAS. Predominan las lavas andesíticas y basálticas y lavas dasíticas y andesíticas.

3.1.3 SUELOS.

Los tipos de suelo que se encuentran son: Litosoles y Regosoles Entisoles (Fase ondulada a montañosa muy accidentada). Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles. Alfisoles (Fase pedregosa superficial de ondulada a montañosa muy accidentada) y Grumosoles, Litosoles y Latosoles Arcillo Rojizos. Vertisoles y Alfisoles. (fase de casi a nivel a fuertemente alomadas).

DIMENSIONES

ÁREA RURAL: 120.31 Kms². Aproximadamente.

ÁREA URBANA: 0.25 Ka^{>2}. Aproximadamente.

3.1.4 PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: granos básicos, café, plantas, hortenses, frutícolas. Hay crianza de ganado vacuno, porcino, caballar y mular. Crianza de aves de corral.

3.1.5 ASPECTO FÍSICO

HIDROGRAFÍA. Su sistema fluvial está formado por los ríos: Guamo, El Limo o Tiapán, Mátala o Los Bosques, El Naranjo, Asino, Cauta, Copinula, El Rosario, Zapúa, Los Apantes o Los Amates, El Regadío, Sunzacuapa, Tepetayo y de Chacala, y las quebradas: El Muerto, Las Lajas, El Tarro, El Tanque, El Molino, Sisiniapa, El Descuaje, Atzumpa, El Tamagás, La Peña o El Pacayal, La Joya de Los Apantes, La Soledad o de Torrente, Buena Vista, El Jutal y de Quezalapa.

RÍOS PRINCIPALES

GUAMO. Nace 4.6 kms. al SW. de la villa de Concepción de Ataco, es de mucha importancia para el municipio, ya que le sirve de límite natural, en la parte W con el municipio de Tacuba. Su confluencia con la quebrada El Muerto, dan origen al río Nejapa. Longitud dentro del municipio 7 kms.

MÁTALA O LOS BOSQUES. Nace 3.6 kms. al SW. de la villa de Concepción de Ataco, a inmediaciones del cantón y caserío El Naranjito. Corre de N a S, hasta confluir con la quebrada El Tamagás y dar origen así, al río El Rosario. Su long. dentro del municipio es de 3.7 kms.

ASINO. Se forma de la confluencia de las quebradas El Decuaje y Atzumpa, 1.4 kms. al SE. de la villa de Concepción de Ataco; corre de S a N. hasta salir del municipio. Long. que recorre dentro de él 5 kms.

COPINULA. Nace a 2.8 kms. al S de la villa de Concepción de Ataco, en las faldas del cerro El Ciprés, fluye con rumbo de N a S. Su longitud dentro del municipio es de 2.7 kms.

LOS APANTES O LOS AMATES. Nace 4.8 kms. al sur de la villa de Concepción de Ataco. Sirve de límite natural con el municipio de Jujutia, desde la confluencia con la quebrada La Soledad, hasta su desembocadura en el río Copinula, en un tramo aproximado de 3.2 kms. La longitud total del río dentro del municipio es de 4.2 kms.

CLIMA.

Su clima es fresco y agradable, pertenece al tipo de tierra templada. El monto pluvial anual oscila entre 2000 y 2400 mm.

3.2 CONCEPCIÓN DE ATACO

Ubicación Geográfica

Municipio del Distrito de Ahuachapan. Esta limitado por los siguientes Municipios al N, por ahuachapan; al E, por Apaneca y San Pedro Puxtla, al sur por Guaymango y Jutlan y al W, por Tacuba. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes 13° 53'58" LN (extremo septentrional). Y 13° 47'28" LN (extremo meridional). 89°48'56" LWG (extremo oriental). Y 89° 54'44" LWG)

DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVO

para su administración, el municipio se divide en 11 cantones y 24 municipios.

Ver anexo 1.

3.2.1 PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

El producto agrícola de mayor cultivo es el café, dado las condiciones climatológicas que ofrece la zona. Existe además, dentro del municipio la crianza de ganado vacuno, porcino, caballar y mular; lo mismo que de aves de corral, en forma mínima.

VEGETACIÓN. La flora está constituida por bosque, húmedo subtropical fresco y muy húmedo subtropical.

ROCAS. Abundan los materiales piroclásticos y lavas andesíticas y basálticas.

3.2.2 SUELOS. Los diferentes tipos de suelos que existen, son: Andosoles y Regosoles, Inceptisoles y Entisoles. (Fase ondulada a alomadas). Latosol Franco Arcilloso Rojizo, Andosoles y Litosoles (Fase ondulada amontañosa accidentada de pedregosidad variable).

DIMENSIONES

ÁREA RURAL: 60.48 kms². Aproximadamente

ÁREA URBANA: 0.55 kms². Aproximadamente

3.3 SAN LUIS TALPA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Municipio del distrito de Olocuilta y departamento de La Paz. Está limitado por los siguientes municipios: al N, por Olocuilta, San Juan Talpa y Tapalhuaca; al E, por San Pedro Masahuat; al S, por el Océano Pacífico y al W, por La Libertad (del depto. de La Libertad). Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°30'00" LN (extremo septentrional) y 13°22'05" LN (extremo meridional) y 89°02'45" LWG (extremo oriental) 89°09'27" LWG (extremo occidental).

DIVISIÓN POLÍTICO - ADMINISTRATIVA

Para su administración, el municipio se divide en 10 cantones y 26 caseríos. Ver anexo 1.

3.3.1 ASPECTO FÍSICO

HIDROGRAFÍA. Riegan el municipio los ríos: Comalapa, Macucinapa y Miraflores; las quebradas: El Charcón, Los Encuentros o El Lagartero, El

Hervor, San José, Seca y El Lirial; las lagunas: Providencia, Limpia, Solomilloa, Soiomillita o El Saital, El Palmo y el estero de la Garatuza o El Esterón.

RÍOS PRINCIPALES

COMALAPA. Nace fuera de este municipio y entra a formar parte de él, 3.2 Kms- al NE de la villa de San Luis Talpa; su recorrido lo hace en dos rombos: desde que entra al municipio hasta el lugar donde se encuentra el cantón y caserío Tecualuya; corre de NE a SW, de aquí cambia hacia el W, hasta salir del municipio. En una parte de su trayecto sirve de límite municipal entre San Luis Talpa y San Juan Talpa. La longitud de su recorrido dentro del municipio es de 12.0 Kms.

OROGRAFIA. Este municipio muestra un terreno plano, alcanza su máxima elevación en la parte norte que es de 100 m SNM. Los únicos elementos orográficos que presenta son las montañas La Pita, El Palmar o San Francisco y La Hulera.

CLIMA. El clima es cálido, pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1400 y 1800 mm.

VEGETACIÓN. La flora está constituida por bosque húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son: sincahuile, istatén, botoncillo, papaturro, volador, conacaste y mono.

ROCAS. Predominan los tipos de; Lavas dacfticas y andesfticas, aluviones con intercalaciones de materiales piroclásticos.

3.3.2 SUELOS. Los tipos de suelo que se encuentran son: Suelos Regosoles y Aluviales. Arcillo rojizo Enlisoles (Fase casi a nivel ligeramente inclinada); Pantanos sujetos a las mareas. Playas costeras y Suelos Aluviales. Entisoles.

DIMENSIONES

ÁREA RURAL: 65.80 Kms²- aproximadamente.

ÁREA URBANA: 0.16 Km². aproximadamente.

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: granos básicos, plantas hortenses y frutícolas. Hay crianza de ganado vacuno, porcino, caballar y mular. Así como de aves de corral.

3.4 JIQUILISCO

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Municipio y distrito del departamento de Usulután. Está limitado por los siguientes municipios: al N, por San Agustín, San Francisco Javier y Ozatlán; al E, por Ozatlán, Usulután y Puerto El Triunfo; al S, por el Océano Pacífico y al W, por Tecoluca (depto. de San Vicente). Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°28'17"LN. (Extremo septentrional), 13°12'38"LN. (Extremo meridional); 88°30'38"LWG. (Extremo oriental) y 88°48'53"LWG. (Extremo occidental).

DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA

Para su administración, el municipio se divide en 41 cantones y 155 caseríos.

Ver anexo 1.

3.4.1 ASPECTO FÍSICO

HIDROGRAFÍA. Riegan el municipio los ríos: Lempa, Chiquito o San Agustín, de Plata, España, Paulino, Zapata, Callejas, La Pascuala, El Platanar, Roldan, El Espino, Duende de Oro, Nanachepa, El Borbollón,-El Potrero, El Astillero, El Zapote, Los Limones, Aguacayo, Requite, El Cacao y Chahuantique; las quebradas: El Número, El Carmen, Los Chorros, Los Chorritos o La Piscina, La Peña, Cuchupona, Tres Calles Seca, El Jobal, El Coyol o Seca, El Coyolito, Guarumo, El Tempiscal, El Taburete, El Mamey, El Bambú, Batres, El Papayal, Chacha, de Arena y Palomar; las cañadas: San Pedro, La Cañada, Concharsia, La Huesera y Santa Cruz; los cañones: El Tihuilote, Tihuapa, El Palmo, El Capulín, La Lagartera, La Conquista, El Brujo, El Rico, Las Lagunitas y La Trompeta; las lagunas El Carao y de San Juan; el estero La Tirana; el Océano Pacífico baña la parte S de este municipio, en dicha parte se encuentra la bahía de Jiquilisco y una porción de la península de San Juan del Gozo. Los elementos hidrográficos que forman parte de la Bahía de Jiquilisco con los esteros: Las Mesitas, del Zamorancito, San Juancito, de Manune, Nicho Zapo, Sisiguayo, Enganche, de Cartón, El Flor y El Potrero; los canales: del Cocodrilo", del Carbonal, de San Lázaro, Burillo, Los Lagartos y de La Zunganera.

RÍOS PRINCIPALES

LEMPA. Nace fuera de este municipio y entra a formar parte del él, en el lugar donde le afluye el río Chiquito o San Agustín, a 19.6 Kms. Al NW. de la ciudad

de Jiquilisco; corre de N a S hasta desembocar en el Océano Pacífico. A través de su recorrido por esta jurisdicción sirve como límite departamental entre San Vicente y Usulután, en el tramo correspondiente a los municipios de Tecoluca y Jiquilisco. Tiene como afluentes los ríos: Chiquito o San Agustín, de Plata, Zapata, Callejas y Roldan. La longitud de su recorrido es de 32.5 Kms. dentro del municipio.

ROLDAN. Se forma de la confluencia de las quebradas Los Chorros y Cuchupuna, a 14.8 Kms. al NW, de la ciudad de Jiquilisco; corre de E a W hasta desembocar en el río Lempa. En una parte de su recorrido sirve de límite municipal entre San Agustín y Jiquilisco. Tiene como afluentes las quebradas El Roldancito y El Numero. Su longitud es de 7.5 Kms.

OROGRAFÍA. Este municipio carece de elementos orográficos notables, dada su posición geográfica en la zona costera del país. Los únicos elementos que podemos mencionar son las montañas: El Zamorán, San Marcos o La Maroma, Cacaguanansal, de San Marcos y El Puerto.

CLIMA. El clima de este municipio es cálido, debido a la proximidad con la zona costera; pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1600 y 2200 mm.

VEGETACIÓN. La flora está constituida por bosque húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son: sincahuite, istatén, botoncillo, papaturro, ojushte, volador, palo blanco, conacaste y morro.

ROCAS. Predominan, los materiales piroclásticos y aluviones con intercalaciones de materiales piroclásticos.

3.4.2 SUELOS. Los tipos de suelo que se encuentran en el municipio son:

Regosoles y Aluviales. Entisoles (Fase casi a nivel ligeramente inclinada); Láteseles, Arcillo Rojizos, Alfisoles (Fases cenizas volcánicas profundas, onduladas a alomadas); Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles.

Alfisóles (fase pedregosa superficial de ondulada a montañosa muy accidentada) y playas costeras y suelos Aluviales. Entisoles.

DIMENSIONES

ÁREA RURAL = 483.97 km² - Aproximadamente

ÁREA URBANA = 0.93 km² - Aproximadamente

PRODUCCION AGROPECUARIA

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: granos básicos, café, plantas hortenses, frutícolas. Hay crianza de ganado vacuno, porcino, caballar y mular. Crianza de aves de corral.

3.5 SAN SALVADOR

UBICACIÓN GEOGRAFICA

Municipio del distrito y departamento de San Salvador. Está limitado por los siguientes municipios: al N, por Cuscatancingo, Mejicanos y Nejapa; al E, por Soyapango, Delgado y San Marcos; al S por San Marcos (Ctón). San José Aguacatitán), y Panchimalco y al W, por Antigua Cuscatlan y Nueva San Salvador, (éstos del dpto. de la Libertad). Se encuentra ubicado entre las

coordenadas geográficas siguientes: 13° 45' 15" LN (extremo septentrional) y 13° 37' 35" LN (extremo meridional); 89° 09' 41" LWG (extremo oriental), y 89° 16' 36" LWG (extremo occidental).

DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA

Para su administración el municipio se divide en 8 cantones y 37 caseríos. Ver anexo 1.

3.5.1 ASPECTO FISICO

HIDROGRAFIA. Riegan el municipio de los ríos: matalapa, Ilohuapa, El garrobo, Acelhuate, San Antonio, Urbina y casa de la piedra; las quebradas: el garrobo, sirimullo, La Quebradota, Los cojos, Las Lajas, El Manguito, La Lechuza y La Mascota; y los arenales de San Felipe, Tutunichapa y Mejicanos.

RIOS PRINCIPALES

ACELHUATE. Se forma con la confluencia de los ríos de matalapa e Ilohuapa , a 2.2 Kms. al S de la ciudad capital, corre con Rumbo NE recibiendo la afluencia del rio El garrobo y algunas quebradas como La Mascota, Monserrat y otras sin nombre. Un tramo del rio sirve de límite municipal entre San Salvador y Soyapango. Longitud de su recorrido dentro del municipio es de 7 Kms.

ILOHUAPA. Se forma de la confluencia de dos quebradas sin nombre, a 5.2 Kms. al S de la ciudad capital. Corre con rumbo NE y al unirse con el rio Metalada, dan origen el rio Acelhuate. Long. 4 Kms.

OROGRAFIA. Los rasgos orográficos más notables en el municipio son el Volcán de San salvador o Quezaltepec, Los cerros de San Jacinto y Chantecuan y las lomas La Torre y de Candelaria.

CERROS PINCIPALES

SAN JACINTO. Esta situado a 4 Kms. al SE. De la ciudad de San salvador. En su cima convergen los límites de los municipios de San Salvador, San Marcos y Soyapango. Elev. 1151 msnm.

CHANTECUAN: Esta situado a 6.4 Kms. al S de la ciudad de San salvador. Elev. 1020 msnm .

CLIMA. El clima es calido en su mayor parte. Pertenece a los tipos de tierra caliente, tierra templada y tierra fría. El monto pluvial oscila entre 1650 y 2000 mm.

VEGETACION. La flora esta constituida por bosque húmedo tropical. Las especies arbóreas mas notables son: volador, conacaste, morro, ojuste, madrecaao, pepeto, pino de ocote, roble y nance.

ROCAS. Los diferentes tipos de rocas que existen dentro del municipio son: lavas andesíticas y basálticas, materiales piroclasticos y sedimentos volcánicos detriticos con materiales piroclasticos y corrientes de lava intercaladas.

3.5.2 SUELOS. Los suelos que existen son: Andosoles y regosoles, Inceptisoles y Entisoles. (Fase de ondulada a alomada). Franco Arcilloso, Regosoles, Latosotes Rojizos y Andasoles, Entisoles, Alfisoles e Inceptisoles (Fases alomadas o montañosas accidentadas).

DIMENSIONES

AREA RURAL: 25.05 KM2. Aproximadamente.

AREA URBANA: 47.2 KM2. Aproximadamente.

PRODUCCION AGROPECUARIA

Los productos agrícolas de mayor cultivo, son: café, cítricos, cereales, frijol y frutas, hay crianza de ganado vacuno, porcino y aves de corral. También progresa la apicultura.

3.6 EL SUELO

Puede definirse como un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio biológico; se diferencia en horizontes y suministra, en parte, los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y de agua.

El suelo tiene cuatro componentes importantes: minerales, materia orgánica, aire y agua. La fase sólida (mineral y orgánica) ocupa generalmente hasta el 50% de su volumen total. El resto lo ocupan la fase líquida (agua) y la fase gaseosa (aire), las que mantienen una proporción complementaria al llenar los poros que se originan entre los agregados y las partículas de la fase sólida.

En la composición química de los primeros 16Km de la corteza terrestre o litosfera, denominada Sial por la predominancia de Si y Al, constituyen estos elementos, junto con el O y Fe, el 87% de su volumen total; los siguen en importancia Ca, Mg, Na y K; y en menor proporción se encuentran Ti, P, Mn, S, Cl y C.

El potasio y el sodio nunca se encuentran libres en sus formas elementales, el nivel de potasio y sodio asimilables del suelo permanecen en un nivel constante año tras año a pesar de la continua extracción que realizan las plantas en crecimiento y de las pérdidas por lixiviación debido a la lluvia. El potasio se encuentra en 1.4% a 2.0% en la corteza terrestre y el sodio se encuentra en 3.8% a 4.0% en la corteza terrestre. Pero estos elementos tal es el caso del sodio que en zonas costeras aumenta mayor su nivel debido a su característica higroscópica que es muy fácilmente soluble en agua y el cual por medio de esto el sodio llega a los mantos freáticos debido a la inclusión de este por medio de las desembocaduras subterráneas de los mantos acuíferos y por las cuales el sodio puede llegar a incrementarse su cantidad por este factor.

El Calcio se combina fácilmente con todos los ácidos conocidos formando un vasto número de compuestos; por cuya razón no se encuentran en estado elemental. Sin embargo en combinación es uno de los principales componentes de la litosfera. Los minerales silicios comprenden diversos tipos de feldespatos como la Arnolita, los anfíboles o meta silicatos de calcio como hornablenda, tremulita y actinotita. Cuando estos silicatos se descomponen bajo la influencia del agua y el anhídrido carbónico (hidrólisis, hidratación, carbonatación) se forma arcilla y queda en libertad Ca, Mg y los alcalinos Na y K en forma de carbonatos o bicarbonatos.

El exceso de dióxido de carbono transforma el carbonato de Calcio en Bicarbonato de Calcio soluble en agua, el cual se lixivia y pierde CO₂, se

deposita en otros sitios en forma de carbonato de Calcio o caliza, se puede encontrar también en la piedra pomex. El Calcio depende del tipo de suelo en que se encuentre para así poder lograr liberarse más fácilmente como por ejemplo siguiendo el triángulo de textura de suelos los suelos tales como arcilla, arcillo limoso, franco arcilloso, franco arcilloso arenoso y arcillo arenoso; estos tipos de suelos presentan una característica en común es de estos tipos de suelos tienden a liberar más fácilmente los elementos debido a que son cationicos, el calcio se libera también por medio de la acidez que puede presentar el suelo y los suelos tienden a ser ácidos debido a los fertilizantes o abonos que se utilizan en una determinada región o por el tipo de cultivo que se siembra ya que los cultivos crean materia orgánica solo que unos más que otros en el caso del cultivo de café que el que crea una mayor cantidad de materia orgánica a comparación de otros cultivos y la materia orgánica tiende a liberar dióxido de carbono y tiende a acidificar el suelo en el caso de los abonos el más común utilizado por los agricultores debido a la economía es el sulfato de amonio y este abono tiende a incrementar la acidez y puede liberar los elementos en este caso el calcio media vez liberado una parte de este puede llegar a los mantos freáticos. El calcio se encuentra en un 3.6% a 4.6% en la corteza terrestre.

El contenido total de Manganeseo en el suelo es muy variable, este experimenta numerosos cambios en el suelo según las condiciones ambientales. Pero este elemento se encuentra más en forma de trazas no en cantidades

representativas en suelos corrientes la concentración de manganeso soluble en agua es inferior a 5ppm; el encalado tiene gran influencia sobre la concentración de manganeso reduciéndolo e incluso aun en grado excesivo.

3.7 EI AGUA

Agua, sustancia líquida formada por la combinación de dos volúmenes de hidrógeno y un volumen de oxígeno, que constituye el componente más abundante en la superficie terrestre.

Hasta el siglo XVIII se creyó que el agua era un elemento, fue el químico inglés Cavendish quien sintetizó agua a partir de una combustión de aire e hidrógeno. Sin embargo los resultados de este experimento no fueron interpretados hasta años más tarde, cuando Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto formado por oxígeno y por hidrógeno, siendo su formula H_2O .

3.7.1 ESTADO NATURAL

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gas.

3.7.2 PROPIEDADES FÍSICAS

El agua es un líquido inodoro e insípido. Tiene un cierto color azul cuando se concentra en grandes masas. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de fusión del agua pura es de $0^{\circ}C$ y el punto de ebullición es de $100^{\circ}C$, cristaliza en el sistema hexagonal, llamándose nieve o hielo según se presente de forma esponjosa o compacta, se expande al congelarse, es decir aumenta

de volumen, de ahí que la densidad del hielo sea menor que la del agua y por ello el [hielo flota](#) en el agua líquida.

El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C que es de 1g/cc. Su capacidad calorífica es superior a la de cualquier otro líquido o sólido, siendo su calor específico de 1 cal/g, esto significa que una masa de agua puede absorber o desprender grandes cantidades de calor, sin experimentar apenas cambios de temperatura, lo que tiene gran influencia en el clima (las grandes masas de agua de los océanos tardan más tiempo en calentarse y enfriarse que el suelo terrestre). Sus calores latentes de vaporización y de fusión (540 y 80 cal/g, respectivamente) son también excepcionalmente elevados.

3.7.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

El agua es el compuesto químico más familiar para nosotros, el más abundante y el de mayor significación para nuestra vida. Su excepcional importancia, desde el punto de vista químico, reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, no solo en organismos vivos, sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en el laboratorio y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua, esto es en disolución. Normalmente se dice que el agua es el disolvente universal, puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en ella.

No posee propiedades ácidas ni básicas, combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas.

Características de la molécula de agua:

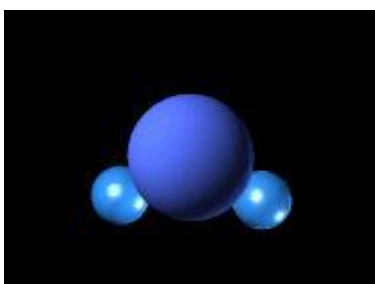


Figura N°1. Molécula del agua

La molécula de agua libre y aislada, formada por un átomo de Oxígeno unido a otros dos átomos de Hidrógeno es triangular. El ángulo de los dos enlaces (H-O-H) es de $104,5^\circ$ y la distancia de enlace O-H es de 0,96 Å. Puede considerarse que el enlace en la molécula es covalente, con una

cierta participación del enlace iónico debido a la diferencia de electronegatividad entre los átomos que la forman.

La atracción entre las moléculas de agua tiene la fuerza suficiente para producir un agrupamiento de moléculas. La fuerza de atracción entre el hidrógeno de una molécula con el oxígeno de otra es de tal magnitud que se puede incluir en los denominados enlaces de PUENTE DE HIDRÓGENO. Estos enlaces son los que dan lugar al aumento de volumen del agua sólida y a las estructuras hexagonales de que se habló más arriba.

3.8 CALCIO

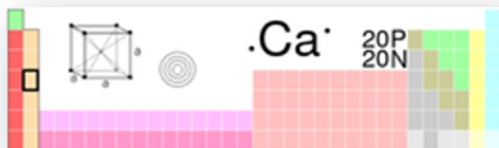


Fig. No 2 Ubicación del elemento

3.8.1 Generalidades (13,14)

- Nombre: Calcio
- Símbolo: Ca
- Número: 20
- Serie química: Metales alcalinotérreos
- Grupo: IIA
- Periodo: 4
- Bloque: s
- Densidad: 1550 kg/m³
- Dureza: 1,75 Mohs
- Apariencia: Blanco plateado

3.8.2 Características principales

El calcio es un metal alcalinotérreo blando, maleable y dúctil que arde con llama roja formando óxido de calcio y nitruro. Las superficies recientes son de color blanco plateado pero palidecen rápidamente tornándose levemente amarillentas expuestas al aire y en última instancia grises o blancas por la formación del hidróxido al reaccionar con la humedad ambiental. Reacciona violentamente con el agua para formar el hidróxido Ca(OH)_2 desprendiendo hidrógeno. (13)

3.8.3 Papel biológico

El calcio actúa como mediador intracelular cumpliendo una función de segundo mensajero; por ejemplo, el ión Ca^{2+} interviene en la contracción de los músculos. También está implicado en la regulación de algunas enzimas quinasas que realizan funciones de fosforilación, por ejemplo la proteína quinasa C (PKC), y realiza unas funciones enzimáticas similares a las del magnesio en procesos de transferencia de fosfato (por ejemplo, la enzima fosfolipasa A₂).⁽¹³⁾

Algunas de sus sales son bastante insolubles, por ejemplo el sulfato (CaSO_4), carbonato (CaCO_3), oxalato, etc., y forma parte de distintos biominerales. Así, en el ser humano, está presente en los huesos como hidroxapatito cálcico, $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$

3.8.4 Abundancia y obtención⁽¹³⁾

Es el quinto elemento en abundancia en la corteza terrestre (3,6% en peso) pero no se encuentra en estado nativo sino formando compuestos con gran interés industrial como el carbonato (calcita, mármol, caliza y dolomita) y el sulfato (aljez, alabastro) a partir de los cuales se obtienen la cal viva, la escayola, el cemento, etc.; otros minerales que lo contienen son fluorita (fluoruro), apatito (fosfato) y granito (silicato).⁽¹³⁾

El metal se aísla por electrólisis del cloruro de calcio (subproducto del proceso Solvay) fundido:

- cátodo: $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$

- ánodo: $\text{Cl}^- \rightarrow \frac{1}{2} \text{Cl}_2 (\text{gas}) + \text{e}^-$

3.8.5 Metabolismo del calcio

El metabolismo del calcio u homeostasis del calcio es el mecanismo por el cual el organismo mantiene adecuados niveles de calcio. Alteraciones en este metabolismo conducen a hipercalcemia o hipocalcemia, que pueden tener importantes consecuencias para la salud. (15)

3.8.6 Localización y cantidad

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano. Un adulto por término medio tiene alrededor de 1kg, 99% de él en el esqueleto en forma de sales de fosfato calcio. El fluido extracelular contiene alrededor de 22,5mmol, de los cuales alrededor de 9mmol están en el suero. Aproximadamente 500mmol de calcio son intercambiados entre el hueso y el líquido extracelular en un día. (13,15)

3.8.7 Valores normales

La calcemia (nivel de calcio en sangre) está estrechamente regulada con unos valores de calcio total entre 2,2-2,6mmol/L (9 - 10,5 mg/dL), y una calcio ionizado de 1,1-1,4 mmol/L (4,5-5,6 mg/dl). La cantidad de calcio total varía con el nivel de albúmina, proteína a la que el calcio está unido. El efecto biológico del calcio está determinado por el calcio ionizado, más que por el calcio total.

EL calcio ionizado no varía con el nivel de albúmina. (15)

Fuentes:

Alrededor de 25mmol de calcio entra en el organismo en una dieta normal. Puede estar disminuida si la dieta es escasa en derivados lácteos. De estos, alrededor del 40% (10mmol) es absorbido por el intestino, 5mmol son excretados a través de las heces, quedando una cantidad neta de 5mmol de calcio al día. La vitamina D es una importante co-factor en la absorción intestinal de calcio. (13)

3.8.8 Eliminación

El riñón elimina alrededor de 250 mmol/día, y reabsorbe 245 mmol, lo que da una pérdida total neta de aproximadamente de 5 mmol/l. Además el riñón metaboliza la vitamina D a la forma activa calcitriol, que es más efectiva en la absorción intestinal. Ambos procesos están estimulados por la Parathormona (PTH). (15)

Consumo diario del calcio es de 1000 a 1500mg .

Y para emplear el análisis la muestra de agua se debe de recolectar en recipientes de polietileno-Vidrio y se debe utilizar un preservante tal como el ácido nítrico concentrado un volumen de 2mL / L muestra, pH < 2 según la Norma Salvadoreña. Y el volumen mínimo de muestra es de 1,000 mL. (13)

3.9 POTASIO

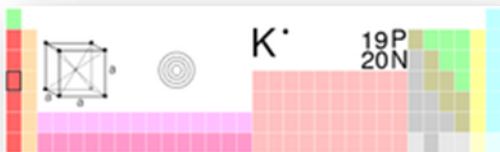


Fig. No 3 Ubicación del elemento

3.9.1 Generalidades (16,17)

- Nombre: Potasio
- Símbolo: K
- Número: 19
- Serie química: Metales alcalinos
- Grupo: 1
- Periodo: 4
- Bloque: s
- Densidad: 856 kg/m³
- Dureza: 0,4 Mohs
- Apariencia: Blanco plateado

3.9.2 Características principales



Fig. No 4 Elemento Potasio

Es el quinto metal más ligero y liviano; es un sólido blando que se corta con facilidad con un cuchillo, tiene un punto de fusión muy bajo, arde con llama violeta y presenta un color plateado en las superficies no

expuestas al aire, en cuyo contacto se oxida con rapidez, lo que obliga a almacenarlo recubierto de aceite. ⁽¹⁶⁾

Al igual que otros metales alcalinos reacciona violentamente con el agua desprendiendo hidrógeno, incluso puede inflamarse espontáneamente en presencia de agua. ⁽¹⁶⁾

3.9.3 Papel biológico

El ión K^+ está presente en los extremos de los cromosomas (en los telómeros) estabilizando la estructura. Asimismo, el ión hexahidratado (al igual que el correspondiente ión de magnesio) estabiliza la estructura del ADN y del ARN compensando la carga negativa de los grupos fosfato. ⁽¹⁸⁾

La bomba de sodio es un mecanismo por el cual se consiguen las concentraciones requeridas de iones K^+ y Na^+ dentro y fuera de la célula concentraciones de iones K^+ más altas dentro de la célula que en el exterior para posibilitar la transmisión del impulso nervioso. ⁽¹⁸⁾

El descenso del nivel de potasio en la sangre provoca hipopotasemia. Hortalizas (remolacha, coliflor) y frutas (especialmente las de hueso como el albaricoque, cereza, ciruela, melocotón, etc.) son alimentos ricos en potasio.

Es un elemento esencial también para el crecimiento de las plantas es uno de los tres que consumen en mayor cantidad ya que el ión potasio, que se encuentra en la mayoría de los tipos de suelo, interviene en la respiración. ^(16,18)

3.9.4 Abundancia y obtención

El potasio constituye del orden del 2,4% en peso de la corteza terrestre siendo el séptimo más abundante. Debido a su solubilidad es muy difícil obtener el metal puro a partir de sus minerales. Aun así, en antiguos lechos marinos y de lagos existen grandes depósitos de minerales de potasio (carnalita, langbeinita, polihalita y silvina) en los que la extracción del metal y sus sales es económicamente viable. ⁽¹⁶⁾

Consumo diario de potasio es de 4700mg.

