

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE SODIO, POTASIO, CALCIO, BARIO Y LITIO EN EL
AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN EL CANTON OJO DE AGUA MUNICIPIO DE
HUIZUCAR DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD POR FOTOMETRIA DE
LLAMA.

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

MARINA GUADALUPE ARAGON LOPEZ.

MARGARITA ACENET AMAYA SANCHEZ.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

ABRIL DEL 2015

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

LIC. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

SECRETARIO

LIC FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

ASESORAS DE AREA QUIMICA AGRICOLA:

MSc. Ena Edith Herrera Salazar.

MAE. María Elisa Vivar de Figueroa.

DOCENTE DIRECTOR:

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por darnos la bendición de culminar satisfactoriamente la carrera de Química y Farmacia, y a pesar de las dificultades, limitaciones, y sacrificios realizados en nuestras vidas, él nos ayudó en los momentos más difíciles.

Agradecemos a nuestra Directora de Trabajo de Graduación Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo por ayudarnos y orientarnos en el transcurso de nuestra investigación. También a nuestro Docente Director Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras por su buena disponibilidad, paciencia, dedicación y esmero en la conducción y mejora de este trabajo de graduación.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por demostrarme que siempre está a mi lado en los momentos más difíciles. A mis padres Ana y Margarito por brindarme todo el apoyo necesario para cumplir mis metas profesionales y también a mis hermanos Flor, Levi y David por darme palabras de ánimo.

A mi esposo por estar conmigo y darme sus palabras de aliento su apoyo incondicional y compartir conmigo mi triunfo académico, y personal.

A todos ustedes les dedico con mucho cariño mi esfuerzo y la alegría de obtener al fin mi título.

Margarita Amaya.

DEDICATORIA

Primero a Dios Todopoderoso por haberme dado sabiduría y la guía necesaria para poder terminar mi primer triunfo profesional.

Además agradezco a mis Padres Rosa Melida y José Santos y hermanas Minerva y Andrea por haber sido un pilar muy importante en la culminación de mi carrera profesional, ya que apoyaron incondicionalmente y me impulsaron siempre a seguir hasta lograr finalmente con este trabajo de investigación mi primer éxito profesional.

A mí esposo Samuel que ha estado en todo momento de la culminación de mi carrera profesional.

Finalmente a todos mis amigos que me apoyaron en todo el proceso de mi carrera profesional.

Marina Aragón.

INDICE

RESUMEN	Página
CAPITULO I	
1.0 Introducción	xvii
CAPITULO II	
2.0 Objetivos	20
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivo Especifico	
CAPITULO III	
3.0 Marco Teórico	22
3.1 Agua Potable	22
3.2 Sodio	23
3.2.1 Generalidades	23
3.2.2 Características Principales	24
3.2.3 Presencia de Sodio en el agua	24
3.2.4 Papel biológico	24
3.2.5 Absorción y Excreción del Sodio	25
3.2.6 Funciones del sodio como catión	25
3.2.7 Sodio en la dieta	29
3.2.8 Usos del Sodio	29
3.2.9 Abundancia	30
3.2.10 Precauciones	31

3.3 Potasio	32
3.3.1 Generalidades	33
3.3.2 Características principales	33
3.3.3 Presencia de Potasio en el agua	34
3.3.4 Papel biológico	34
3.3.5 Absorción, filtración y excreción	35
3.3.6 Aplicaciones del Potasio al unirse con otros elementos	38
3.3.7 Abundancia y Obtención	39
3.3.8 Propiedades químicas	40
3.3.9 Precauciones	40
3.4 Calcio	41
3.4.1 Generalidades	41
3.4.2 Características principales	41
3.4.3 Presencia de Calcio en el agua	42
3.4.4 Papel biológico	42
3.4.5 Absorción y excreción	42
3.4.6 Deficiencia	44
3.4.7 Aplicaciones	45
3.4.8 Abundancia	45
3.4.9 Toxicidad	46

3.5Bario	46
3.5.1 Generalidades	46
3.5.2 Propiedades químicas	47
3.5.3 Características principales	47
3.5.4 Propiedades físicas	47
3.5.5 Aplicaciones	48
3.5.6 Reseña toxicológica	48
3.5.7 Antecedentes del valor de referencia	49
3.6Litio	49
3.6.1 Generalidades	49
3.6.2 Presencia de Litio en el agua	50
3.6.3 Papel biológico	51
3.6.4 Solubilidad del Litio y sus compuestos	51
3.6.5 Aplicaciones	52
3.6.6 Abundancia y obtención	53
3.6.7 Precauciones	53
3.7 Fotometría de Llama	56
3.7.1 Generalidades	56
3.7.2 Advertencia de seguridad	58
3.7.3 Instrumentación	58

Capitulo IV	
4.0 Diseño metodológico	61
4.1 Tipo de estudio	61
4.2 Investigación bibliográfica	61
4.3 Investigación de campo	62
4.4 Parte experimental	63
Capítulo V	
5.0 Resultados y Discusión de los resultados	71
5.1Diseño de toma de muestra en los sectores que conforman el sistema de distribución de agua del proyecto ubicada en el Cantón “Ojo de Agua”	71
5.2Resultados de los Análisis de agua por Fotometría de Llama.	74
5.3 Socialización	83
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	87
Capitulo VII	
7.0 Recomendaciones	90
Bibliografía	92
Glosario	95
Abreviaturas	97
Anexos	98

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. Mapa de ubicación de los Sectores que conforman el Municipio de Huizucar.
2. Directiva de la comunidad del cantón ojo de agua (ABAPCOA) (Asociación de beneficiarios de agua potable del Cantón ojo de agua).
3. Manual de fotómetro de llama pfp7
4. Valores se parados por diferentes Normativas Nacionales e Internacionales para los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio.
5. Fotografías de la toma de muestra en el proyecto de agua del Cantón Ojo de agua del Municipio de Huizucar departamento de La Libertad.
6. Cálculos del análisis por Fotometría de llama de los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio.
7. Informe de resultados presentado a la cooperativa
8. Listado de beneficiarios del proyecto de agua del Cantón Ojo de agua del Municipio de Huizucar.

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Página
1.0 Coloración de la llama según longitud de onda de emisión.	57
2.0 Alícuotas y concentraciones empleadas para los elementos: Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio.	66
3.0 Identificación de los puntos toma de muestra de agua en cada sector en época lluviosa	71
4.0 Identificación de los puntos toma de muestra en cada sector por derecho de agua en época seca	72
5.0 Lectura de emisión (E) para los estándares de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en época lluviosa	74
6.0 Resultados obtenidos de las muestras de agua recolectadas en época lluviosa (Noviembre de 2012) por el método de Fotometría de llama	76
7.0 Resultados obtenidos en Concentraciones de las muestras de agua recolectadas en época lluviosa (Noviembre de 2012) por el método de Fotometría de llama	76
8.0 Lectura de emisión (E) para los estándares de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en época seca	77

Tabla N°	Página
9.0 Promedios obtenidos de las muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013) por medio del método de Fotometría de llama	80
10.0 Promedios obtenidos en Concentraciones de las muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013) por medio del método de Fotometría de llama	80
11.0 Comparación de promedios obtenidos en el análisis de las muestras de agua recolectadas en cada época con respecto a los límites establecidos según Normativas para Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio	82

INDICE DE FIGURA

Fig. N°	N° de pág.
1.0 Alícuotas y concentraciones a tomar para elemento: Sodio.	67
2.0 Recolección de muestras de agua en los tres reservorios	73
3.0 Curva de Calibración de sodio y potasio en época lluviosa	74
4.0 Curva de Calibración de calcio, bario y litio en época lluviosa	75
5.0 Curva de Calibración de sodio, potasio y calcio en época seca	78
6.0 Curva de Calibración de bario y litio en época seca	79

RESUMEN

La presente investigación se basó en la determinación de la concentración de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio por Fotometría de Llama en muestras de agua provenientes del Cantón Ojo de Agua, Municipio de Huizucar departamento de La Libertad, en época lluviosa (noviembre del año 2012) y seca (marzo del año 2013.) Se realizó un análisis de 20 muestras en ambas épocas en los diferentes sectores que conforman el Cantón Ojo de Agua.

Al analizar las 20 muestras el resultado obtenido para época lluviosa de Sodio fue de 9.85mg/L, Potasio 1.87mg/L, Calcio 14.92 mg/L, Bario 12.12 mg/L, Litio (no se detectó) y para época seca de Sodio fue 119.68 mg/L, Potasio 32.95 mg/L, Calcio 1.62 mg/L, Bario 6.80 mg/L, Litio (no se detectó). Los resultados indican que la concentración de Bario encontrada en las muestras de agua son perjudicial para la salud debido a que sobrepasa los límites establecidos de 0.7 mg/L por la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01.04, y Norma de Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud, lo cual podría ser por la liberación de los desechos contaminantes como: baterías de carro, pinturas, juegos pirotécnicos que son arrastrados por el agua y llegan a las fuentes de agua por lo que puede originar enfermedades como la hipertensión . Se recomienda que los directivos gestionen lugares de recolección de desechos para evitar la contaminación. Y que las entidades competentes monitoreen constantemente el agua que se distribuye en dicho Cantón a la vez que gestionen con la Facultad de Química y Farmacia por medio de trabajos de graduación realizar otros estudios Fisicoquímicos de otros elementos contaminantes así como análisis microbiológicos.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

La mayor parte de las aguas que se denominan potables en el Cantón Ojo de Agua, que pertenece al Municipio de Huizucar, Departamento de La Libertad, que es el área geográfica donde se realizó la investigación, pueden presentar sustancias nocivas al ser humano, de naturaleza microbiológica, física y/o química. Por lo que es importante el estudio de los elementos químicos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio, con el fin de analizar la concentración presente o no de estos elementos en el agua para época lluviosa y época seca. Estos elementos según normativas empleadas en esta investigación. (Ver anexo n° 4)

La presente investigación se realizó tomando 20 muestras de agua en época lluviosa en el año 2012 y 20 muestras de agua en época seca en el año 2013, en los diferentes sectores del Cantón Ojo de Agua. Posteriormente se analizaron por el Método de Fotometría de Llama en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

La investigación determinó la concentración de Sodio, Potasio, Calcio y Bario en el Cantón Ojo de Agua, dando como resultado para Sodio en época lluviosa 9.85 mg/L y en época seca 119.68 mg/L, estos valores no sobrepasan lo establecido por la Norma Salvadoreña de Agua Potable NSO 13.07.01.04 y Norma de Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (200.0 mg/L), Calcio 14.92 mg/L (época lluviosa) y 1.62 mg/L (época seca) estos valores no sobrepasan lo establecido por las Características del Agua Potable (250.0 mg/L), Potasio 1.87 mg/L(época lluviosa) y 32.95 mg/L (época seca) este último valor obtenido en época seca no cumple con lo establecido según Norma de Capre sobre la Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana (10.0 mg/L), Bario 12.12 mg/L(época lluviosa) y Bario 6.80mg/L (época seca) este resultado en ambas épocas se encuentra por encima del límite máximo permisible por la Norma Salvadoreña de Agua Potable NSO 13.07.01.04 y

Norma de Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud para agua de consumo humano el cual es de 0.7mg/L. y Litio no hay presencia en ninguna de las épocas.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en el agua que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua municipio de Huizucar departamento de La Libertad por Fotometría de Llama.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 2.2.1 Proponer un diseño de toma de muestra en los sectores que conforman el sistema de distribución de agua del proyecto ubicado en el Cantón seleccionado.
- 2.2.2 Analizar la concentración de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio por el método de fotometría de llama en las muestras recolectadas en época lluviosa y época seca.
- 2.2.3 Comparar los valores de concentración de los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio obtenidos de las muestras de agua con los valores permitidos por la Norma Salvadoreña obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:04, Norma de Capre sobre La Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana, Norma de la Calidad de Agua Potable de Perú y Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud.
- 2.2.4 Socializar con la directiva ABAPCOA las interpretaciones de los resultados de los análisis de los elementos minerales cuantificados en el agua que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0. MARCO TEORICO

3.1 Agua potable. (9), (10)

El agua potable es la que podemos consumir o beber sin que exista peligro para la salud, no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar la salud. Por eso, antes de que el agua llegue a las casas, es necesaria que sea tratada en una planta potabilizadora. En estos lugares se le da el tratamiento adecuado al agua para que esté en condiciones adecuadas para el consumo humano. Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia las casas a través de una red de tuberías que llamamos red de abastecimiento o red de distribución de agua.

Se calcula que en la Tierra hay unos 1.400 millones de km^3 de agua, de esta el 3% es agua dulce, es decir 42 millones de Km^3 .

De toda el agua dulce, el 80% está formando los polos y zonas heladas de la Tierra; el 19% es agua subterránea y el 0,7% está formando parte de la atmósfera. El agua dulce disponible en ríos y lagos es el 0,3% del total. Es una cantidad escasa para toda la humanidad, por lo que es necesario conservarla y evitar su contaminación.