3.9.5 Precauciones

El potasio sólido reacciona violentamente con el agua, más incluso que el sodio, por lo que se ha de conservar inmerso en un líquido apropiado como aceite o queroseno. ⁽¹⁶⁾

3.10 MANGANESO



Fig. No 5 Ubicación del elemento

3.10.1 Generalidades ^(23,24)

- Nombre: Manganeseo
- Símbolo: Mn
- Número: 25
- Serie química: Metal de transición
- Grupo: 7

- Periodo: 4
- Bloque: d
- Densidad: 7470 kg/m³
- Dureza: 6,0 Mohs
- Apariencia: Plateado metálico

3.10.2 Características principales



Fig. N° 6 Piedra de Mn

El manganeso es un metal de transición blanco grisáceo, parecido al hierro. Es un metal duro y muy frágil, refractario y fácilmente oxidable. El manganeso metal puede ser ferromagnético, pero sólo después de sufrir un tratamiento especial. (23)

Sus estados de oxidación más comunes son +2, +3, +4, +6 y +7, aunque se han encontrado desde +1 a +7; los compuestos en los que el manganeso presenta estado de oxidación +7 son agentes oxidantes muy enérgicos. Dentro de los sistemas biológicos, el catión Mn^{+2} compite frecuentemente con el Mg^{+2} . Se emplea sobre todo aleado con hierro en aceros y en otras aleaciones. (23)

3.10.3 Papel biológico

El manganeso es un oligoelemento; es considerado un elemento químico esencial para todas las formas de vida. (23)

Se ha comprobado que el manganeso tiene un papel tanto estructural como enzimático. Está presente en distintas enzimas, destacando la superóxido dismutasa de manganeso (Mn-SOD), que cataliza la dismutación de

superóxidos, O_2^- ; la Mn-catalasa, que cataliza la dismutación de peróxido de hidrógeno, H_2O_2 ; así como en la concavanila A (de la familia de las lectinas), en donde el manganeso tiene un papel estructural. (23)

En humanos, el manganeso se absorbe en el intestino delgado, acabando la mayor parte en el hígado, de donde se reparte a diferentes partes del organismo. (23)

3.10.4 Abundancia y obtención

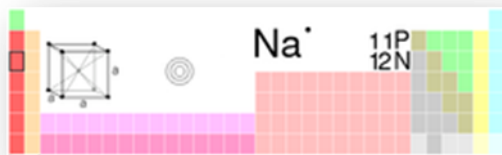
Es el duodécimo elemento más abundante en la corteza terrestre y está ampliamente distribuido.

Se encuentra en cientos de minerales, aunque sólo una docena tiene interés industrial. Destacan: pirolusita (MnO_2), psilomelana ($MnO_2 \cdot H_2O$), manganita ($MnO(OH)$), braunita ($3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$), rodonita ($MnSiO_3$), rodocrosita ($MnCO_3$), hübnerita ($MnWO_4$), etc. También se ha encontrado en nódulos marinos, en donde el contenido en manganeso oscila entre un 15 y un 30%, y en donde sería posible extraerlo. (24)

El metal se obtiene por reducción de los óxidos con aluminio, y el ferromanganeso se obtiene también reduciendo los óxidos de hierro y manganeso con carbono. (24)

3.10.5 Precauciones

El manganeso es un elemento esencial, siendo necesario un aporte de entre 2 a 5 mg por día, cantidad que se consigue a través de los alimentos.



El manganeso en exceso es tóxico. Exposiciones prolongadas a compuestos de manganeso, de forma inhalada u oral, pueden provocar efectos adversos en el sistema nervioso, respiratorio, y otros. (23)

El permanganato de potasio, KMnO_4 , es corrosivo.

3.11 SODIO

Fig. No 7 Ubicación del elemento

3.11.1 Generalidades (19,20)

- Nombre: Sodio
- Símbolo: Na
- Número: 11
- Serie química: Metales alcalinos
- Grupo: 1
- Periodo: 3
- Bloque: s
- Densidad: 968 kg/m^3
- Dureza: 0,5 Mohs.
- Apariencia: Blanco plateado

3.11.2 Características principales

Al igual que otros metales alcalinos el sodio es un metal blando, ligero y de color plateado que no se encuentra libre en la naturaleza. El sodio flota en el agua descomponiéndola, desprendiendo **hidrógeno** y formando un **hidróxido**. En las condiciones apropiadas reacciona espontáneamente en el agua. Normalmente no arde en contacto con el aire por debajo de 388 **K** (115 °C). (19)

3.11.3 Papel biológico

El catión sodio (Na^+) tiene un papel fundamental en el metabolismo celular, por ejemplo, en la transmisión del impulso nervioso (mediante el mecanismo de *bomba de sodio-potasio*). Mantiene el volumen y la osmolaridad. Participa, además del impulso nervioso, en la contracción muscular, el equilibrio ácido-base y la absorción de nutrientes por las células. (21)

La concentración plasmática de sodio es en condiciones normales de 135 - 145 mmol/L. El aumento de sodio en la sangre se conoce como hipernatremia y su disminución hiponatremia. (21)

3.11.4 Abundancia y obtención

El sodio es relativamente abundante en las estrellas, detectándose su presencia a través de la línea D del espectro solar, situada aproximadamente en el amarillo. La corteza terrestre contiene aproximadamente un 2,6% de sodio, lo que lo convierte en el cuarto elemento más abundante, y el más abundante de los metales alcalinos. (19)

Actualmente se obtiene por electrólisis de cloruro sódico fundido, procedimiento más económico que el anteriormente usado, la electrólisis del hidróxido de sodio. Es el metal más barato. ⁽¹⁹⁾

El compuesto más abundante de sodio es el cloruro sódico o sal común, aunque también se encuentra presente en diversos minerales como anfíboles, trona, halita, zeolitas, etc. ⁽¹⁹⁾

Consumo diario de sodio es de 250 a 500mg.

3.11.5 Precauciones

En forma metálica el sodio es explosivo en agua y en muchos otros elementos. El metal debe manipularse siempre cuidadosamente y almacenarse en atmósfera inerte evitando el contacto con el agua y otras sustancias con las que el sodio reacciona como el O₂ y el nitro glicerínico. ⁽¹⁹⁾

3.12 INSUFICIENCIA RENAL

La insuficiencia renal es una alteración de la función de los riñones en la cual éstos son incapaces de excretar las sustancias tóxicas del organismo de forma adecuada. Las causas de la insuficiencia renal son diversas; algunas conducen a una rápida disminución de la función renal (insuficiencia renal aguda), mientras que otras conducen a una disminución gradual de dicha función (insuficiencia renal crónica). ⁽²⁵⁾

3.12.1 Insuficiencia renal aguda

La insuficiencia renal aguda es una rápida disminución de la capacidad de los riñones para eliminar las sustancias tóxicas de la sangre, llevando a una acumulación de productos metabólicos de desecho en la sangre, como la urea.

La causa de una insuficiencia renal aguda puede ser cualquier afección que disminuya el aporte de flujo sanguíneo hacia los riñones, que obstruya el flujo de la orina que sale de los mismos o que lesione los riñones. Diversas sustancias tóxicas pueden lesionar los riñones, como fármacos, tóxicos, cristales que precipitan en la orina y anticuerpos dirigidos contra los riñones. (25)

3.12.1.1 Síntomas y diagnóstico

Los síntomas dependen de la gravedad de la insuficiencia renal, de la concentración de iones y de la causa subyacente. (26)

El cuadro que conduce a la lesión renal a menudo produce síntomas graves que no tienen relación con los riñones. Por ejemplo, antes de la insuficiencia renal puede manifestarse fiebre elevada, shock, insuficiencia cardíaca e insuficiencia hepática, circunstancias que pueden ser más graves que cualquiera de los síntomas provocados por la propia insuficiencia renal. Algunas de las situaciones que causan la insuficiencia renal aguda también afectan a otras partes del organismo. Por ejemplo, la granulomatosis de Wegener, que lesiona los vasos sanguíneos en los riñones, puede dañar también los vasos sanguíneos de los pulmones y producir hemoptisis, es decir, tos sanguinolenta. Las erupciones cutáneas son características de algunas causas de insuficiencia

renal aguda, como la poliarteritis, el lupus eritematoso sistémico y algunos medicamentos tóxicos. (26)

La insuficiencia renal aguda se sospecha cuando disminuye el volumen de producción de orina. Los análisis de sangre que determinan las concentraciones de creatinina y de nitrógeno ureico (urea) en la sangre (productos de desecho presentes en la sangre que normalmente son eliminados por los riñones) contribuyen a ratificar el diagnóstico. Un aumento progresivo de la creatinina indica insuficiencia renal aguda. (26)

Durante el examen clínico, el médico explora los riñones para determinar si están agrandados o si duelen al tacto. Un estrechamiento de la arteria principal que va al riñón puede producir un ruido como de corriente (murmullo), que se puede escuchar cuando se coloca un fonendoscopio en la espalda encima de los riñones. (25)

Cuando se detecta una vejiga aumentada de tamaño, el médico puede introducir un catéter en la misma para averiguar si está demasiado llena de orina. Especialmente en las personas de edad avanzada, el flujo de orina por lo general se obstruye a la salida de la vejiga (la abertura de la misma hacia la uretra). Como consecuencia, la vejiga aumenta de tamaño y la orina refluye, lesionando los riñones. Cuando se sospecha una obstrucción, se practica un examen del recto o de la vagina, según el caso, para determinar si una masa está causando la obstrucción en cualquiera de dichas zonas. (25)

Análisis de laboratorio pueden ayudar a indicar con toda precisión la causa de la insuficiencia renal y la gravedad de la misma. En primer lugar, se examina la orina a fondo. Si la causa de la insuficiencia renal es un inadecuado aporte sanguíneo o una obstrucción urinaria, generalmente la orina es normal. Pero cuando se trata de un problema interno de los riñones, puede contener sangre o aglomerados de glóbulos rojos y blancos. La orina puede también contener grandes cantidades de proteínas o de tipos de proteínas que normalmente no están presentes en ella. Los análisis de sangre detectan valores anormalmente elevados de urea y creatinina y desequilibrios metabólicos, como acidez anormal (acidosis), una concentración elevada de potasio ⁽¹⁸⁾ (hipopotasemia) y una baja concentración de sodio (hiponatremia). ⁽²⁵⁾

Ver causas de insuficiencia renal aguda en anexo 2.

3.12.2 Insuficiencia renal crónica

La insuficiencia renal crónica es una lenta y progresiva disminución de la función renal que evoluciona hacia la acumulación de productos metabólicos de desecho en la sangre (azoemia o uremia). ⁽²⁷⁾

Las lesiones producidas en los riñones, por muchas enfermedades, pueden ocasionar daños irreversibles.

3.12.2.1 Síntomas

En la insuficiencia renal crónica, los síntomas se desarrollan lentamente. Al inicio están ausentes y la alteración del riñón sólo se puede detectar con análisis de laboratorio. Una persona con insuficiencia renal entre ligera y

moderada presenta sólo síntomas leves a pesar del aumento de la urea (un producto metabólico de desecho) en la sangre. En este estadio, puede sentirse la necesidad de orinar varias veces durante la noche (nicturia) porque los riñones no pueden absorber el agua de la orina para concentrarla como lo hacen normalmente en la noche. Como resultado, el volumen de orina al cabo del día es mayor. En las personas que padecen insuficiencia renal a menudo aparece hipertensión arterial porque los riñones no pueden eliminar el exceso de sal y agua. La hipertensión arterial puede conducir a un ictus (accidente cerebral vascular) o una insuficiencia cardíaca. (27)

A medida que la insuficiencia renal evoluciona y se acumulan sustancias tóxicas en la sangre, el sujeto comienza a sentirse pesado, se cansa fácilmente y disminuye su agilidad mental. Conforme aumenta la formación de sustancias tóxicas, se producen síntomas nerviosos y musculares, como espasmos musculares, debilidad muscular y calambres. También puede experimentarse una sensación de hormigueo en las extremidades y perderse la sensibilidad en ciertas partes. Las convulsiones (ataques epilépticos) se pueden producir como resultado de la hipertensión arterial o de las alteraciones en la composición química de la sangre que provocan el mal funcionamiento del cerebro. La acumulación de sustancias tóxicas afecta también al aparato digestivo, provocando pérdida del apetito, náuseas, vómitos, inflamación de la mucosa oral (estomatitis) y un sabor desagradable en la boca. Estos síntomas pueden llevar a la desnutrición y a la pérdida de peso. Los sujetos que padecen una

insuficiencia renal avanzada desarrollan frecuentemente úlceras intestinales y hemorragias. La piel puede volverse de color marrón amarillento y, en algunas ocasiones, la concentración de urea es tan elevada que se cristaliza en el sudor, formando un polvo blanco sobre la piel (escarcha urémica). (27)

3.12.2.2 Diagnóstico

La insuficiencia renal crónica se diagnostica mediante un análisis de sangre. La sangre se caracteriza por volverse moderadamente ácida (acidosis). Dos productos metabólicos de desecho, la urea y la creatinina, que normalmente son filtrados por los riñones, se acumulan en la sangre. La concentración de calcio⁽¹⁵⁾ disminuye y aumenta la de fosfato. La concentración de potasio en la sangre es normal o sólo ligeramente incrementada pero puede volverse peligrosamente alta. El volumen de orina tiende a permanecer estable, generalmente de 1 a 4 litros diarios, independientemente de la cantidad de líquido consumido. Por lo general, el sujeto tiene una moderada anemia. Los análisis de orina pueden detectar muchas alteraciones, tanto de las células como de la concentración de sales. (27)

Causas de insuficiencia renal crónica:

- Hipertensión arterial
- Obstrucción del tracto urinario
- Glomerulonefritis
- Anomalías de los riñones, como la enfermedad poliquística renal
- Diabetes mellitus

- Trastornos autoinmunitarios, como el lupus eritematoso sistémica

La insuficiencia renal en general se trata por medio de:

- Diálisis
- Hemodiálisis
- Diálisis peritoneal

3.12.3 Diálisis

La diálisis es el proceso de extracción de los productos de desecho y del exceso de agua del cuerpo. (27)

Hay dos métodos de diálisis: la hemodiálisis y la diálisis peritoneal. En la hemodiálisis se extrae la sangre del cuerpo y se bombea al interior de un aparato que filtra las sustancias tóxicas, devolviendo a la persona la sangre purificada. La cantidad de líquido devuelto se puede ajustar. (27)

En la diálisis peritoneal se infunde dentro de la cavidad abdominal un líquido que contiene una mezcla especial de glucosa y sales que arrastra las sustancias tóxicas de los tejidos. Luego se extrae el líquido y se desecha. La cantidad de glucosa se puede modificar para extraer más o menos líquido del organismo. (27)

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 como se explica a continuación: (25)

3.13 BOMBA SODIO-POTASIO ⁽³¹⁾

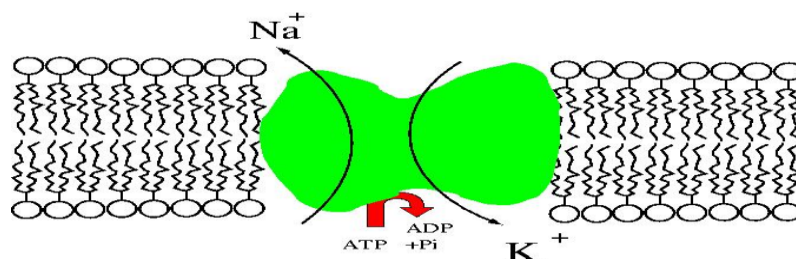


Figura N° 8 Esquema de la bomba sodio-potasio

Esta proteína la caracterizó el danés Jens Skou por casualidad en los años 50', y por ello recibió el premio Nobel en 1997. Desde entonces la investigación ha determinado muchos de los aspectos tanto de la estructura y funcionamiento de la proteína, como de su función en la fisiología, de tremenda importancia en medicina. ⁽³¹⁾

3.13.1 Estructura proteica

La bomba sodio potasio ATPasa es una proteína de membrana que actúa como un transportador de intercambio antiporte (transferencia simultánea de dos solutos en diferentes direcciones) que hidroliza ATP. Es una ATPasa de transporte tipo P, es decir, sufre fosforilaciones reversibles durante el proceso de transporte. Está formada por dos subunidades, alfa y beta, que forman un tetrámero integrado en la membrana. La subunidad alfa está compuesta por ocho segmentos transmembrana y en ella se encuentra el centro de unión del ATP que se localiza en el lado citosólico de la membrana. También posee dos centros de unión al potasio extracelulares y tres centros de unión al sodio intracelulares que se encuentran accesibles para los iones en función de si la proteína está fosforilada. La subunidad beta contiene una sola región helicoidal

transmembrana y no parece ser esencial para el transporte ni para la actividad ATPasa. La enzima está glucosilada en la cara externa (como la mayoría de proteínas de membrana) y requiere de magnesio como cofactor para su funcionamiento ya que es una ATPasa. (31)

3.13.2 Definición

En química, 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 (el sodio y el potasio) entre el medio extracelular y el citoplasma, proceso fundamental en todo el reino animal. (32)

La bomba sodio - potasio es un sistema de transporte de iones Sodio (Na^+) para fuera de la célula, y de iones Potasio (K^+) para dentro de la misma. Realmente poco Sodio sale, o entra, en la célula por el sistema de Ósmosis. Si la ósmosis fuera eficaz, ella haría con que la cantidad de Sodio fuese la misma dentro y fuera de las células. Pero no es lo que pasa: 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 para un sistema llamado "transporte activo ", donde la presencia del Potasio y el uso de energía, son esenciales. (32)

La bomba sodio-potasio funciona de manera asimétrica, de tal suerte que la corriente sódica de salida es de mayor magnitud que la corriente de entrada potásica. Como consecuencia de este funcionamiento asimétrico se genera el

potencial de reposo transmembrana. En cuanto a la salida de calcio, también intervendría una bomba que utiliza energía proveniente de la degradación del ATP. La salida del calcio depende de la gradiente de concentración de sodio y por consiguiente es influida por la bomba sodio-potasio. (32)

3.13.3 Funcionamiento

El funcionamiento de la bomba electrogénica de sodio – potasio, se debe a un cambio de conformación en la proteína que se produce cuando es fosforilada por el ATP. Como el resultado de la catálisis es el movimiento transmembrana de cationes, y se consume energía en forma de ATP, su función se denomina transporte activo. La demanda energética es cubierta por la molécula de ATP, que al ser hidrolizada, separa un grupo fosfato, generando ADP y liberando la energía necesaria para la actividad enzimática. En las mitocondrias, el ADP es fosforilado durante el proceso de respiración generándose un reservorio continuo de ATP para los procesos celulares que requieren energía. En este caso, la energía liberada induce un cambio en la conformación de la proteína una vez unidos los tres cationes de sodio a sus lugares de unión intracelular, lo que conlleva su expulsión al exterior de la célula. Esto hace posible la unión de dos iones de potasio en la cara extracelular que provoca la desfosforilación de la ATP, y la posterior traslocación para recuperar su estado inicial liberando los dos iones de potasio en el medio intracelular. Los procesos que tienen lugar en el transporte son, secuencialmente:

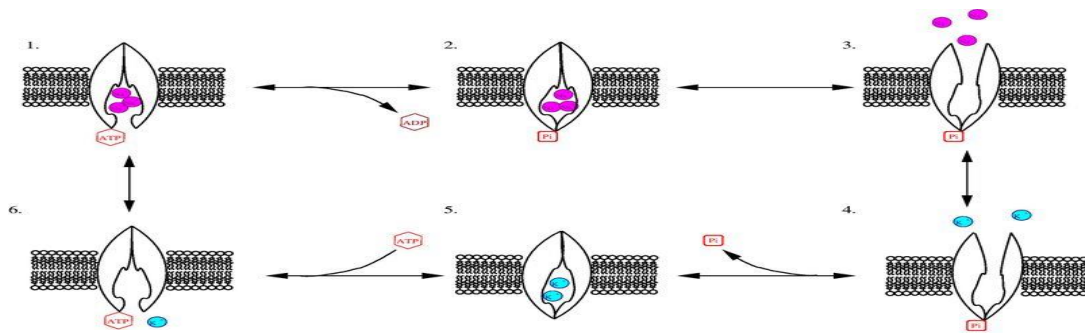


Figura N° 9 Proceso de transporte.

- Unión de tres Na^+ a sus sitios activos.
- Fosforilación de la cara citoplasmática de la bomba que induce a un cambio de conformación en la proteína. Esta fosforilación se produce por la transferencia del grupo terminal del ATP a un residuo de ácido aspártico de la proteína.
- El cambio de conformación hace que el Na^+ sea liberado al exterior.
- Una vez liberado el Na^+ , se unen dos moléculas de K^+ a sus respectivos sitios de unión de la cara extracelular de la proteína.
- La proteína se desfosforila produciéndose un cambio conformacional de esta, lo que produce una transferencia de los iones de K^+ al citosol.

3.13.4 Mantenimiento de la osmolaridad y del volumen celular

La bomba de sodio – potasio juega un papel muy importante en el mantenimiento del volumen celular. Entre el interior y el exterior de la célula existen diferentes niveles de concentración, siendo mayor la concentración de solutos dentro que fuera de la célula. Como quiera que la bomba extraiga de la célula más moléculas de las que introduce tiende a igualar las concentraciones y, consecuentemente, la presión osmótica. Sin la existencia de la bomba, dado que los solutos orgánicos intracelulares, a pesar de contribuir en sí mismos

poco a la presión osmótica total, tienen una gran cantidad de solutos inorgánicos asociados, la concentración intracelular de estos (que generalmente son iones) es mayor que la extracelular. Por ello, se produciría un proceso osmótico, consistente en el paso de agua a través de la membrana plasmática hacia el interior de la célula, que aumentaría de volumen y diluiría sus componentes. Las consecuencias serían catastróficas ya que se reduciría la probabilidad de colisión molecular, e incluso es posible que la célula llegara a reventar (proceso conocido como lisis).⁽³¹⁾

En el Anexo #3 se muestra como el Sodio es transportado desde dentro para fuera de la célula y vice-versa. Como podemos ver, para salir de la célula, el Sodio necesita agarrarse a un "transportador Y.", Ese transportador "Y" lleva el Sodio de dentro para fuera de la célula. Después de haber cumplido esta función, el se transforma en el "transportador X", que lleva el Potasio de fuera para dentro de la célula. Después de llevar el Potasio, él se transforma de nuevo en el transportador Y. Para haber esta última transformación, hay un gasto de energía que es proporcionada por Mg-ATP (Trifosfato de Adenosina-Magnesio), que es producido por la propia célula. La bomba sodio – potasio es más eficaz para el Sodio: ella lleva 3 iones Na para fuera y trae el 2 iones K para dentro.⁽³¹⁾

La salida del Sodio (Na^+) de la célula, hace con que el líquido extracelular tenga un mayor potencial eléctrico positivo. Eso atraerá los iones negativos (Cloro, etc.) para fuera de la célula. Con más Na^+ y Cl^- fuera de la célula, el

agua saldrá de dentro de la célula, por ósmosis, evitando el entumecimiento arriba de lo normal. ⁽³¹⁾

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. El Magnesio también es muy importante porque es parte de la molécula de energía (Mg-ATP), esencial al funcionamiento de ese sistema.

Por ejemplo: En las personas hipertensas, la sal debe ser poco consumida, porque ella aumenta la cantidad de agua en el organismo y en consecuencia aumenta la presión arterial. Estos factores aumentan el flujo de agua para dentro de la célula y la bomba sodio – potasio debe ser muy eficaz para intentar evitar el entumecimiento de la célula e su posible muerte. Si no hay un buen suministro de Potasio y Magnesio, la bomba sodio – potasio, no trabajará correctamente, llevando a las consecuencias mencionadas. Es por eso, que para las personas hipertensas, son deseables los alimentos con menos Sodio, y más Potasio. ⁽³¹⁾

3.13.5 Activación de la bomba de Sodio – Potasio

No es mas que la transmisión del mensaje (que es un impulso nervioso de carácter eléctrico) que es conducido a través del cuerpo celular a lo largo del axón hasta el botón sináptico para liberar alguna sustancia transmisora. La neurona tiene un medio interno y un medio externo, tanto fuera como dentro tiene iones positivos y negativos, aunque cada medio suele tener una mayor

concentración de iones, así el medio interno tiende a ser negativo y el medio externo a positivo. De tal forma que el medio externo de la neurona lo constituyen fundamentalmente Sodio (Na^+) y Cloro (Cl^-) y en el medio interno potasio (K^+) y Aniones (A^-). Para entender como se mantiene esta distribución de iones hay que entender dos conceptos claros:

Gradiente de Difusión (GD): tendencia de las moléculas a homogeneizarse, yendo al lugar de menos moléculas. ⁽³²⁾

Gradiente Electroestático (GE): Hace referencia a las fuerzas de atracción y fuerzas de repulsión.

En el caso del Potasio el GD le empuja hacia fuera pero como el medio externo es positivo se repele. En el caso de los aniones, el GD le empuja hacia fuera y el GE le atrae pero son demasiados grandes para traspasar la membrana.

En el caso del Sodio: El GD le obliga a entrar y el GE le atrae, pero no lo hace (pocos canales de sodio y la bomba de sodio potasio que expulsa tres iones de sodio por cada dos de potasio) Y en el caso del Cloro: el GD le empuja a entrar pero el GE lo repele. ⁽³²⁾

Una vez entendido esto podemos ver que es el potencial de acción que se rige por la ley del todo o nada (50 mv):

El potencial de acción: El Potencial de Acción es un cambio breve en la permeabilidad de la membrana al paso de los iones de sodio y potasio. Su duración es de 4 milisegundos aproximadamente. Y solo se produce cuando superamos el umbral mínimo de excitación. ⁽³²⁾

Razones por las cuales se da un cambio de permeabilidad

Despolarización: Apertura de los canales de sodio y entrada de sodio

Repolarización: Se cierran los canales de sodio y se abren los de potasio así se produce una salida de potasio al exterior de la membrana. (32)

Hiperpolarización: salida masiva de potasio.

Reposo: Hay poco potasio fuera. La membrana se estabiliza El cambio de potencial se produce debido a la entrada de sodio al interior de la membrana, así como de la salida de potasio, ese cambio eléctrico se da alternativamente en el axón, a modo de ejemplo escogeremos una conducción local, dado en los axones amielínicos. (32)

En reposo los canales están muy abiertos para el potasio. La tendencia general es equilibrarse a -70mv , y este equilibrio se produce gracias a la bomba de sodio-potasio; la bomba de sodio-potasio actúa de tal forma que tiende a equilibrar el potencial de la membrana y lo hace sacando 1 de sodio por cada 3 de potasio que mete. Esta es su función, hacer que salga sodio y entre potasio. Con la propagación del impulso nervioso la membrana se vuelve más permeable al sodio, así aparece el Potencial de Acción. Esta despolarización en el cono axónico es lo que provoca el cambio de potencial, aunque el estímulo puede ser mecánico, térmico, eléctrico... etc. Bueno una vez llegado el impulso eléctrico al botón sináptico este produce una apertura de canales de calcio que da lugar a la libre acción de neurotransmisores para así comunicarse con otra neurona. (32)

3.13.6 Transporte de nutrientes

El gradiente producido por el Na^+ impulsa el transporte acoplado (activo secundario) de la mayoría de nutrientes al interior de la célula. Lo que quiere decir que el fuerte gradiente que impulsa al sodio a entrar en la célula (véase más adelante) es aprovechado por proteínas especiales de membrana para "arrastrar" otros solutos de interés utilizando la energía que se libera cuando el sodio se introduce en la célula. (31)

3.13.7 Potencial eléctrico de membrana

Esta bomba es una proteína electrogénica ya que bombea tres iones cargados positivamente hacia el exterior de la célula e introduce dos iones positivos en el interior celular. Esto supone el establecimiento de una corriente eléctrica neta a través de la membrana, lo que contribuye a generar un potencial eléctrico entre el interior y el exterior de la célula ya que el exterior de la célula está cargado positivamente con respecto al interior de la célula. Este efecto electrogénico directo en la célula es mínimo ya que sólo contribuye a un 10% del total del potencial eléctrico de la membrana celular. No obstante, casi todo el resto del potencial deriva indirectamente de la acción de la bomba. (31)

Mantenimiento de los gradientes de sodio y potasio

3.13.8 Impulsos nerviosos

La concentración intracelular de sodio es 5-15mM mientras que la extracelular es mucho mayor (145mM). Sin embargo, las concentraciones intra y extracelulares de potasio son 140mM y 5mM respectivamente. Esto nos indica

que hay un fuerte gradiente electroquímico que impulsa a las dos sustancias a moverse: el sodio hacia dentro y el potasio hacia fuera de la célula. Como la membrana es impermeable a estos solutos, controlando la entrada y salida de estas sustancias (principalmente), la célula genera cambios de concentración de iones a ambos lados de la membrana, y como los iones tienen carga eléctrica, también se modifica el potencial a su través. Combinando estos dos factores y gracias a una maquinaria excepcional, las células de un organismo son capaces de transmitirse señales eléctricas y comunicarse entre ellas, paso fundamental para la evolución del reino animal.

La bomba de Na^+/K^+ contribuye a equilibrar el potencial de membrana cuando el impulso nervioso ya se ha transmitido. Este impulso nervioso hace que los canales de Na^+ se abran generando un desequilibrio en la membrana y despolarizándola. Cuando el impulso ha pasado los canales de Na^+ se cierran y se abren los de K^+ . Para que el potencial de membrana vuelva a su estado normal la bomba de Na^+/K^+ empieza a funcionar haciendo que la membrana del axón vuelva a su estado de reposo. ⁽³¹⁾

3.13.9 Farmacología

La bomba de sodio-potasio encontrada en la células del corazón es una diana importante para los glucósidos cardiacos (como digoxina y ouabaína), drogas inotrópicas ampliamente usadas en la clínica para incrementar la fuerza de contracción. ⁽³²⁾

3.14 DESHIDRATACIÓN

La deshidratación es un estado patológico del organismo causado por un bajo nivel de líquidos en el cuerpo. Este estado tiene consecuencias negativas en muchas partes del organismo, tales como la circulación sanguínea, el estado mental, la orina, etc.

La deshidratación puede producirse más fácilmente en los bebés y en los niños debido a que su cuerpo contiene una proporción mayor de agua. También resulta más factible en los ancianos que tienen menos capacidad para retener el agua y menos capacidad para sentir la sensación de sed. Además con el calor del verano, tanto los niños como los mayores, somos más propensos a desarrollar diarreas, lo que puede reducir demasiado los líquidos de nuestro organismo. De aparecer, es necesario suministrar mucha agua para evitar la deshidratación. ⁽²⁸⁾

3.14.1 Síntomas ⁽³⁰⁾

Entre los síntomas más característicos tenemos que mencionar los siguientes:

- Piel reseca y poco flexible (Cuando se pellizca la piel, se queda arrugada y no vuelve a su estado normal)
- Ojos hundidos
- Boca que se pega o que le falta la saliva.
- En los bebés, fontanelas hundidas.
- Orina poco abundante y, en los casos más graves, de color amarillo muy oscuro.

- Latido cardíaco rápido
- A veces, cuando es más grave, convulsiones, aturdimiento, falta de conciencia, o shock.

Causas: (29)

Las principales causas que pueden producir la deshidratación son:

- Vómitos.
- Diarrea.
- Fiebre.
- Calor excesivo combinado con una falta de ingestión de líquidos.
- Micción excesiva producida por enfermedades como la diabetes.
- Ingestión de diuréticos químicos o naturales.
- En los niños a veces se produce llanto sin lágrimas.

Consejos para evitar la deshidratación:

Para evitar la deshidratación, se deberían tener en cuenta los siguientes consejos:

- Beber muchos líquidos para evitar la deshidratación y compensar la pérdida de agua por el sudor. Resulta muy recomendable beber, al menos, un par de litros diarios. Cuando la actividad es muy fuerte y se suda mucho, puede ser conveniente, a no ser que se tengan problemas de hipertensión, añadir un poco de sal al agua.

- Evitar hacer ejercicio en las horas de pleno calor. Es más conveniente hacerlo por la mañana o por la tarde. La gente mayor debería permanecer en su casa en las horas caniculares.
- Vestir con ropa ligera y fresca: Lo más aconsejado es llevar ropa de algodón fina y proteger la cabeza con sombrero de paja o con alguna gorra. (Esto se hace especialmente indicado en los bebés que no deben colocarse al sol con la cabeza desnuda) Si el calor es muy fuerte, puede colocarse entre la cabeza y el sombrero un pañuelo húmedo. Las fibras acrílicas no permiten transpirar bien y retienen demasiado el calor.
- Comer comidas ricas en líquidos: Lo más adecuado es alimentarse a base de alimentos vegetales naturales crudos (ensaladas, frutas o verduras)
- Descansar de tanto en tanto si se realiza trabajo o ejercicio físico duro: Dejar de trabajar unos minutos para refrescarse a la sombra, descansando y bebiendo agua para que el cuerpo recupere su temperatura. Si se sienten síntomas de mareo dejar de trabajar o de hacer ejercicio. Nunca se deberían realizar deportes o caminatas duras solo. Es conveniente hacerlo, como mínimo, en pareja para que uno de los dos pueda ayudar a otro en caso de necesidad.

3.15 ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN Y ABSORCIÓN ATÓMICA

Mientras que la mayoría de las técnicas espectroscópicas se utilizan para el estudio y caracterización de moléculas o iones en su entorno cristalino, la espectroscopia de emisión y absorción atómica se usa casi exclusivamente

para el análisis de átomos. Por consiguiente, la técnica resulta casi insuperable como método de análisis elemental de metales. En principio, la espectroscopia de emisión puede utilizarse para la identificación y para la determinación cuantitativa de todos los elementos de la tabla periódica. ⁽¹⁾

Cuando la transición se produce desde el estado fundamental hasta un estado excitado del átomo mediante la absorción de radiación de una determinada frecuencia (característica para cada átomo), estamos en el caso de las técnicas de absorción. En el caso en que los átomos se lleven previamente a un estado excitado y se mide la intensidad de la radiación emitida a la frecuencia característica correspondiente a la transición desde el estado excitado al estado fundamental, hablamos de técnicas espectrofotométricas de emisión. A continuación se tratan las técnicas espectrofotométricas de absorción atómica, de fotometría de llama y de emisión por plasma. ⁽¹⁾

Pueden identificarse tres clases diferentes de procesos de emisión que difieren en cómo la sustancia alcanza el estado excitado previo a la emisión. ⁽¹²⁾

- Emisión a partir de una excitación electromagnética.
- Emisión a partir de excitación térmica.
- Emisión a partir de excitación eléctrica.

Los tipos más importantes de espectros de emisión se basan en la utilización de energía no electromagnética para llevar a un átomo o a una molécula al estado excitado, a partir del cual se miden las emisiones de radiación.

La espectroscopia de absorción atómica es un método que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador (o cámara de nebulización) para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga. ⁽¹²⁾

La temperatura de la llama es lo bastante baja para que la llama de por sí no excite los átomos de la muestra de su estado fundamental. El nebulizador y la llama se usan para desolvatar y atomizar la muestra, pero la excitación de los átomos del analito es hecha por el uso de lámparas que brillan a través de la llama a diversas longitudes de onda para cada tipo de analito. ⁽¹²⁾

En la espectroscopia de absorción atómica, la cantidad de luz absorbida después de pasar a través de la llama determina la cantidad de analito en la muestra. Una mufla de grafito para calentar la muestra a fin de desolvatarla y atomizarla se utiliza comúnmente hoy día para aumentar la sensibilidad. El método del horno de grafito puede también analizar algunas muestras sólidas o semisólidas. Debido a su buena sensibilidad y selectividad, sigue siendo un método de análisis comúnmente usado para ciertos elementos traza en muestras acuosas (y otros líquidos). ⁽¹²⁾

3.15.1 Fotometría de llama

Es una técnica de emisión que utiliza una llama como fuente de excitación y un fotodetector electrónico como dispositivo de medida. Se trata principalmente de un método de análisis cuantitativo y es uno de los métodos más sencillos y precisos para el análisis de metales alcalinos, la mayor parte de los metales

alcalinotérreos y algún otro elemento metálico. También es posible realizar un análisis cualitativo examinando todas las longitudes de onda del espectro de emisión (espectrofotometría de llama o fotometría de llama). Su aplicación es limitada si se compara con la espectroscopia de emisión ordinaria, ya que la energía de la llama permite excitar únicamente de 30 a 50 elementos, siendo este número función del tipo de llama utilizada. La muestra debe de estar disuelta. (8)

3.15.2 Atomización con llama

En un atomizador con llama la disolución de la muestra es nebulizada mediante un flujo de gas oxidante mezclado con el gas combustible y se transforma en una llama donde se produce la atomización. El primer paso es la desolvatación en el que se evapora el disolvente hasta producir un aerosol molecular sólido finamente dividido. Luego, la disociación de la mayoría de estas moléculas produce un gas atómico. (8)

Cuadro No. 1 Tipos de llamas

Combustible	Oxidante	Temperatura (°C)	Vel. de Combustión (mm/min)
Gas LP	Aire	1700-1900	39-43
Gas LP	Oxígeno	2700-2800	370-390
Hidrógeno	Aire	2000-2100	300-440
Hidrógeno	Oxígeno	2550-2700	900-1400
Acetileno	Aire	2100-2400	158-266
Acetileno	Oxígeno	3050-3150	1100-2480
Acetileno	Óxido nitroso	2600-2800	285

3.15.3 Estructura de llama

Las regiones más importantes de la llama son la zona de combustión primaria secundaria y zona interconal, esta última es la zona más rica en átomos libres y es la más ampliamente utilizada. (8)

3.15.4 Atomizadores de llama

El aerosol formado por el flujo del gas oxidante, se mezcla con el combustible y se pasa a través de una zona de flectores que eliminan las gotitas que no sean muy finas. Como consecuencia de la acción de estas, la mayor parte de la muestra se recoge en el fondo de una cámara y se drena hacia un contenedor

de desechos. El aerosol, el oxidante y el combustible se queman en un mechero provisto de una ranura de 1mm o 2 de ancho por 5 ó 10mm de longitud. Estos mecheros proporcionan una llama relativamente estable y larga, estas propiedades aumentan la sensibilidad y la reproducibilidad. ⁽⁸⁾

3.15.5 Reguladores de combustibles y oxidantes

Los caudales de oxidante y combustible constituyen variables importantes que requieren un control preciso es deseable poder variar cada uno de ellos en un intervalo amplio para poder encontrar experimentalmente las condiciones óptimas para la atomización. ⁽¹⁾

Características del funcionamiento de los atomizadores de llama

Señal de salida.

La señal del detector aumenta al máximo algunos segundos después de la ignición y cae rápidamente a cero cuando los productos de atomización salen fuera. ⁽¹⁾

3.15.6 Fuentes de radiación

Los métodos analíticos basados en la absorción atómica son potencialmente muy específicos, ya que las líneas de absorción atómica son considerablemente estrechas (de 0,002 a 0,0005 nm) y las energías de transición electrónica son específicas de cada elemento.

Lámpara de cátodo hueco

Este tipo de lámparas consiste en un ánodo de wolframio y un cátodo cilíndrico cerradas herméticamente en un tubo de vidrio lleno con neón / argón a una

presión de 1 a 5 torr. El cátodo está constituido con el metal cuyo espectro se desea obtener, o bien, sirve de soporte para una capa de dicho metal. Una parte de estos átomos se excitan con la luz que pasa a través de ellos y, de este modo, al volver al estado fundamental emiten su radiación característica, los átomos metálicos se vuelven a depositar difundiendo de nuevo hacia la superficie del cátodo o hacia las paredes del vidrio. La configuración cilíndrica del cátodo tiende a concentrar la radiación en una región limitada del tubo metálico, este diseño aumenta la probabilidad de que la redepositación sea en el cátodo y no sobre la pared del vidrio.

Instrumentos de haz sencillo

Consiste en una fuente de cátodo hueco, un contador o una fuente de alimentación de impulsos, un atomizador, un espectrofotómetro sencillo de red de difracción y un detector. El haz de luz proveniente de la fuente pasa directamente a través de todos los componentes del instrumento hasta llegar al detector. (12)

Instrumentos de doble haz

Básicamente consta de las mismas partes que el sistema de haz sencillo, sólo que el haz que proviene de la fuente de cátodo hueco se divide mediante un contador reflejante y un divisor de haz, una mitad pasa a través de la llama y la otra es enviada por un paso óptico interno. Los dos haces se encuentran nuevamente en el mismo camino óptico mediante un espejo semiplatedado o recombinador antes de entrar al monocromador. (12)

Monocromadores

Existen diversas combinaciones y distribuciones de los componentes ópticos dentro de un monocromador que buscan optimizar la calidad del espectro generado. Las más comunes son las denominadas Litrow y Zerny-Turner para sistemas convencionales con redes de difracción holográficas. También se están comenzando a utilizar monocromadores con redes Echelle. ⁽¹²⁾

Detectores

El detector es el dispositivo encargado de captar la señal óptica proveniente del monocromador y transformarlo en una señal electrónica capaz de ser convertida en un valor legible. El más común es el fotomultiplicador, tubo de vacío provisto de placas fotosensibles que recibe los fotones, los convierte en impulsos electrónicos y multiplica hasta obtener la suficiente intensidad eléctrica. En años recientes se están utilizando también los detectores de estado sólido CCD, de alta sensibilidad asociados a los monocromadores Echelle. ⁽⁸⁾

3.15.7 Espectrofotometría de absorción atómica

Es una técnica muy relacionada con la fotometría de llama ya que se utiliza una llama para atomizar la disolución de la muestra de modo que los elementos a analizar se encuentran en forma de vapor de átomos. Ahora bien, en absorción atómica existe una fuente independiente de luz monocromática, específica para cada elemento a analizar y que se hace pasar a través del vapor de átomos, midiéndose posteriormente la radiación absorbida. ⁽⁸⁾

En el siguiente esquema (Fig. No 10) se compara un esquema de espectrofotómetro de emisión de llama (a) y el de adsorción atómica (b).

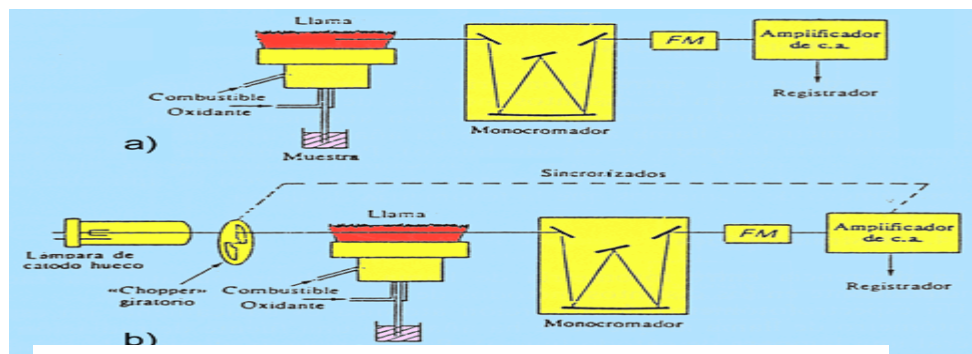


Fig. No 10 Comparación de emisión de llama y adsorción atómica.

Dada la estrecha relación existente entre absorción atómica y fotometría de llama es inmediata una comparación entre ellas. En fotometría de llama la sensibilidad es proporcional al número de átomos que se han excitado, mientras que, en absorción atómica la sensibilidad depende del número de átomos que se encuentran en el estado fundamental. Normalmente, tan sólo un pequeño porcentaje de átomos se encuentran en estado excitado en la llama. Por lo tanto, la absorción atómica da lugar, en general, a una mayor sensibilidad que la fotometría de llama para un gran número de elementos. (8)

Además, la absorción atómica es una técnica que presenta menos interferencias y es más simple que la fotometría de llama, lo que explica el espectacular desarrollo de la técnica en los últimos años. Hay que señalar que a pesar de ello, la absorción atómica no ha eliminado el uso de la fotometría, sino que ambos métodos deben considerarse complementarios, siendo la sensibilidad de cada uno de ellos superior a la del otro para determinados elementos. (8)

Las ventajas fundamentales de la utilización de la llama como fuente de excitación son que los espectros son muy sencillos y que los resultados cuantitativos tienden a ser más reproducibles. Los espectros son sencillos debido a la baja energía de excitación de la llama que da lugar a pocas líneas de emisión. Este hecho hace disminuir el problema de las interferencias espectrales a partir de líneas y bandas de otros elementos y además no implica la necesidad de un monocromador de elevada resolución. La mayor reproducibilidad de estos métodos se debe al mejor control de las variables en una excitación por llama. (8)

Las dos desventajas más importantes de los métodos de emisión en llama son que la energía de excitación es demasiado baja para la mayoría de los elementos y que la muestra debe estar disuelta. En absorción atómica la baja energía no es una desventaja tan importante ya que la misión de la llama, en ese caso, es únicamente atomizar la muestra y formar un vapor de átomos sin excitar; por esta razón es aplicable a un mayor número de elementos que la fotometría de llama. (8)

3.15.8 Instrumentación

La diferencia entre fotometría de llama y absorción atómica radica principalmente en los distintos métodos de medida de las señales.

Un espectrofotómetro de absorción atómica es básicamente un espectrofotómetro de llama al que se le ha añadido una fuente de radiación.

Para conseguir eliminar la señal de fotometría de llama y recoger únicamente la de absorción se modula la fuente de cátodo hueco. (8)

3.15.9 Fotómetros de llama

Existe una gran variedad de equipos que van desde los fotómetros de filtro de haz único a los espectrofotómetros de multicanal con corrección automática del ruido de fondo. (8)

3.15.10 Espectrofotómetros de absorción atómica

En los últimos años se han desarrollado a gran velocidad los espectrofotómetros de absorción atómica y en el mercado existen desde los instrumentos muy sencillos de haz simple hasta diseños complejos automatizados. La mayoría de los instrumentos se diseñan de modo que puedan utilizarse en fotometría de llama. En la figura N° 11 se recoge el diagrama de bloques de espectrofotómetros de absorción atómica.

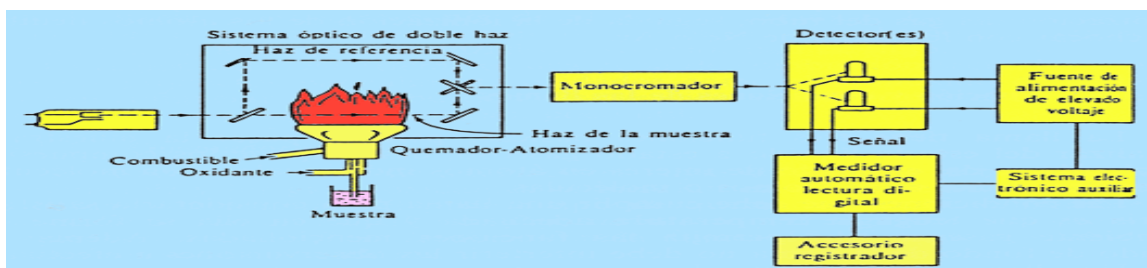


Fig. N° 11 Diagrama de espectrofotómetro de absorción atómica.

3.15.11 Función y condiciones de las llamas

La llama tiene tres funciones básicas: permite pasar la muestra a analizar del estado líquido a estado gaseoso; descompone los compuestos moleculares del

elemento de interés en átomos individuales o en moléculas sencillas y excita estos átomos o moléculas. ⁽⁸⁾

Las condiciones que debe cumplir una llama para considerarla satisfactoria es que tenga la temperatura adecuada y que en ella se forme un ambiente gaseoso que permita las funciones mencionadas. Además, el ruido de fondo de la llama no debe interferir las observaciones a efectuar. ⁽⁸⁾

Fenómenos que tienen lugar en la llama:

- Se evapora el agua o los otros disolventes dejando como residuo diminutas partículas de sal seca.
- La sal seca se vaporiza, es decir, pasa al estado gaseoso.
- Las moléculas gaseosas, o una parte de ellas, se disocian progresivamente dando lugar a átomos neutros o radicales. Estos átomos neutros son las especies absorbentes en espectroscopia de absorción atómica y son las especies emisoras en fotometría de llama.
- 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.
- 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 los átomos neutros en las llamas

y constituye las llamadas interferencias químicas que se presentan en los métodos de análisis que utilizan llamas.

La eficacia con que las llamas producen átomos neutros tiene mucha importancia. La llama de óxido nitroso-acetileno, que es más caliente que la de aire acetileno, parece ser más efectiva para la formación de átomos neutros. Los metales alcalinos son una excepción, probablemente debido a que la ionización es apreciable en la llama caliente. En cualquier caso, estos dos tipos de llama son los más adecuados para fotometría de llama y absorción atómica. A las temperaturas ordinarias de llamas es relativamente baja la fracción de átomos del estado fundamental que se excita. Únicamente si la temperatura de la llama es muy elevada la fracción de átomos excitados empieza a ser apreciable. Este hecho pone de manifiesto la necesidad de controlar la temperatura de la llama cuidadosamente para fotometría de emisión. Por el contrario, la fracción de átomos en el estado fundamental es muy elevada y, por lo tanto, pequeñas fluctuaciones en la temperatura de la llama no son importantes para el análisis por absorción atómica. (8)

A la temperatura de la llama acetileno-oxígeno la mayor parte de los elementos se encuentran apreciablemente ionizados. El grado de ionización del elemento a analizar puede disminuirse por adición de una elevada concentración de otro elemento que sea más fácilmente ionizable (tampón de radiación o supresor de ionización). (8)

Es preferible, por lo general, suprimir de este modo la ionización a utilizar temperaturas de llama más bajas que hacen aumentar las interferencias químicas.

3.15.12 Interferencias

Se producen cuando la absorción o emisión de una especie interferente se solapa o aparece muy próxima a la absorción o emisión del analito, de modo que su resolución por el monocromador resulte imposible. Las interferencias químicas se producen como consecuencia de diversos procesos químicos que ocurren durante la atomización y que alteran las características de absorción del analito. Dado que las líneas de emisión de las fuentes de cátodo hueco son muy estrechas es rara la interferencia debida a la superposición de las líneas, para que exista esta interferencia la separación entre las dos líneas tiene que ser menor a $0,1 \text{ \AA}$.⁽⁸⁾

3.15.13 Formación de compuestos poco volátiles

El tipo más común de interferencia es el producido por aniones que forman compuestos de baja volatilidad con el analito y reducen así su velocidad de atomización lo que origina resultados menores a los esperados.⁽⁸⁾

3.16 MUESTREO

El objetivo de la toma de muestras es recoger una porción de material lo suficientemente pequeña como para ser fácilmente transportada al Laboratorio de Análisis para su investigación. La primera cuestión que se plantea es obvia: la muestra debe ser homogénea y representativa de las características medias

del total del material muestreado. Esto supone que la concentración de cualquier componente en la muestra será idéntica (o razonablemente idéntica) a la existente en la masa global. (1)

En el transcurso del transporte de la muestra desde el lugar de toma hasta el centro donde se practicarán los análisis puede ocurrir que las características físico-químicas y microbiológicas de la muestra varíen. Esto debe evitarse en lo posible reduciendo al mínimo el tiempo transcurrido entre toma de muestra y determinación y/o empleando algún medio efectivo de preservación que no altere de forma perceptible su calidad. De cualquier forma, la variación de características en aguas con alto contenido en materias orgánicas o materiales biológicos vivos, siempre será muy superior a aquéllas que tienen poca presencia biológica. (1)

3.16.1 Elaboración de un programa de muestreo

Los programas de muestreo en el caso de aguas potables de consumo público, y aguas brutas destinadas a potabilización ya están regulados en las normativas españolas al efecto en las que se establecen unas exigencias mínimas. La cuestión hasta el presente respecto a estudios de aguas naturales, superficiales y subterráneas, es una parcela abierta a la estructuración consecuente del responsable de estas parcelas en cada empresa y/u organismo encargado de su estudio. En este apartado se van a dar algunas ideas útiles para la práctica diaria y rutinaria. (1)

Un programa de muestreo y análisis debe permitir que con los medios de que se disponga sea viable la caracterización del fenómeno a estudiar de una manera lo más aproximada posible a la realidad. Por ejemplo, para evaluar la calidad global de un pozo, habrán de conocerse sus características tanto en tiempo “normal”, como lluvioso, como seco y con diferentes caudales de extracción. En un programa de muestreo se pueden establecer, en general, los siguientes puntos. ⁽¹⁾

3.16.2 Estudios preliminares

Antes de proceder al estudio de un sistema hídrico (natural o artificial) es muy importante el hacer una revisión sobre los datos anteriores existentes y procedentes de otras investigaciones anteriores: éstos informarán acerca de la calidad del agua, aportarán datos hidrológicos y climatológicos, darán la descripción de las condiciones locales que puedan influir en el estudio, así como ilustrarán respecto a otros factores condicionantes de la calidad y circunstancias del agua o sistema hídrico a evaluar. ⁽¹⁾

3.16.3 Número de muestras a tomar y parámetros a determinar

El número de toma de muestras y los parámetros a investigar estarán en función del grado de profundidad que se quiere alcanzar en el estudio, de las disponibilidades e infraestructura operativa con que cuente el laboratorio y las posibilidades de almacenamiento que se estimen aceptables. ⁽¹⁾

Los parámetros normales utilizados para determinar la calidad del agua pueden ser de carácter físico, químico, orgánico, radiológico, biológico y microbiológico.

3.16.4 Tipo de muestras y muestreos

En la actualidad, la existencia de toma muestras automático con diferentes posibilidades de programación en tiempo de obtención de muestra, tiempo entre muestreos, así como volumen de muestra a extraer, incluso en función del caudal de agua circulante por el sistema hídrico a investigar (a su vez medido por algún elemento sensor) dota de extrema versatilidad a estos equipos y los convierte en muchas ocasiones en aliados insustituibles. ⁽¹⁾

La gran variedad de clases de aguas, de sistemas hídricos y de circunstancias que pueden presentar en la práctica hace que no exista un método totalmente normalizado listo para ser aplicado en todos los casos, tanto a la hora de seleccionar la clase de muestra a tomar, como el tipo y los puntos de muestreo y como, finalmente, la frecuencia de muestreo idónea. No obstante vamos a considerar algunas ideas que son ilustrativas a este respecto. ⁽¹⁾

Aguas potables

Nuestra legislación establece la frecuencia, técnicas de muestreo y procedimientos de análisis tanto para las aguas a la salida de las estaciones de tratamiento, como para el agua en la red de distribución, así como las determinaciones que han obligatoriamente de realizarse, en función del número de habitantes abastecidos por cada suministrador de agua de consumo público. Sólo cabe recordar que se consideran una serie de características analíticas relativas a “parámetros microbiológicos”, “parámetros químicos” y “radioactividad” que deben ser investigados en el agua potable de consumo

público. Igual puede comentarse del agua de bebida envasada, que en realidad debe cumplir calidades similares a las exigidas para el agua potable de consumo público. ⁽¹⁾

Aguas brutas destinadas a potabilización

La frecuencia de muestreo y análisis de aguas superficiales destinadas a producir agua potable de consumo público vienen marcadas por la correspondiente normativa nacional. Se clasifican las aguas en tres categorías de diferente calidad: (a) aguas tipo A1, que se someten sólo a tratamiento físico simple y desinfección: (b) aguas tipo A2, para cuya potabilización es necesario el tratamiento físico normal, tratamiento químico y la desinfección: (c) aguas tipo A3, para cuya potabilización se requieren tratamientos físicos y químicos intensivos, procesos de afinado y desinfección. En función de estas calidades se establecen los muestreos y los parámetros concretos a analizar. ⁽¹⁾

Cuando se utiliza agua procedente de un embalse para potabilización, normalmente se poseen varias ventanas de captación distribuidas a diferentes profundidades que permiten tomar agua con arreglo a sus características más adecuadas, a fin de producir agua de calidad óptima con un menor coste técnico y económico en su tratamiento. Por ello, es fundamental hacer un seguimiento periódico en profundidad de las características del agua disponible. En este sentido, la planificación de los muestreos puede responder a tomas de agua de todas las profundidades disponibles con frecuencia quincenal. ⁽¹⁾

Los parámetros de interés para evaluar la calidad del agua puede ser: temperatura, olor, color, turbidez, O₂ disuelto, conductividad, pH, Fe y Mn totales, amonio, nitritos, bicarbonatos, materia orgánica, fósforo total y coliformes totales y fecales. Con ello, y después de algunos años, se podrá establecer perfectamente la secuencia de calidad del agua en función de los períodos de estratificación y mezcla térmica experimentados por el embalse (o lago), y de la lámina de agua embalsada. De esta manera, la adecuación de la ETAP o estación potabilizadora a las características fisicoquímicas del agua será rápida, garantizando la mejor calidad posible en el agua tratada expedida al consumidor. (1)

Si el agua a potabilizar procede de un río, lógicamente afectado de más variaciones inesperadas de calidad que un embalse o lago, también debe establecerse su pauta de calidad en el punto de captación de aguas. La frecuencia y análisis antes expuestos deberán incrementarse (sobre todo ante circunstancias atípicas, como lluvias, vertidos incontrolados, etc.). Además, será interesante el investigar aparte de los parámetros anteriores, sólidos en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, dureza, nitrógeno total y algunos metales pesados. (1)

El agua bruta subterránea, en general suele presentar una buena calidad, sólo requiriendo una desinfección para su uso. Por ello, el programa de muestreo en este caso puede ser más restringido pudiendo aplicarse, a título orientativo, las

determinaciones efectuadas en embalses pero con una frecuencia temporal más amplia (trimestral). (1)

De cualquier forma, antes de utilizar un agua bruta, y con independencia de su origen, debe ser imprescindible un profundo conocimiento a través de uno o varios análisis completos, los cuáles comprenderán “todos” los parámetros que aparecen en la legislación e incluso algunos análisis fisicoquímicos accesorios que en casos concretos pueden ser de interés. A este respecto, fuentes de captación con presumibles problemas específicos, por ejemplo, de contaminación por algunos metales no recogidos como parámetros analíticos por la reglamentación para aguas potables (caso del talio, elemento de positiva toxicidad que puede acceder al medio hídrico) deberán ser investigadas en estos supuestos. En este tema, vuélvase a insistir, será primordial el asegurarse de los resultados obtenidos y repetir exhaustivamente los análisis ante la duda, pues se trata de garantizar la salud y el bienestar de la población. (1)

Aguas residuales

Tanto en el caso de aguas residuales domésticas como industriales, las frecuencias de muestreos no están bien delimitadas. En el orden práctico, para un agua residual urbana se pueden realizar un seguimiento efectivo sobre sus pautas de calidad, por ejemplo, mediante un muestreo quincenal o semanal del agua bruta integrada antes de su ingreso en el cauce público y el análisis de: temperatura, sólidos sedimentables y en suspensión, pH, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, amonio,

nitrógeno total y fósforo total, detergentes, grasas, cloruros, sulfatos, cianuros, fenoles y metales totales en el agua sometida a digestión ácida. Con frecuencia mensual o bimensual podría determinarse algún otro parámetro de interés. (1)

Se pueden tomar muestras únicas o integradas en períodos de 24 horas. En el caso concreto de un seguimiento para caracterizar la situación fisicoquímica de un agua residual para su depuración futura, deberán tomarse muestras, tanto del global de agua de toda la población, como de los puntos de emisión particulares de determinadas zonas o sectores y a diferentes horas del día. (1)

Los vertidos industriales son un tema muy complejo, puesto que sus características vendrán dadas por la actividad en concreto de la industria causante del efluente. Si en la población se dispone de Ordenanza de Vertidos que marque los límites que no deben ser sobrepasados en los efluentes industriales al alcantarillado, se analizarán todos los parámetros recogidos en la Ordenanza para cada vertido, al menos con periodicidad bimensual, si bien esto también estará en función del caudal de vertido. Análisis más frecuentes de sólidos en suspensión, demandas químicas y bioquímicas de oxígeno, pH, conductividad, detergentes, grasas, nitrógeno y fósforos totales y materias inhibidoras de la biodegradación, pueden ser suficientes para ir caracterizando cada vertido. En realidad, la práctica irá informando sobre la necesidad de chequear un parámetro u otro. Además, la toma de muestras deberá practicarse preferentemente, durante las puntas de producción de cada empresa en concreto que suelen ser las de mayor poder contaminante. (1)

Como ejemplos prácticos, vertidos procedentes de industrias cárnicas suelen presentar altos contenidos en sólidos y demanda bioquímica de oxígeno, vertidos de industrias productoras de bebidas pueden tener pHs extremos, vertidos de industrias de alimentación en general, plantean problemas de sólidos y carga orgánica, y vertidos procedentes de empresas metalúrgicas y de tratamiento de superficies tienen efluentes ricos en metales, detergentes, grasas, exhibiendo valores extremos de pH en ocasiones. (1)

3.16.5 Técnicas de muestreo

Las muestras de agua pueden ser “simples”, “compuestas” o bien “en continuo”.

La muestra simple: proporciona información sobre la calidad en un punto y momento dado: puede ser importante a la hora de establecer las características del agua en un punto de la red de abastecimiento de una población. (1)

La muestra compuesta se compone de varias alícuotas espaciadas temporalmente (con frecuencias variables, minutos, horas, días) que se adicionan al mismo recipiente. Este tipo de muestras se aplica, por ejemplo, en el seguimiento de vertidos industriales cuya calidad puede variar mucho a lo largo de una jornada de trabajo. (1)

Las muestras en continuo: son imprescindibles en procesos a escala industrial, por ejemplo, la determinación de cloro residual libre en el agua potable a la salida de una potabilizadora. (1)

Las muestras integradas: en el tiempo se obtienen con bombeo a un flujo continuo de muestra que se adiciona en el mismo recipiente. Respecto a los

tipos de muestreos posibles en aguas naturales (ríos, embalses, zonas marinas) éstos pueden ser:

- Muestreo aleatorio simple, consiste en la toma al azar de muestras independientes temporales y espacialmente.
- Muestreo estratificado, consiste en dividir el curso de agua en varios tramos a los que se aplica un muestreo aleatorio simple.
- Muestreo sistemático, aquí se adopta una cadencia temporal repetitiva, con lo cual se obtienen series temporales de datos.
- Muestreo sistemático estratificado, que combina los dos anteriores, representando probablemente el tipo de muestreo más adecuado y completo para conocer comportamientos cíclicos de sistemas hidráulicos.

Equipos de muestreo

Un equipo de muestreo puede ser tan simple como una botella de vidrio, metálica o de plástico provista de un tapón, que se llena con el agua objeto del posterior análisis: además, el tema se puede complicar mucho utilizando en muchos casos sofisticados equipos, cuya descripción se reseñará brevemente después.

Características comunes a cualquier equipo de muestreo son su robustez, comodidad en el manejo, facilidad en su transporte, capacidad adecuada de muestra que pueden contener y fácil limpieza una vez utilizados. ⁽¹⁾

- Botellas y cubos.

De uso manual, sirven para tomar muestras de aguas superficiales y de pozos que no dispongan de sistemas de bombeo. Se aconseja enjuagarlos varias veces con el agua a muestrear antes de su llenado definitivo (salvo en el caso de botellas estériles para análisis microbiológico). Cuando se van a determinar gases en la muestra tomada, las botellas deben poder cerrarse herméticamente, pudiendo también emplearse dos botellas unidas por una tubuladura o dos botellas introducidas una en la otra. ⁽¹⁾

- Botellas lastradas.

Se usan para obtener muestras de agua a profundidad variable. Para esto, la botella, unida a una cuerda y tapada, se introduce a la profundidad deseada abriéndose entonces y cerrándose cuando se haya llenado del agua a tomar, mediante un sistema adecuado. ⁽¹⁾

- Botellas con apertura y cierre automático.

Pueden ser tan complicados como se desee. En síntesis consisten en un tubo cilíndrico de 1 a 5 litros de capacidad, abierto por sus dos extremos y que mediante un sistema mecánico o eléctrico cierra sus dos bases cuando se alcanza el agua de profundidad deseada. Así son los muestreadores usados para toma de muestras en lagos y embalses, que emplean como sistema de cierre una pesa que posee un orificio central para deslizarse sobre la cuerda que sostiene el Muestreador: lanzada desde el extremo superior de la cuerda,

fuera del agua, su impacto provoca el cierre simultáneo de las dos tapaderas del cilindro. (1)

- Sistemas de bombeo.

Utilizados ampliamente, permiten tomar muestras puntuales, continuas y intervalos temporales variados, de acuerdo al programa de muestreo establecido por un sistema de programación automático o bien mediante accionamiento manual. Las bombas usadas pueden ser centrífugas o peristálticas permitiendo la extracción de volúmenes importantes de muestra. (1)

Sistemas integradores en profundidad.

Se trata de aparatos automáticos que se introducen en el fondo del río o embalse y se van llenando paulatinamente y a una velocidad definida a medida que se van izando hacia la superficie. De esta manera se pueden tomar muestras “integradas” en profundidad. (1)

- Muestreadores automáticos.