Para que el agua que se capta en embalses, pozos, lagos, etc. sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable. Este proceso se denomina potabilización y se realiza en las plantas potabilizadoras. Existen diferentes métodos y tecnologías de potabilización, y constan en general, de las siguientes etapas:

- A. PRECLORACIÓN Y FLOCULACIÓN. Después de un filtrado inicial para retirar los fragmentos sólidos de gran tamaño, se añade cloro al agua (para eliminar los microorganismos) y otros productos químicos para favorecer que las partículas sólidas precipiten formando copos (flóculos).
- B. DECANTACIÓN. En esta fase se eliminan los flóculos y otras partículas presentes en el agua.
- C. FILTRACIÓN. Se hace pasar el agua por sucesivos filtros para eliminar la arena y otras partículas que aún pudieran quedar, eliminando a la vez la turbidez del agua.
- D. CLORACIÓN Y ENVÍO A LA RED. Para eliminar los microorganismos más resistentes y para la desinfección de las tuberías de la red de distribución.

3.2 Sodio.

A. Generalidades. ⁽²⁴⁾⁽¹⁾

El sodio es un elemento químico de símbolo Na (del latín, natrium y de árabe natrun) número atómico 11, fue descubierto por Sir Humphry Davy. Es un metal alcalino blando, untuoso, de color plateado, muy abundante en la naturaleza, encontrándose en la sal marina y el mineral halita. Es muy reactivo, arde con llama amarilla, se oxida en presencia de oxígeno y reacciona violentamente con el agua. El sodio está presente en grandes cantidades en el agua del océano en forma iónica. También es un componente esencial para la vida.

B. Características principales ⁽²⁴⁾

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 40 °C.

C. Presencia de sodio en el agua. ⁽²⁴⁾

El ión sodio (Na^+), corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar, suele estar asociado al ión cloruro. El contenido de las aguas dulces esta entre 1 y 150 ppm, pero se pueden encontrar casos de hasta varios miles de ppm. Las aguas de mar contienen alrededor de 11,000 ppm. Es un indicador potencial de la corrosión. La determinación se hace por fotometría de llama.

El sodio se elimina por intercambio iónico, pero como ión monovalente es una de las primeras sustancias que fugan de la columna catiónica o del lecho mixto

D. Papel biológico ⁽²⁴⁾

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 membranas.

La concentración plasmática de sodio es en condiciones normales de 137-145 mmol/L. El aumento de sodio en la sangre se conoce como hipernatremia y su disminución hiponatremia.

E. Absorción y excreción de sodio ⁽²⁴⁾

El sodio se absorbe en humanos, de manera fácil desde el intestino delgado y de allí es llevado a los riñones, en donde se infiltra y regresa a la sangre para mantener los niveles apropiados. La cantidad absorbida es proporcional a la consumida. Alrededor del 90 -95% de la pérdida normal del sodio es a través de la orina y el resto en las heces y el sudor. Se considera que lo normal de la cantidad de sodio excretada es igual a la cantidad ingerida. La secreción de sodio se mantiene por un mecanismo que involucra los riñones (tasa de filtración glomerular, sistema renina-angiotensina), el sistema nervioso simpático, la circulación de catecolaminas y la presión sanguínea.

F. Funciones del Sodio como catión ⁽²⁴⁾

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.

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 como hiponatremia. Como el catión (ion positivo) predominante del líquido extracelular de los fluidos animales y en humanos, el sodio regula el tamaño de este compartimiento así como el volumen del plasma. Estos fluidos, como el plasma sanguíneo y fluidos extracelulares en otros tejidos bañan las células y realizan funciones de transporte de nutrientes y sustancias de desecho en el organismo. Aunque el sistema para mantener el óptimo balance de sal y agua en el cuerpo es complejo, una de las

principales maneras que el organismo mantiene este balance es a través de osmoreceptores ubicados en el hipotálamo, y su acción posterior sobre la hipófisis para la producción de vasopresina. Cuando los niveles de sodio en la sangre no aumentan, los receptores de la sed (osmoreceptores) estimulan la sensación de sed. Cuando los niveles en la sangre de sodio son bajos, la excreción de sodio a través de la orina disminuye.

La pérdida relativa de agua podría causar que las concentraciones de sodio lleguen a ser más altas de lo normal, una condición conocida como hipernatremia, que resulta en una sed extraordinaria. Contrariamente, un exceso de agua corporal por mayor ingesta resultará en menor concentración de sodio en el plasma, conocido como hiponatremia, una condición captada por el hipotálamo a través de sus osmoreceptores, causando una disminución de la secreción de la hormona vasopresina de la glándula pituitaria posterior o hipófisis; esto conduce a una pérdida de agua a través de la orina, lo cual actúa para restaurar las concentraciones de sodio en el plasma hasta niveles normales.

Personas severamente deshidratadas, como las rescatadas del océano o en situaciones de sobrevivencia en desiertos, usualmente tienen altas concentraciones de sodio sanguíneo. Esto debe ser cuidadosamente y lentamente retornado a la normalidad, ya que una corrección demasiado rápida de la hipernatremia puede resultar en daño cerebral con edema celular, ya que el agua se mueve rápidamente hacia el interior de las células con un alto contenido osmolar.

Debido a que el sistema osmoreceptor / hipotálamo, ordinariamente trabaja bien sea para causar la ingesta de líquidos o la eliminación del

mismo (orina), para restaurar las concentraciones de sodio a lo normal, este sistema puede ser usado en el tratamiento médico para regular el contenido del fluido corporal total, principalmente para controlar el contenido de sodio corporal. Por esto, cuando una droga potencialmente diurética es suministrada puede causar que los riñones excreten sodio, el efecto es acompañado por una excreción de agua corporal. Esto sucede porque el riñón es incapaz de retener eficientemente agua mientras excreta grandes cantidades de sodio. Adicionalmente, después de la excreción de sodio, el sistema osmoreceptor puede captar bajas concentraciones de sodio en la sangre y luego dirigir las pérdidas urinarias de agua para corregir la hiponatremia.

Además de esta función importante, el sodio juega un importante papel en diversos procesos fisiológicos del organismo humano. Las células animales excitables, por ejemplo, permiten la entrada de sodio a su interior para causar la despolarización de la membrana celular. Un ejemplo de esto es la señal de transducción en el sistema nervioso central del humano, el cual depende del movimiento del sodio a través de la membrana celular en todos los nervios. Algunas neurotoxinas potentes, como las batracotoxinas, incrementan la permeabilidad del sodio en la membrana celular de células nerviosas y musculares, causando una masiva e irreversible despolarización de las membranas, lo cual trae consecuencias potencialmente fatales al organismo. Sin embargo, las drogas con efectos más pequeños sobre el movimiento de sodio en los nervios pueden tener diversos efectos farmacológicos como efectos antidepresivos, entre otros.

- **Hipernatremia:** ⁽¹⁶⁾ Se considera hipernatremia cuando la concentración de sodio en plasma o sangre es mayor a 145 meq/L. Las causas principales, se deben a una acción insuficiente de la hormona vasopresina o ADH (sea por déficit de producción en hipófisis o por falta de respuesta renal), a pérdidas excesivas de agua, y a un balance positivo de sal. El cuadro clínico, depende al igual que en la mayoría de los trastornos de electrolitos, de la magnitud y su forma de instauración. El síntoma predominante es la sed, que puede acompañarse de poliuria (aumento en el volumen de orina), diarrea y sudoración. La presencia de trastornos neurológicos, aparecen con valores por encima de 160 meq/L, que pueden caracterizarse por irritabilidad muscular, alteraciones del nivel de consciencia, coma e incluso convulsiones.

- **Hiponatremia:** ⁽¹⁶⁾ Se considera hiponatremia cuando la concentración de sodio en plasma es menor a 135 meq/L. Las causas principales incluyen: pérdidas grandes de sodio (por uso de diuréticos, diuresis osmótica o pérdida de solutos a través de la orina que arrastran agua y sodio, enfermedades renales que aumenten la pérdida de sodio urinario.) aumento de la ingesta o aporte de agua al organismo, lo que causa aumento del agua a nivel extracelular. Entre los síntomas más comunes están, náuseas, vómitos, calambres musculares, alteraciones visuales, cefalea, letargia, convulsiones y coma. Se considera que una disminución en la concentración de sodio por debajo de 125 meq/L es potencialmente fatal para el organismo humano.

G. Sodio en la dieta.⁽³⁰⁾

La mayor fuente de sodio es el cloruro de sodio o una ración común de sal, del cual el sodio constituye el 40%. Sin embargo, todos los alimentos contienen sodio en forma natural, siendo más predominante la concentración en alimentos de origen animal que vegetal. Aproximadamente 3 gramos de sodio están contenidos en los alimentos que se consumen diariamente, sin la adición de cloruro de sodio o sal común, esto es importante considerarlo en pacientes que tengan una restricción o disminución en la ingesta de sal diaria (pacientes nefrópatas, diabéticos, hipertensos). El requerimiento de sodio es de 500 mg /día aproximadamente. La mayoría de las personas consumen más sodio que el que fisiológicamente necesitan, para ciertas personas con presión arterial sensible al sodio, esta cantidad extra puede causar efectos negativos sobre la salud.

H. Usos ⁽³⁰⁾

El sodio metálico se emplea en síntesis orgánica como agente reductor. Es además componente del cloruro de sodio necesario para la vida. Otros usos son:

- En aleaciones antifricción (oro).
- En la fabricación de desodorantes (en combinación con ácidos grasos).
- En la purificación de metales fundidos.

La aleación NaK, es un material empleado para la transferencia de calor además de desecante para disolventes orgánicos y como reductor. A temperatura ambiente es líquida. El sodio también se

emplea como refrigerante. Aleado con plomo se emplea en la fabricación de aditivos detonantes para las gasolinas.

Se emplea también en la fabricación de celdas fotoeléctricas. En iluminación mediante lámparas de vapor de sodio.

Los óxidos Na_2O generados por combustión controlada con oxígeno se utilizan para intercambiar el dióxido de carbono por oxígeno y regenerar así el aire en espacios cerrados (p. ej. en submarinos)

I. **Abundancia** ⁽³⁰⁾

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.

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 alcalino más barato.

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

Los compuestos de sodio de mayor importancia industrial son: ⁽³⁰⁾ Sal común (NaCl), Carbonato de sodio (Na_2CO_3), Bicarbonato de sodio (NaHCO_3), Sosa cáustica (NaOH). El hidróxido de sodio, más conocido como sosa cáustica, es una base muy fuerte y corrosiva usada en productos destinados a la limpieza de desagües y al desengrase de hornos, así como a la fabricación de jabones debido a la saponificación de los ácidos grasos.

Cuando se disuelve en agua produce una reacción muy exotérmica (-42,9 kJ/mol). Su poder corrosivo hace de la sosa cáustica un compuesto letal para los tejidos vivos y los compuestos orgánicos, e incluso puede atacar al vidrio en caso de que el contacto sea permanente. En presencia del dióxido de carbono atmosférico produce carbonato de sodio, por lo que sus soluciones son poco estables.

Nitrato de sodio (NaNO_3), Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), Yoduro de sodio (NaI), Tripolifosfato de sodio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) componente fundamental de los jabones, de detergentes y de productos diferentes para dulcificar las aguas duras. Usado también en alimentos.

J. Precauciones⁽³⁰⁾

En forma metálica el sodio es explosivo en agua y con muchos otros elementos. El metal debe manipularse siempre cuidadosamente y almacenarse en atmósfera inerte, generalmente de argón evitando el contacto con el agua y otras sustancias con las que el sodio reacciona como el oxígeno:



La explosión del sodio con el agua es debida a la generación de hidrógeno en la misma y con la consecuente energía liberada por la reacción exergónica se pueden producir explosiones del hidrógeno generado. Por lo tanto se debe tener mucho cuidado, trabajar con precaución y con los elementos necesarios para protegerse de sus reacciones químicas.

3.3 Potasio ⁽³⁰⁾⁽¹⁾

A. Generalidades del potasio El potasio, viene del latín científico potassium, y éste del neerlandés pottasche, ceniza de pote, nombre con que lo bautizó Humphry Davy al descubrirlo en 1807, fue el primer elemento metálico aislado por electrólisis, en su caso del hidróxido de potasio (KOH), compuesto de cuyo nombre latino, Kalium, proviene el símbolo químico del potasio.

El propio Davy hacía el siguiente relato de su descubrimiento ante la Royal Society of London el 19 de noviembre de 1807: «Coloqué un pequeño fragmento de potasa sobre un disco aislado de platino que comunicaba con el lado negativo de una batería eléctrica de 250 placas de cobre y zinc en plena actividad. Un hilo de platino que comunicaba con el lado positivo fue puesto en contacto con la cara superior de la potasa.

Todo el aparato funcionaba al aire libre. En estas circunstancias se manifestó una actividad muy viva; la potasa empezó a fundirse en sus dos puntos de electrización. Hubo en la cara superior (positiva) una viva efervescencia, determinada por el desprendimiento de un fluido elástico; en la cara inferior (negativa) no se desprendía ningún fluido elástico, pero pequeños glóbulos de vivo brillo metálico completamente semejantes a los glóbulos de mercurio.

Algunos de estos glóbulos, a medida que se formaban, ardían con explosión y llama brillante; otros perdían poco a poco su brillo y se cubrían finalmente de una costra blanca. Estos glóbulos formaban la sustancia que yo buscaba; era un principio combustible particular, era la base de la potasa: el potasio.