Este tipo encuentran principal utilización para toma de muestras integradas en aguas residuales, domésticas, industriales y estaciones de depuración. Se encuentran profusamente distribuidos en el mercado. Suelen constar de un depósito de capacidad variable, pero en general superior a 10^1 para el almacenamiento temporal de la muestra. (1)

La succión a través del tubo se promueve mediante un sistema de bombeo, cuyo accionamiento se temporiza automáticamente por un equipo programador, bien en función de una secuencia preestablecida de tiempos de succión y

tiempos de espera entre estos, bien en función del caudal circulante en cada momento por el medio hídrico que se está muestreando. Esta información se obtendría por un sensor de flujo convenientemente calibrado. (1)

Los equipos automáticos de muestreo se revelan particularmente adecuados en el seguimiento de vertidos industriales, ya que la evacuación de las mayores cargas contaminantes suele producirse durante las puntas de producción, estando ligados además a variaciones muy importantes del caudal vertido. (1)

Recipientes

Los recipientes empleados para toma y almacenamiento temporal de muestras pueden ser de diferentes capacidades, desde los de 75mL utilizados en muestras simples para análisis bacteriológico, hasta los muestreadores usados en embalses, de 5L de volumen útil. Pueden ser de vidrio, de vidrio borosilicato, de polietileno o de teflón, como más corrientemente empleados. El vidrio "normal" se usará cuando los iones a analizar no sean afectados por el contacto con el material de la botella: éste es el caso de Ca, Mg, $\text{SO}_4^{=4}$, Cl^- , etc. Sodio y sílice aumentan su concentración en botellas de vidrio debido a ligeros fenómenos de disolución del propio vidrio. (1)

Las muestras destinadas para análisis bacteriológico suelen tomarse en envases de borosilicato o de polipropileno; estos envases se suelen esterilizar en autoclave, por lo cual habrán de ser resistentes al proceso. Su tapón habrá de ser roscado y tener boca ancha para permitir su correcto llenado, evitando

cualquier posible contaminación por contacto con el grifo, manguera o sistema de llenado. (1)

Las muestras para determinaciones biológicas usarán preferentemente envases de vidrio neutro. Respecto a la limpieza de envases, los de vidrio o plástico se limpian enjuagándolos varias veces con agua y manteniéndolos después de 12 a 24 horas con una solución clorhídrica 1M. Posteriormente se enjuagarían con agua destilada hasta eliminar las últimas trazas de ácido presentes (el ácido usado puede reutilizarse para varios lavados). (1)

Se desaconseja el lavado de recipientes con detergentes, debido a su capacidad de absorberse sobre las paredes y a su dificultad en la eliminación. Es preferible proceder a lavados con mezcla crómica (ácido sulfúrico y dicromato potásico) que en general suelen ser más drásticos y efectivos. (1)

Se recomienda que los recipientes empleados en la toma de muestras de agua destinada a análisis de grasas, sean finalmente lavados con algún disolvente de las grasas, como el propio freón usado en el posterior análisis, para retirar las últimas trazas de aquéllas. En muestras para análisis de plaguicidas se puede enjuagar el recipiente con hexano o similares. (1)

3.16.6 Conservación de las muestras

La conservación de una muestra de agua dependerá del parámetro o analizar que nos marcará el tipo de envase, el agente preservante y el tiempo máximo de almacenamiento ver anexo 4 y 5. (1)

Con carácter general, el análisis debe ser lo más rápido posible con relación a la toma de muestras, lo que puede garantizar una mínima alteración de la muestra de agua desde su origen hasta el laboratorio de análisis. Esto es particularmente válido para análisis microbiológico o biológico y aguas negras.

La degradación de una muestra de aguas residuales, que suele contener cantidades altas de materias orgánicas y microorganismos (muchos de ellos descomponedores de aquéllas) será mucho más rápida y extensa que la de una muestra de aguas blancas. (1)

Para una serie de parámetros se recomienda los análisis in situ como forma de conseguir resultados analíticos representativos. Este es el caso de temperatura, pH, oxígeno disuelto y gases en general, transparencia y conductividad. No obstante, el análisis in situ puede extenderse en la actualidad mediante el empleo de equipos móviles de laboratorio, prácticamente a cualquier parámetro a investigar. (1)

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLÓGICO

4.0. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

- **Transversal:** Debido a que se cuantificó la concentración de los metales sodio, potasio, calcio y manganeso, en las muestras de agua, en un tiempo determinado, interesando estudiar el problema en ese momento.
- **Experimental:** Ya que los resultados se basan en los análisis químicos realizados en el laboratorio de FUSADES utilizando métodos analíticos y comparando los resultados con las normas vigentes. (Ver anexos N° 8 y N° 9)

4.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA

Se visitaron las siguientes bibliotecas:

- Doctor Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Central de la Universidad de El Salvador

Y además se realizó un estudio informático en Internet.

4.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se realizó una recolección de muestras de agua para consumo humano para realizar el análisis y cuantificación de los iones Sodio, Potasio, Calcio y Manganeso. En las siguientes comunidades (Ver anexo N° 10):

- Zona Paracentral: Comunidad Cantón Calderas, Municipio Apastepeque, Departamento San Vicente. (Ver figura N° 22)
- Zona Oriental: Comunidad Cantón Tierra Blanca, Municipio Jiquilisco, Departamento Usulután. (Ver figura N° 23)

- Zona Paracentral: Comunidad Casco de la Hacienda Santa Clara, Municipio San Luís Talpa, Departamento La Paz. (Ver figura N° 24)
- Zona Central: Comunidad Reparto Santa Clara, Municipio Barrio San Jacinto, Departamento San Salvador. (Ver figura N° 25)
- Zona occidental: Comunidad Cantón Shucutitan, Municipio Concepción de Ataco, Departamento de Ahuachapán. (Ver figura N° 26)

4.4 Universo Muestral

Agua de consumo humano.

4.5 Tipo de Muestreo

Siendo las muestras de agua potable tomadas de grifo de algunas casas de las comunidades, el tipo de muestreo fue dirigido y puntual ya que este se realizó en zonas específicas previamente establecidas y en el periodo comprendido entre los meses de Septiembre – Octubre del año 2008.

4.6 Puntos de Muestreo

El muestreo se llevo a cabo en las siguientes comunidades:

- Zona Paracentral: Comunidad Cantón Calderas, Municipio Apastepeque, Departamento San Vicente. (Ver figura N° 22)
- Zona Oriental: Comunidad Cantón Tierra Blanca, Municipio Jiquilisco, Departamento Usulután. (Ver figura N°23)
- Zona Paracentral: Comunidad Casco de la Hacienda Santa Clara, Municipio San Luís Talpa, Departamento La Paz. (Ver figura N° 24)

- Zona Central: Comunidad Reparto Santa Clara, Municipio Barrio San Jacinto, Departamento San Salvador. (Ver figura N° 25)
- Zona occidental: Comunidad Cantón Shucutitan, Municipio Concepción de Ataco, Departamento de Ahuachapán. (Ver figura N° 26)

4.7 Tamaño de la Muestra

Se recolectaron cinco muestras de un litro de agua en cada una de las comunidades previamente mencionadas para determinar y cuantificar los iones Sodio, Potasio, Calcio y Manganeso.

4.8 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

4.8.1 Recolección de Muestras de Agua:

Muestras para análisis fisicoquímicos ⁽¹²⁾

Las muestras se recolectaron en frascos de polietileno con cierre hermético y con capacidad de 1 litro.

4.8.2 Procedimiento de toma de muestra:

- Abrir la válvula del grifo, hasta alcanzar el flujo máximo, dejando correr el agua durante uno o dos minutos, luego disminuir la intensidad del flujo del agua, para la toma posterior de la muestra.
- Desenroscar el tapón y posteriormente proceder a enjuagar y llenar el frasco completamente y luego ajustar el pH < 2 con ácido nítrico.
- Tapar el frasco con el tapón hermético y rotular.
- Colocar las muestras en hielera y preservar a una temperatura entre 4 y 10°C para su posterior traslado.

4.8.3 Método espectrofotométrico de absorción atómica con llama.

Fundamento ⁽⁸⁾

Cuando los átomos se excitan suficientemente, al volver a su estado fundamental, emiten el exceso de energía en forma de radiación (espectro de emisión) cuya intensidad es proporcional al número de átomos excitados. En el caso de los metales alcalinos, la excitación puede lograrse por medio de la llama de un mechero con mezcla de aire-propano, aunque se suele emplear la llama aire-acetileno.

4.8.4 CUANTIFICACION SODIO ^(2, 8,12)

Principio: cantidades pequeñas de sodio pueden ser determinadas por fotómetro de emisión de llama a 589nm. La muestra es nebulizada dentro de una llama de gas bajo condiciones controladas, reproduciendo las condiciones de excitación. El sodio tiene una línea espectral resonante a 589nm es aislado por filtros de referencia o por dispositivos de dispersión de luz tales como prismas o rejillas. La intensidad de emisión de luz es medida por un fototubo, fotomultiplicador o fotodiodo. La intensidad de luz a 589nm es aproximadamente proporcional a la concentración de sodio. La alineación del dispositivo de dispersión de la longitud de onda y la lectura de la longitud de onda puede no ser exacta. El apropiado ajuste de la longitud de onda, puede ser levemente mayor o menor que 589nm, puede ser determinado de la intensidad máxima de emisión al aspirar una solución estándar de sodio, y después ser utilizado para las medidas de la emisión. La curva de calibración

puede ser lineal pero tiene una tendencia negativa o se invierte en concentraciones más altas. Se trabaja en la lineal cercana a gamma.

Interferencias: En el método espectrofotométrico de llama puede ocurrir en la relación de sodio a potasio es de 5:1 o mayor. El calcio puede interferir si la relación de calcio a potasio es 10:1 o más. Interferencia del magnesio no es significativa hasta que el cociente del magnesio a sodio excede de 100, esto ocurre raramente.

Concentración mínima detectable: El fotómetro de llama o el espectrofotómetro de absorción atómica operando en el modo de emisión pueden ser usado para determinar niveles de sodio aproximadamente de $5\mu\text{g/L}$.

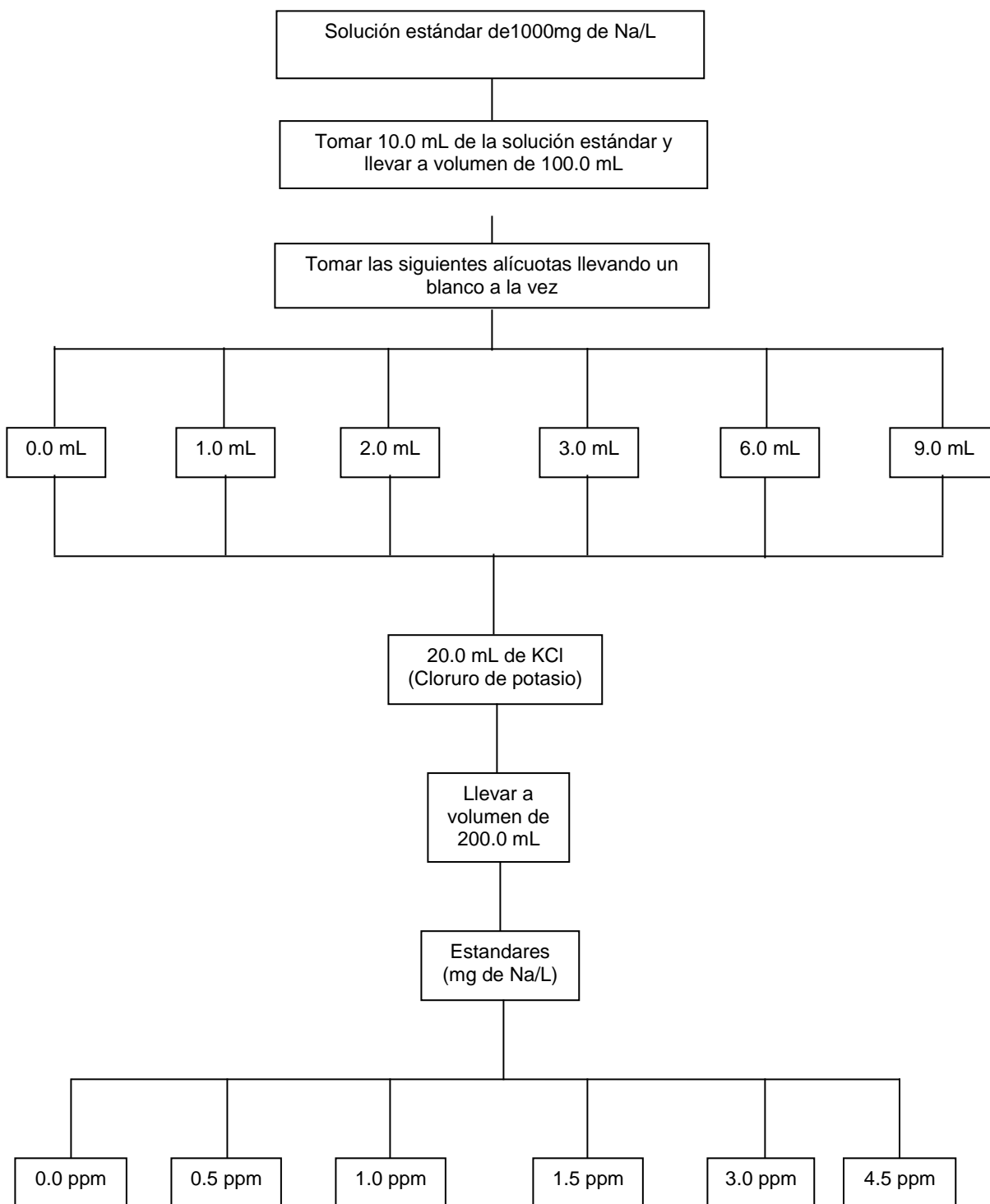


Figura N° 12. Esquema para la preparación de la curva patrón de sodio
(Ver anexo N° 6)

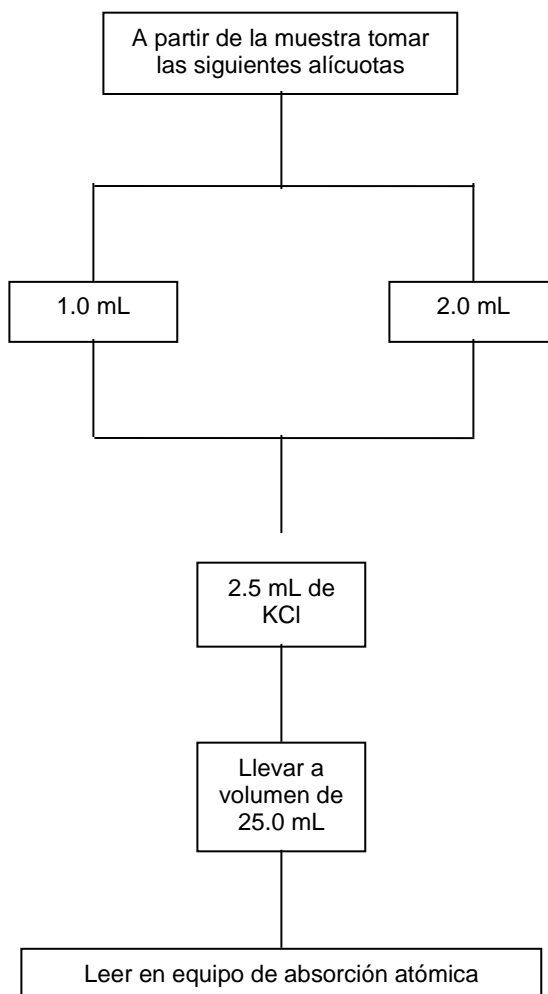


Figura N° 13. Esquema de la preparación de la muestra para la cuantificación de sodio en agua.

4.8.5 CUANTIFICACION DE POTASIO (2, 8,12)

Principio: Las concentraciones de potasio se pueden determinar en un tipo lectura rápida utilizando el fotómetro de la llama en una longitud de onda de

766.5nm. Porque mucha de la información que pertenece al sodio se aplica igualmente a la determinación del potasio.

Interferencias: Interferencia en el método espectrofotométrico de llama puede ocurrir en la relación de sodio a potasio es de 5:1 o mayor. El calcio puede interferir si la relación de calcio a potasio es 10:1 o más. El magnesio comienza a interferir cuando la relación de magnesio a potasio excede de 100:1.

Concentración perceptible mínima: Los niveles de potasio que pueden ser determinados son aproximadamente de 0.1 mg/l

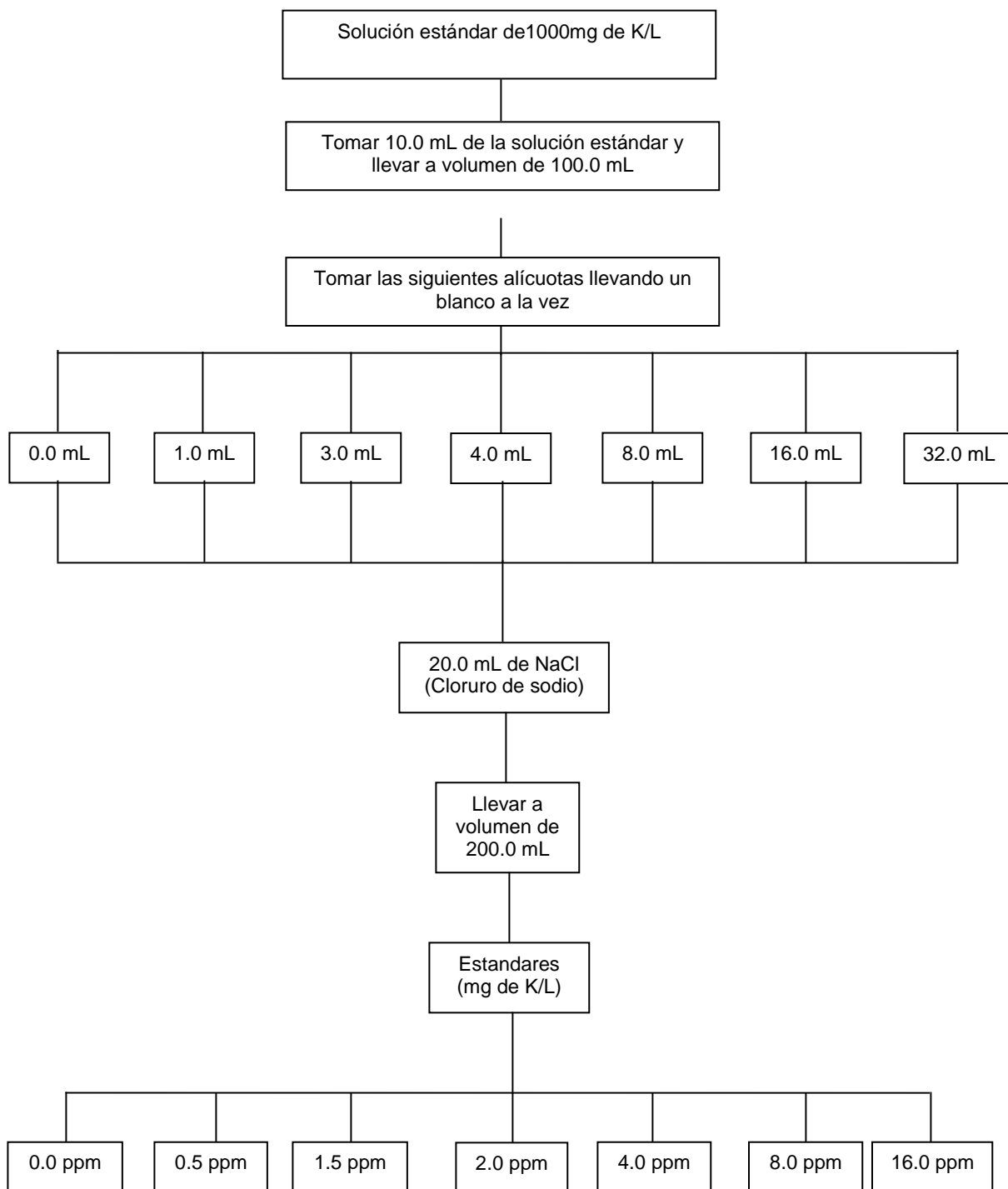


Figura N° 14. Esquema para la preparación de la curva patrón de potasio
(Ver anexo 6)

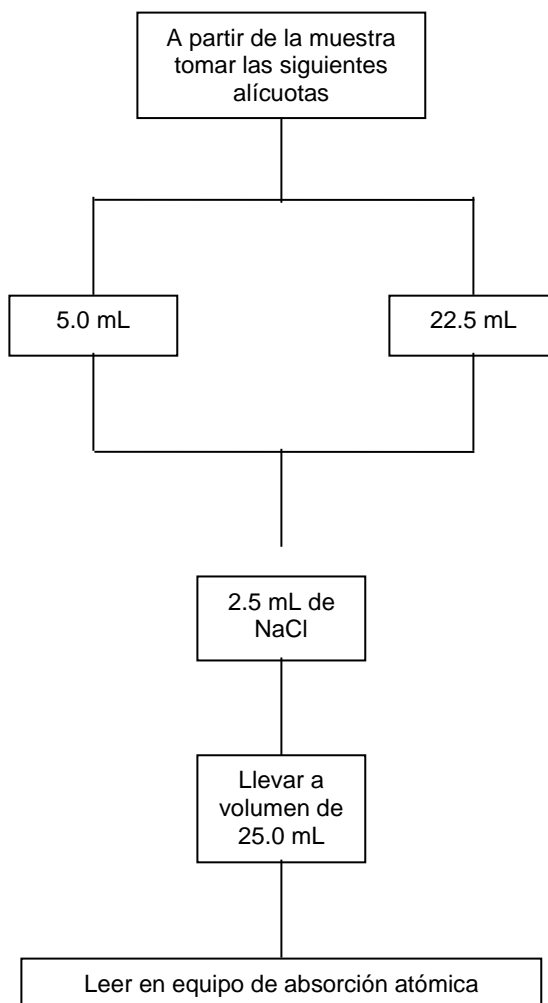


Figura N° 15. Esquema de la preparación de la muestra para la cuantificación de potasio en agua.

4.8.6 CUANTIFICACION DE CALCIO (2, 8, 12)

La presencia de Calcio es común en el agua y es uno de los principales metales responsable de la dureza. Este metal en agua se origina por el paso de la

misma por terrenos calizos, dolomíticos o yesíferos. Las sales de calcio pueden precipitar especialmente tras la ebullición del agua en las calderas o tuberías, produciendo problemas. El contenido de calcio puede variar de 0-500 mg/L dependiendo de la fuente y el tratamiento recibido por el agua. El método preferido para la determinación de calcio en agua es el espectrofotométrico de absorción atómica y se lee a una longitud de onda de 422.7nm

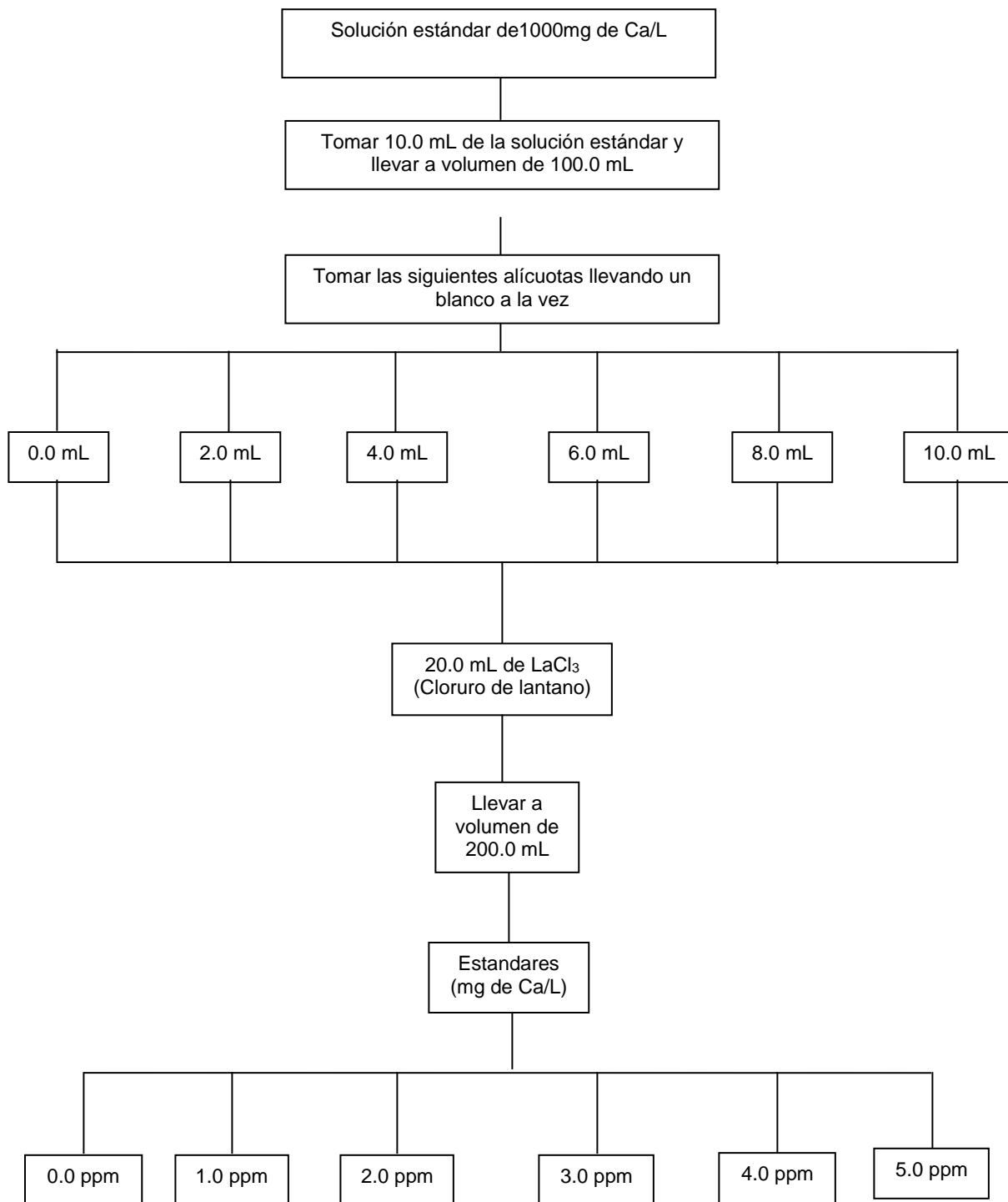


Figura N° 16. Esquema para la preparación de la curva patrón de calcio

(Ver anexo N° 6)

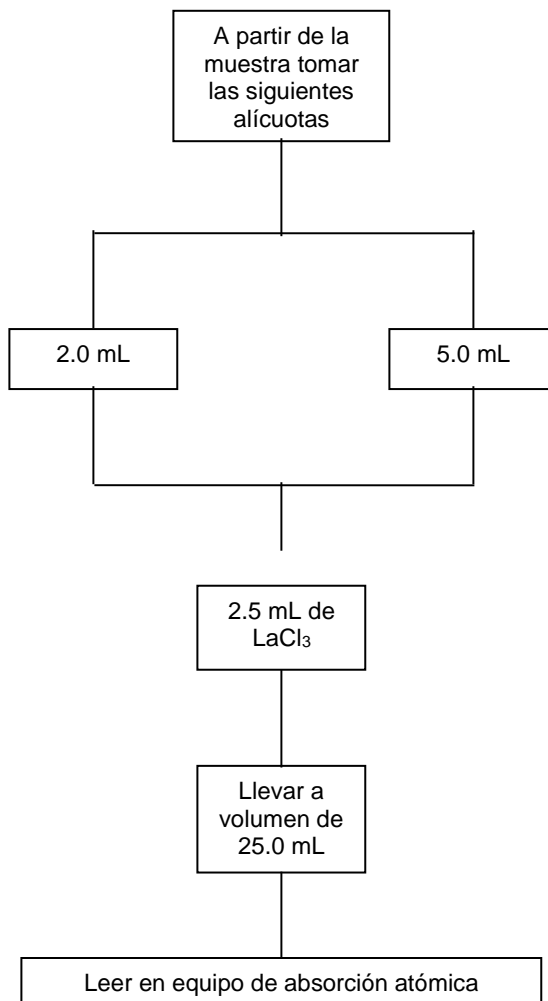


Figura N° 17. Esquema de la preparación de la muestra para la cuantificación de calcio en agua

4.8.7 CUANTIFICACION DE MANGANESO (2, 8, 12)

El manganeso puede estar en una forma soluble en el agua neutra; al principio de tomar la muestra, pero pasa a un grado de oxidación más alto que va de Mn^{+2} a Mn^{+4} y precipita o llega a ser adsorbido por las paredes del recipiente. Determinar el manganeso enseguida de tomar la muestra.

El manganeso se puede determinar por varios métodos diferentes, entre los cuales existen los siguientes:

- Método espectrofotométrico de absorción atómica.
- Método de plasma de acoplamiento inductivo.
- Método colorimétrico: peryodato potásico o persulfato amónico.

Los métodos tales como el espectrofotométrico de absorción atómica que se lee a una longitud de onda de 279.5nm y de plasma de acoplamiento inductivo permiten la determinación directa con aceptable sensibilidad y son los métodos que se prefieren ya que no presentan ningún inconveniente a la hora de emplear las lecturas de una determinada muestra a comparación de los métodos colorimétricos como por ejemplo el método de persulfato, debido a que el empleo del ion mercurio puede controlar la interferencia de una concentración limitada de ión cloruro. La técnica del persulfato, si bien rápida, presenta el inconveniente de que las disoluciones de MnO_4^- obtenidas tienen poca estabilidad, y de que se pueden producir burbujas de gas (oxígeno) en las propias cubetas de medida, que interferirían la colorimetría.

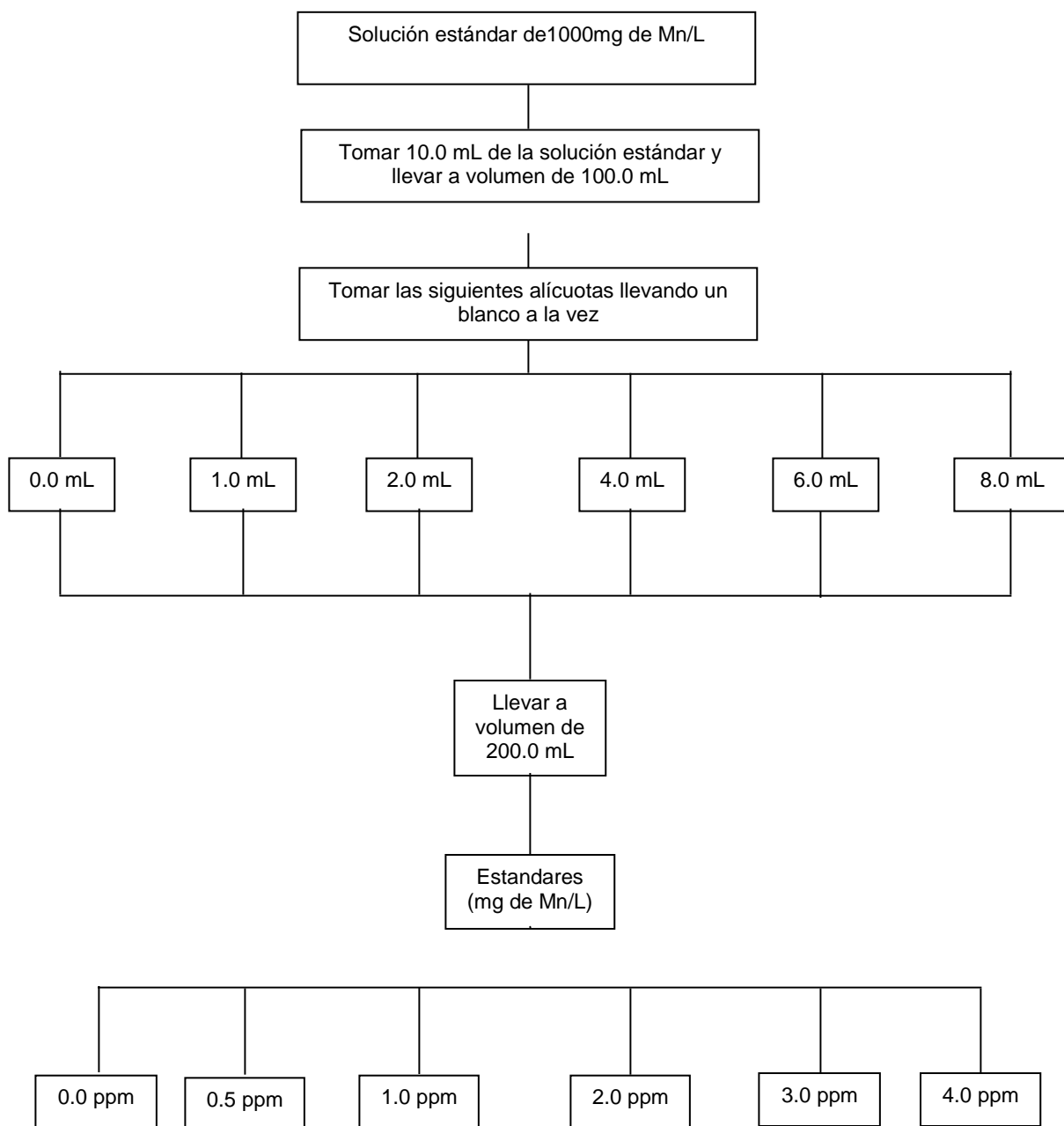


Figura N° 18. Esquema para la preparación de la curva patrón de Manganeso

(Ver anexo N° 6)

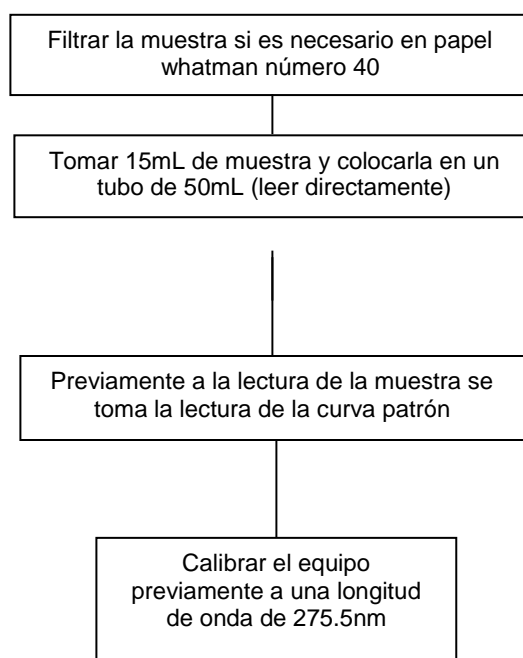


Figura N° 19. Esquema de la preparación de la muestra para la cuantificación

de manganeso en agua (Ver anexo N° 6).

CAPITULO V
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

5.0 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de las concentraciones de los metales sodio, potasio, calcio y manganeso en muestras de agua potable de consumo humano, recolectadas por comunidad en base al estudio de prevalencia para la Enfermedad Renal Crónica (ERC).

Cuadro N° 2. Resultado de Sodio obtenido del análisis de las 5 muestras tomadas por comunidad.

RESULTADO SE EXPRESAN EN mg/L de Na en agua.					
Numero de muestra (Ver anexo N° 4)	Z1 (Cantón Calderas) mg/L	Z2 (Cantón tierra blanca) mg/L	Z3 (Casco de la Hacienda Santa Clara) mg/L	Z4 (Reparto Santa Clara) mg/L	Z5 (Cantón Shucutitan) mg/L
1	13.13	26.63	17.00	6.19	12.25
2	13.12	25.93	17.06	6.06	12.18
3	12.87	26.62	16.68	8.00	11.06
4	13.00	25.62	16.62	7.06	11.93
5	13.12	26.50	17.56	6.18	11.75
PROMEDIO (DS)	13.04(0.113)	26.26(0.459)	16.98(0.375)	6.69(0.830)	11.83(0.476)
Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01.04 (Ver anexo N° 8)		Valor máximo admisible. 200 mg/L			
Ingesta diaria de sodio en agua recomendada por OMS (Ver anexo		250 a 500 mg/día			

Nº 8)	
-------	--

DS: Desviación Estándar

En el cuadro N° 2 se presentan los resultados obtenidos del análisis espectrofotométrico por absorción atómica aplicado a las muestras de agua para determinación de sodio (Na), los resultados de las muestras de cada comunidad presentan diferentes valores de concentraciones de sodio, encontrándose los valores superiores en las comunidades del Cantón Tierra Blanca (26.26mg/L) y Casco de la Hacienda Santa Clara (16.98mg/L). Esto es debido a que estas comunidades se encuentran localizadas en la costa pacífica y por ello en su medio ambiente natural se encuentran mayores cantidades de sodio⁽³⁶⁾ con respecto a las otras comunidades en estudio. Aunque el sodio se encuentra en grandes cantidades en el medio natural^(2, 8) de dichas comunidades los valores obtenidos no sobrepasan lo que establece la norma de agua potable y un factor que favorece esto es la profundidad a la que se encuentran los pozos de donde se extrae el agua que es suministrada a los habitantes de estas comunidades, ya que la profundidad del pozo de la comunidad del Cantón Tierra Blanca es de 70 metros y el de la comunidad del Casco de la Hacienda Santa Clara es de 100 metros y considerando que el sodio es un catión metálico, tiene una baja movilidad en los suelos porque se absorben fuertemente sobre los minerales y la materia orgánica.

Asumiendo que un adulto ingiere diariamente de uno a dos litros de agua, el aporte máximo de sodio por esta fuente sería de aproximadamente 53.52mg al

día, tomando como referencia el valor más alto obtenido en los resultados, esta dosis es muy inferior a la ingesta diaria recomendada de sodio.

Cuadro N° 3 Resultado de Potasio obtenido del análisis de las 5 muestras tomadas por comunidad.

RESULTADO SE EXPRESAN EN mg/L de K en agua.					
Numero de muestra (Ver anexo N° 4)	Z1 (Cantón Calderas) mg/L	Z2 (Cantón tierra blanca) mg/L	Z3 (Casco de la Hacienda Santa Clara) mg/L	Z4 (Reparto Santa Clara) mg/L	Z5 (Cantón Shucutitan) mg/L
1	4.69	6.24	7.32	5.49	5.19
2	4.98	6.08	7.72	5.69	5.12
3	5.26	6.41	7.13	5.40	5.20
4	5.75	6.45	7.07	5.60	5.02
5	5.45	6.46	7.13	5.58	5.13
PROMEDIO (DS)	5.22(0.410)	6.33(0.165)	7.27(0.267)	5.55(0.111)	5.13(0.071)
Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01.04 (Ver anexo N° 8)	No hay regulación				
Ingesta diaria de potasio en agua recomendada por OMS (Ver anexo N° 8)	4700 mg/día				

DS: Desviación Estándar

En el cuadro N° 3 se observan los resultados obtenidos del análisis de 25 muestras de aguas de cinco comunidades utilizando el método espectrofotométrico de absorción atómica para determinación de potasio(K), observándose que el agua de la comunidad del Casco de la Hacienda Santa

Clara y la comunidad del Cantón Tierra Blanca, las concentraciones de potasio son superiores que en el resto de las comunidades (7.27 y 6.33 mg/L) respectivamente, mostrando una diferencia más notoria, esto puede ser debido a que por ser zonas costeras en su medio natural existe una concentración superior de este elemento⁽³⁶⁾ con respecto a las otras 3 comunidades restantes (Canto Calderas, Reparto Santa Clara y Cantón Shucutitan), ya que por no ser zonas costeras están menos expuestas a un incremento en la concentración de este elemento. Pero aunque en la comunidad del Cantón Tierra Blanca y Casco de la Hacienda Santa Clara los valores de potasio son superiores con respecto a las otras tres comunidades no sobrepasan los valores exigidos por la norma de agua potable y un factor que favorece a esto es la profundidad a la que se encuentran los pozos de donde se extrae el agua que es suministrada a los habitantes de estas comunidades, ya que la profundidad del pozo de la comunidad del Cantón Tierra Blanca es de 70 metros y del Casco de la Hacienda Santa Clara es de 100 metros y considerando que el potasio es un catión metálico tienen una baja movilidad en los suelos porque se absorben fuertemente sobre los minerales y la materia orgánica.

Asumiendo que un adulto ingiere diariamente de uno a dos litros de agua, el aporte máximo de potasio por esta fuente sería de aproximadamente 15mg al día tomando como referencia el valor más alto obtenido en los resultados, esta dosis es muy inferior a la ingesta diaria recomendada de potasio.

Cuadro N° 4 Resultado de Calcio obtenido del análisis de las 5 muestras tomadas por comunidad.

RESULTADO SE EXPRESAN EN mg/L de Ca en agua.					
Numero de muestra (Ver anexo N° 4)	Z1 (Cantón Calderas) mg/L	Z2 (Cantón tierra blanca) mg/L	Z3 (Casco de la Hacienda Santa Clara) mg/L	Z4 (Reparto Santa Clara) mg/L	Z5 (Cantón Shucutitan) mg/L
1	17.33	19.33	20.44	13.61	31.96
2	17.31	18.62	19.46	13.65	30.26
3	16.72	18.73	19.68	13.47	31.00
4	17.35	19.10	19.57	13.56	31.53
5	17.66	19.13	19.98	13.32	31.21
PROMEDIO (DS)	17.27(0.341)	18.98(0.296)	19.83(0.394)	13.52(0.131)	31.19(0.634)
Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01.04 (Ver anexo N° 8)		No hay regulación			
Ingesta diaria de calcio en agua recomendada por OMS (Ver anexo N° 8)		1000 a 1500 mg/día			

DS: Desviación Estándar

En el cuadro N° 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis de 25 muestras que fueron tomadas en diferentes comunidades de El Salvador antes mencionadas. Se observa que en la comunidad del Cantón Shucutitán, hay concentraciones mayores a las demás comunidades, esto puede ser debido al cultivo de café, ya que se podrían estar utilizando abonos como es el sulfato de amonio⁽³⁸⁾ el cual puede provocar una acidificación en la tierra siempre y cuando se agregue sin control, esto puede provocar posteriormente que el agricultor para contrarrestar esta acidificación agrega oxido de calcio (CaO)^(38,39) y este puede ser el causante de que los valores de las concentraciones de

calcio en esta comunidad sean superiores con respecto a los valores normales de dicho elemento en los estratos superiores del suelo⁽⁴⁰⁾, que posteriormente con la lluvia pueda que pequeñas trazas de este se infiltran a la fuente de agua, pero estas cantidades que se filtran, no son lo suficientemente grandes como para aumentar la concentración de calcio⁽⁴⁰⁾ en agua que puedan lograr sobrepasar al valor que establece la norma de agua potable y lo que favorece es la profundidad a la que se encuentra el pozo ya que tiene una profundidad de 100 metros y como el calcio es uno de los cationes metálicos que posee una baja movilidad en los suelos porque se adsorbe fuertemente sobre los minerales y la materia orgánica y esto se demuestra por los resultados obtenidos.

Asumiendo que un adulto ingiere diariamente de uno a dos litros de agua, el aporte máximo de calcio por esta fuente sería de aproximadamente 63mg al día tomando como referencia el valor más alto obtenido en los resultados, esta dosis es muy inferior a la ingesta diaria recomendada de calcio.

Cuadro N° 5 Resultado de Manganeseo obtenido del análisis de las 5 muestras tomadas por comunidad.

RESULTADO SE EXPRESAN EN mg/L de Mn en agua.					
Numero de muestra (Ver anexo N° 4)	Z1 (Cantón Calderas) mg/L	Z2 (Cantón tierra blanca) mg/L	Z3 (Casco de la Hacienda Santa Clara) mg/L	Z4 (Reparto Santa Clara) mg/L	Z5 (Cantón Shucutitan) mg/L
1	0.05	0.08	0.05	0.03	0.05
2	0.05	0.075	0.05	0.025	0.05
3	0.04	0.08	0.04	0.03	0.05
4	0.04	0.07	0.05	0.03	0.045
5	0.05	0.075	0.045	0.025	0.045
PROMEDIO (DS)	0.05(0.005)	0.08(0.004)	0.05(0.004)	0.03(0.002)	0.05(0.002)
Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01.04 (Ver anexo N° 8)		Valor máximo admisible 0.1 mg/L			
Ingesta diaria adecuada de manganeseo en agua establecida por OMS (Ver anexo N° 8)		2 a 5 mg/día			

DS: Desviación Estándar

En el cuadro N° 5 se presentan datos correspondientes al análisis de 25 muestras de agua a las que se les determinó Manganeseo y en el cual se observa que en la comunidad del Reparto Santa Clara hay una menor concentración de este elemento (0.03mg/L), siendo menor al valor recomendado que establece la norma. Esto es debido a que en esta comunidad ANDA le da un tratamiento previo al agua que se distribuye (41, 42,43), y como el manganeseo es un elemento que se encuentra en el suelo en forma de trazas y su movilidad es baja en el suelo, las concentraciones son muy inferiores a comparación de los otros elementos. Y se observa que los resultados obtenidos

de las cinco comunidades se encuentran dentro de los valores que establece la Norma Salvadoreña de Agua Potable NSO 13.07.01.04.

Asumiendo que un adulto ingiere diariamente de uno a dos litros de agua, el aporte máximo de manganeso por esta fuente, en la comunidad que presenta el mayor promedio en la concentración del metal (Cantón Tierra Blanca), sería de aproximadamente 0.16mg al día tomando como ejemplo la comunidad afectada, esta dosis es considerablemente inferior a la ingesta diaria recomendada del mineral que se muestra en el cuadro N° 5.

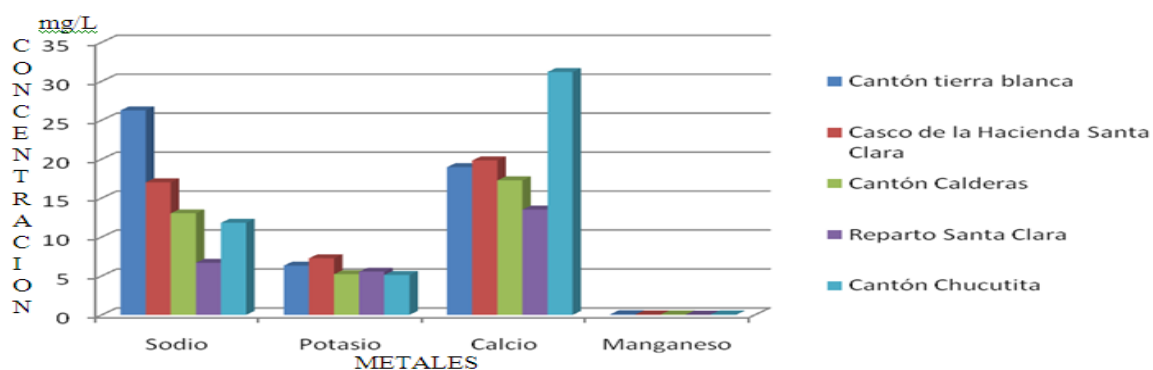


Figura N° 20. Representación gráfica de las concentraciones de cada elemento por comunidad

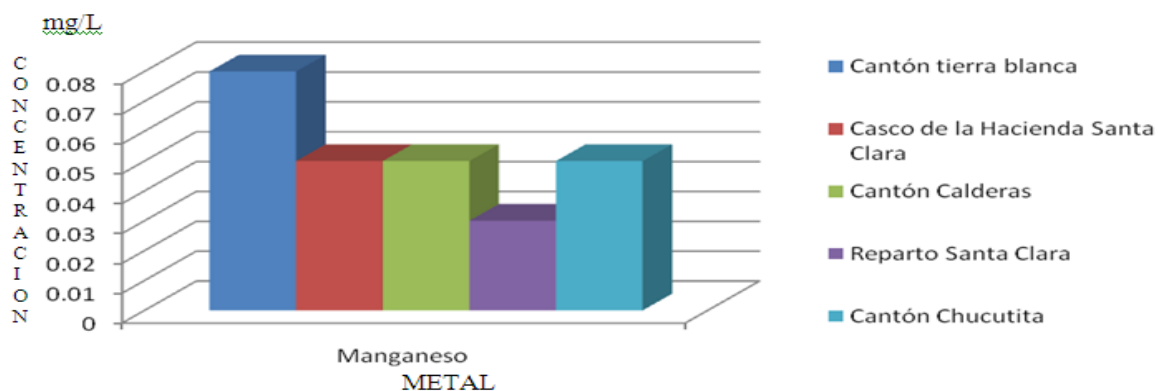


Figura N° 21. Representación grafica de la concentración de Manganeso por comunidad.

En las figuras N° 20 y 21 se muestra como están distribuidas las concentraciones de los elementos en cada una de las comunidades, para la elaboración de los gráficos se utilizaron los promedios obtenidos de los resultados de cada uno de los elementos en estudio. Con respecto al sodio y al manganeso la mayor concentración obtenida es en el Cantón Tierra Blanca (26.26mg/L y 0.08mg/L) con relación a los valores que se presentan con las otras comunidades; en el Casco de la Hacienda Santa Clara (16.98mg/L y 0.05mg/L) es donde se presenta una leve diferencia en el valor de concentración de potasio ya que es superior con respecto a las demás comunidades. El calcio se presenta con concentraciones superiores en la comunidad del Cantón Shucutitan (31.19mg/L) así como se observa en el gráfico a comparación de las otras comunidades.

Análisis de los metales: Sodio, Potasio, Calcio y Manganeso por el método estadístico de regresión lineal utilizando el programa SPSS.

En la última década se ha observado un incremento de casos de Enfermedad Renal Crónica (ERC) en Centroamérica (47). Los casos encontrados no se relacionan con causas tradicionales tales como diabetes o hipertensión, se sospecha que las causas podrían ser de etiología ocupacional o medioambiental, por ejemplo: agua contaminada y deshidratación. En un estudio que compara la prevalencia de Enfermedad Renal Crónica (ERC) en cinco comunidades con diferente actividad económica y ubicación geográfica, se realizó un examen de la función renal a 664 pobladores, hombres y mujeres,

dando como resultado del examen, que la prevalencia de Enfermedad Renal Crónica es mayor en las comunidades costeras y menor en las otras comunidades ⁽¹¹⁾.

Por lo que se consideró necesario darle mayor aplicación a los resultados obtenidos de las concentraciones de los metales Sodio, Potasio, Calcio y Manganeso en las muestras de agua analizadas, correlacionándolas con las concentraciones de creatinina en sangre de la población que habita en dichas comunidades del estudio mencionado. Debido a que la creatinina sérica es un indicador de la función renal, cuyos valores normales calculados para poblaciones anglosajonas son de 1.2 mg/ dL en hombres y 0.9 mg/dL en mujeres^(48,49), pero es de mencionar que para diagnosticar la enfermedad renal se deben tomar otras variables como sexo, edad e índice de masa corporal y algunas hasta incorporan ajustes para raza negra ^(48,49), pero no se han calculado los ajustes de fórmula específicos para latinos; para la presente investigación solamente se utilizaron los promedios de la concentración de creatinina sérica obtenida en otro estudio⁽¹¹⁾ tanto de hombre como de mujeres tal como se observa en la siguiente tabla N° 1:

Tabla N° 1: Medias de Creatinina en sangre según estudio de prevalencia de Enfermedades Renales Crónicas (ERC) ⁽¹¹⁾, muestras tomadas en agua de consumo humano.

Comunidad	Municipio	Departamento	Rubro económico (Cultivo)	m.s.n.m	Hombres		Mujeres	
					N°	\bar{C}_s	N°	\bar{C}_s
Cantón Calderas	Apastepeque	San Vicente	Caña Alta	381 m	56	(0.91)	64	(0.66)
Cantón Tierra Blanca	Jiquilisco	Usulután	Caña Costa	100 m	53	(1.17)	76	(0.77)
Casco de la Hacienda Santa Clara	San Luis Talpa	La Paz	Caña Costa	201 m	59	(1.14)	100	(0.78)
Reparto Santa Clara	Barrio San Jacinto	San Salvador	Urbana	682 m	47	(0.95)	85	(0.72)
Cantón Shucutitan	Concepción de Ataco	Ahuachapán	Café	785 m	41	(0.82)	83	(0.68)

N°: Numero de personas participantes **m.s.n.m:** metros sobre el nivel del mar

\bar{C}_s : Concentración promedio de creatinina sérica.

Para realizar la correlación de la concentración de creatinina en la sangre de los participantes en el estudio de prevalencia de ERC, con las concentraciones de sodio, potasio, calcio, manganeso y sus combinaciones en pares cuantificadas en el presente estudio, se aplicó el método estadístico de regresión lineal⁽³⁾, utilizando el programa **Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)**⁽⁴⁵⁾. Un análisis de regresión lineal, tiene como fin determinar la significancia de incidencia entre las variables estudiadas, si el valor de significancia calculado por el programa al cruzar las variables es menor de 0.05 las variables tienen incidencia una con otra, el valor de beta calculado por el programa y de acuerdo al método estadístico aplicado, indica la tendencia a linealidad entre las variables y si el beta es positivo indica proporcionalidad directa, mientras que si el beta es negativo la proporcionalidad es inversa⁽³⁾.

Para realizar el análisis estadístico es necesario ordenar a las comunidades en estudio por nivel de riesgo de padecer de ERC, para fines de aplicación del programa se tomo una escala de 0 a 4, donde el 0 indica la comunidad con menor valor promedio de creatinina y por lo tanto menor riesgo de padecer la enfermedad; así sucesivamente se asignaron los valores 1, 2, 3 y 4 en forma ascendente de acuerdo a los niveles promedio de creatinina para los hombres, que se muestran en la tabla N° 1. Se eligieron los hombres para ordenar el nivel de riesgo basados en un estudio previo⁽⁴⁷⁾ que nos indica que los hombres que habitan en las zonas costeras conforman el grupo más afectado por la ERC y por ser ellos los que presentan los niveles promedio de creatinina mas altos, a pesar de no superar el valor establecido como limite para los anglosajones. Entre mayor sea la concentración de la creatinina sérica, mayor es la prevalencia y el nivel de riesgo que presentan los habitantes en las comunidades.

Cuadro N° 6. Valor de riesgo asignado a cada comunidad en orden ascendente.

Comunidad	Valor de riesgo asignado
Cantón Shucutitan	0
Cantón Calderas	1
Reparto Santa Clara	2
Casco de la Hacienda Santa Clara	3
Cantón Tierra Blanca	4

Según el cuadro N° 6 se presenta la codificación asignada por comunidad para realizar el proceso de regresión lineal, en el programa SPSS, este orden lógico de menor a mayor riesgo por comunidad, es necesario debido a que en dicho programa se deben de codificar las variables involucradas en el estudio ⁽⁴⁵⁾.

Cuadro N° 7. Se muestra la incidencia de los metales contaminantes de: Sodio, Potasio, Calcio y Manganeso con respecto al riesgo de ubicación del sector geográfico de las comunidades, el análisis estadístico se realizó por regresión lineal, utilizando el programa SPSS (Ver anexo N° 11)

Variables		Beta	Significancia
Independiente	Dependiente		
Comunidad por Riesgo (0 – 4)	Sodio	0.845	0.000
	Potasio	0.699	0.000
	Calcio	-0.432	0.002
	Manganeso	0.671	0.000

Para el caso de Sodio, Potasio y Manganeso, el valor de beta es positivo, lo que indica una relación directamente proporcional entre las variables (comunidad-metal), entre mayor es la concentración de estos elementos en el agua de cada comunidad, mayor es el riesgo de los habitantes de padecer ERC. Para el Calcio el valor de beta es negativo, indica que las variables son inversamente proporcionales, entre mayor sea la cantidad de calcio en el agua, menor es el riesgo de los habitantes de padecer ERC. El valor de significancia de los elementos analizados es menor a 0.05, por lo que el valor que se obtiene de beta es significativo y debe de tomarse en cuenta para un análisis concluyente. Al haber comprobado que el orden de riesgo en las comunidades es acorde a los promedios de creatinina sérica y a las concentraciones de los metales sodio, potasio y manganeso, se consideró necesario darle mayor aplicabilidad a los resultados, correlacionando los promedios de las concentraciones de creatinina en sangre de la población que habita en dichas comunidades con la

concentración de los metales en forma individual y sus combinaciones por parejas.

Cuadro N° 8. Incidencia entre los contaminantes Sodio, Potasio, Calcio, Manganeso y sus combinaciones en pares vs Creatinina en sangre.

Variables		Hombres		Mujeres	
Independiente	Dependiente	Beta	Significancia	Beta	Significancia
Sodio	Creatinina	0.757	0.000	0.595	0.002
Potasio	Creatinina	0.855	0.000	0.885	0.000
Calcio	Creatinina	-0.409	0.042	-0.246	0.236
Manganeso	Creatinina	0.543	0.005	0.386	0.057
Sodio/Potasio	Creatinina	0.429	0.000	0.187	0.101
		0.633	0.000	0.788	0.000
Sodio/Calcio	Creatinina	0.785	0.000	0.613	0.001
		-0.457	0.000	-0.284	0.091
Sodio/Manganeso	Creatinina	2.095	0.000	1.979	0.000
		-1.425	0.000	-1.473	0.001
Potasio/Calcio	Creatinina	0.805	0.000	0.872	0.000
		-0.240	0.026	-0.064	0.532
Potasio/Manganeso	Creatinina	0.764	0.000	0.843	0.000
		0.334	0.001	0.155	0.127
Calcio/Manganeso	Creatinina	-0.561	0.001	-0.352	0.074
		0.671	0.000	0.466	0.021

En el cuadro N° 8 se realiza el análisis de regresión lineal para determinar la incidencia que presentan las concentraciones de sodio, potasio, calcio y manganeso en los valores de creatinina de hombres y mujeres.

Los valores de beta y de significancia obtenidos, para el sexo masculino, muestra que el sodio, potasio y manganeso al ser analizados individualmente, son directamente proporcionales y presentan significancia, en cambio el calcio

presenta un valor de beta negativo, indicando que es inversamente proporcional, pero presenta significancia entre sus resultados.

Para el caso del sexo femenino la tendencia, según beta, para sodio y potasio es similar a la de los hombres, pues son directamente proporcionales entre sus variables y muestran significancia, más no en manganeso aunque es directamente proporcional sobrepasa del valor de significancia establecido que es de 0.05; para el caso de calcio su relación es inversamente proporcional en su valor de beta por ser negativo, pero en este caso no hay significancia.

Posteriormente analizamos los resultados haciendo mezcla de las variables independientes, para saber cómo interactúan los metales en su efecto sobre la creatinina, potenciándolo o no el efecto.

Al combinar sodio y potasio se observan valores de beta positivos, indicando que son directamente proporcionales con respecto a la concentración promedio de creatinina, y el valor de significancia es mayor en hombres para los dos metales antes mencionados, pero en el caso de las mujeres, la significancia del sodio con respecto al promedio de creatinina, disminuye drásticamente la significancia.

Con respecto al sodio y calcio ambos presenta mayor significancia en ambos sexos y la beta para el sodio es positivo siendo señal de relación directamente proporcional con la concentración de creatinina, mientras beta para calcio es negativo o inversamente proporcional con la creatinina.

Al incorporar sodio y manganeso como variables, en ambos sexos presenta elevados valores de significancia, el valor de beta para sodio es positivo o directamente proporcional y para manganeso es inversamente proporcional.

En la mezcla de potasio y calcio, para potasio se observa que el valor de beta es positivo y esto indica que es directamente proporcional, al aumentar la concentración del elemento aumenta la concentración creatinina y tiene significancia para ambos sexos; en cambio para calcio no presenta significancia en el caso de las mujeres y presenta un valor de beta negativo lo que indica que es inversamente proporcional, al aumentar la concentración del elemento disminuye la concentración de creatinina.

Al presentar las variables de potasio/manganeso el valor de beta es directamente proporcional con respecto a la concentración de creatinina para ambos sexos, teniendo mayor significancia en hombres que en mujeres.

Al combinar al calcio y manganeso en el análisis estadístico presenta alta significancia en hombres y ninguna significancia en mujeres, presentando un valor de beta negativo para calcio indicando que es inversamente proporcional, con diferencia al valor de beta de manganeso que es positivo o directamente proporcional.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de los elementos sodio y manganeso no sobrepasan los valores máximos admisibles que establece la Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01.04, con respecto a esos parámetros.
2. Al comparar los valores experimentales con los valores de ingesta diaria recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cantidad de sodio y potasio presentes en el agua no son suficientes para que provoquen un desequilibrio electrolítico en el organismo.
3. Comparando con los valores de consumo diario que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS) que se muestran en los cuadros N° 4 y 5, con respecto a los valores experimentales de las concentraciones de calcio y manganeso presentes en el agua, no sobrepasan el valor de consumo diario recomendado para calcio y adecuado para manganeso por lo cual las concentraciones presentes en el agua de las comunidades en estudio no deberían producir en el organismo sales insolubles que causen daños renales.
4. Al comparar las concentraciones de sodio, potasio y manganeso del agua analizada con las concentraciones de creatinina sérica obtenidas en estudios anteriores ⁽¹¹⁾, el análisis estadístico por regresión lineal permite inferir que hay una relación directa entre creatinina-metal que incrementa el riesgo de padecer Enfermedad Renal Crónica (ERC).

5. De acuerdo al análisis estadístico de regresión lineal, la concentración de creatinina sérica en los hombres es significativa y directamente proporcional con respecto a las concentraciones de los elementos metálicos sodio, potasio y manganeso.
6. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico por regresión lineal, los elementos que presentan incidencia directa en los valores de creatinina sérica en las mujeres, son sodio y potasio.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0. RECOMENDACIONES

1. Establecer estrategias entre la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y la Universidad de El Salvador para que se desarrollen estudios que ayuden a obtener un mayor análisis y control de la contaminación por metales en aguas de consumo humano en toda la región, y así disminuir los índices de ERC.
2. Que el Ministerio del Medio Ambiente en conjunto con el Ministerio de Salud Pública de El Salvador realicen análisis de los diferentes tipos de capas geológicas de los suelos que se encuentran en los lugares de excavación de los pozos para poder identificar los elementos que pueden llegar a contaminar el agua y así implementar métodos de purificación, para evitar en un futuro que pueda existir contaminación de metales en el agua utilizada para el consumo humano.
3. Proponer en el Ministerio del Medio Ambiente una difusión de los estudios realizados sobre agua en la Universidad de El Salvador, así como el análisis a la composición de los fertilizantes, abonos o métodos agrícolas que se utilicen en el país ya que estos factores pueden ser causa de contaminación a los mantos acuíferos de diversas zonas, debido a la lixiviación de elementos y compuestos a los mantos freáticos en estudio.

4. Que la Universidad de El Salvador promueva y ejecute con los profesionales de la salud, más estudios con el fin de investigar las causas específicas o factores que pueden influenciar el desarrollo de la enfermedad renal crónica.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1988. Method D 1428-82: Standard test methods for sodium and potassium in water and water- formed deposits by flame photometry. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 11.01. American Soc. Testing & Materials Philadelphia, Pa
- 2- APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 editions, APHA, 1998.
- 3- Bonilla G. Estadística Elemental, Editorial UCA, volumen 20, 1995, capítulo 6, pagina 199-207.
- 4- COLLINS, C.G. & otro.1952. An investigation of anionic interference in the determination of small quantities of potassium and sodium with a new flame photometer. Analyst 77:430.
- 5- CONACYT (Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología), Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable, COSUDE, 1ª Edición, 1999.
- 6- DIEHL, H.& otro.1956. Indicator for titration of calcium in the presence of magnesium using disodium dihydrogen ethylenediamine tetraacetate. Anal. Chem. 28:882
- 7- Facultad de Química y Farmacia. Departamento de Análisis Químico e Instrumental. Año 2007. Manual de Química analítica II. Universidad de El Salvador.
- 8- Meloche, V.W. 1956. Flame photometry. Anal. Chem. 28:1844.