La importancia del descubrimiento radica en que confirmó la hipótesis de Antoine Lavoisier de que si la sosa y la potasa reaccionaban con los ácidos de igual modo que los óxidos de plomo y plata era porque estaban formados de la combinación de un metal con el oxígeno, extremo que se confirmó al aislar el potasio y tan sólo una semana después el sodio por electrólisis de la sosa. Además, la obtención del potasio permitió el descubrimiento de otros elementos, ya que dada su gran reactividad es capaz de descomponer óxidos para combinarse y quedarse con el oxígeno; de este modo pudieron aislarse el silicio, el boro y el aluminio.

B. Características principales potasio⁽²⁴⁾

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

C. Presencia de potasio en el agua ⁽²⁴⁾

El ión potasio K^+ , corresponde a sales de muy alta solubilidad y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen tener más de 10 ppm y el agua de mar alrededor de 400 ppm. Su determinación se hace por fotometría de llama. Se elimina por intercambio iónico y ósmosis inversa.

D. Papel biológico ⁽²⁴⁾

Potasio en el cuerpo: El potasio, es el catión mayor del líquido intracelular del organismo humano. Está involucrado en el mantenimiento del equilibrio normal del agua, el equilibrio osmótico entre las células y el fluido intersticial y el equilibrio ácido-base, determinado por el pH del organismo. El potasio también está involucrado en la contracción muscular y la regulación de la actividad neuromuscular, al participar en la transmisión del impulso nervioso a través de los potenciales de acción del organismo humano. Debido a la naturaleza de sus propiedades electrostáticas y químicas, los iones de potasio son más grandes que los iones de sodio, por lo que los canales iónicos y las bombas de las membranas celulares pueden distinguir entre los dos tipos de iones; bombear activamente o pasivamente permitiendo que una de estos iones pase, mientras que bloquea al otro.

El potasio promueve el desarrollo celular y en parte es almacenado a nivel muscular, por lo tanto, si el músculo está siendo formado (periodos de crecimiento y desarrollo) un adecuado abastecimiento de potasio es esencial. Una disminución importante en los niveles de potasio sérico (inferior 3,5 meq/L) puede causar condiciones potencialmente fatales conocida como hipokalemia, con resultado a menudo de situaciones como diarrea, diuresis incrementada, vómitos y deshidratación.

Los síntomas de deficiencia incluyen: debilidad muscular, fatiga, astenia, calambres, a nivel gastrointestinal: íleo, estreñimiento, anomalías en el electrocardiograma, arritmias cardíacas, y en causas severas parálisis respiratorias y alcalosis.

La hiperkalemia, o aumento de los niveles de potasio por encima de 5,5 meq/L, es uno de los trastornos electrolíticos más graves y puede ser causado por aumento del aporte (oral o parenteral: vía sanguínea), redistribución (del líquido intracelular al extracelular) o disminución de la excreción renal.

Por lo general, las manifestaciones clínicas aparecen con niveles mayores a 6,5 meq/L, siendo las principales: cardiovasculares: con cambios en el electrocardiograma, arritmias ventriculares y asístole (paro cardíaco), a nivel neuromuscular: parestesias, debilidad, falla respiratoria y a nivel gastrointestinal náuseas y vómitos.

E. Absorción, filtración y excreción del potasio⁽²⁴⁾

El potasio es absorbido de forma rápida desde el intestino delgado, entre 80 y 90% del potasio ingerido es excretado en la orina, el resto es perdido en las heces.

Los riñones mantienen los niveles normales de potasio en suero a través de su habilidad de filtrar, reabsorber y excretar potasio bajo la influencia de la hormona aldosterona, conjuntamente con el sodio, ambos regulan el balance entre fluidos y electrolitos en el organismo, ya que son los principales cationes del líquido intracelular (potasio) y extracelular (sodio) de los fluidos corporales totales del organismo. La concentración del sodio en el plasma es cerca de 145 meq/L, mientras que la del potasio es de 3,5 a 4,5 meq/L (en plasma).

El plasma es filtrado a través de los glomérulos de los riñones en cantidades enormes, cerca de 180 L/día. Diariamente el sodio y potasio ingerido en la dieta debe ser reabsorbido; el sodio debe ser reabsorbido tanto como sea necesario para mantener el volumen del plasma y la presión osmótica correctamente, mientras que el potasio

debe ser reabsorbido para mantener las concentraciones séricas del catión en 4,8 meq/L (cerca de 190 miligramos). La bomba de sodio debe mantenerse siempre operativa para conservar el sodio. El potasio debe ser conservado algunas veces, pero dado que las cantidades de potasio en plasma son tan pequeñas, y la concentración de potasio a nivel celular es cerca de tres veces más grande, la situación no es tan crítica para el potasio.

Dado que el potasio se transporta pasivamente en respuesta a un flujo contrario al sodio, la orina nunca puede disminuir las concentraciones de potasio en suero, excepto algunas veces donde se observe una excreción activa de agua.

El potasio es secretado doblemente y reabsorbido tres veces antes de que la orina alcance los túbulos colectores del riñón. A este punto usualmente se alcanza la misma concentración en plasma. Si el potasio fuese eliminado de la dieta, obligaría al riñón a una excreción mínima de potasio alrededor de 200 mg/día cuando el potasio en suero decline a 3,0 meq/L en una semana aproximadamente. La bomba de sodio/potasio 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.

La ingesta adecuada de potasio puede ser generalmente garantizada al consumir una variedad de alimentos que contengan potasio, y la deficiencia es muy rara en individuos que consuman una dieta equilibrada.

Los alimentos que son fuente alta de potasio incluyen: las hortalizas (brócoli, remolacha, berenjena y coliflor) y las frutas (los bananos, los

plátanos y las de hueso, como uva, albaricoque, melocotón, cereza, ciruela, etc.), son alimentos ricos en potasio. El potasio es el tercer mineral más abundante en nuestro cuerpo. Está implicado en la reacción de los nervios, en el movimiento muscular y en su mantenimiento saludable.

Las dietas altas en potasio pueden reducir el riesgo de hipertensión y la deficiencia de potasio combinada con una inadecuada ingesta de tiamina ha producido muertes en ratones experimentales.

Los suplementos de potasio en medicina son usados en la mayoría en conjunto con diuréticos de asa y tiazidas, una clase de diuréticos que disminuye los niveles de sodio y agua corporal cuando esto es necesario, pero a su vez causan también pérdida de potasio en la orina.

Individuos nefrópatas o que sufran de enfermedad renal, pueden sufrir efectos adversos sobre la salud al consumir grandes cantidades de potasio.

En la insuficiencia renal crónica, los pacientes que se encuentran bajo tratamiento recibiendo diálisis renal deben recibir una dieta estricta en el contenido de potasio aportado, dado que los riñones controlan la excreción de potasio, la acumulación de potasio sérico por falla renal, puede causar problemas fatales como una arritmia cardiaca fatal. La hipercalemia aguda puede ser reducida a través de tratamiento con soda vía oral, glucosa, hiperventilación y transpiración.

F. Aplicaciones del potasio al unirse con otros elementos

El cloruro y el nitrato se emplean como fertilizantes.

El peróxido de potasio se usa en aparatos de respiración autónomos de bomberos y mineros.

El nitrato se usa en la fabricación de pólvora y el cromato y dicromato en pirotecnia.

El carbonato potásico se emplea en la fabricación de cristales.

La aleación NaK, una aleación de sodio y potasio, es un material empleado para la transferencia de calor.

El cloruro de potasio se utiliza para provocar un paro cardíaco en las ejecuciones con inyección letal.

Otras sales de potasio importantes son el bromuro, cianuro, potasio, yoduro, y el sulfato.

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

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.

Las hortalizas (brócoli, remolacha, berenjena y coliflor) y las frutas (los bananos y las de hueso, como aguacate, albaricoque, melocotón, cereza, ciruela), son alimentos ricos en potasio.

El descenso del nivel de Potasio en la sangre provoca hipopotasemia.

Es uno de los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas y es una de los que se consumen en mayor cantidad, ya que el ion Potasio, que se encuentra en la mayoría de los tipos de suelo, interviene en la respiración

G. 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.

La principal mena de Potasio es la potasa, que se extrae en California, Alemania, Nuevo México, Utah y en Saskatchewan (Canadá) (donde se encuentra en depósitos de evaporita a 900 m de profundidad).

En el futuro pueden convertirse en fuentes importantes de Potasio y sales de potasio muchos yacimientos que se encuentran en otros países, tal es el caso de Argentina, donde se está desarrollando un proyecto en la Provincia de Mendoza y Provincia de Neuquén, por parte de empresas extranjeras.

Los océanos también pueden ser proveedores de Potasio, pero en un volumen cualquiera de agua salada la cantidad de Potasio es mucho menor que la de Sodio, disminuyendo el rendimiento económico de la operación.

H. Propiedades químicas ⁽²⁴⁾

El Potasio debe ser protegido del aire para prevenir la corrosión del metal por el óxido e hidróxido. A menudo, las muestras son mantenidas bajo un medio reductor como el queroseno. Como otros metales alcalinos, el Potasio reacciona violentamente con agua, produciendo hidrógeno. La reacción es notablemente más violenta que la del litio o sodio con agua, y es suficientemente exotérmica para que el gas hidrógeno desarrollado se encienda. Como el potasio reacciona rápidamente con aún los rastros del agua, y sus productos de reacción son permanentes, a veces es usado solo, o como NaK (una aleación con el sodio que es líquida a temperatura ambiente) para secar solventes antes de la destilación. En este papel, el Potasio sirve como un potente desecante. El hidróxido de Potasio reacciona fuertemente con el dióxido de carbono, debido a la alta energía del ion K^+ . El ion K^+ es incoloro en el agua. Los métodos de separación del Potasio incluyen precipitación, algunas veces por análisis gravimétrico.

I. 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.

3.4 Calcio.⁽²⁴⁾

A. Generalidades

El Calcio es un elemento químico, de símbolo Ca y de número atómico 20. Se encuentra en el medio interno de los organismos como ion calcio (Ca^{2+}) o formando parte de otras moléculas; en algunos seres vivos se halla precipitado en forma de esqueleto interno o externo. Los iones de Calcio actúan de co-factor en muchas reacciones enzimáticas, intervienen en el metabolismo del glucógeno, y junto al Potasio y el sodio regula la contracción muscular. El porcentaje de Calcio en los organismos es variable y depende de las especies, pero por término medio representa el 2,45% en el conjunto de los seres vivos; en los vegetales, sólo representa el 0,007%.

B. Características principales⁽²⁴⁾

El Calcio es un metal alcalinotérreo, arde con llama roja formando óxido de calcio. Las superficies recientes son de color blanco plateado pero presenta un cambio físico rápidamente, cambiando a un color levemente amarilla expuestas al aire y en última instancia grises o blancas por la formación de hidróxido al reaccionar con la humedad ambiental. Reacciona violentamente con el agua en su estado de metal (proveniente de fábrica) para formar hidróxido $\text{Ca}(\text{OH})_2$ desprendiendo hidrógeno. De lo contrario en su estado natural no reacciona con el H_2O .

C. Presencia de calcio en el agua ⁽²⁴⁾

El ión Calcio (Ca^{++}) forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como carbonato de calcio (CO_3Ca). Es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, pudiendo llegar hasta 600 ppm. El agua de mar alrededor de 400 ppm. Se determina por complejometría con EDTA. Su eliminación se hace por precipitación e intercambio iónico y ósmosis inversa.

D. Papel biológico del Calcio

El Calcio actúa como mediador intracelular cumpliendo una función de segundo mensajero; por ejemplo, el ion Ca^{2+} interviene en la contracción de los músculos y es imprescindible para la coagulación de la sangre. 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 A_2).

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, $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$. El calcio interviene en la formación de las placas de algunas arterioesclerosis.

E. Absorción y excreción del Calcio ⁽²⁴⁾

El Calcio se absorbe principalmente en el duodeno y también a lo largo del tracto gastrointestinal. La absorción ocurre por dos métodos principales: un sistema de transporte saturable, activo, ocurre en

duodeno y yeyuno proximal y controlado mediante la acción de la vitamina D₃ o 1,25 (OH)₂D₃ (Vitamina D activa), esta vitamina actúa como una hormona y aumenta la captación de calcio en el borde en cepillo de la célula de la mucosa intestinal al estimular la producción de una proteína que se une a la calcio. Un segundo mecanismo de transporte es pasivo, no saturable e independiente de la vitamina D, ocurre a lo largo de todo el intestino. El calcio sólo se absorbe si está en una forma hidrosoluble y no se precipita por otro componente de la dieta como los oxalatos.

Diversos factores influyen de manera favorable la absorción de Calcio, entre ellos; la vitamina D en su forma activa, pH ácido, la lactosa (azúcar de la leche) y existen otros que afectan la absorción como la carencia de la vitamina D, el ácido oxálico (contenido en el ruibarbo, espinaca, acelgas), al ácido fítico (compuesto que contiene fósforo y se encuentra en las cáscaras de los granos de cereales), la fibra dietética, medicamentos, mal absorción de grasas y el envejecimiento. Normalmente la mayor parte del Calcio que se ingiere se excreta en las heces y la orina en cantidades iguales aproximadamente. La excreción urinaria del Calcio varía a través del ciclo vital y con la velocidad del crecimiento esquelético. El Calcio fecal se correlaciona con la ingesta. La ingesta de cafeína y teofilina también se relacionan con la excreción de Calcio. Las pérdidas cutáneas ocurren en la forma de sudor y exfoliación de la piel. La pérdida de Calcio en el sudor es de aproximadamente 15 mg/día. La actividad física extenuante con sudoración aumentará las pérdidas, incluso en las personas con bajas ingestas. La inmovilidad del cuerpo por reposo en cama por tiempo prolongado también aumenta las pérdidas de calcio en respuesta a la falta de tensión sobre los huesos.