- 9-** NYDDAHI, F.1949. Determination of manganese by the persulfate method.
Anal. Chem. Acta. 3:144
- 10-**OMS (Organización Mundial de la Salud) Guía para el Control de Calidad de Aguas, 3ª edición, 1985.
- 11-**Peraza S., Abstracts Book of the Epicoh Neureoh Conference Multiple Exposures, Multiple Effects; 2008; "Prevalence of Chronic Kidney Disease in Five Communities of El Salvador"; Heredia, Costa Rica; 164
- 12-**West, P.W, P.FOLSE & otros. 1950. Application of flame spectrophotometry to water analysis. Anal. Chem. 22:667
- 13-**<http://64.233.169.104/search?q=cache:aUlmbI2Gn0EJ:es.wikipedia.org/wiki/Calcio+calcio&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=sv>
- 14-**<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Ca.htm>
- 15-**http://64.233.169.104/search?q=cache:dWlavfa01CYJ:www.drscope.com/private/pac/generales/desequilibrio/calcio.htm+Calcio+insuficiencia+renal&hl=es&ct=clnk&cd=7&gl=sv&lr=lang_es&client=firefox-a
- 16-**<http://es.wikipedia.org/wiki/Potasio>
- 17-**<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/K.htm>
- 18-**<http://www.shands.org/health/spanish%20health%20illustrated%20encyclopedia/5/001179.htm>
- 19-**<http://es.wikipedia.org/wiki/Sodio>
- 20-**<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Na.htm>

- 21-**<http://shands.org/health/Spanish%20Health%20Illustrated%20Encyclopedia/5/002415.htm>
- 22-**<http://shands.org/health/Spanish%20Health%20Illustrated%20Encyclopedia/5/003599.htm>
- 23-**<http://es.wikipedia.org/wiki/Manganeso>
- 24-**<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Mn.htm>
- 25-**<http://kidney.niddk.nih.gov/spanish/pubs/choosingtreatment/>
- 26-**http://es.wikipedia.org/wiki/Insuficiencia_renal
- 27-**<http://zonamedica.com/sistema-urinario/nefropatias-insuficiencia-renal-cronica/>
- 28-**http://64.233.169.104/search?q=cache:dXGHGW9rc34J:www.elsalvador.com/noticias/2006/11/11/nacional/nac3.asp+Deshidratacion+insuficiencia+renal&hl=es&ct=clnk&cd=4&gl=sv&lr=lang_es&client=firefox-a
- 29-**<http://es.wikipedia.org/wiki/Deshidrataci%C3%B3n>
- 30-**<http://shands.org/health/Spanish%20Health%20Illustrated%20Encyclopedia/5/000982.htm>
- 31-**<http://html.rincondelvago.com/bomba-de-sodio-y-potasio.html>
- 32-**http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_sodio-potasio
- 33-**<http://dcb.fi-c.unam.mx/profesores/irene/Notas/DefinEstad.pdf>
- 34-**<http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/09/06/73484.aspx>
- 35-**<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/suelos.html>

- 36-** <http://hispagua.cedex.es/documentacion/documentos/libroazul/libroblanco/parte11.pdf> (2009-07-23)
- 37-** http://74.125.155.132/search?q=cache:wW_1vQFI6kJ:www.allbusiness.com/118107891.html+abonos+sulfato+de+amonio+en+los+cafetales&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=us (2009 – 07 – 23)
- 38-** <http://74.125.155.132/search?q=cache:Osn0xQOog5gJ:www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe4.htm+agricultura+cal+en+los+cafetales&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=us> (2009 – 07 – 30)
- 39-** http://74.125.155.132/search?q=cache:P_IX0gm7DGcJ:www.mag.gob.sv/comunicaciones/%3Fid%3D222%26mostrar%3Dfull%26secc%3D61%26nivel%3D%26tabs%3D0%26pivote%3D1%26ids%3D60+agricultura+cal+en+los+cafetales&cd=3&hl=en&ct=clnk&gl=us (2009 – 08 – 06)
- 40-** http://books.google.com/books?id=G3ixH8ALMpcC&pg=PA299&lpg=PA299&dq=lixiviacion+del+calcio+en+el+suelo&source=bl&ots=qfVmR4gbb&sig=uxlSeLPdQglCx0D7UaZvMMFcmz4&hl=en&ei=8tiKSvi6OZPQtgOnyczKDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false (2009 – 08 – 09)
- 41-** <http://74.125.155.132/search?q=cache:q9b6708EP3kJ:www.elsalvador.com/noticias/2005/06/05/metro/met1.asp+Tratamiento+de+agua+en+ANDA+EN+SAN+SALVADOR+san+jacinto&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=us> (2009-08-09)

- 42-** <http://74.125.155.132/search?q=cache:mE8LEwuxPI8J:www.bvs.edu.sv/ambientebk/tc/ELSALVA/capit4.html+Tratamiento+de+agua+en+ANDA+EN+SAN+SALVADOR&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=us> (2009-08-12)
- 43-** http://74.125.155.132/search?q=cache:WHw1pWsvyNcJ:www.wateryear2003.org/es/ev.phpURL_ID%3D3290%26URL_DO%3DDO_TOPIC%26URL_SECTION%3D201.html+Tratamiento+de+agua+en+ANDA+EN+SAN+SALVADOR&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=us (2009-08-14)
- 44-** <http://www.entradagratis.com/DatoMuestra.php?Id=23118>
- 45-** <http://es.wikipedia.org/wiki/SPSS>
- 46-** <http://www.entradagratis.com/DatoMuestra.php?Id=2311>
- 47-** http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S102049892002000900009&script=sci_arttext&tlng=en
- 48-** http://www.annals.org/content/139/2/137.full?from_mr
- 49-** <http://www.annals.org/content/141/12/929.short#rel-summary-for-patients>
- 50-** <http://www.un.org/spanish/events/waterday/2005/>
- 51-** <http://pdf.rincondelvago.com/espectroscopia-de-absorcion-atmica.html>
- 52-** <http://www.infodoctor.org/www/meshc15.htm?idos=12902>
- 53-** <http://es.wikipedia.org/wiki>

GLOSARIO (50, 51, 52, 53)

Aminoaciduria: Es una presencia anormal en la cantidad de aminoácidos en la orina.

Anosmia: pérdida o disminución del sentido del olfato. Puede ser temporal como permanente.

Axón: es una prolongación filiforme de la célula nerviosa, a través de la cual viaja el impulso nervioso de forma unidireccional, y que establece contacto con otra célula mediante ramificaciones terminales.

Cancerígeno: Sustancia o agente que causa o favorece el desarrollo de Cáncer

Caquexia: es un estado de extrema desnutrición, atrofia muscular, fatiga, debilidad, anorexia en personas que no están tratando activamente de perder peso.

Encefalopatía: Es un daño al cerebro y al sistema nervioso que se presenta como una complicación de trastornos hepáticos. Este trastorno causa diferentes síntomas neurológicos, incluyendo cambios en los reflejos, cambios en el estado de conciencia y cambios en el comportamiento, que pueden fluctuar de leves a graves.

Eritropoyesis: es una hormona glicoproteica. En los seres humanos, es producida principalmente por el riñón (90%)

Glicosuria: Presencia de glucosa en la orina la cual en condiciones normales no la contiene.

Hiperfosfaturia: Exceso en la eliminación renal, del fósforo como fosfato inorgánico.

Necrosis: Es la muerte de tejido corporal y ocurre cuando no llega suficiente sangre al tejido, ya sea por lesión, radiación o sustancias químicas. La necrosis es irreversible.

Necrosis Tubular: es un trastorno renal que involucra daño a las células de los túbulos renales, ocasionando una insuficiencia renal aguda.

Nefrona: Un nefrón o nefrona es la unidad estructural y funcional básica del riñón, responsable de la purificación de la sangre. Su función principal es filtrar la sangre para regular el agua y las sustancias solubles, reabsorbiendo lo que es necesario y excretando del resto como orina.

Nefrotóxico: Sustancia o agente Tóxico o destructivo para el Riñón.

Neurona: Son células excitables especializadas en la recepción de estímulos y conducción del impulso nervioso. Está formada por un cuerpo celular y diferentes prolongaciones. Está encargada principalmente de transmitir el flujo nervioso.

Neurotóxico: tóxico o destructor del tejido nervioso sustancia que por vía química transmite impulsos nerviosos.

Proteinuria: La proteinuria es la presencia de proteína en la orina en cantidad superior a 150 mg en la orina de 24 horas, esta puede ser transitoria, permanente, ortostática, monoclonal o de sobrecarga.

Teratógeno: Teratógeno (del griego *teratos*, 'monstruo', y *genes*, 'nacido'), sustancia o agente del medio exterior que puede producir deformidades en un feto si es absorbida por la madre durante el embarazo

Análisis de Regresión: Es un procedimiento estadístico que estudia la relación funcional entre variables. Con el objeto de predecir una en función de la/s otra/s.

Diagrama de Dispersión: Es un gráfico que muestra la intensidad y el sentido de la relación entre dos variables de interés.

Variable dependiente (respuesta, predicha, endógena): es la variable que se desea predecir o estimar

Variables independientes (predictivas, explicativas exógenas): Son las variables que proveen las bases para estimar.

Regresión simple: interviene una sola variable independiente

Regresión múltiple: intervienen dos o más variables independientes.

Regresión lineal: la función es una combinación lineal de los parámetros.

Regresión no lineal: la función que relaciona los parámetros no es combinación lineal

ANEXOS

ANEXO N° 1

**DIVISIONES POLÍTICO –ADMINISTRATIVAS DE LOS MUNICIPIOS EN
ESTUDIO**

DIVISIÓN POLÍTICO –ADMINISTRATIVA DE APASTEPEQUE

CANTONES	CASERÍOS
Calderas	Calderas El Coco
Putumayo	Cutumayo El Tasajo
El Guayabo	El Guayabo
Las Minas	Las Minas El Tihuilotal
San Felipe	San Felipe Las Marías El Zapote El Copinol San Felipe Oratorio Las Trahetas
San Jacinto	San Jacinto Las piletas Los Humaña Los Ventura
San José Almendros	San José Almendros San José La Quesera Guadalupe o El Saitillal
San Juan de Merino	San Juan de Merino Cerro de la Olla El Carrizo El Jícara El Llano El Salitre Flores de Tepeyac
San Nicolás	San Nicolás El Panameño Santa Paula San Felipito El Copinol La Ceiba El Sitio Plan de Mesas Tras el Cerro
San Pedro	San Pedro San Faustino San Lázaro El Naranjo Los Ranchos Rincón de Arena o Arenera Las Animas La Chacarita Las Zapatas

DIVISIÓN POLÍTICO –ADMINISTRATIVA DE CONCEPCIÓN DE ATACO

CANTONES	CASERIOS
El arco	El arco La Peña
El Limon	El Limon El Tarro
El Molino	El Molino
El Naranjito	El Naranjito
El Tronconal	El Tronconal
La Ceiba	La Ceiba Las Lajas El Espino Admunga
La Joya de Los Apantes	La Joya de Los Apantes El Ciprés San Cayetano Chichigazapa Santa Berta
Los Tablones	Los Tablones El Carmen
San José	San José
Chucutitan	Chucutitan La Gloria
Texusin Chirizo	Texusin El Chirizo Melinche Abajo

DIVISIÓN POLÍTICO –ADMINISTRATIVA DE SAN LUIS TALPA

CANTONES	CASERIOS
Amatecampo	Playa Amatecampo Establo Santo Tomás El Desparramedero
La Cuchilla Comalapa	La Cuchilla Comalapa
El Pimiental	Los Mangos La Bocana
El Chagüitón	El Chagüitón
El Porvenir	El Porvenir
Nuevo Edén	Los Montes Las Monjas El Salamar
San Francisco Amatepe	El Hovedor El Lagartero Los Encuentros
San Marcos Jiboa	San Marcos Jiboa
Tecuáluya	Los Higueros Providencia Santa Clara

	La Fortaleza Loma del Gallo Santa Lucia Orcoyo Santo Tomás
Sambombera	La Zunganera La Esmeralda El Porvenir Los Diamantes

DIVISIÓN POLÍTICO –ADMINISTRATIVA DE JIQUILISCO

CANTONES	CASERIOS
Aguacayo	Aguacayo
Bolívar	Bolívar
Cabos Negro	Cabos Negros Las Flores
California	California Las Salinas La Ermita Corrales de Madre Vieja El Tres
Ceiba Gacha	Ceiba Gacha
Las Delicias	Las Delicias El Salitre
El Carmen	El Carmen Numero Dos
Carrizal	Carrizal Piedra con Hoyo La Hermita
El Castaño	El castaño
El Coyolito	El Coyolito EL Escondido

DIVISIÓN POLÍTICO –ADMINISTRATIVA DE SAN SALVADOR

CANTONES	CASERIOS
El Carmen	El Carmen
El Manguito	El Manguito Col. San Francisco Col. San Benito Col. Quiñónez Col. La Fortaleza Col. Jardines de Guadalupe La Mascota La Ceiba Las Mercedes
El Tejar	El Tejar
Lomas de Candelaria	Lomas de Candelaria Col. Montecristi

	Col. Carmelo Col. La Constancia Col. San Cristóbal
Monserrat	Ctro. Urb Monserrat
Planes de Renderos	Planes de Renderos Col. Los Angeles Col. Loma Larga Col. Miramar Col. Miralempa
San Antonio Abad	San Antonio Abad Mulunca Chanmico Las Lajas Col. Miranda Col. El Progreso Col. Carrillos Col. Santa Lucia Col. Carmona Col. Bernal Col. Lisboa Col. Toluca

ANEXO Nº 2

PRINCIPALES CAUSAS DE INSUFICIENCIA RENAL AGUDA

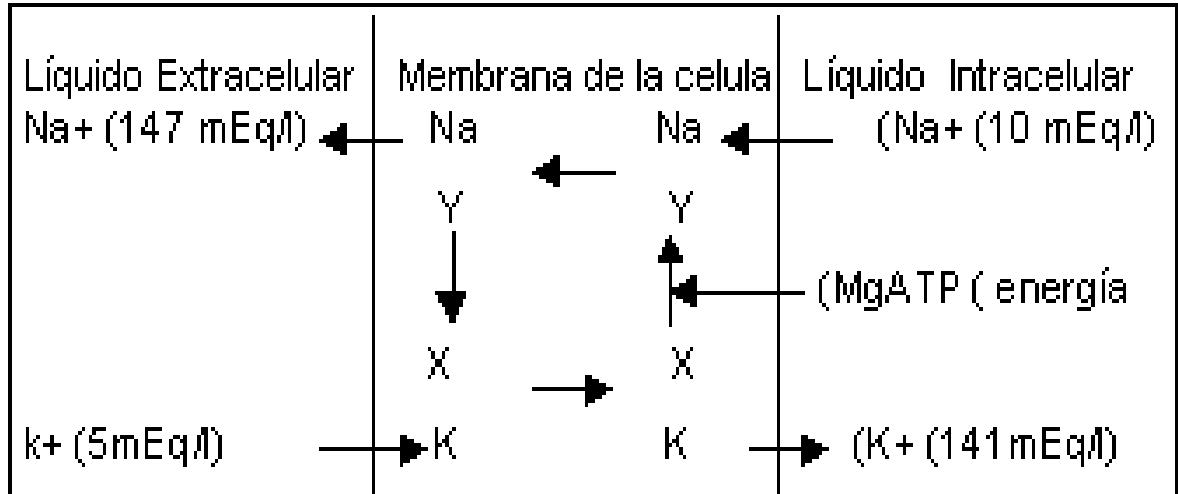
Principales causas de insuficiencia renal aguda

Principales causas de insuficiencia renal aguda.	
Problemas	Causas posibles
Suministro insuficiente de sangre a los riñones.	<ul style="list-style-type: none">- Sangre insuficiente debido a una pérdida, deshidratación o lesiones físicas q obstruyen los vasos sanguíneos.- Bombeo cardiaco demasiado débil (insuficiencia cardiaca)- Hipotensión arterial externa (shock).- Síndrome de insuficiencia hepática (hepatorrenal)
Obstrucción del flujo de orina.	<ul style="list-style-type: none">- Dilatación de la próstata.- Tumor que presiona sobre el tracto urinario.
Lesiones dentro de los riñones	<ul style="list-style-type: none">- Reacciones alérgicas (por ejemplo, a las sustancias radiopacas utilizadas para las imágenes radiográficas).- Sustancias toxicas.- Cristales, proteínas u otras sustancias en los riñones.

ANEXO Nº 3

MECANISMO DE ACCIÓN BOMBA SODIO – POTASIO

Mecanismo de acción Bomba Sodio – Potasio



ANEXO N° 4

TIPOS DE CONSERVADORES

Tipos de conservadores

Conservador	Acción	Aplicable a:
Cloruro mercurico (HgCl_2)	Inhibidor bacteriano	Nitrógeno y fósforo en todas sus formas.
Acido nítrico (HNO_3)	Disolventes de metales, prevenir la precipitación	Metales.
Acido sulfúrico (H_2SO_4)	Inhibidor bacterianos	Muestras orgánicas, carbono orgánico total, aceites y grasas.
Hidróxido de sodio (NaOH)	Formación de sales con compuestos volátiles	Cianuro y ácidos orgánicos.
Refrigeración a 4°C o congelación	Inhibición bacterianas	Acidez, alcalinidad, material orgánico, color, para análisis bacteriológico, sólidos en todas sus formas, dureza, sulfatos, etc.

ANEXO Nº 5

PARAMETROS DE CONSERVACION DE MUESTRAS

<i>Parámetro</i>	<i>Contenedor</i>	<i>Volumen (ml)</i>	<i>Condiciones</i>	<i>Tiempo</i>
Acidez	P,V(B)	100	Refrigerador	14 d
Alcalinidad	P,V	200	"	"
Amonio	P,V	500	Refrigerador y H ₂ SO ₄ ,pH<2	28 d
DBO ₅	P,V	1000	"	48 h
Boro	P	100	Ninguna	28 d
Bromuro	P,V	-	"	"
COT	V	100	Refrigerador y H ₂ SO ₄ ,pH<2	(1)
CO ₂	P,V	100	-	(1)
COD	P,V	100	Refrigerador y H ₂ SO ₄ ,pH<2	(1)
Cl ₂ , ClO ₂	P,V	500	-	2 h
Clorofila	P,V	500	Refrigerador y oscuridad	30 d
Color	P,V	500	"	48 h
Conductividad	P,V	500	"	28 d
Cianuro	P,V	500	Refrigerador y NaOH, pH>2	14 d
Fluoruro	P	300	Ninguna	28 d
Grasas	V	1000	Refrigerador y H ₂ SO ₄ ,pH<2	28 d
Dureza	P,V	100	HNO ₃ ,pH<2	6 meses
Ioduro	P,V	500	-	0.5 h
<i>Metales en general</i>	P,V(2)	-	HNO ₃ ;pH<2	6 meses
Cromo ⁶⁺	P,V(2)	300	Refrigerador	48 h
Mercurio	P,V(2)	500	Refrigerador y HNO ₃ ,pH<2	28 d
Nitrato	P,V	100	"	48 h
Nitrito	P,V	100	Refrigerador a -20°C	48 h
Nitrógeno Kjeldahl	P,V	500	Refrigerador y H ₂ SO ₄ ,pH<2	28 d
Olor	V	500	Refrigerador	(1)
<i>Compuestos orgánicos</i>				
Pesticidas	V(3),teflón	-	Añadir Na ₂ S ₂ O ₃ si existe cloro	7 d
Fenoles	P,V	500	Refrigerador y H ₂ SO ₄ ,pH<2	28 d
O ₂	V ó frasco Winkler	300	-	1 h
Ozono	V	1000	-	(1)
pH	P,V	-	-	(1)
Fosfatos disueltos	V(2)	100	Filtración, refrigerador a -10°C	48 h
Sílice	P	-	Refrigerador	28 d
Sólidos	P,V	-	Refrigerador	14 d
Sulfato	P,V	-	Refrigerador	28 d
Sulfuro	P,V	100	Refrigerador, 4 gotas de Zn(COOCH ₃) ₂ /100ml	28 d
Sabor	V	500	-	(1)
Temperatura	P,V	-	-	(1)
Turbidez	P,V	-	Oscuridad	48 h

(*) Fuente [205].

P: polietileno;V: vidrio;V(B): vidrio borosilicatado; (1) analizar inmediatamente; (2) enjuague con HNO₃1/1; (3) enjuague con el extractante a usar en el análisis.

ANEXO N° 6

TECNICAS PARA LA PREPARACION DE CURVAS

TECNICAS PARA LA PREPARACION DE CURVAS

Curva patrón de sodio en agua por el método espectrofotométrico de absorción atómica con llama.

- Curva patrón de sodio en agua por el método espectrofotométrico de absorción atómica con llama.

Preparar una solución madre de 100 mg Na/L que se prepara de la siguiente forma:

- Tomar 10.0mL de la solución estándar de 1000 mg de Na/L y llevar a volumen de 100.0mL con agua destilada.
- La curva patrón de Sodio se prepara a las siguientes concentraciones 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 3.0 y 4.5 mg de Na/L. Utilizando la solución de trabajo previamente preparada y llevar a volumen final de 200.0mL con agua destilada.
- Curva patrón de potasio en agua por el método espectrofotométrico de absorción atómica con llama.
- Preparar la curva a partir de una solución de trabajo de 100 mg K/L que se prepara de la siguiente forma:
 - Tomar 10.0mL de la solución estándar de 1000 mg de K/L y llevar a volumen de 100.0mL con agua destilada.
 - La curva patrón de Potasio se prepara a las siguientes concentraciones 0.0, 0.5, 1.5, 2.0, 4.0, 8.0 y 16.0mg de K/L. Utilizando la solución de trabajo

previamente preparada y llevar a volumen final de 200.0mL con agua destilada

Curva patrón de calcio en agua por el método espectrofotométrico de absorción atómica con llama.

- Preparar la curva a partir de una solución de trabajo de 100 mg Ca/L que se prepara de la siguiente forma:
- Tomar 10.0mL de la solución estándar de 1000 mg de Ca/L y llevar a volumen de 100.0mL con agua destilada.
- La curva patrón de calcio se prepara a las siguientes concentraciones 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 mg de Ca/L. Utilizando la solución de trabajo previamente preparada agregar 1/10 del volumen final de Cloruro de Lantano al 2.5% y llevar a volumen final de 200.0mL con agua destilada.

Curva patrón de manganeso en agua por el método espectrofotométrico de absorción atómica con llama.

- Preparar la curva a partir de una solución de trabajo de 100 mg Mn/L que se prepara de la siguiente forma:
- Tomar 10.0mL de la solución estándar de 1000 mg de Mn/L y llevar a volumen de 100.0mL con agua destilada.
- La curva patrón de calcio se prepara a las siguientes concentraciones 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mg de Mn/L. Utilizando la solución de trabajo previamente preparada y llevar a volumen final de 200.0mL con agua destilada.

Preparación de muestra para la cuantificación de manganeso en agua por el método espectrofotométrico de absorción atómica con llama.

- Filtrar la muestra si es necesario con papel filtro whatman numero 40
- Agitar bien la muestra
- Leer directamente la muestra colocando 15.0 mL de muestra en un tubo pero previamente a la lectura de la muestra se procede con la lectura de la curva patrón.
- Calibrar el equipo a una longitud de onda de 279.5nm y slip de 0.2nm utilizando llama aire acetileno.

ANEXO N° 7

CALCULOS

CALCULO PARA PREPARACION DE LA CURVA PATRON

Tomando como ejemplo el esquema de preparación de la curva patrón para la determinación de Calcio.

Volumen inicial (V_1): 6.0mL

Concentración inicial (C_1): 100ppm

Volumen final (V_2): 200mL

Concentración Final (C_2): ?

$$V_1 C_1 = V_2 C_2 \rightarrow C_2 = \frac{V_1 C_1}{V_2} \rightarrow C_2 = \frac{(6mL)(100 ppm)}{200mL} \rightarrow C_2 = 3.0 ppm$$

SODIO

Para la lectura de Sodio se tomaron dos alícuotas de la muestra (1.00mL y 2.00mL) y se llevaron a un volumen total de 25.00 mL. Luego se realizó la curva de calibración respectiva para poder tomar las lecturas.

ZONA 1

Muestra 1

Lectura 1

$$\frac{\text{lectura} \times 25.00mL}{1.00mL} = \frac{(0.50)(25.00mL)}{1.00mL} = 12.50 \text{ mg/L}$$

Lectura 2

$$\frac{\text{lectura} \times 25.00mL}{2.00mL} = \frac{(1.10)(25.00mL)}{2.00mL} = 13.75 \text{ mg/L}$$

Promedio de Muestra 1

$$\frac{(\text{concentración1} + \text{concentración2})}{2} = \frac{12.50 \text{ mg/L} + 13.75 \text{ mg/L}}{2} = 13.125 \text{ mg/L}$$

POTASIO.

Para la lectura de potasio se tomaron dos alícuotas de la muestra (5.00 mL y 22.50 mL) y se llevaron a un volumen total de 25.00 mL. Luego se realizó la curva de calibración respectiva para poder tomar las lecturas.

ZONA 1

Muestra 1

Lectura 1

$$\frac{\text{lectura} \times 25.00\text{mL}}{5.00\text{mL}} = \frac{(1.28)(25.00\text{mL})}{5.00\text{mL}} = 6.40 \text{ mg/L}$$

Lectura 2

$$\frac{\text{lectura} \times 25.00\text{mL}}{22.50\text{mL}} = \frac{(3.20)(25.00\text{mL})}{22.50\text{mL}} = 3.55 \text{ mg/L}$$

Promedio de Muestra 1

$$\frac{(\text{concentracion1} + \text{concentracion2})}{2} = \frac{6.40 \text{ mg/L} + 3.55 \text{ mg/L}}{2} = 4.975 \text{ mg/L}$$

CALCIO

Para la determinación de Calcio se utilizo el método de absorción atómica debido a que el método Titrimétrico con EDTA es menos sensible a concentraciones mínimas y para la lectura de calcio se tomaron dos alícuotas de la muestra (2.00mL y 5.00mL) y se llevaron a un volumen total de 25.00 mL. Luego se realizo la curva de calibración respectiva para poder tomar las lecturas.

ZONA 1

Muestra 1

Lectura 1

$$\frac{\text{lectura} \times 25.00\text{mL}}{2.00\text{mL}} = \frac{(1.37)(25.00\text{mL})}{2.00\text{mL}} = 17.125 \text{ mg/L}$$

Lectura 2

$$\frac{\text{lectura} \times 25.00\text{mL}}{5.00\text{mL}} = \frac{(3.50)(25.00\text{mL})}{5.00\text{mL}} = 17.500 \text{ mg/L}$$

Promedio de Muestra 1

$$\frac{(\text{concentracion1} + \text{concentracion2})}{2} = \frac{17.125 \text{ mg/L} + 17.500 \text{ mg/L}}{2} = 17.312 \text{ mg/L}$$

MANGANESO.

Para la determinación de Manganeso se utilizo el método de absorción atómica debido a que el método de Persulfato es menos sensible a concentraciones mínimas de dicho elemento y para la lectura de Manganeso se realiza tomando 25.00 mL de muestra pero antes se realizo la curva de calibración respectiva para poder tomar las lecturas.

ZONA 1

Muestra 1

$$\text{Concentracion} = \frac{(\text{Lectura1}) + (\text{Lectura2})}{2} = \frac{0.05 \text{ mg/L} + 0.05 \text{ mg/L}}{2} = 0.05 \text{ mg/L}$$

ANEXO N° 8

**NORMAS SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.01.04 AGUA
POTABLE Y GUIA DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**



REPÚBLICA DE EL SALVADOR

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA
Y ASISTENCIA SOCIAL

GERENCIA DE ATENCION INTEGRAL
EN SALUD AMBIENTAL

NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA
NSO 13.07.01.04 AGUA. AGUA POTABLE

PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE
FECHA 02 DE FEBRERO DE 2006,
bajo el tomo No. 370, número 23

San Salvador, El Salvador C.A.

0. INTRODUCCIÓN.

El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos permisibles para garantizar que sea sanitariamente segura.

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable para proteger la salud pública.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico.

3. DEFINICIONES TÉCNICAS

3.1 Agua potable: aquella apta para el consumo humano y que cumple con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en esta norma.

3.2 Agua tratada: corresponde al agua cuyas características han sido modificadas por medio de procesos físicos, químicos, biológicos o cualquiera de sus combinaciones.

3.3 Alcalinidad: es la medida de las sustancias alcalinas presentes en el agua, que pueden ser: hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, entre otros.

3.4 Bacterias aeróbias mesófilas: son bacterias que viven en presencia de oxígeno libre a temperaturas entre 15 °C y 45 °C.

3.5 Bacterias heterótrofas: son bacterias que obtienen el carbono a partir de compuestos orgánicos.

3.6 Colonias: grupos discretos de microorganismos sobre una superficie, en oposición al crecimiento disperso en un medio de cultivo líquido.

3.7 *Escherichia coli*: bacterias aeróbias o anaeróbias facultativas, gram negativa, no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal

3.8 Grupo coliforme total : son bacterias en forma de bacilos, anaeróbios facultativos, gram negativos, no formadores de esporas. Es indicador de contaminación microbiana.

3.9 Grupo coliforme fecal o termotolerantes: son bacterias coliformes que se multiplican a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. En su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente.

3.10 Límite Máximo Permisible: es la concentración del parámetro por encima del cual el agua no es potable.

3.11 Número más probable (NMP): este número da un valor estimado de la densidad media de bacterias coliformes en una muestra de agua.

3.12 Plaguicida: es cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, y aquellos que se administren a los animales para combatir ectoparásitos.

3.13 Parámetro: es aquella característica que es sometida a medición.

3.14 Placa Vertida: método utilizado para el conteo de bacterias heterótrofas en el que un medio sólido fundido y enfriado a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, se vierte dentro de cajas petri que contienen una cantidad definida de muestra. El resultado se expresa en unidades formadoras de colonias UFC/ml.

3.15 Radioactividad : es la emisión de energía atómica radiante, causada por la desintegración del núcleo de los átomos de algunos elementos.

3.16 Red de distribución: forma de hacer llegar el agua para consumo humano a la población: tuberías, cañerías, camiones, cisterna y depósitos de cualquier naturaleza, (exceptuando lo que compete a la NSO 13.07.02:98).

3.17 Residuos de plaguicidas: cualquier sustancia presente en el agua como consecuencia del uso y manejo de plaguicidas.

3.18 Turbidez: es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida al ser transmitida en líneas rectas a través de la muestra, debido a la presencia de sólidos suspendidos en el agua.

3.19 Unidades Formadoras de colonias (UFC): expresa el número de colonias originadas a partir de una célula, pares, cadenas o agrupaciones de células.

4. REQUISITOS

Tabla 2
Límites permisibles de características físicas y organolépticas

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Color Verdadero	Pt-Co	15
Olor	-	No Rechazable
pH	-	8.5 ¹⁾
Sabor	-	No Rechazable
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000 ²⁾
Turbidez	UNT	5 ³⁾
Temperatura	°C	No Rechazable

¹⁾ Límite Mínimo Permissible 6.0 Unidades

²⁾ Por las condiciones propias del país.

³⁾ Para el agua tratada en la salida de planta de tratamiento de aguas superficiales, el Límite Máximo permissible es 1.

Tabla 3
Valores para sustancias químicas

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE mg/l
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Cobre	1.3
Dureza Total como (CaCO ₃)	500
Fluoruros	1.00
Hierro Total	0.30 ¹⁾
Manganeso	0.1 ¹⁾
Plata	0.07
Sodio	200.00
Sulfatos	400.00
Zinc	5.00

¹⁾ Cuando los valores de hierro y manganeso superen el límite máximo permissible establecido en esta norma y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables de 2,0 mg/l para el hierro y de 0,5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar los problemas estéticos de color, turbidez y sabor que se generan .

Tabla 4

AGUA POTABLE

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL

**Valores para sustancias químicas
de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud**

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE ¹⁾ mg/l
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr ^{VI})	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (NO ₃) ²⁾	45.00
Nitrito (Medido como Nitrógeno)	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

¹⁾ Sujeto a mayores restricciones

²⁾ Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo límite máximo permisible no debe superar la unidad, es decir

$$\frac{NO_3}{LMP.NO_3} + \frac{NO_2}{LMP.NO_2} \leq 1$$

Valores para sustancias químicas
orgánicas de riesgo para la salud

PARÁMETRO	*LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (µg/litro)
Aceites y grasas	Ausencia
Benzeno	10
Tetracloruro de carbono	4
2 etilhexil ftalato	8
1,2- diclorobenzeno	1000
1,4 -diclorobenzeno	300
1,2-dicloroetano	4
1,1 Dicloroetano	30
1,2 Dicloroetano	50
Diclorometano	20
1,4 Dioxano	50
Acido edético (EDTA)	600
Etilbenzeno	300
Hexaclorobutadieno	0.6
Acido Nitrilo Triacético(NTA)	200
Pentaclorofenol	9
Estireno	20
Tetracloroetano	40
Tolueno	700
Tricloroetano	70
Xilenos	500

Guías para la calidad del agua potable

PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN

Volumen 1

Recomendaciones

Organización Mundial de la Salud

Aspectos relativos a la aceptabilidad

Los componentes menos deseables del agua de consumo son los que pueden perjudicar directamente la salud pública. Muchos de ellos se describen en otros capítulos de estas Guías.

La mayoría de los consumidores no disponen de medios para juzgar por sí mismos la seguridad del agua que consumen, pero su actitud hacia el agua de consumo y hacia sus proveedores de agua se verá afectada en gran medida por los aspectos de la calidad del agua que son capaces de percibir con sus propios sentidos. Es natural que los consumidores recelen del agua que parezca sucia o tenga un color anormal, o que tenga un olor o sabor desagradable, aunque estas características puedan no tener, en sí mismas, ninguna consecuencia directa para la salud.

Debe darse una prioridad máxima al suministro de agua de consumo que, además de ser inocua, tenga un aspecto, sabor y olor aceptables. El agua cuyas características organolépticas sean inaceptables minará la confianza de los consumidores, generará quejas y, lo que es más importante, puede conducir al consumo de agua de fuentes menos seguras.

El agua de consumo debe tener un aspecto, sabor y olor aceptables para el consumidor.

Es importante analizar si las prácticas de tratamiento y distribución del agua existentes o propuestas pueden afectar a la aceptabilidad del agua de consumo. Por ejemplo, un cambio en la técnica de desinfección puede hacer que el agua tratada contenga tricloramina, un compuesto oloroso. Se pueden producir otros efectos indirectos, como la alteración de los depósitos y biopelículas internos de las tuberías al cambiar de fuente de agua o al mezclar aguas de distintas fuentes en los sistemas de distribución.

La aceptabilidad del agua de consumo para los consumidores es subjetiva y puede verse afectada por diversos componentes. La concentración de estos componentes que resulta desagradable para los consumidores es variable, y depende de factores individuales y locales, como la calidad del agua a la que está acostumbrada la comunidad y diversas consideraciones de carácter social, medioambiental y cultural. No se han establecido valores de referencia para componentes que afectan a la calidad del agua pero que no tienen una relación directa con efectos perjudiciales en la salud.

En las reseñas ofrecidas en este capítulo y en el capítulo 12, se hace referencia a niveles que probablemente generen quejas de los consumidores. No existen cifras exactas y se pueden producir problemas a concentraciones mayores o menores, en función de circunstancias individuales y locales.

Generalmente, no es pertinente regular o controlar directamente las sustancias que pueden constituir un peligro para la salud si sus efectos sobre la aceptabilidad del agua bastan que esta fuera rechazada cuando tuvieran concentraciones bastante menores que las peligrosas para la salud; en cambio, el control de estas sustancias se puede abordar mediante el requisito general de que el agua sea aceptable para la mayoría de los consumidores. El presente documento ofrece, para tales sustancias, una reseña y cálculo del valor de referencia basado en efectos sobre la salud del modo habitual. En la reseña se explica el mencionado criterio y se proporciona información sobre la aceptabilidad. En los cuadros de valores de referencia (consulte el capítulo 8 y el anexo 4), el valor de referencia basado en efectos sobre la salud se designa con una «C» y se añade una nota al pie que explica que, aunque la sustancia es importante para la salud, los consumidores rechazarían normalmente el agua en concentraciones mucho menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud. Es preciso monitorear tales sustancias cuando se produzcan quejas de los consumidores.

Hay otros componentes del agua que no producen efectos directos sobre la salud en las concentraciones presentes habitualmente en el agua pero que, no obstante, pueden resultar desagradables para los consumidores por diversos motivos.

10.1 Sabor, olor y aspecto

El sabor y el olor del agua pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, y fuentes o procesos biológicos (por ejemplo, microorganismos acuáticos), o en la contaminación debida a sustancias químicas sintéticas, o pueden ser resultado de la corrosión o del tratamiento del agua (por ejemplo, la cloración). También pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución sabores y olores debidos a la actividad microbiana.

Los sabores u olores del agua de consumo puede revelar la existencia de algún tipo de contaminación, o el funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o la distribución del agua. Por lo tanto, puede indicar la presencia de sustancias potencialmente dañinas. Se debe investigar la causa y consultar a las autoridades de salud pertinentes, sobre todo si el cambio experimentado es substancial o repentino. Los consumidores también pueden percibir en el agua de consumo turbiedad, color, partículas u organismos visibles, lo que afecta a su aceptabilidad y puede generar preocupación por su calidad.

10.1.1 Contaminantes de origen biológico

Hay diversos organismos que pueden no tener relevancia para la salud pública, pero que no son deseables porque producen sabor y olor. Además de afectar a la aceptabilidad del agua, indican que su tratamiento o el estado de mantenimiento y reparación del sistema de distribución, o ambos, son insuficientes.

Actinomicetos y hongos

La presencia de actinomicetos y hongos puede ser abundante en fuentes de agua superficiales, incluidos los embalses, y también pueden proliferar en materiales inadecuados para uso en los sistemas de distribución de agua, como el caucho. Pueden generar geosmina, 2-metil-isoborneol y otras sustancias, que confieren sabores y olores desagradables al agua de consumo.

Vida animal⁴

En muchos recursos hídricos utilizados como fuente para el abastecimiento de agua de consumo hay presencia natural de animales invertebrados, y a menudo infestan los pozos abiertos y poco profundos. Asimismo, si las barreras de retención de partículas de las instalaciones de tratamiento del agua no son totalmente eficaces, algunos invertebrados pueden superarlas y colonizar el sistema de distribución. Su motilidad puede permitir a estos invertebrados y a sus larvas atravesar los filtros de las instalaciones de tratamiento y los conductos de ventilación de los embalses de almacenamiento.

Para fines de control, los animales pueden clasificarse en dos tipos: a) los neotónicos, que nadan libremente en masas o superficies de agua, como los crustáceos *Gammarus pulex* (pulga, gambilla o camarón de agua dulce), *Crangonix pseudogracilis*, *Cyclops* spp. y *Chydorus sphaericus*, y b) los bentónicos, que se desplazan por las superficies o permanecen anclados a ellas (como la cochinita acuática o de humedad, *Asellus aquaticus*, caracoles, el mejillón cebra, *Dreissena polymorpha*, otros moluscos bivalvos y el briozoo *Plumatella* sp.) o que viven en cienos (como *Nais* spp., nematodos y las larvas de los quironómidos). En climas templados, los filtros lentos de arena pueden, en ocasiones, liberar al agua larvas de mosquitos o jejenes (*Chironomus* y *Culex* spp.).

Muchos de estos animales pueden sobrevivir alimentándose de bacterias, algas y protozoos presentes en el agua o en los cienos de superficies de tuberías y depósitos. Son pocos (o ninguno) los sistemas de distribución de agua en los que no hay presencia de animales. Sin embargo, la densidad y la composición de las poblaciones de animales son muy variables, desde infestaciones cuantiosas, que pueden ser de especies fácilmente visibles que resultan desagradables a los consumidores, hasta la presencia escasa de especies microscópicas.

Los proveedores de agua entubada de zonas templadas han considerado en gran parte la presencia de animales como un problema de aceptabilidad, bien directamente o por afectar al color del agua. Por otra parte, en países tropicales y subtropicales existen especies de animales acuáticos que actúan como hospedadores secundarios de parásitos. Por ejemplo, el pequeño crustáceo *Cyclops* es el hospedador intermedio del dracunculo *Dracunculus medienensis* (consulte los apartados 7.1.1 y 11.4). Sin embargo, no existen pruebas de la transmisión del dracunculo desde sistemas de abastecimiento de agua entubada. La presencia de animales en el agua de consumo, en particular si son visibles, hace que los consumidores duden de su calidad, y debe controlarse.

Es más probable que haya problemas de penetración de animales en las instalaciones de tratamiento o distribución de agua si el sistema se alimenta con aguas de baja calidad y se utilizan procesos de filtración rápida. La precloración contribuye a destruir la vida animal y a su eliminación mediante la filtración. La producción de agua de calidad alta, el mantenimiento de residuos de cloro en el sistema de distribución y la limpieza periódica de las tuberías de agua (purgándolas o limpiándolas con gasas) controlarán, por lo general, la infestación.

El tratamiento de las infestaciones de invertebrados en los sistemas de distribución de agua entubada se analiza pormenorizadamente en el capítulo 6 del documento complementario *Safe Pipew Water* (apartado 1.3).

Cianobacterias y algas

Las floraciones de cianobacterias y de otras algas en embalses y aguas fluviales pueden dificultar la coagulación y la filtración, lo que hace que el agua presente coloración y turbidez después de la filtración. También pueden generar geosmina, 2-metil-isoborneol y otras sustancias químicas que presentan umbrales gustativos en el agua de consumo de unos pocos nanogramos por litro. Algunas sustancias producidas por las cianobacterias (cianotoxinas) también tienen repercusión directa en la salud (consulte el apartado 8.5.6).

Bacterias ferruginosas

En aguas que contienen sales ferrosas y manganosas, su oxidación por bacterias ferruginosas (o por la exposición al aire) puede generar en las paredes de depósitos, tuberías y canales precipitados de color herrumbroso que pueden contaminar el agua.

10.1.2 Contaminantes de origen químico

Aluminio

Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua. La presencia de aluminio en concentraciones mayores que 0,1–0,2 mg/l suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del floculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro. Por lo tanto, es importante optimizar los procesos de tratamiento con el fin de reducir al mínimo la presencia de residuos de aluminio en el sistema de abastecimiento. En buenas condiciones de funcionamiento, pueden alcanzarse, en muchas circunstancias, concentraciones de aluminio menores que 0,1 mg/l. Los datos científicos disponibles no permite calcular un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el aluminio en el agua de consumo (consulte los apartados 8.5.4 y 12.5).

Amoniaco

La concentración correspondiente al umbral olfativo del amoniaco a pH alcalino es de aproximadamente 1,5 mg/l, y se ha sugerido un umbral gustativo de 35 mg/l para el catión amonio. Estas concentraciones de amoniaco no tienen repercusión directa sobre la salud y no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.5.3 y 12.6).

Cloruro

Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas. Hay diversos umbrales gustativos para el anión cloruro en función del catión asociado: los correspondientes al cloruro sódico, potásico y cálcico están en el intervalo de 200 a 300 mg/l. A concentraciones superiores a 250 mg/l es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro, pero algunos consumidores pueden acostumbrarse al sabor que produce en concentraciones bajas. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo (consulte los apartados 8.5.4 y 12.22).

Cloro

La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo de concentraciones de cloro bastante menores que 5 mg/l, y algunas incluso pueden detectar hasta 0,3 mg/l. Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 a 1,0 mg/l, aumenta la probabilidad de que algunos consumidores encuentren desagradable el sabor del agua. El umbral gustativo del cloro es menor que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.5.4 y 12.23).

Clorofenoles

Los umbrales gustativos y olfativos de los clorofenoles son generalmente muy bajos. Los umbrales gustativos en agua del 2-clorofenol, el 2,4-diclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol son 0,1, 0,3 y 2 µg/l, respectivamente. Los umbrales olfativos son 10, 40 y 300 µg/l, respectivamente. Si el agua que contiene 2,4,6-triclorofenol no tiene ningún sabor, es improbable que suponga un riesgo importante para la salud (consulte el apartado 12.26). Puede haber microorganismos en los sistemas de distribución que metilen los clorofenoles y produzcan cloroanisoles, cuyo umbral olfativo es bastante más bajo.

Color

Idóneamente, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Generalmente, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua. También puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa. Si el agua de un sistema de abastecimiento tiene color, se debe investigar su origen, sobre todo si se ha producido un cambio sustancial.

La mayoría de las personas puede percibir niveles de color mayores que 15 unidades de color verdadero (UCV) en un vaso de agua. Los consumidores suelen considerar aceptable niveles de color menores que 15 TCU, pero la aceptabilidad puede variar. Un nivel de color alto también puede indicar una gran propensión a la generación de subproductos en los procesos de desinfección. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el color en el agua de consumo.

Cobre

La presencia de cobre en un sistema de abastecimiento de agua de consumo se debe, por lo general, a la acción corrosiva del agua que disuelve las tuberías de cobre. Las concentraciones pueden sufrir variaciones significativas en función del tiempo que el agua haya estado retenida en contacto con las tuberías; por ejemplo, una muestra de agua tomada nada más abrir el grifo tendrá, previsiblemente, una concentración de cobre mayor que una tomada después de que haya corrido el agua abundantemente. Las concentraciones altas pueden interferir con los usos domésticos previstos del agua. El cobre en el agua de consumo puede aumentar la corrosión de accesorios de acero y hierro galvanizados. Cuando la concentración de cobre del agua es mayor que 1 mg/l, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles mayores que 5 mg/l, el cobre también tinte el agua y confiere un sabor amargo no deseado. Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.3.4 y 12.31).

Diclorobencenos

Se han descrito umbrales olfativos de 2-10 y 0,3-30 µg/l para el 1,2-diclorobenceno y el 1,4-diclorobenceno, respectivamente, y umbrales gustativos de 1 y 6 µg/l, respectivamente. Los valores de referencia basados en efectos sobre la salud calculados para el 1,2-diclorobenceno y el 1,4-diclorobenceno (consulte los apartados 8.3.4 y 12.42) superan en gran medida los umbrales gustativos y olfativos mínimos descritos para estos compuestos.

Oxígeno disuelto

En el contenido de oxígeno disuelto del agua influyen la fuente de agua bruta, su temperatura, el tratamiento al que se somete y los procesos químicos o biológicos que tienen lugar en el sistema de distribución. El agotamiento del oxígeno disuelto en los sistemas de abastecimiento de agua puede estimular la reducción por microorganismos del nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro, y puede hacer que aumente la concentración de hierro ferroso en disolución, con el consiguiente cambio de color del agua al entrar en contacto con el aire al salir del grifo. No se recomienda ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

Etilbenceno

El etilbenceno tiene un olor aromático; se han descrito valores de umbral olfativo en el agua de 2 a 130 µg/l. El umbral olfativo mínimo descrito es 100 veces menor que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.3.4 y 12.60). El umbral gustativo oscila entre 72 y 200 µg/l.

Dureza

La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada. La aceptabilidad por la población del grado de dureza del agua puede variar en gran medida de una comunidad a otra, en función de las condiciones locales. Los consumidores, en particular, notarán probablemente los cambios de la dureza del agua.

El valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 300 mg/l.

El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las

instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios. Otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías.

No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza del agua de consumo.

Sulfuro de hidrógeno

Se calcula que los umbrales gustativo y olfativo del sulfuro de hidrógeno en el agua se encuentran entre 0,05 y 0,1 mg/l. El olor a «huevo podrido» del sulfuro de hidrógeno resulta especialmente perceptible en ciertas aguas subterráneas y en el agua de consumo estancada en el sistema de distribución; ello se debe al agotamiento del oxígeno y a la consiguiente reducción del sulfato por la actividad bacteriana.

El sulfuro se oxida rápidamente a sulfato en aguas bien oxigenadas o cloradas, de modo que los niveles de sulfuro de hidrógeno en sistemas de abastecimiento de agua suelen ser muy bajos. Cuando el agua de consumo contiene sulfuro de hidrógeno, los consumidores lo pueden detectar con facilidad y es necesario aplicar inmediatamente medidas correctoras. No es probable que una persona pueda ingerir una dosis dañina de sulfuro de hidrógeno en el agua de consumo y, por tanto, no se ha establecido un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para este compuesto (consulte los apartados 8.5.1 y 12.71).

Hierro

En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litro sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbidez al bombearla directamente desde un pozo. Sin embargo, al entrar en contacto con la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo no deseable.

El hierro también potencia la proliferación de bacterias ferruginosas, que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que, en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías. En niveles por encima de 0,3 mg/l, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería. Por lo general, no se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro menores que 0,3 mg/l, aunque pueden aparecer turbidez y coloración. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro (consulte los apartados 8.5.4 y 12.74).

Manganeso

La presencia de manganeso a concentraciones mayores que 0,1 mg/l en sistemas de abastecimiento de agua produce un sabor no deseable en bebidas y mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. Al igual que sucede con el hierro, la presencia de manganeso en el agua de consumo puede dar lugar a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Las concentraciones menores que 0,1 mg/l suelen ser aceptables para los consumidores. Incluso en una concentración de 0,2 mg/l, el manganeso formará con frecuencia una capa en las tuberías, que puede desprenderse en forma de precipitado negro. El valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el manganeso es cuatro veces mayor que el mencionado umbral de aceptabilidad de 0,1 mg/l (consulte los apartados 8.5.1 y 12.79).

Monocloramina

La mayoría de las personas pueden detectar mediante el olfato o el gusto la presencia en el agua de consumo de monocloramina, generada por la reacción del cloro con el amoníaco, en concentraciones mucho menores que 5 mg/l, y algunas a niveles tan bajos como 0,3 mg/l. El umbral gustativo de la monocloramina es menor que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.5.4 y 12.89).

Monoclorobenceno

Se han descrito umbrales gustativos y olfativos del monoclorobenceno de 10–20 µg/l y umbrales olfativos que oscilan entre 40 y 120 µg/l. No se ha establecido ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el monoclorobenceno (consulte los apartados 8.5.4 y 12.91), aunque el valor basado en efectos sobre la salud que podría calcularse supera en gran medida el umbral gustativo y olfativo en agua mínimo descrito.

Aceites de petróleo

Los aceites de petróleo pueden ocasionar la presencia de diversos hidrocarburos de peso molecular bajo, cuyos umbrales olfativos en el agua de consumo son bajos. Aunque no hay datos fidedignos, la experiencia indica que cuando el agua contiene una mezcla de varios aceites, sus umbrales olfativos pueden ser más bajos. El benceno, el tolueno, el etilbenceno y los xilenos se tratan individualmente en este apartado, ya que se han calculado valores de referencia basados en efectos sobre la salud para estas sustancias. Sin embargo, ciertos hidrocarburos, en especial los alquilbencenos, como el trimetilbenceno, pueden generar un olor muy desagradable, parecido al del gasoil, en concentraciones de unos pocos microgramos por litro.

pH y corrosión

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias (consulte el documento complementario *Safe Piped Water*, apartado 1.3). Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva. El pH del agua que entra en el sistema de distribución debe controlarse para reducir al mínimo la corrosión del sistema de fontanería en las instalaciones domésticas. El control de la alcalinidad y del contenido de calcio también contribuye a la estabilidad del agua y a controlar su capacidad corrosiva de tuberías y electrodomésticos. Si no se reduce al mínimo, la corrosión puede provocar la contaminación del agua de consumo y efectos adversos en su sabor y aspecto. El pH óptimo necesario variará en distintos sistemas de abastecimiento en función de la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6,5 y 8. Pueden producirse valores de pH extremos como consecuencia de vertidos accidentales, averías de las instalaciones de tratamiento, y del revestimiento de tuberías con mortero de cemento poco curado o la aplicación del revestimiento cuando la alcalinidad del agua es baja. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el pH (consulte los apartados 8.5.1 y 12.100).

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).

Estireno

El estireno tiene un olor dulce y se han descrito umbrales olfativos en el agua de 4 a 2600 µg/l, en función de la temperatura. Por lo tanto, el estireno puede detectarse en el agua en concentraciones menores que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.5.2 y 12.109).

Sulfato

La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg/l para el sulfato de sodio, a 1000 mg/l, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/l. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato (consulte los apartados 8.5.1 y 12.110).

Detergentes sintéticos

En muchos países, los detergentes amiónicos persistentes se han sustituido por otros que se biodegradan con más facilidad y, por tanto, las concentraciones detectadas en fuentes de agua han disminuido sustancialmente. No se debe permitir que la concentración de detergentes en el agua de consumo alcance niveles que ocasionen la formación de espuma o problemas de sabor. La presencia de cualquier detergente puede indicar la contaminación del agua de origen con aguas residuales.

Tolueno

El tolueno tiene un olor dulce y acre, similar al del benceno. El umbral gustativo descrito oscila entre 40 y 120 µg/l. El umbral olfativo descrito del tolueno en agua oscila entre 24 y 170 µg/l. Por lo

tanto, el tolueno puede afectar a la aceptabilidad del agua en concentraciones menores que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud (consulte los apartados 8.5.2 y 12.114).

Sólidos disueltos totales

La palatabilidad del agua con una concentración de SDT menor que 600 mg/l suele considerarse buena, pero a concentraciones mayores que aproximadamente 1000 mg/l la palatabilidad del agua de consumo disminuye significativa y progresivamente. Los consumidores también pueden considerar inaceptable la presencia de concentraciones altas de SDT debido a que genera excesivas incrustaciones en tuberías, calentadores, calderas y electrodomésticos. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para los SDT (consulte los apartados 8.5.1 y 12.115).

Triclorobencenos

Se han descrito umbrales olfativos de 10, 5 a 30, y 50 $\mu\text{g/l}$ para el 1,2,3-triclorobenceno, el 1,2,4-triclorobenceno y el 1,3,5-triclorobenceno, respectivamente. Se ha descrito un umbral olfativo y gustativo de 30 $\mu\text{g/l}$ para el 1,2,4-triclorobenceno. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para los triclorobencenos, aunque el valor de referencia que podría calcularse (consulte los apartados 8.5.2 y 12.117) supera el umbral olfativo en agua mínimo descrito de 5 $\mu\text{g/l}$.

Turbidez

La turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la resuspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 UNT suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales.

Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se someta al agua a un tratamiento de desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz. El efecto de la turbidez sobre la eficacia de la desinfección se analiza con más detalle en el apartado 4.1.

Además, la turbidez también es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación y sedimentación y en la filtración.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; idóneamente, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos.

Xilenos

Concentraciones de xileno del orden de 300 $\mu\text{g/l}$ producen un olor y un sabor perceptibles. Se han descrito valores de umbral olfativo en agua de isómeros del xileno de entre 20 y 1800 $\mu\text{g/l}$. El umbral olfativo mínimo es mucho menor que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud calculado para este compuesto (consulte los apartados 8.5.2 y 12.124).

Cinc

El cinc confiere al agua un sabor astringente indeseable y su umbral gustativo (como sulfato de cinc) es de aproximadamente 4 mg/l. El agua con concentraciones de cinc mayores que 3–5 mg/l puede tener un color opalino y producir una película oleosa al hervir. Aunque el agua de consumo rara vez contiene cinc en concentraciones mayores que 0,1 mg/l, los niveles en el agua de grifo pueden ser sustancialmente mayores debido al cinc utilizado en materiales de fontanería galvanizados antiguos. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cinc en el agua de consumo (consulte los apartados 8.5.4 y 12.125).

10.1.3 Tratamiento de los problemas de sabor, olor y aspecto

Las siguientes técnicas de tratamiento del agua suelen eliminar eficazmente las sustancias orgánicas que producen sabores y olores:

- aeración (consulte el apartado 8.4.6);
- carbón activado (granular o en polvo) (consulte el apartado 8.4.8); y
- ozonización (consulte el apartado 8.4.3).

El mejor modo de controlar los sabores y olores causados por desinfectantes y por SPD es mediante un ajuste cuidadoso del proceso de desinfección. En principio, se pueden eliminar con carbón activado.

El manganeso puede eliminarse mediante cloración y posterior filtrado. Entre las técnicas empleadas para eliminar el sulfuro de hidrógeno se encuentran la aeración, el tratamiento con carbón activado granular, la filtración y la oxidación. El amoníaco puede eliminarse mediante la nitrificación biológica. La dureza del agua se puede reducir (ablandamiento) mediante precipitación o mediante intercambio de cationes. Otras sustancias inorgánicas causantes de sabor y olor (por ejemplo, el cloruro y el sulfato) generalmente no se pueden eliminar (consulte el documento complementario *Chemical Safety of Drinking-water*, apartado 1.3).

10.2 Temperatura

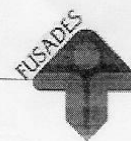
El agua fría tiene, por lo general, un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

ANEXO N° 9

RESULTADOS DE ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE

**CODIFICACION DE LABORATORIO COMPARADO A CODIFICACION DE
INVESTIGADOR**

Codigo de Laboratorio	Codigo de Investigador
08107760-01	Z1-M1
08107761-01	Z1-M2
08107762-01	Z1-M3
08107763-01	Z1-M4
08107764-01	Z1-M5
08107765-01	Z2-M1
08107766-01	Z2-M2
08107767-01	Z2-M3
08107768-01	Z2-M4
08107769-01	Z2-M5
08107770-01	Z3-M1
08107771-01	Z3-M2
08107772-01	Z3-M3
08107773-01	Z3-M4
08107774-01	Z3-M5
08107775-01	Z4-M1
08107776-01	Z4-M2
08107777-01	Z4-M3
08107778-01	Z4-M4
08107779-01	Z4-M5
08107780-01	Z5-M1
08107781-01	Z5-M2
08107782-01	Z5-M3
08107783-01	Z5-M4
08107784-01	Z5-M5



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107760-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 1
 Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Propietario:
 Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS	
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

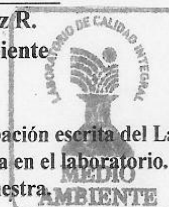
ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	17.33	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	4.69	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	13.13	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107761-01

DATOS GENERALES

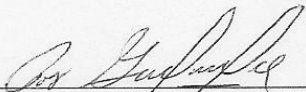
Muestra: Agua de grifo zona 1
 Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Propietario:
 Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS	
Recibido:	27/10/2008
Análisis:	28/10/2008
Reporte:	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	17.31	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	4.98	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	13.12	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeseo	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.
 OBSERVACIONES


 Lic. Regina del Carmen Cortez R.
 Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
 Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107762-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 1
 Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Propietario:
 Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	16.72	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.26	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	12.87	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeseo	0.04	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

**Lic. Regina del Carmen Cortez R.
 Gerente Unidad de Medio Ambiente**



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

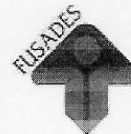
Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
 Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107763-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 1
Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Propietario:
Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

Table with 2 columns: FECHAS, Recibido, Análisis, Reporte and corresponding dates.

ANALISIS

Table with 6 columns: DETERMINACION, RESULTADOS, Unidades, RANGO, METODO, REFERENCIA. Rows include Calcium, Potassium, Sodium, and Manganese.

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Handwritten signature of Lic. Regina del Carmen Cortez R. Gerente Unidad de Medio Ambiente



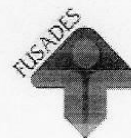
Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107764-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 1
Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Propietario:
Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS	
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	17.66	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.45	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	13.12	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107765-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 2

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	19.33	mg/L	- - 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	6.24	mg/L	- - 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	26.63	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.08	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107766-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 2
Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Propietario:
Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

Table with 2 columns: FECHAS and details. Rows include Recibido: 27/10/2008, Analisis: 28/10/2008, Reporte: 30/10/2008

ANALISIS

Table with 6 columns: DETERMINACION, RESULTADOS, Unidades, RANGO, METODO, REFERENCIA. Rows include A004 Calcio, A006 Potasio, A007 Sodio, A017 Manganese

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Signature of Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107767-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 2

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

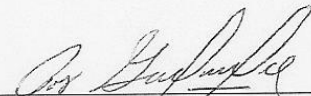
FECHAS	
Recibido:	27/10/2008
Análisis:	28/10/2008
Reporte:	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	18.73	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	6.41	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	26.62	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.08	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ hos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107768-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 2

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

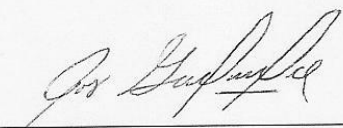
FECHAS	
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	19.10	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	6.45	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	25.62	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeseo	0.07	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


 Lic. Regina del Carmen Cortez R.
 Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

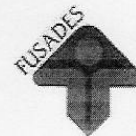
Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
 Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107769-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 2

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	19.13	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	6.46	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	26.50	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.075	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

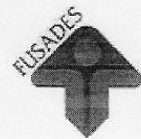
Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107770-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 3

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

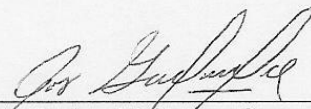
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	20.44	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	7.32	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	17.00	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

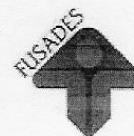
Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107771-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 3

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS	
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	19.46	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	7.72	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	17.06	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107772-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 3

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:


FECHAS	
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	19.68	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	7.13	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	16.68	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.04	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

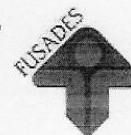
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107773-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 3
 Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Propietario:
 Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

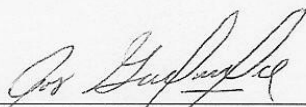
FECHAS	
Recibido:	27/10/2008
Análisis:	28/10/2008
Reporte:	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	19.57	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	7.07	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	16.62	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


 Lic. Regina del Carmen Cortez R.
 Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

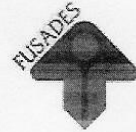
Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
 Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107774-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 3
 Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Propietario:
 Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS	
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	19.98	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	7.13	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	17.56	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.045	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.
OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
 Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
 Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107775-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 4

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	13.61	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.49	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	6.19	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeseo	0.03	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107776-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 4
Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Propietario:
Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	13.65	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.69	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	6.06	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.025	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107777-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 4

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

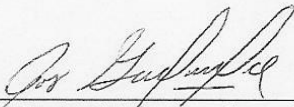
FECHAS	
Recibido:	27/10/2008
Análisis:	28/10/2008
Reporte:	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	13.47	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.40	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	8.00	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.03	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

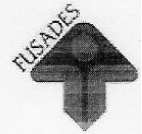
Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107778-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 4

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido:	27/10/2008
Análisis:	28/10/2008
Reporte:	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	13.56	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.60	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	7.06	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.03	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107779-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 4
 Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Propietario:
 Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
 Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:


FECHAS	
Recibido:	27/10/2008
Análisis:	28/10/2008
Reporte:	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	13.32	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.58	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	6.18	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.025	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


 Lic. Regina del Carmen Cortez R.
 Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
 Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107780-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 5
Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Propietario:
Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera
Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS	
Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	31.96	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.19	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	12.25	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107781-01



DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 5

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	30.26	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.12	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	12.18	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado Unidades Co-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
 INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
 MUESTRA 08107782-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 5

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:


FECHAS	
Recibido:	27/10/2008
Análisis:	28/10/2008
Reporte:	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	31.00	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.20	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	11.06	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.05	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES


 Lic. Regina del Carmen Cortez R.
 Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

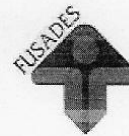
Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
 Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107783-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 5

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	31.53	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.02	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	11.93	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.045	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

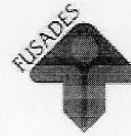
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv
Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANALISIS EN AGUAS
MUESTRA 08107784-01

DATOS GENERALES

Muestra: Agua de grifo zona 5

Nombre: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Propietario:

Responsable: Raúl Ernesto Ayala Rivera

Dirección: Urb. Sierra Morena I Pje. 3 Pol. 13 #190 Teléfono: 2297-0326 Fax:

FECHAS

Recibido :	27/10/2008
Análisis :	28/10/2008
Reporte :	30/10/2008

ANALISIS

DETERMINACION	RESULTADOS	Unidades	RANGO	METODO	REFERENCIA
A004 Calcio	31.21	mg/L	-- 75	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Ca B
A006 Potasio	5.13	mg/L	-- 10	Espectrof. Abs. Atómica	3500-K B
A007 Sodio	11.75	mg/L	25 - 150	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Na B
A017 Manganeso	0.045	mg/L	0.05 - 0.1	Espectrof. Abs. Atómica	3500-Mn B

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro μ mhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centigrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado UnidadesCo-Pt: Unidades Cobalto platino mL: mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido.

OBSERVACIONES

Lic. Regina del Carmen Cortez R.
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada por el cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio

Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el laboratorio.