F. Deficiencia de Calcio

Cuando la deficiencia es a largo plazo y desde etapas tempranas de la vida, puede causar entre otras consecuencias:

Deformidades óseas: entre ellas la osteomalacia, raquitismo y osteoporosis. La osteoporosis es un trastorno metabólico en el que la masa ósea se reduce sin cambios en la composición corporal, conduciendo a un riesgo incrementado para fracturas con la más mínima tensión. Los factores de riesgo son diversos incluyendo deficiente captación de Calcio, o poca ingesta de Calcio durante los periodos máximos de crecimiento, poca actividad física, alto consumo de café y cigarrillos entre otros. La Osteomalacia, suele relacionarse con una deficiencia de vitamina D y un desequilibrio coincidente en la captación de calcio y fósforo. Se caracteriza por una incapacidad para mineralizar la matriz ósea. Lo que resulta en una reducción del contenido mineral del hueso. La deficiencia de Calcio también puede conducir al Raquitismo, una enfermedad relacionada con la malformación de los huesos en niños, debido a una mineralización deficiente de la matriz orgánica. Los huesos raquíuticos no pueden sostener el peso y tensión ordinaria, que resultan en un aspecto de piernas arqueadas, rodillas confluentes, tórax en quilla y protuberancia frontal del cráneo.

Tetania: niveles muy bajos de Calcio en sangre aumentan la irritabilidad de las fibras y los centros nerviosos, lo que resulta en espasmos musculares conocidos como calambres, una condición llamada tetania.

Otras enfermedades: hipertensión arterial, hipercolesterolemia, cáncer de colon y recto.

G. Aplicaciones del Calcio ⁽²⁴⁾

Agente reductor en la extracción de otros metales como el uranio, circonio y torio. Desoxidante, desulfurizador, o decarburizador para varias aleaciones ferrosas y no ferrosas.

Agente de aleación utilizado en la producción de aluminio, berilio, cobre, plomo y magnesio. Aplicación en muchos productos lácteos o medicamentos para el refuerzo de los huesos humanos, compuestos de Calcio. Si tenemos falta de calcio en nuestros huesos facilitaremos la aparición de enfermedades como la osteoporosis.

H. Abundancia del Calcio

Cristales de Calcio con una pureza del 99.99%. 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).

Calcio esquelético: El Calcio esquelético o el almacenado en los huesos, se distribuye entre un espacio relativamente no intercambiable, que es estable y del espacio rápidamente intercambiable, el cual participa en las actividades metabólicas. El componente intercambiable puede considerarse una reserva que se acumula cuando la dieta proporciona una ingesta adecuada de calcio. Se almacena principalmente en los extremos de los huesos largos y se moviliza para satisfacer el aumento de las necesidades de crecimiento, del embarazo y de la lactancia. En ausencia de dicha reserva, el Calcio debe sustraerse de la misma reserva ósea; si la ingesta inadecuada de

Calcio se prolonga resulta en una estructura ósea deficiente. El Calcio se presenta en los huesos bajo la forma de hidroxapatita, una estructura cristalina que consiste de fosfato de calcio que se arregla alrededor de una matriz orgánica de proteína colagenosa para proporcionar fuerza y rigidez. Muchos otros iones se presentan, como flúor, magnesio, cinc y sodio. Los iones minerales se difunden dentro del líquido extracelular, bañando los cristales y permitiendo el depósito de nuevos minerales. Los mismos tipos de cristales se presentan en el esmalte y la dentina de los dientes, allí hay poco intercambio de minerales y el Calcio no está disponible con facilidad para los periodos de deficiencia.

I. Toxicidad

Una ingesta elevada de Calcio y la presencia de un elevado nivel de vitamina D, puede constituir una fuente potencial de hipercalcemia, es posible que esto favorezca a la calcificación excesiva en huesos y tejidos blandos. También estas ingestas elevadas intervienen con la absorción de hierro, lo mismo para el zinc.

3.5 Bario ⁽²⁴⁾

A. Generalidades

Su descubridor fue Sir Humphrey Davy en Inglaterra en el 1808. Su nombre se deriva del griego "barys" que significa "pesado", en atención a la gran densidad de muchos de sus compuestos. La barita (óxido de bario) fue diferenciada de la cal (óxido de calcio) por Scheele en 1774. El Bario natural fue aislado por Sir Humphrey Davy mediante electrolisis de barita fundida con óxido de mercurio, obteniendo una amalgama de bario.

El Bario es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es Ba y su número atómico es 56. Metal alcalinotérreo, el Bario es el 18º elemento más común, ocupando una parte de 2.000 de la corteza terrestre. Su masa atómica es 137,34. Su punto de fusión está a 725 °C, su punto de ebullición a 1.640 °C, y su densidad relativa es 3,5.

B. Propiedades químicas.

Reacciona con el cobre y se oxida rápidamente en agua. El elemento es tan reactivo que no existe en estado libre en la naturaleza, aunque también se presenta en forma de férricos o azufres no solubles en agua. Algunos de sus compuestos se consideran diamantes.

C. Características principales.

El Bario es un elemento metálico que es químicamente similar al Calcio, pero más reactivo. Este metal se oxida con mucha facilidad cuando son expuestos al aire y es altamente reactivo con el agua o el alcohol, que produce gas hidrógeno. Se quema con el aire o el oxígeno, no sólo produce el óxido de bario (BaO), sino también el peróxido. Simple compuestos de este elemento pesado se destacan por su alto peso específico. Este es el caso del mineral portador de bario más común, sulfato de barita (BaSO₄), también llamado "pesado mástil" debido a la alta densidad (4,5 g /mL).

D. Propiedades físicas.₍₃₀₎

Punto de Ebullición: 1140 °C Punto de Fusión: 850 °C Densidad: 3,5 g/mL Color: plateado. Olor: inodoro. Aspecto: sólido, frágil y blando. Cualquier sal de bario, expuesta al fuego del mechero de Bunsen (el más adecuado para este experimento), colorea la llama de un verde intenso, aún más que el del cobre. Se trata del tercer salto cuántico

(precisamente el fenómeno de coloración del fuego) más bajo detrás del cesio y el rubidio.

E. Aplicaciones del Bario.

El Bario se usa en pirotecnia, como muchos otros elementos de los grupos A. El bario metálico tiene pocas aplicaciones prácticas, aunque a veces se usa para recubrir conductores eléctricos en aparatos electrónicos y en sistemas de encendido de automóviles. El sulfato de bario (BaSO_4) se utiliza también como material de relleno para los productos de caucho, en pintura y en el linóleo. El nitrato de bario se utiliza en fuegos artificiales, y el carbonato de bario en venenos para ratas (por medio de la ingesta). Una forma de sulfato de bario, opaca a los Rayos X, se usa para examinar por Rayos X en el sistema gastrointestinal.

El Bario es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias.⁽⁶⁾

Sus compuestos tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales, pero el Bario presente en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. Los alimentos son la fuente principal de consumo para la población que no está expuesta por motivos laborales, aunque si la concentración de Bario del agua es elevada, el agua de consumo puede contribuir significativamente a la ingesta total.

F. Reseña toxicológica

No hay pruebas de que el bario sea cancerígeno o mutágeno. Se ha comprobado que el Bario produce nefropatías en animales de laboratorio, pero el criterio de valoración toxicológico que implica un

mayor riesgo para las personas parece ser su potencial para causar hipertensión.

G. Antecedentes de la determinación del valor de referencia

La Norma internacional para la calidad del agua potable de la OMS de 1958 no hizo referencia al Bario. La Norma internacional de 1963 recomendó una concentración máxima admisible de 1,0 mg/L, basándose en los posibles efectos perjudiciales para la salud. Las de 1971 indicaron que se debería controlar la presencia de Bario en el agua de consumo, pero que la información disponible era insuficiente para establecer un límite provisional. La primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, concluyó que no era necesario establecer un valor de referencia para el Bario en el agua de consumo, dado que no había ninguna prueba sólida de que las concentraciones bajas de bario que se dan normalmente en el agua tuvieran algún efecto sobre la salud. En las Guías de 1993 se estableció un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el Bario de 0,7 mg/L, dado su potencial para causar hipertensión.

3.6 Litio ⁽²⁴⁾

A. Generalidades

El Litio (griego: λιθίον, «piedrecita») es un elemento químico de símbolo Li y número atómico 3. En la tabla periódica, se encuentra en el grupo 1, entre los elementos alcalinos. En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente en aire o agua. Es el elemento sólido más ligero y se emplea especialmente en aleaciones conductoras del calor, en baterías eléctricas y, sus sales, en el tratamiento de ciertos tipos de depresión. Es el metal más ligero, su densidad es la mitad de la del agua. Al igual que los demás metales

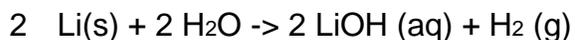
alcalinos es univalente y muy reactivo, aunque menos que el sodio, por lo que no se encuentra libre en la naturaleza. Acercado a una llama la torna carmesí pero, si la combustión es violenta, la llama adquiere un color blanco brillante.

Nomenclatura; El Litio toma su nombre del griego λίθος -ou, "piedra". El nombre del elemento proviene del hecho de haber sido descubierto en un mineral, mientras que el resto de los metales alcalinos fueron descubiertos en tejidos de plantas.

B. Presencia del Litio en el agua

El agua de mar contiene aproximadamente 0.17 mg/L de Litio. Los ríos generalmente contienen 3 mg/L, mientras que el agua mineral contiene 0.05-1.00 mg/L de litio. Cantidades superiores de Litio se encontraron en aguas de Karlsbad, Marienbad y Vichy. En solución se encuentra como Li^+ (aq).

El Litio reacciona fuertemente con el agua formando hidróxido de litio e hidrógeno altamente inflamable. Esta solución incolora es muy básica. Esta reacción exotérmica dura más que la reacción del sodio con el agua, elemento que se sitúa debajo del litio en la tabla periódica.



A 750 °C el Litio reacciona con el hidrógeno para dar lugar al hidruro de litio (LiH). El polvo blanco que se forma libera gas hidrógeno tras una posterior reacción con el agua, en cantidades de 2800 litros por kilogramo de hidruro. De esta forma, el Litio puede aplicarse como un modo de almacenamiento de hidrógeno.

C. Papel biológico del Litio

No se conoce adecuadamente su función biológica, pero se ha encontrado que incrementa la permeabilidad celular y actúa sobre los neurotransmisores, favoreciendo la estabilidad del estado anímico habiendo sido usado para tratar trastornos de bipolaridad

D. Solubilidad del Litio y de sus compuestos

El Litio elemental no es muy soluble en agua, pero reacciona con ésta. Los compuestos del Litio como el cloruro de litio, carbonato de litio, fosfato de litio, fluoruro de litio e hidróxido de litio son más o menos solubles en agua. El hidróxido de litio por ejemplo, tiene una solubilidad de 129 g/L.

Cuáles son los efectos medioambientales del Litio en el agua: Supone un riesgo del nivel 1, débilmente dañino en agua. El Litio no supone una gran amenaza para la fauna y la flora, ni en el continente ni en los medios acuáticos. Las plantas lo absorben fácilmente, por lo que las plantas son un indicador de las concentraciones de Litio en el suelo. El litio no es un mineral de alimentación para las plantas, pero estimula el crecimiento de las mismas, sin embargo un exceso de Litio puede ser tóxico. Para prevenir la toxicidad, se añade Calcio al suelo para prevenir la absorción de minerales más ligeros. La cantidad de Litio en las plantas es normalmente de entre 0.2 y 30.0mg/L.

El peso del ganado caprino que ingiere inferiores cantidades de Litio resulta aumentar menos rápidamente. Este hecho indica el valor nutricional del Litio.

El Litio existe en forma de dos isótopos estables y tres inestables.

Los efectos del Litio en la salud y sus efectos en el agua: La cantidad de Litio en el cuerpo humano es aproximadamente de 7.0 mg. El Litio no presenta uso biológico conocido, y no es absorbido fácilmente por el cuerpo humano. La mayor parte del Litio se excreta directamente. Aunque el Litio no es un elemento esencial, influye en el metabolismo. Tras el consumo oral el Litio puede ser medianamente tóxico. La tolerancia física difiere de un organismo a otro. En los años 40, algunos pacientes que utilizaron cloruro de litio como sustituto de la sal, murieron.

El carbonato de litio se aplica en psiquiatría en dosis bastante próximas al máximo nivel de ingestión. Con concentraciones de 10.0 mg/L en sangre, se presenta un envenenamiento parcial, con 15.0 mg/L aparecen síntomas como confusiones y debilitación de la capacidad de expresión, y a 20.0 mg/L aparece riesgo de muerte.

El contacto con el Litio, como con otros metales alcalinos, da lugar a la formación de ampollas.