No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A. e-mail: laboratorio@fusades.org.sv

Tel. (503) 2248-5669, sitio web: www.fusades.org.sv ó www.fusadeslab.org.sv

UN PROGRAMA DE LA FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Tabla 1a - Funciones de los electrolitos minerales en el organismo

Electrolitos	Funciones en el organismo humano
Sodio	<ul style="list-style-type: none">-Mantenimiento constante del volumen de los compartimentos extracelulares, entre ellos el de la sangre-Regulación del impulso nervioso y el control de la contracción muscular-Transporte de la glucosa y algunos aminoácidos a través de las membranas celulares
Potasio	<ul style="list-style-type: none">-Mantenimiento constante del volumen y la actividad intracelular celular-Cofactor en el metabolismo energético-Regulación de la actividad neuromuscular, junto con el calcio-Regulación del transporte a través de la membrana celular-Mantenimiento del potencial de membrana, que depende de las concentraciones de potasio intra y extracelulares.-Promotor del crecimiento celular-Determina la formación de glucógeno y el desarrollo y potencia muscular
Cloruro	<ul style="list-style-type: none">-Mantenimiento constante del volumen de los compartimentos extracelulares, entre ellos el de la sangre-Es responsable del equilibrio ácido-base (pH) de los líquidos corporales
Fosfato	<ul style="list-style-type: none">-Determina el desarrollo y mantenimiento óseo y dentario-Formación de moléculas funcionales tales como los fosfolípidos (membrana celular), las fosfoproteínas y los ácidos nucleicos-Regulación de la liberación de algunas hormonas-Regulación de la liberación de oxígeno de la hemoglobina-Formación de moléculas con enlaces fosfato de alta energía (ATP), reguladores de muchas enzimas.-Regulación del pH fisiológico-Mantenimiento constante del volumen de los compartimentos intracelulares-Regulación hormonal de las concentraciones plasmáticas de calcio
Bicarbonato	<ul style="list-style-type: none">-Mantenimiento constante del volumen de los compartimentos extracelulares, incluida la sangre-Es responsable del equilibrio ácido-base (pH) de los líquidos corporales
Sulfato	<ul style="list-style-type: none">-Mantenimiento constante del volumen de los compartimentos intracelulares-Es responsable del equilibrio ácido-base (pH) de los líquidos corporales

Tabla 1b – Funciones de otros elementos minerales en el organismo

Elemento	Funciones en el organismo humano
Calcio	<ul style="list-style-type: none"> -Desarrollo y mantenimiento óseo y dentario -Transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos -Factor implicado en el sistema que impulsa la contracción muscular -Regulación de la contracción del músculo cardiaco -Factor implicado en los procesos de división celular -Regulación de la coagulación sanguínea -Regulación de la liberación de algunas hormonas y neurotransmisores
Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> -Cofactor de innumerables sistemas enzimáticos, relacionados con el metabolismo energético y glucídico y con la síntesis de nucleótidos -Regulación del proceso de calcificación, a través de la regulación del metabolismo de la vitamina D y de la liberación de hormona paratiroidea. Su efecto es opuesto al del calcio -Regulación de la actividad del sistema nervioso -Regulación, en equilibrio con el calcio, de la contracción muscular y la transmisión nerviosa a nivel cardiaco -Regulación de la presión arterial
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> -Sistema de transporte del oxígeno a través de la sangre y fijación en los tejidos musculares -Cofactor de los sistemas enzimáticos responsables de la respiración celular, los sistemas oxidativos y el metabolismo energético -Cofactor en el metabolismo lipoproteico y en la síntesis de nucleótidos -Parece tener un cierto papel en la respuesta inmune -Participación en las funciones de aprendizaje, memoria, atención y capacidad sensorial
Cinc	<ul style="list-style-type: none"> -Cofactor de sistemas enzimáticos implicados en el metabolismo de los glúcidos, lípidos y proteínas -Cofactor necesario para los sistemas enzimáticos responsables de la síntesis y estabilidad de los ácidos nucleicos -Regulación de la activación de la testosterona -Regulación sobre el almacenamiento de insulina en el páncreas -Parece tener un cierto papel en la respuesta inmune -Parece tener también participación en los procesos de calcificación ósea -Parece ser necesario para los procesos de detoxificación de metales
Flúor	<ul style="list-style-type: none"> -Favorece el desarrollo óseo y refuerza la densidad ósea -Aumenta la resistencia del esmalte dental y previene de la caries en el niño - Posible efecto preventivo frente a la osteoporosis -Es controvertido su efecto protector del sistema cardiovascular
Iodo	<ul style="list-style-type: none"> -Síntesis de hormonas tiroideas. Dichas hormonas regulan: Desarrollo y mantenimiento óseo; Potencia muscular; Actividad metabólica basal; Regulación de la temperatura corporal; Síntesis proteica.
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> -Cofactor enzimático implicado en el metabolismo de

	diversos tejidos -Es cofactor necesario para los procesos de oxidación del hierro -Participa en la síntesis de factores de la coagulación de la sangre -Parece tener también participación en la síntesis de melanina
Manganeso	-Cofactor de sistemas enzimáticos responsables de la formación de tejidos óseos y conjuntivos -Cofactor enzimático en el metabolismo de glúcidos y lípidos -Relacionado con la síntesis de melanina
Selenio	-Participación en el sistema enzimático glutatión-peroxidasa, responsable de la eliminación de radicales libres -Acción sinérgica con la vitamina E en los mecanismos antioxidantes del organismo. -Participa en el metabolismo de las hormonas tiroideas
Cromo	-Cofactor enzimático en el metabolismo de glúcidos, lípidos y en la síntesis del colesterol -Regula la función insulínica y la tolerancia a la glucosa -Regula la respuesta inmune -Está relacionado con la actividad metabólica y con el desarrollo corporal
Molibdeno	-Cofactor de los enzimas xantina-, sulfito- y aldehído-oxidadas, en la forma de molibdopterina

¿Qué son las Ingestas Diarias de Referencia (IDR)?

La gran acumulación de estudios relativos a las necesidades y deficiencias de ingesta de nutrientes, así como el uso y abuso de suplementos vitamínico-minerales en nuestra sociedad, ha llevado los científicos que trabajan en el campo de la nutrición y salud pública a una revisión del concepto de necesidades de nutrientes y, sobre todo de *Ingestas diarias recomendadas o de referencia (IDR)*. En la actualidad, los conceptos y valores más utilizados son los denominados:

-Cantidad Diaria Recomendada (CDR). Se asigna para un nutriente que ha podido ser estudiado de forma completa y se puede por tanto calcular con cierta exactitud la ingesta del nutriente que debe recomendarse al día, para que cubra las necesidades, mantenga la salud y evite síndromes de deficiencia en una población determinada.

-Ingesta adecuada (IA). Es la cantidad que se establece como cantidad diaria a ingerir, para cubrir las necesidades de la población respecto a un nutriente para el cual no se han completado los estudios que permitirían conocer completamente sus funciones y necesidades.

Tabla 3. Cuadro resumen de los principales aportes en micronutrientes minerales del agua, incluyendo sus cantidades de ingesta diaria, y otras fuentes alimentarias de los minerales.

Elemento	CDR o IDR ¹ AE ² (adulto sano)	Otras fuentes alimentarias
Sodio	250 a 500mg	Casi todos los alimentos excepto en frutas y verduras
Potasio	4000mg	Frutas, verduras, leguminas, lactas y cereales
Calcio	1000 a 1500mg	Lactas y derivados, pescados y mariscos, espárragos y colas
Magnesio	400mg hombre 300mg mujer	Cereales integrales, carnes, mariscos, verduras verdes.
Azufre	Suficiente aporte con alimentación equilibrada	Alimentos proteicos
Hierro	10mg hombre 5mg mujer	Hígado, carnes rojas, leguminas, espárragos, cereales integrales

ANEXO Nº 10

MAPAS DE MUNICIPIOS Y UBICACIONES

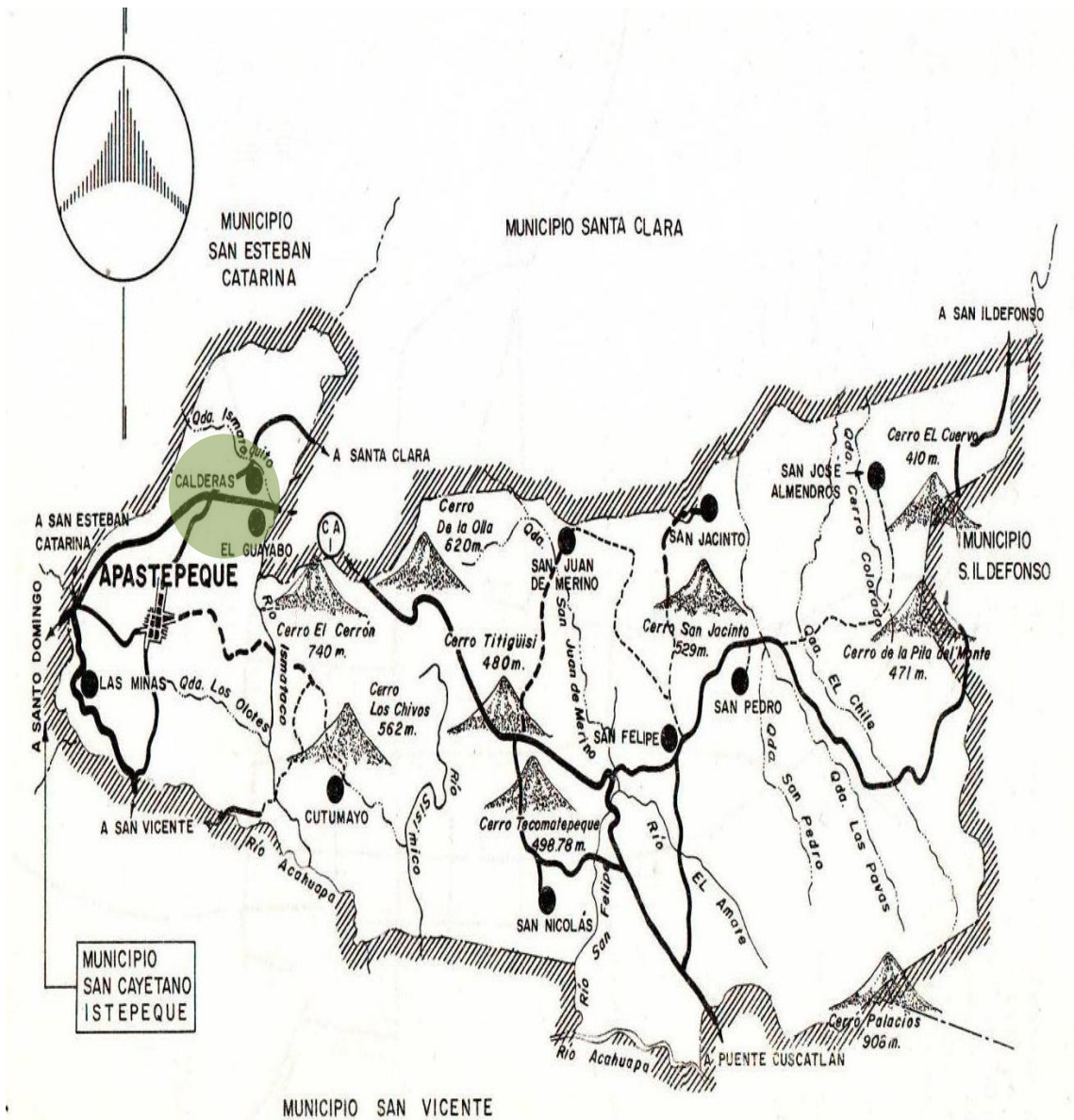


Figura No. 22: MAPA DE MUNICIPIO DE APASTEPEQUE

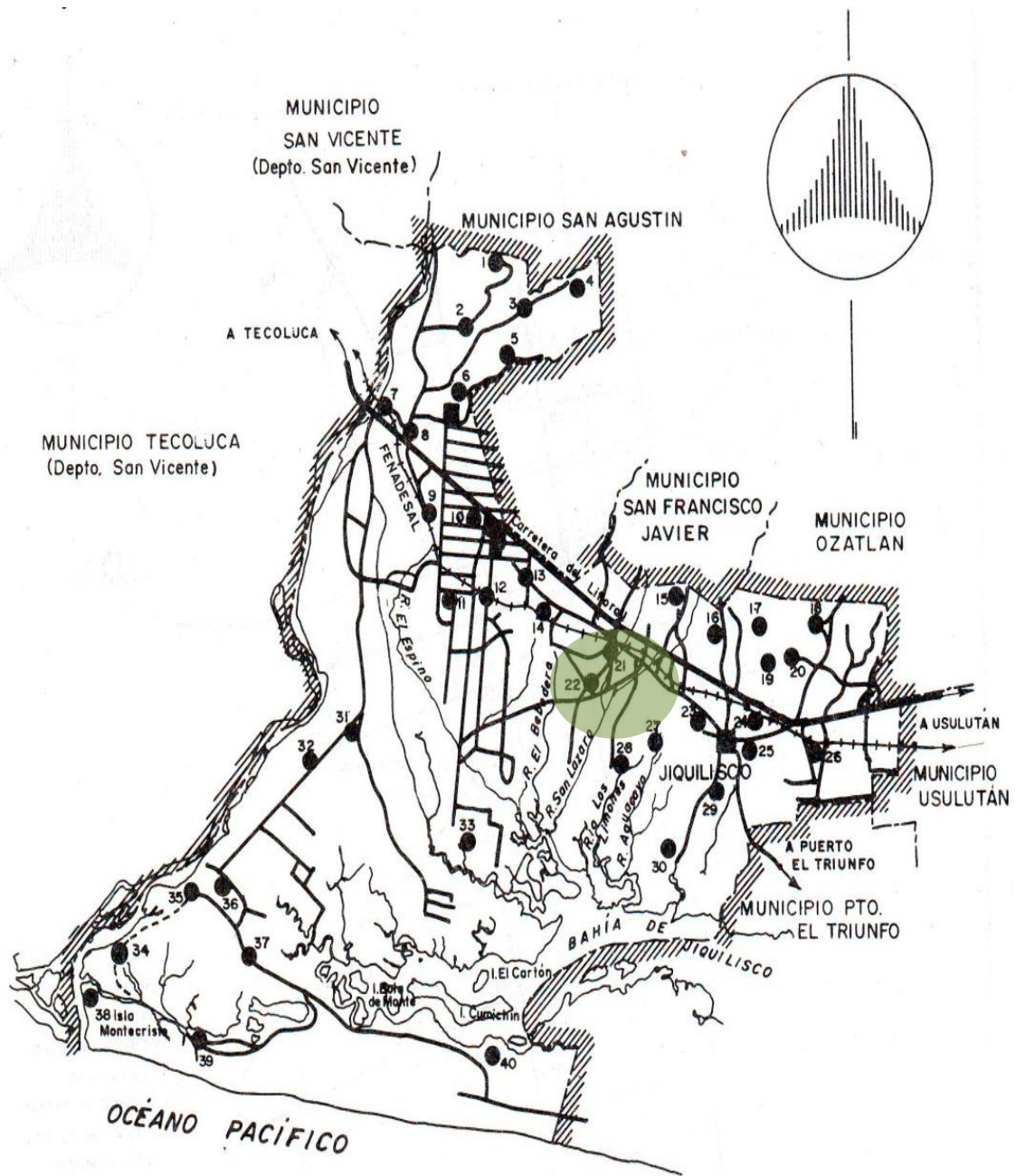


Figura No. 23: MAPA DE MUNICIPIO DE JIQUILISCO

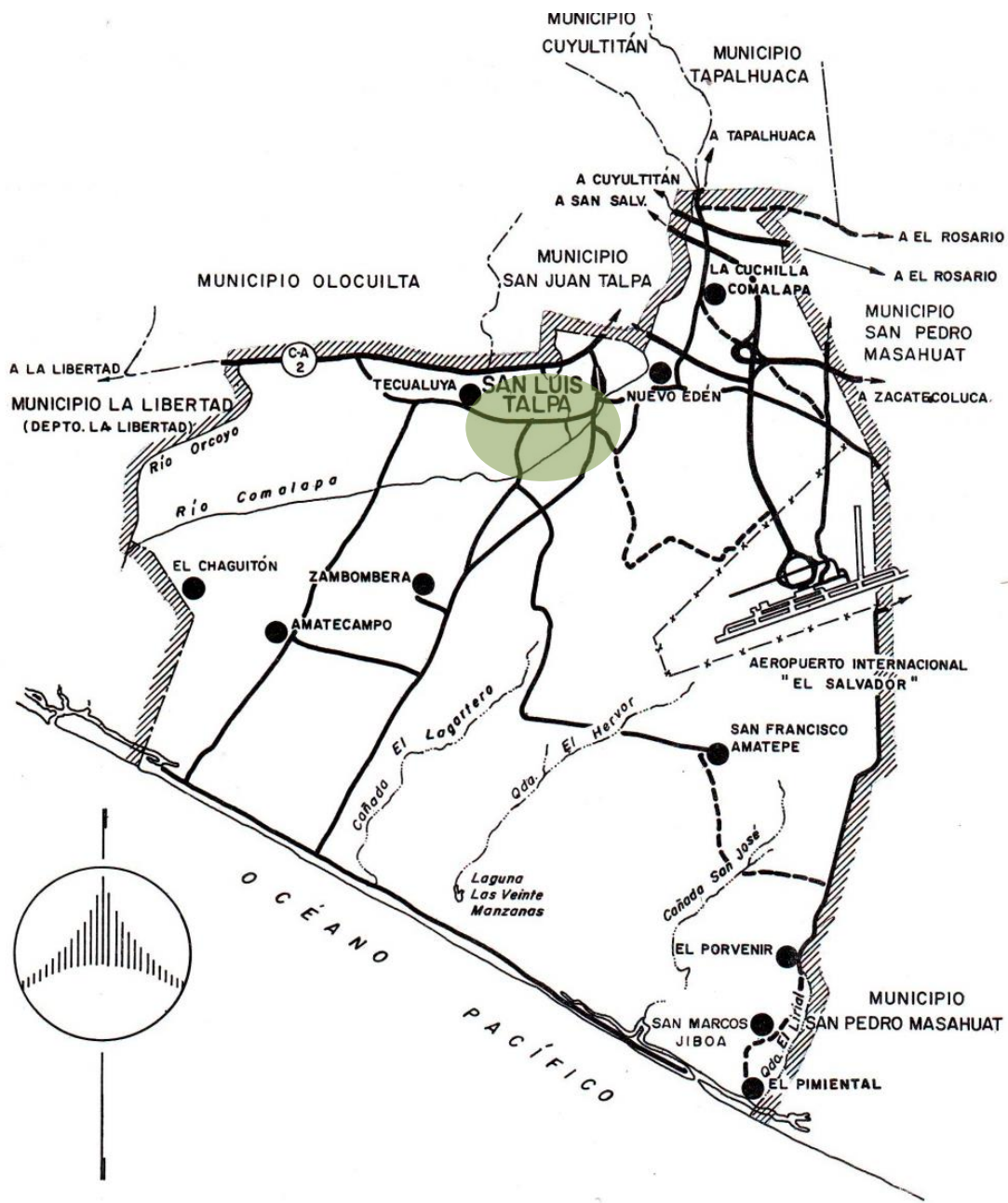


Figura No.24: MAPA DE MUNICIPIO DE SAN LUIS TALPA

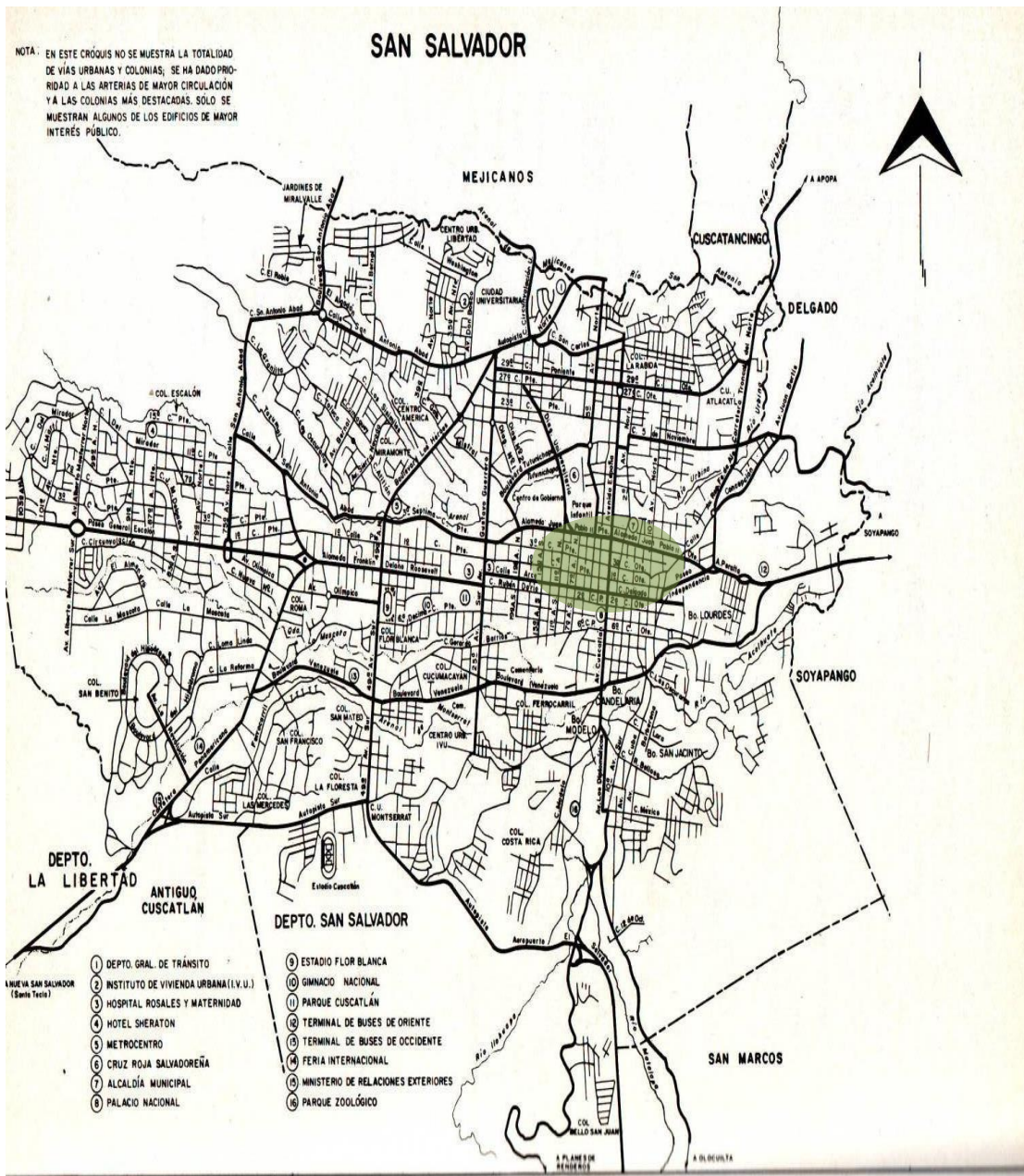


Figura No 25: MAPA DETALLADO DE MUNICIPIO DE SAN SALVADOR

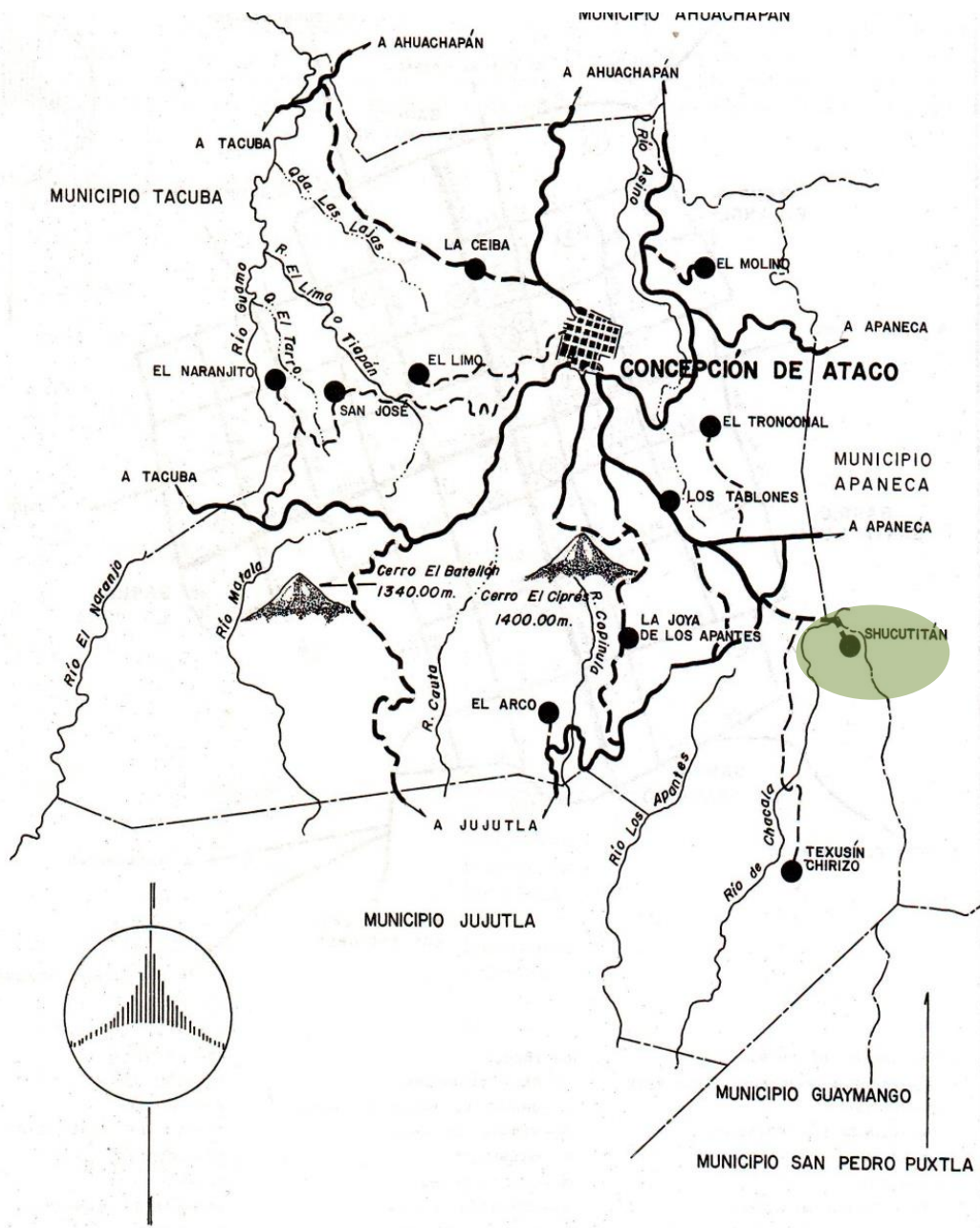


Figura No. 26: MAPA MUNICIPIO DE CONCEPCION DE ATACO

ANEXO Nº 11

**FORMULAS Y RESULTADOS OBTENIDOS POR EL METODO
ESTADISICO DE REGRESION LINEAL POR EL PROGRAMA SPSS**

ANÁLISIS DE REGRESIÓN (3, 45)

Procedimiento: seleccionar una muestra a partir de la población, listar pares de datos para cada observación; dibujar un diagrama de puntos para dar una imagen visual de la relación; determinar la ecuación de regresión.

Supuestos de Regresión Lineal Clásica

Cada error está normalmente distribuido con:

Esperanza de los errores igual a 0

Variación de los errores igual a una constante σ^2 .

Covarianza de los errores nulas para todo $i \neq j$

Proceso de estimación de la regresión lineal simple

Modelo de regresión

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Ecuación de regresión

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1 X$$

Parámetros desconocidos

$$\beta_0, \beta_1$$

Ecuación estimada de regresión

$$y = b_0 + b_1 X$$

Estadísticos de la muestra

$$b_0, b_1$$

Estimación de la ecuación de Regresión Simple.

$Y' = a + b.X$, donde:

- Y' es el valor estimado de Y para distintos X .
- a es la intersección o el valor estimado de Y cuando $X=0$
- b es la pendiente de la línea, o el cambio promedio de Y' para cada cambio en una unidad de X
- el principio de mínimos cuadrados es usado para obtener a y b :

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = (\sum Y)/n - b.(\sum X)/n$$

Mínimos Cuadrados

El modelo de regresión es lineal en los parámetros.

Los valores de X son fijos en muestreo repetido.

El valor medio de la perturbación error ϵ_i es igual a cero.

Homocedasticidad o igual variancia de ϵ_i .

No autocorrelación entre las perturbaciones.

La covariancia entre ϵ_i y X_i es cero.

El número de observaciones no debe ser mayor que el número de parámetros a estimar.

Variabilidad en los valores de X .

El modelo de regresión está correctamente especificado.

No hay relaciones lineales perfectas entre las explicativas. Estima
variancia de los términos del error (σ^2)

Estimación de la variancia de los términos del error (σ^2)

Debe ser estimada por varios motivos

Para tener una indicación de la variabilidad de las distribuciones de probabilidad
de Y.

Para realizar inferencias con respecto a la función de regresión y la predicción
de Y.

La lógica del desarrollo de un estimador de σ^2 para el modelo de regresión es
la misma que cuando se muestrea una sola población

La variancia de cada observación Y_i es σ^2 , es la misma que la de cada término
del error

Dado que los Y_i provienen de diferentes distribuciones de probabilidades con
medias diferentes que dependen del nivel de X, la desviación de una
observación Y_i debe ser calculada con respecto a su propia media estimada \hat{Y}_i .

$$Y_i - \hat{Y}_i = e_i$$

Por tanto, las desviaciones son los residuales

Y la suma de cuadrados es:

$$SC_e = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - b.X_1)^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

La suma de cuadrados del error, tiene $n-2$ grados de libertad asociados con ella, ya que se tuvieron que estimar dos parámetros.

Por lo tanto, las desviaciones al cuadrado dividido por los grados de libertad, se denomina cuadrados medios

$$CM_e = \frac{SC_e}{n-2} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-2}$$

Donde CM es el Cuadrado medio del error o cuadrado medio residual, estimador insesgado de σ^2

Análisis de Variancia en el análisis de regresión

El enfoque desde el análisis de variancia se basa en la partición de sumas de cuadrados y grados de libertad asociados con la variable respuesta Y.

La variación de los Y_i se mide convencionalmente en términos de las desviaciones

$$(Y_i - \bar{Y}_i)$$

La medida de la variación total SC_{tot} , es la suma de las desviaciones al cuadrado

$$\sum (Y_i - \bar{Y}_i)^2$$

Desarrollo formal de la partición

Consideremos la desviación

$$(Y_i - \bar{Y}_i)$$

Podemos descomponerla en

$$\underbrace{(Y_i - \bar{Y})}_{\text{T}} = \underbrace{(\hat{Y}_i - \bar{Y})}_{\text{R}} + \underbrace{(Y_i - \hat{Y}_i)}_{\text{E}}$$

(T): desviación total

(R): es la desviación del valor ajustado por la regresión con respecto a la media general

(E): es la desviación de la observación con respecto a la línea de regresión

Si consideremos todas las observaciones y elevamos al cuadrado desvíos no se anulen

$$\underbrace{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}_{\text{SC}_{\text{tot}}} = \underbrace{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}_{\text{SC}_{\text{reg}}} + \underbrace{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}_{\text{SC}_{\text{er}}}$$

(SC_{tot}): Suma de cuadrados total

(SC_{reg}): Suma de cuadrados de la regresión

(SC_{er}): Suma de cuadrados del error

Dividiendo por los grados de libertad, (n-1), (k) y

(n-2), respectivamente cada suma de cuadrados, se obtienen los cuadrados medios del análisis de variancia.

Coeficiente de Determinación

Coeficiente de Determinación, R^2 - es la proporción de la variación total en la variable dependiente Y que es explicada o contabilizada por la variación en la variable independiente X .

- El coeficiente de determinación es el cuadrado del coeficiente de correlación y varía entre 0 y 1.

Cálculo del R^2 a través de la siguiente fórmula

$$R^2 = \frac{[\sum(\hat{Y}_c - Y)^2]}{[\sum(\hat{Y}_o - Y)^2]}$$

Inferencia en Regresión

Los supuestos que establecimos sobre los errores nos permiten hacer inferencia sobre los parámetros de regresión (prueba de hipótesis e intervalos de confianza), ya que los estimadores de β_0 y β_1 pueden cambiar su valor si cambia la muestra.

Por lo tanto debemos conocer la distribución de los estimadores para poder realizar prueba de hipótesis e intervalos de confianza

ANEXO N° 12
FOTOS DE LA TOMA DE MUESTRA



Figura No. 27: Toma de muestra



Figura No. 28: Medición de pH.



Figura No. 29: Almacenamiento de muestras.