E. Aplicaciones del Litio

Por su elevado calor específico, el Litio se emplea en aplicaciones de transferencia de calor, y por su elevado potencial electroquímico constituye un ánodo adecuado para las baterías eléctricas. También se le dan los siguientes usos: Las sales de Litio, particularmente el carbonato de litio (Li_2CO_3) y el citrato de litio, se emplean en el tratamiento de la manía y la depresión bipolar, aunque últimamente, se ha extendido su uso a la depresión unipolar. Es un estabilizador del estado de ánimo. Se piensa que su eficacia contra estos trastornos se basa en sus efectos antagonistas sobre la función serotoninérgica.

F. Abundancia y obtención del Litio

El Litio es un elemento moderadamente abundante y está presente en la corteza terrestre en 65 partes por millón (ppm). Esto lo coloca por debajo del níquel, cobre y wolframio y por encima del cerio y estaño, en lo referente a abundancia. Se encuentra disperso en ciertas rocas, pero nunca libre, dada su gran reactividad. Se encuentra en pequeña proporción en rocas volcánicas y sales naturales. El Litio, junto al hidrógeno y al helio, es uno de los únicos elementos obtenidos en el Big Bang. Todos los demás fueron sintetizados a través de fusiones nucleares en estrellas en la secuencia principal o durante estallidos de supernovas. Industrialmente es obtenido a partir de la electrólisis del cloruro de litio fundido (LiCl).

Desde la Segunda Guerra Mundial la producción de Litio se ha incrementado enormemente, separándolo de las rocas de las que forma parte y de las aguas minerales. Los principales minerales de los que se extrae son lepidolita, petalita, espodumena y amblygonita. En Estados Unidos se obtiene de las salinas de California y Nevada principalmente.

G. Precauciones del Litio

Al igual que otros metales alcalinos, el Litio puro es altamente inflamable y ligeramente explosivo cuando se expone al aire y especialmente al agua. Es además corrosivo por lo que requiere el empleo de medios adecuados de manipulación para evitar el contacto con la piel. Se debe almacenar en un líquido hidrocarburo inflamable como tolueno o nafta.

RESUMEN DE LOS ELEMENTOS SODIO, POTASIO, CALCIO, BARIO Y LITIO

SODIO	POTASIO	CALCIO	BARIO	LITIO
<p>El ión sodio (Na⁺), corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar, suele estar asociado al ión cloruro. El contenido de las aguas dulces esta entre 1 y 150 ppm, pero se pueden encontrar casos de hasta varios miles de ppm. Las aguas de mar contienen alrededor de 11,000 ppm. Es un indicador potencial de la corrosión. La determinación se hace por fotometría de llama</p>	<p>El ión potasio K⁺, corresponde a sales de muy alta solubilidad y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen tener más de 10 ppm y el agua de mar alrededor de 400 ppm. Su determinación se hace por fotometría de llama.</p>	<p>El ión calcio (Ca⁺⁺) forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como carbonato de calcio (CO₃Ca). Es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, pudiendo llegar hasta 600 ppm.</p>	<p>El bario es un elemento metálico que es químicamente similar al calcio, pero más reactivo. Este metal se oxida con mucha facilidad cuando son expuestos al aire y es altamente reactivo con el agua o el alcohol, que produce gas hidrógeno</p>	<p>El agua de mar contiene aproximadamente 0.17 ppm de litio. Los ríos generalmente contienen 3 mg/L, mientras que el agua mineral contiene 0.05-1 mg de litio por litro</p>

CONTINUACION DEL RESUMEN DE LOS ELEMENTOS SODIO, POTASIO, CALCIO, BARIO Y LITIO

SODIO	POTASIO	CALCIO	BARIO	LITIO
<p>El catión sodio (Na⁺) tiene un papel fundamental en el metabolismo celular, por ejemplo, en la transmisión del impulso nervioso) además del impulso nervioso, en la contracción muscular, el equilibrio ácido-base y la absorción de nutrientes por las membranas. El aumento de sodio en la sangre se conoce como hipernatremia y su disminución hiponatremia.</p>	<p>El potasio también está involucrado en la contracción muscular y la regulación de la actividad neuromuscular, al participar en la transmisión del impulso nervioso a través de los potenciales de acción del organismo humano. Los síntomas de deficiencia incluyen: debilidad muscular, fatiga, astenia, calambres, a nivel gastrointestinal: estreñimiento.</p>	<p>El calcio actúa como mediador intracelular cumpliendo una función de segundo mensajero; por ejemplo, el ion Ca²⁺ interviene en la contracción de los músculos y es imprescindible para la coagulación de la sangre. Una ingesta elevada de calcio y la presencia de un elevado nivel de vitamina D, puede constituir una fuente potencial de hipercalcemia, es posible que esto favorezca a la calcificación excesiva en huesos y tejidos blandos.</p>	<p>No hay pruebas de que el bario sea cancerígeno o mutágeno. Se ha comprobado que el bario produce nefropatías en animales de laboratorio, pero el criterio de valoración toxicológico que implica un mayor riesgo para las personas parece ser su potencial para causar hipertensión .</p>	<p>No se conoce adecuadamente su función biológica, pero se ha encontrado que incrementa la permeabilidad celular y actúa sobre los neurotransmisores, favoreciendo la estabilidad del estado anímico habiendo sido usado para tratar trastornos de bipolaridad</p>

3.7 Fotometría de llama ⁽¹¹⁾

A. Generalidades

La fotometría de llama, ahora conocida como espectroscopia de emisión de llama "es un método de análisis instrumental realmente antiguo". Sus orígenes se remontan a la llama de color de las pruebas-Bausen para la identificación cualitativa al determinar los elementos metálicos o cationes. Como un método de análisis, la emisión atómica es una forma rápida, sencilla y sensible para la determinación de las cantidades pequeñas de iones metálicos alcalinos en solución. Debido a las muy estrechas y características líneas de emisión (alrededor de 0,01nm para Ca) de la fase de gas de átomos en el plasma de la llama, el método es relativamente libre de interferencias de otros elementos.

Los límites de detección pueden ser muy bajos. El desempeño en el análisis de elementos típicamente tiene límites de detección entre cerca de 1 mg/mL.

El método es adecuado para muchos elementos metálicos, especialmente para los metales que son fácilmente excitados a niveles de energía más alta en la temperatura relativamente baja de algunas llamas: Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Cu, Sr y Ba. Metaloides y no metales generalmente no producen átomos neutros aislados en una llama, pero lo hacen sobre todo como radicales poliatómicos e iones. Por lo tanto, los elementos no metálicos son adecuados para su determinación por espectroscopia de emisión de llama, a excepción de unos pocos y bajo condiciones muy especializadas.

La fotometría de llama es un método absoluto de análisis, como la gravimetría. Es decir se debe calibrar el método cuidadosamente y con frecuencia, pero muchas y diferentes variables experimentales afectan

a la intensidad de la luz emitida por la llama y que estas encuentren su camino hacia el detector. Por lo tanto, y con frecuencia se requiere una cuidadosa calibración para obtener buenos resultados.

La fotometría de llama se basa en el hecho de que los compuestos alcalinos y metales de las tierras alcalinas pueden ser térmicamente disociado en una llama de baja temperatura (comparando las diferentes combinaciones de oxidantes combustibles que pueden reaccionar) y que algunos de los átomos producidos serán más excitados a un nivel energético superior. Cuando estos átomos regresan al estado fundamental emiten radiación que se encuentra principalmente en la región visible del espectro. Cada elemento emite radiación en una longitud de onda específica para ese elemento.

La siguiente tabla muestra los detalles de la llama de las emisiones atómicas mensurables de los metales alcalinos y de las tierras alcalinas en los términos de la longitud de onda de emisión y el color producido.

Tabla N°.1 Coloración de la llama según longitud de onda de emisión de los elementos.

Elemento	Longitud de onda de emisión (nm)	Color de la llama
Sodio (Na)	589	Amarillo
Potasio (K)	776	Violeta
Bario (Ba)	554	Verde lima
Calcio (Ca)	622	Naranja *
Litio (Li)	670	Rojo

*Nota: El calcio se mide mediante la emisión de hidróxido de calcio en la banda 622 nm ya que la emisión atómica principal del calcio se produce a 423 nm.

B. Advertencias de seguridad.

Al contacto con el aire el gas propano puede causar graves quemaduras de tercer grado. Las manos deben mantener completamente fuera de la "chimenea" del equipo.

- Nunca se ponga la mano encima de la cubierta del quemador.
- Debe utilizarse únicamente agua desionizada o ultrapura (no agua destilada) durante todo el análisis.
- Limpiar todos los objetos de vidrio y enjuagar bien con agua desionizada antes y después de su uso. No hay suficiente sodio en el agua del grifo e incluso en agua destilada para invalidar los resultados. Recuerde también para enjuagar en su lavado varias veces las botellas de plásticos para muestreo y luego llenarlo con agua.

C. Instrumentación.

Para esta determinación se utilizó el fotómetro de llama PFP7 que es un equipo de fotometría de llama diseñado para la determinación rutinaria de sodio y potasio en soluciones acuosas, dos elementos de gran importancia fisiológica. Los rangos "normales" de adultos para el sodio y potasio en el plasma son de 136 a 145 mM y 3,5 a 5,0 mM, respectivamente. Estos niveles corresponden a cerca de 3200 y 170 ug/ml. Si la muestra es el plasma sanguíneo debe diluirse a 100 a 200 veces antes del análisis.

Los filtros adicionales disponibles para este instrumento son para el análisis de litio, calcio y bario. La temperatura de la llama (alrededor de 1700°C en comparación con el oxígeno y acetileno que es de 3100°C) genera fuente de emisión solo de los elementos más fácilmente excitados. Así como el aislamiento de longitud de onda por medio de

un estrecho paso hacia un simple filtro de banda de interferencia que está diseñado para transmitir solamente el doblete típico de sodio, es decir líneas intensa alrededor de 589.0 y 589.6 nm. (Filtros separados deben ser utilizados para transmitir la línea de calcio a 442.7 nm o las dos líneas de potasio en 766.5 y 769.9nm)

El detector es relativamente económico es de fotodiodo resistente. El instrumento se llama fotómetro de "un solo canal" porque puede determinar un elemento a la vez y tiene una lectura directa de salida única. El filtro debe ser cambiado y el instrumento recalibrado para cada elemento diferente.

El instrumento utiliza un aspirador capilar para inyectar la muestra en una cámara de mezcla que contiene un punto de mira plástico con efecto de spray que sirve para mezclar el combustible, el oxidante, y las gotas de la muestra. Esta combinación genera una niebla y solo las gotas más pequeñas pueden entrar en el quemador, la mayoría de las muestras aspiradas se va por el desagüé. El consumo de la solución de la muestra es de 2-6 ml/min.

Los límites de detección del instrumento para cada elemento son: para Sodio 0.2mg/L, Potasio 0.2mg/L, Litio 0.25mg/L, Calcio 15mg/L, y Bario 30 mg/L.

La reproductibilidad es 1% en la desviación estándar relativa de 20 muestras consecutivas usando estándares de sodio calibrado desde 10.0 mg/L hasta 50,0 mg/L al leer en el medidor.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0. DISEÑO METODOLÓGICO.

4.1 Tipo de estudio.

El presente estudio se clasifica como:

Transversal: ya que la investigación se realizó en un tiempo determinado.

Prospectivo: porque servirá de insumo para otros estudios, se van a dejar antecedentes de los resultados de los análisis de los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio.

Experimental: ya que los análisis de determinación de concentración de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en agua se realizó en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

4.2 Investigación bibliográfica.

La recopilación de información bibliográfica se realizó en:

- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador
- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Universidad Alberto Masferrer (USAM).
- Biblioteca de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA)
- Biblioteca de la Universidad Nueva San Salvador (UNSSA)
- Internet.

4.3 Investigación de campo.

A. Universo.

El universo está compuesto por toda el agua que abastece a los sectores del Cantón Ojo de agua, el cual consta de cuatro sectores constituidos por 259 usuarios, además de un nacimiento y tres reservorios de la vertiente, ubicada en la Finca San Valentín.

B. Muestra

Para la toma de muestras se identificaron los lugares de distribución en cada sector para en ambas épocas (lluviosa y seca), con un 95% de probabilidad de certeza.

Para el muestreo se aplicó la formula estadística siguiente:

$$\text{Grupos} = P\sqrt{\text{Universo}}$$

Dónde: $P=0.5$ y universo=número de usuarios por sector.

Sectores de distribución:

- Perla con 65 usuarios.
- Escuela con 64 usuarios.
- Copinol con 56 usuarios.
- zote con 74 usuarios.

Haciendo un total de 259 usuarios, con los que se obtuvo el número de muestras analizadas:

Por ejemplo para el Sector perla: $\text{Grupos} = 0.5\sqrt{65}$

El resultado es $n = 4.03$ equivalente a 4 muestras en ese sector.

Así para cada sector las muestras a tomar son:

- Sector Perla: 4.03 = 4 muestras
- Sector Escuela: 4 muestras
- Sector Copinol: 3.74 = 4 muestras
- Sector Izote: 4.30 = 4 muestras

El número de muestras recolectadas por cada uno de los sectores que conforman el Cantón Ojo de Agua, son 20 muestras. (Ver figura N°8, 9, 10,11)

Por lo cual se hizo la toma de 20 muestras de agua en época lluviosa y 20 muestras de agua en época seca haciendo un total de 40 muestras, distribuidas así:

- 8 muestras en sector Perla y 2 en el reservorio.
- 8 muestras en sector Escuela y 2 en el reservorio.
- 8 muestras en sector Copinol y 2 en el reservorio.
- 8 muestras sector Izote.
- 2 muestras en nacimiento de agua de la zona.

Para este estudio, se identificó la fuente y red de distribución que abastece a la población del Cantón Ojo de Agua, conformada por cuatro sectores utilizando los datos de la directiva (ABAPCOA), del Cantón Ojo de Agua actual ver anexo N°1.

La toma de muestras se realizó en los 4 lugares previamente seleccionados en el Cantón “Ojo de Agua” Municipio de Huizucar.

Para la recolección aleatoria de las muestras de cada sector se visitaron 4 viviendas al azar por cada uno de los sectores, y en sector Perla, Escuela y Copinol se encuentran ubicados los reservorios y el nacimiento, en los cuales se tomaron muestras por cada uno de los lugares.

C. Recolección de la Toma de muestra.

Para la recolección de las muestras se utilizaron recipientes de polietileno, con una capacidad de 1 Litro de boca ancha y con tapa rosca de seguridad en el cierre.

Se procedió de la siguiente manera:

- A. Para cada sector de distribución: en la toma de muestra se llenó el frasco directamente del grifo, del cual previamente se dejó correr el agua por 2 minutos y luego se recolecto la muestra. (Ver figura N°8)
- B. En los tres reservorios se realizaron tratamientos de agua previos a su distribución: El primero ubicado en sector Perla, el segundo en sector Escuela y el tercero en sector Copinol, en los reservorios, la muestra se recolecto con una soga y un depósito sujetado con peso en el extremo final y se sumergió en el agua a una profundidad aproximada a la mitad de su capacidad. (Ver figura N°2)
- C. En el nacimiento, se recolecto la muestra de agua directamente de la tubería de rebalse y de igual manera que en las viviendas seleccionadas al azar en los diferentes sectores
- D. (Ver literal A.).
- E. Al tomar las muestras se llenó completamente el frasco y se tapó evitando la introducción de burbujas de aire.
- F. Se etiquetaron las muestras identificando el lugar, fecha, nombre de la muestra, nombre del recolector, análisis a realizar, número de muestra y nombre de la muestra.
- G. Se almacenaron los frascos en una hielera con hielo picado para mantener la cadena de frío.

4.1 PARTE EXPERIMENTAL

Preparación de Soluciones Estándar

La preparación de las soluciones estándares de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio se desarrolló como sigue.

Sodio.

Preparación de diluciones de estándar de sodio partiendo del estándar de Sodio de 1000 mg/L, utilizando la fórmula (1):

$$V_1 C_1 = V_2 C_2 \quad (1)$$

Despejando v_1 :

$$V_1 = \frac{(V_2)(C_2)}{C_1}$$

Donde el volumen de estándar de 1000 mg/L para preparar 100 mL de una solución madre de 100 mg/L para estándar de Sodio:

Dónde:

V_1 = Volumen de estándar a tomar.

V_2 = 100.0 mL

C_1 = 1000 mg/L

C_2 = 100 mg/L

$$V_1 = \frac{V_2 C_2}{C_1} = \frac{(100.0 \text{ mL})(100 \text{ mg/L})}{(1000 \text{ mg/L})} = 10.0 \text{ mL}$$

Las alícuotas a tomar para preparar 50.0 mL de cada una de las concentraciones (5.0, 10.0, 15.0, 20.0 mg/L) partiendo de la solución madre de 100.0 mg/mL se calculan como sigue:

(Ver figura N°1)

Dónde:

V_1 = ?

V_2 = 50.0 mL

C_1 = 100.0 mg/L

C_2 = 5.0 mg/L

$$V_1 = \frac{V_2 C_2}{C_1} = \frac{(50.0 \text{ mL})(5.0 \text{ mg/L})}{(100 \text{ mg/L})} = 2.5 \text{ mL}$$

Para el Bario y el Litio se hará una solución de 10.0 mg/L partiendo de 100.0 mg/L como sigue:

Dónde:

$V_1 = ?$

$V_2 = 50.0 \text{ mL}$

$C_1 = 10.0 \text{ mg/L}$

$C_2 = 100.0 \text{ mg/L}$

$$V_1 = \frac{V_2 C_2}{C_1} = \frac{(50.0 \text{ mL})(10.0 \text{ mg/L})}{(100 \text{ mg/L})} = 5.0 \text{ mL}$$

TABLA N° 2. Alícuotas y concentraciones empleadas de los elementos: Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio.

ELEMENTO	ALICUOTAS A TOMAR (mL)	VOLUMEN A LLEVAR (mL)	CONCENTRACION A LEER EN FOTOMETRO DE LLAMA (mg/L)
SODIO	2.5	50.0	5.0
	5.0		10.0
	7.5		15.0
	10.0		20.0
POTASIO	5.0	50.0	10.0
	10.0		20.0
	15.0		30.0
	20.0		40.0
CALCIO	25.0	50.0	12.5
	50.0		25.0
	75.0		37.5
	100.0		50.0
BARIO	30.0	50.0	15.0
	60.0		30.0
	90.0		45.0
	120.0		60.0
LITIO	10.0	50.0	5.0
	20.0		10.0
	30.0		15.0
	40.0		20.0

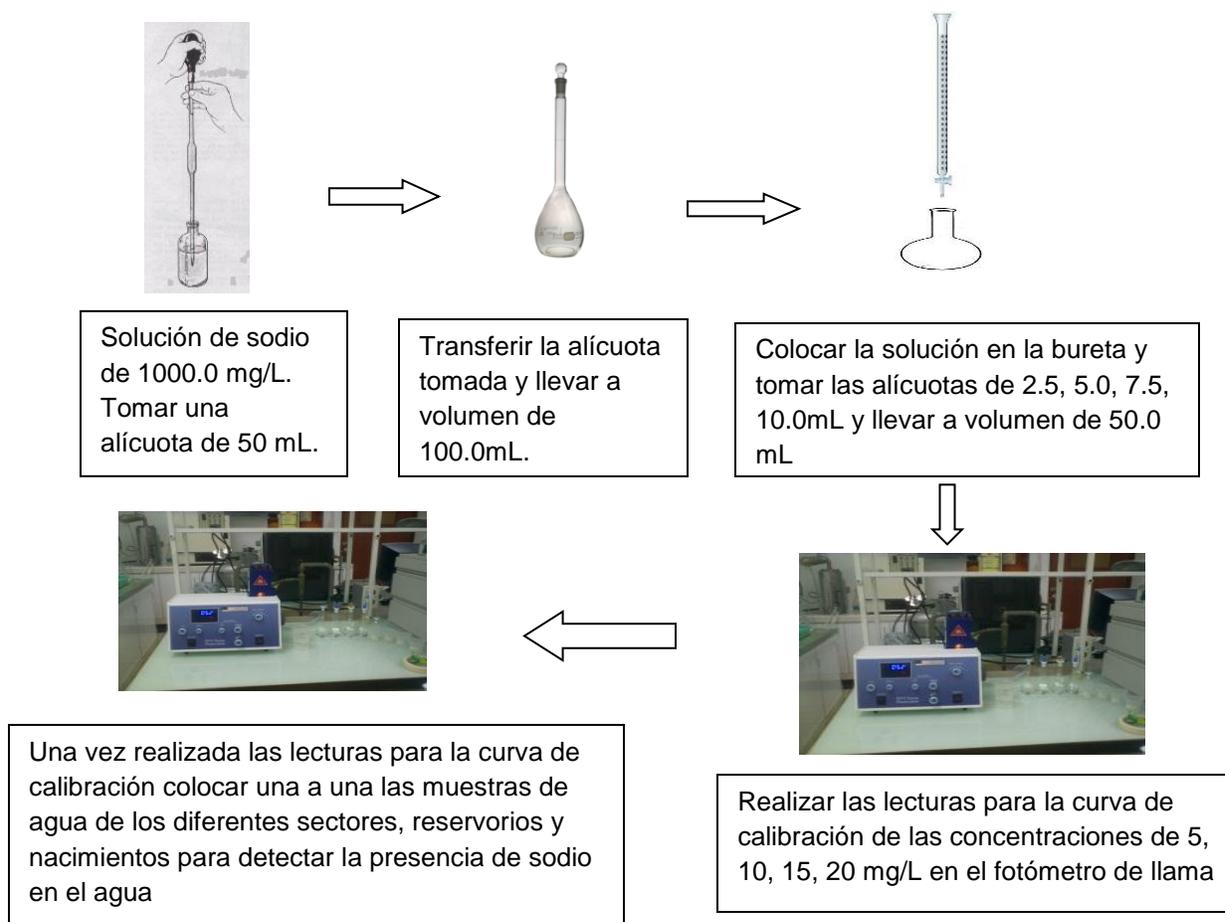


Figura N° 1: Alícuotas y concentraciones a tomar para elemento: Sodio.

Nota: Realizar este procedimiento para los diferentes elementos: Potasio, Calcio, Bario y Litio.

A. Procedimiento para la medición de emisión de llama para los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio.

- i. Encender la bomba, abrir la llave de paso de gas combustible.
- ii. Encender el equipo presionando la tecla "POWER".
- iii. Presionar "IGNITION" dando paso al propano, dar 3 vueltas con la perilla "FUEL", esperar que se encienda la llama (verificar encendido en la ventana de chimenea), y mantener presionado el

encendedor eléctrico hasta que se encienda el indicador rojo en la pantalla digital.

- iv. Encendida la llama se regula para que quede una llama lo mas azul posible y con las coronas de llama lo más alto posible.
- v. Seleccionar el filtro del elemento a medir.

B. Medición de soluciones estándar y muestras⁽¹⁸⁾

- i. Colocar en un vaso de precipitado de Nalgene de 25mL agua desionizada y colocarlo en el capilar de abastecimiento de muestra del fotómetro de llama para que lo aspire y ajustar el blanco a cero una vez con la perilla “BLANK”.
- ii. Ajustado el cero, en otro vaso de precipitado agregar la solución estándar de más alta concentración (20.0mg/L para sodio) y colocarlo en el fotómetro para que lo aspire y ajustar la lectura a la mayor emisión con las perillas de sensibilidad si es necesario.
- iii. Obtenidos los valores anteriores, realizar varias lecturas (4 lecturas) para comprobar la repetitividad de estos valores.
- iv. Realizar la Medición de soluciones estándares de concentración de 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L y 20 mg/L, por lo que se llenan vasos de nalgene con cada una de las soluciones estándares, uno a uno desde el de menor concentración al de mayor concentración. Se aspiran a través del capilar de abastecimiento hasta obtener una lectura estable, en cada uno de ellos anotar la lectura tomando en cuenta que entre cada lectura se debe lavar el capilar de abastecimiento con agua desionizada, una vez calibrado se pasa a determinar la curva de calibración.

- v. Análisis de muestras: al elaborar la curva de calibración del elemento respectivo a analizar, se procederá con las muestras de la siguiente manera, filtrar la muestra, agitar la muestra filtrada por 1 minuto, llenar un vaso de nalgene de 25mL con la muestra y colocarlo bajo el capilar de abastecimiento y realizar la lectura de emisión hasta que sea constante, lavar el capilar con agua desionizada entre cada lectura de muestra.

Nota: Repetir el paso ii y iv para las soluciones de Potasio, Calcio, Bario y Litio en procesos separados.

Para realizar la curva de calibración de los estándares se utilizó el programa Excel.

CAPÍTULO V
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

5.1 Diseño de toma de muestra en los sectores que conforman el sistema de distribución de agua del proyecto ubicada en el Cantón “Ojo de Agua” (Ver anexos N°1 y N° 6).

La toma de muestra se realizó al azar, para la recolección se utilizaron recipientes de polietileno, con una capacidad de 1 litro y con tapa rosca de seguridad en el cierre.

Las tomas de muestras en época lluviosa se realizaron en noviembre del 2012 y época seca, en Marzo de 2013, se tomaron 20 muestras en el proyecto de agua ABAPCOA para cada una de las épocas.

Las primeras muestras de agua se tomaron en los reservorios y en el nacimiento. Para cada sector se visitaron las viviendas de los beneficiarios de acuerdo al número de muestra de cada sector.

Tabla N° 3: Identificación de los puntos toma de muestra de agua en cada sector en época lluviosa

Identificación de la toma de muestra de agua por sector en época lluviosa	
Sector Perla	Sector Escuela
1. Ana Lilian Dimas De Mejivar.	1. Ángela Cárcamo Miguel.
2. Teresa de Jesús Escobar.	2. Adrian Palacios.
3. Vilma Carolina Pérez de Mejía.	3. Teresa de Jesús Escobar.
4. Balbino Pineda Mancia.	4. Rito Belloso Gómez.
Sector Izote	Sector Copinol.
1. María Concepción Gutiérrez de Rojas.	1. Julio Mejía Guzmán.
2. Sara Cristina Palacios de Gómez.	2. María Enecon López.
3. Mauricio Gómez Rojas.	3. José Nilo Mejía Gómez.
4. Juan Pablo Dimas Gómez.	4. María Elena Palacios Cárcamo.

El sistema de la toma de muestra en cada temporada fue el siguiente: los reservorios, nacimiento y por último en cada sector como se indicó en el diseño metodológico.

Tabla N° 4: Identificación de la toma de muestra de agua en cada sector en época seca

Identificación de la toma de muestra de agua por sector en época seca	
Sector Perla	Sector Escuela
1. Miguel Ayala Fuentes.	1. Moisés Antonio castro Morales.
2. Ever Gómez Miguel.	2. Luz Morales de Castro.
3. María Estela Dimas de Valladares.	3. José Luis de Bernal.
4. Dalia Yanira Pineda Torre.	4. María Ester Gómez de Linares.
Sector Izote	Sector Copinol.
1. Luis Alonso Aguilar.	1. José Ricardo Palacios.
2. Ángel Segura Gómez.	2. Salvador Gómez Ramírez.
3. Deysi del Carmen Melara Miguel.	3. Ricardo Gómez Gómez.
4. Nelson Gutiérrez.	4. José Germán Gómez.



Figura N°2: Recolección de muestras de agua en los tres reservorios: A) sector Perla, B) sector Escuela y C) sector Copinol, la muestra se recolecta con una soga y un depósito sujetado con peso y se sumergió en el agua a una profundidad aproximada del reservorio.

5.2 Resultados de los Análisis de agua por Fotometría de Llama.

Con respecto al análisis de la concentración de los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio por el método de fotometría de llama en las muestras recolectadas en época seca y época lluviosa, se procedió, según parte experimental (ver 2.4), presentando los siguientes resultados en la época lluviosa.

Tabla N°5: Lectura de emisión (E) para los estándares de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en época lluviosa.

#	Estándar de sodio		Estándar de potasio		Estándar de Calcio		Estándar de Bario		Estándar de Litio	
	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E
1	5.0	3.2	10.0	14.5	25.0	10.0	30.0	5.3	10.0	9.0
2	10.0	5.7	20.0	25.4	50.0	18.5	60.0	10.9	20.0	20.0
3	15.0	8.5	30.0	34.0	75.0	30.0	90.0	17.0	30.0	30.0
4	20.0	10.9	40.0	42.0	100.0	62.0	120.0	23.0	40.0	40.0

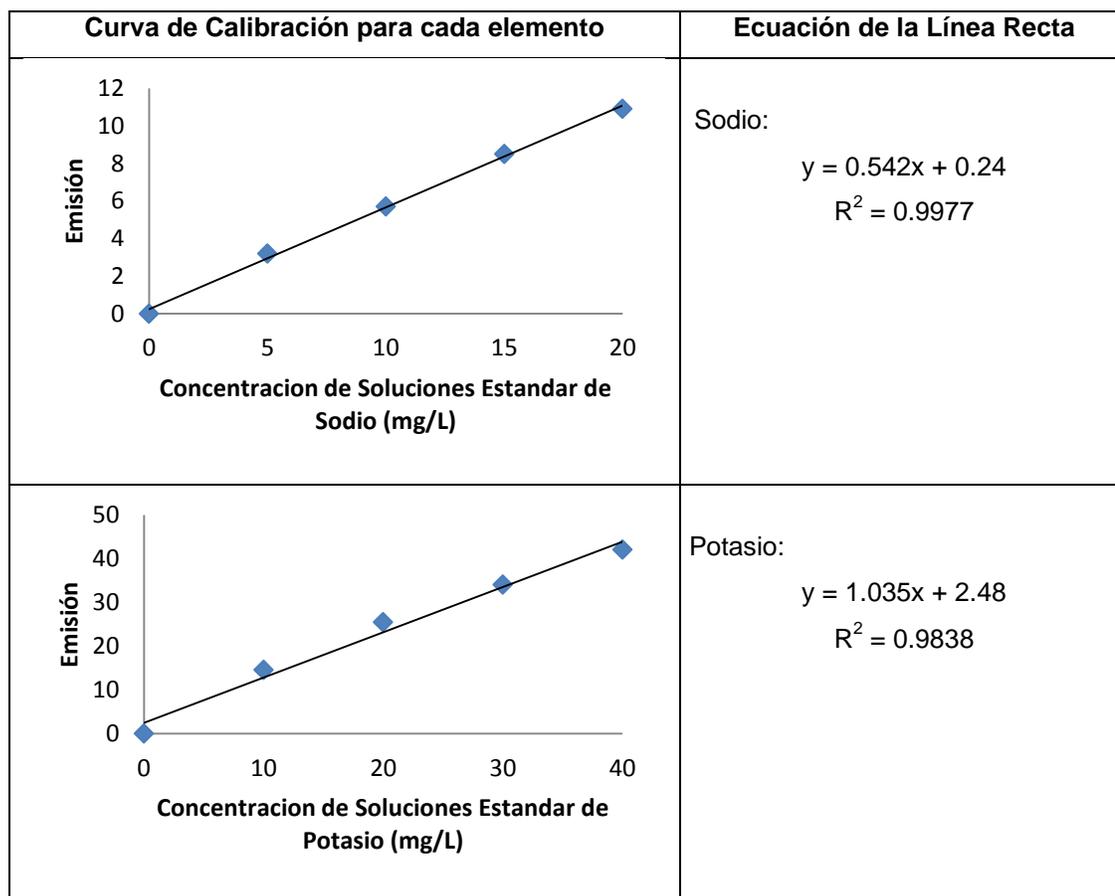


Figura N° 3: Curva de Calibración de Sodio y Potasio en época lluviosa

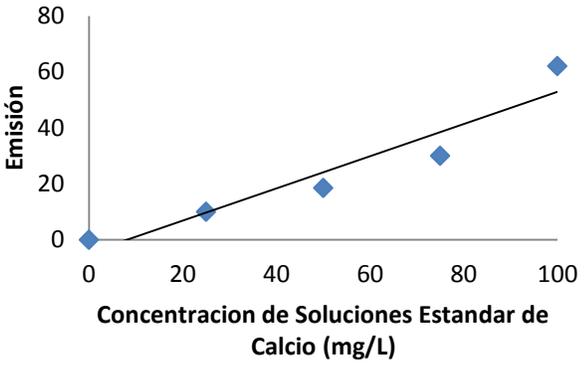
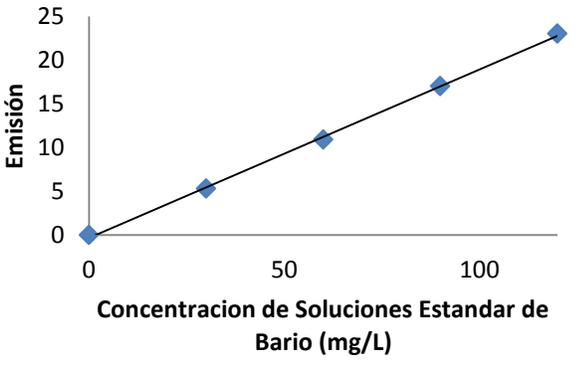
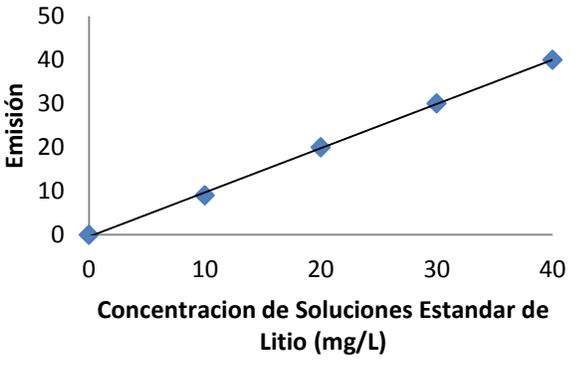
Curva de calibración	Ecuación de la Línea Recta
 <p>Emisión</p> <p>Concentración de Soluciones Estandar de Calcio (mg/L)</p>	<p>Calcio:</p> $y = 0.576x - 4.7$ $R^2 = 0.9086$
 <p>Emisión</p> <p>Concentración de Soluciones Estandar de Bario (mg/L)</p>	<p>Bario:</p> $y = 0.1923x - 0.3$ $R^2 = 0.9992$
 <p>Emisión</p> <p>Concentración de Soluciones Estandar de Litio (mg/L)</p>	<p>Litio:</p> $y = 1.01x - 0.4$ $R^2 = 0.9993$

Figura N° 4: Curva de Calibración de calcio, bario y litio en época lluviosa

Tabla N°6: Resultados obtenidos de las concentraciones de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio de las muestras de agua recolectadas en época lluviosa (Noviembre de 2012) por el método de Fotometría de llama.

Muestras de agua recolectadas en época lluviosa.	Resultados de Emisión de los elementos				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	5.9	4.2	2.3	2.3	≤ 0
Reservorio del sector Perla	5.6	4.7	2.6	2.2	≤ 0
Reservorio del sector Escuela	5.7	4.4	3.0	2.2	≤ 0
Reservorio del sector Copinol	5.8	4.5	3.5	2.1	≤ 0
Sector Perla					
1 Ana Lilian Dimas de Menjivar	5.7	4.4	3.6	2.3	≤ 0
2 Teresa de Jesús Escobar	5.6	4.2	4.0	2.3	≤ 0
3 Vilma Carolina Pérez de mejía	5.5	4.2	4.5	1.8	≤ 0
4 Balbino Pineda Mancia	5.5	4.4	4.5	2.3	≤ 0
Sector Escuela					
1 Ángela Cárcamo Miguel	6.0	4.8	3.9	1.7	≤ 0
tr2 Adrián Palacios	5.8	4.6	3.5	2.0	≤ 0
3 Teresa de Jesús Escobar	5.9	4.7	4.2	2.1	≤ 0
4 Rita Beloso Gómez	6.0	4.5	3.2	1.5	≤ 0
Sector Copinol					
1 Julio Mejía Guzmán	5.9	4.2	3.9	1.9	≤ 0
2 María Enecom López	5.2	4.5	4.0	2.3	≤ 0
3 José Nilo Mejía Gómez	5.3	4.3	4.2	2.2	≤ 0
4 María Elena Palacios Cárcamo	5.6	4.3	3.6	2.2	≤ 0
Sector Izote					
1 María Concepción Gutiérrez	5.8	4.8	3.8	2.3	≤ 0
2 Sara Cristina Palacios	5.4	4.5	4.6	1.8	≤ 0
3 Mauricio Gómez Rojas	5.3	4.8	3.6	1.9	≤ 0
4 Juan Pablo Dimas Gómez	5.5	4.7	3.4	2.1	≤ 0

Los Resultados de las muestras analizadas en la temporada Lluviosa fueron, en el anexo N°6 se encuentran los resultados de todos los análisis.

Tabla N°7: Promedios obtenidos de las Concentraciones de las muestras de agua recolectadas en época lluviosa (Noviembre de 2012) por el método de Fotometría de llama.

Muestras (Noviembre de 2012)	Resultados de las concentraciones en (mg/L) de los elementos(PROMEDIO DE CADA SECTOR)				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	5.8	1.0	12.1	13.5	No Detectado
Reservorio del sector Perla	5.8	2.1	12.6	12.4	No Detectado
Reservorio del sector Escuela	5.7	1.9	13.3	13.0	No Detectado
Reservorio del sector Copinol	5.8	1.9	14.2	12.4	No Detectado
Sector Perla	9.8	1.7	15.3	12.8	No Detectado
Sector Escuela	10.4	2.0	14.7	11.0	No Detectado
Sector Copinol	9.6	1.7	14.9	12.7	No Detectado
Sector Izote	9.6	2.1	14.8	12.0	No Detectado

Se utilizó la ecuación lineal de la curva de cada elemento individual para obtener la concentración de dichos elementos en cada época estudiada:

Por ejemplo para la ecuación Lineal de Sodio se obtuvieron los siguientes datos:

Ecuación de la línea recta:

$$Y=0.542X+0.24$$

Donde Y: es el valor de la emisión promedio obtenida de sodio que es de 5.66mg/L

Despejar X para obtener la concentración y sustituyendo en Y=

$$Y -0.24=0.542X$$

$$X=5.9-0.24$$

$$X=5.66/0.542$$

$$X=10.4 \text{ mg/L}$$

Nota: se realizó el mismo procedimiento a partir del valor promedio de las emisiones de cada elemento (Potasio, Calcio, Bario y Litio) para obtener la concentración de cada uno de ellos.

Tabla N° 8: Lectura de emisión (E) para los estándares de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en época seca.

#	Estándar de sodio		Estándar de potasio		Estándar de Calcio		Estándar de Bario		Estándar de Litio	
	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E
1	5.0	2.4	10.0	16.3	25.0	52.4	30.0	7.2	10.0	9.8
2	10.0	4.3	20.0	28.3	50.0	75.5	60.0	11.5	20.0	21.2
3	15.0	7.0	30.0	44.0	75.0	92.1	90.0	19.5	30.0	43.5
4	20.0	9.4	40.0	60.2	100.0	130.1	120.0	23.5	40.0	47.7

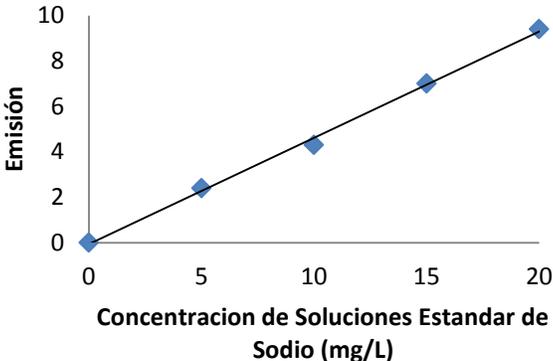
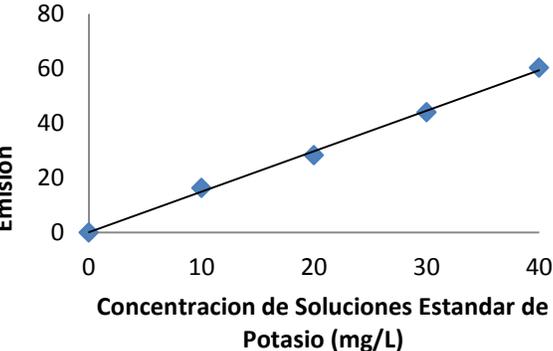
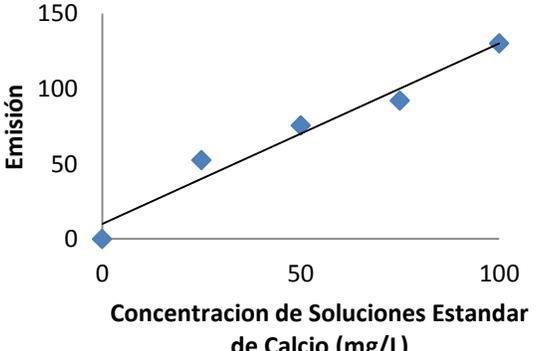
Curva de Calibración para cada elemento	Ecuación de la Línea Recta
 <p>Emisión</p> <p>Concentración de Soluciones Estandar de Sodio (mg/L)</p>	<p>Sodio:</p> $y = 0.468x - 0.06$ $R^2 = 0.9976$
 <p>Emisión</p> <p>Concentración de Soluciones Estandar de Potasio (mg/L)</p>	<p>Potasio:</p> $y = 1.481x + 0.14$ $R^2 = 0.9977$
 <p>Emisión</p> <p>Concentración de Soluciones Estandar de Calcio (mg/L)</p>	<p>Calcio:</p> $y = 1.1996x - 10.04$ $R^2 = 0.9629$

Figura N° 5: Curva de Calibración de sodio, potasio y calcio en época seca

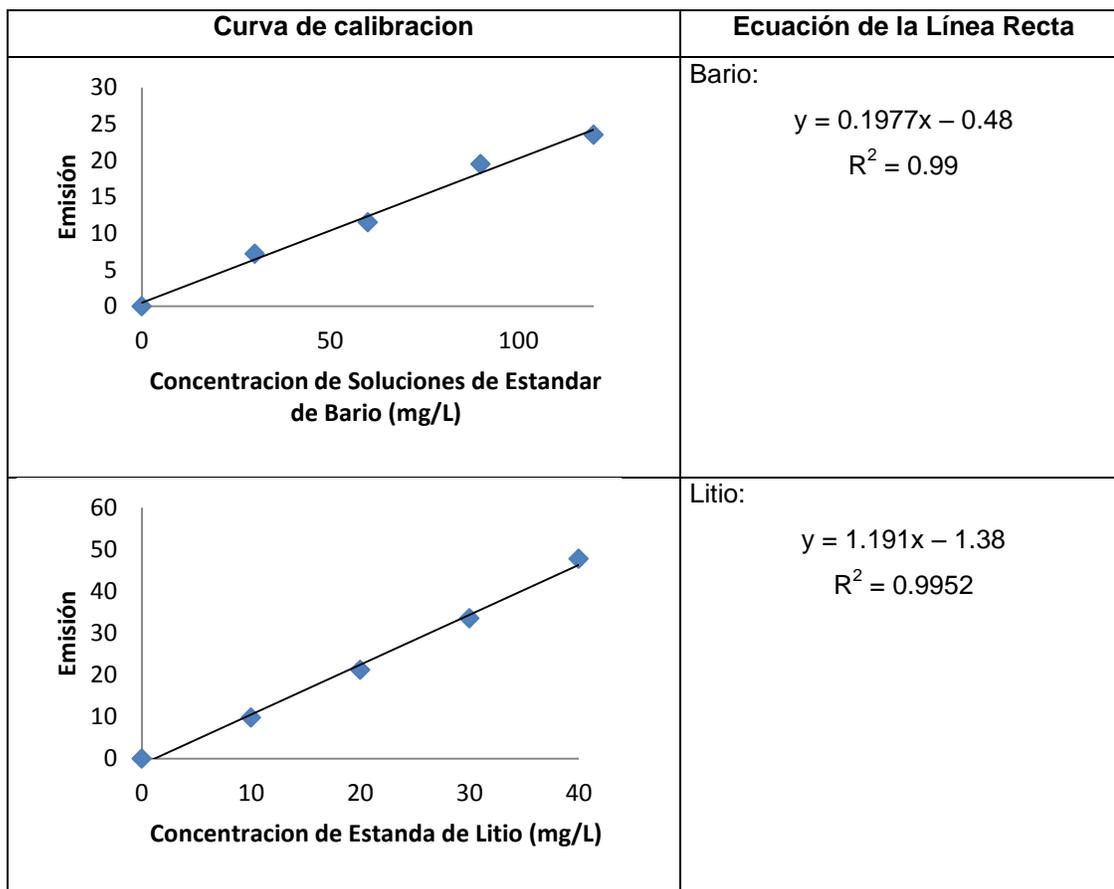


Figura N° 6: Curva de Calibración de bario y litio en época seca

Tabla N° 9: Promedios obtenidos de las concentraciones de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en las muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013) por medio del método de Fotometría de llama.

Muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013)	Resultados de Emisión de los elementos				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	51.9	48.1	2.7	1.3	≤ 0
Reservorio del sector Perla	52.4	48.2	2.9	1.3	≤ 0
Reservorio del sector Escuela	52.2	48.1	3.6	1.7	≤ 0
Reservorio del sector Copinol	52.6	48.2	3.2	1.2	≤ 0
Sector Perla					
1Miguel Ayala Fuentes	57.2	48.7	2.7	1.8	≤ 0
2Ever Gómez Miguel	57.3	48.5	3.0	1.7	≤ 0
3Maria Estela Dimas	57.1	48.7	2.9	1.6	≤ 0
4Dalia Yanira Pineda Torres	56.9	48.9	3.8	2.0	≤ 0
Sector Escuela					
1Moises Antonio Castro Morales	58.1	48.8	3.7	1.9	≤ 0
2Luz Morales de Castro	58.6	48.4	2.7	2.0	≤ 0
3Jose de Bernal	58.4	48.5	2.8	2.1	≤ 0
4Maria Ester Gomes de Linares	60.0	48.5	2.9	1.8	≤ 0
Sector Copinol					
1Jose Ricardo Palacios	49.1	48.8	4.6	1.7	≤ 0
2Salvador Gómez Ramírez	49.3	48.5	3.5	2.0	≤ 0
3 Ricardo Gómez Gómez	50.2	48.7	3.7	1.7	≤ 0
4 José German Gómez	50.8	48.7	4.4	1.8	≤ 0
Sector Izote					
1Luis Alonso Aguilar	58.6	50.5	3.2	1.9	≤ 0
2Angel Segura Gómez	58.2	48.5	2.9	2.0	≤ 0
3Deysi del Carmen Melara	58.0	48.2	4.6	1.8	≤ 0
4Nelson Gutiérrez	57.7	48.7	3.4	1.8	≤ 0

Tabla N° 10: Promedios obtenidos de las Concentraciones de las muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013) por medio del método de Fotometría de llama.

Muestras (Abril de 2013)	Resultados de las concentraciones en (mg/L) de los elemento (PROMEDIO DE CADA SECTOR)				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	111.7	32.3	1.1	4.1	No Detectado
Reservorio del sector Perla	113.1	32.4	1.3	4.1	No Detectado
Reservorio del sector Escuela	111.7	32.3	1.5	6.1	No Detectado
Reservorio del sector Copinol	112.5	32.4	1.9	3.6	No Detectado
Sector Perla	122.1	32.7	1.4	6.4	No Detectado
Sector Escuela	125.7	33.1	1.3	7.3	No Detectado
Sector Copinol	106.6	33.0	2.2	6.6	No Detectado
Sector Izote	124.3	33.0	1.6	6.9	No Detectado

Se utilizó la ecuación lineal de la curva de cada elemento individual para obtener la concentración de dichos elementos en cada Época estudiada:

Por ejemplo para la ecuación lineal de Sodio se obtuvieron los siguientes datos:

Ecuación de la línea recta:

$$Y=0.468 X - 0.06$$

Donde Y: es el valor de la emisión promedio obtenida de sodio que es de 57.26 mg/L

Despejar X para obtener la concentración y sustituyendo en Y:

$$-0.468 X = -0.06 - 57.26$$

$$-0.468 X = -57.26$$

$$X = -57.26 / -0.468$$

$$X = 122.3 \text{ mg/L}$$

Nota: se realizó el mismo procedimiento a partir del valor promedio de las emisiones de cada elemento (Potasio, Calcio, Bario y Litio) para obtener la concentración de cada uno de ellos.

Los resultados de la determinación de concentración Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio por el método de fotometría de llama en las muestras recolectadas de agua potable del proyecto ABAPCOA se comparó con respecto al valor establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:04 Agua, Agua Potable (segunda actualización), Norma de Capre sobre la Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana, Norma de la Calidad de Agua Potable de Perú y Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud, las se especifican a continuación en la siguiente tabla :

Tabla N°11.Comparación de promedios obtenidos en el análisis de las muestras de agua recolectadas en cada época con respecto a los límites establecidos según Normativas para Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio

Elemento	Época lluviosa	Época seca	Límites Máximos
Sodio	9.85 mg/L	119.68 mg /L	200.0 mg/L
Potasio	1.87 mg/L	32.95 mg /L	10.0 mg/L
Calcio	14.92 mg/L	1.62 mg /L	250.0 mg/L
Bario	12.12 mg/L	6.80 mg /L	0.7 mg/L
Litio	No detectado	No detectado	5.0 mg/L

Los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua recolectadas en ambas épocas del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar tiene una concentración de Sodio de 9.85mg/L en época lluviosa y 119.68mg/L en época seca; no supera el límite del valor sino que está bajo de 200mg/L que establece la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04.

Para Potasio la concentración 1.87mg/L en época lluviosa no pasa el límite de la Norma de Capre sobre la calidad de agua Potable de la Republica Dominicana 10.0 mg/L, el valor 32.95 mg/L de la época seca es mayor de lo permitido por la Norma debido a un aumento en concentración de Potasio en el agua y esto puede llegar a producir una hiperkalemia que es un trastorno hidroelectrolítico que se define como un nivel elevado de potasio, cuyos síntomas son generalmente inespecíficos e incluye malestar general, palpitaciones y debilidad muscular.

La concentración de Calcio en las muestras recolectadas tiene un promedio en época seca 14.92mg/L y en época lluviosa 1.62mg/L por lo que no pasa el valor 250.0 mg/L permitido por la Normativa de Agua de la Organización Mundial de la Salud y de las Características del Agua Potable Año 2005. En las muestras recolectadas de agua para determinar la concentración de Bario tiene un promedio en época lluviosa de 12.12mg/L y en época seca de 6.80 mg/L lo cual pasa el valor de 0.7mg/L de la Normativa Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04., y Norma de Agua Potable de La Organización Mundial de la

Salud. En las Guías de 1993 se estableció un valor de referencia de 0.7 mg/L basado en efectos sobre la salud dado su potencial puede causar hipertensión.

Para la concentración de Litio en las muestras recolectadas de agua en época seca y época lluviosa se obtuvo un valor menor o igual a cero la presencia de Litio en el agua y según la Norma de la Calidad de Agua de Perú .OPS/CEPIS/96, es de 5.0mg/L; por lo cual cumple con ambas normativas.

5.3 SOCIALIZACION.

Una vez obtenidos los resultados se coordinó con los líderes de la comunidad una asamblea a la cual asistió una cantidad de miembros habitualmente representativa, en la que se nos dio un espacio para presentarnos como estudiantes de la Facultad de Química y farmacia de la Universidad Nacional de El Salvador, en realización de nuestro trabajo de graduación el cual consistió en el análisis de los elementos, Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio presentes en el agua, se dio a conocer los sectores y el proceso de recolección de muestras de agua tanto en época seca como en época lluviosa y su traslado para ser analizado en el Laboratorio de la Facultad.

Brevemente se explicó el análisis realizado el laboratorio, se dio a conocer el resultado de las concentraciones de los elementos ya mencionados encontrados en el agua recolectada y sus variantes con respecto a las concentraciones establecidas por las normas de agua potable. (Ver anexo N°4)

Esto despertó un enorme interés en los presentes, se dejó a la directiva y algunos miembros de la comunidad un informe del estudio con el objetivo de informar, concientizar e incentivar a realizar las gestiones a las autoridades competentes, como el Ministerio de Salud.

En este informe se habla de la definición del agua potable, el análisis realizado al agua recolectada en la comunidad, los resultados obtenidos de la concentración de los elementos y su comparación con las concentraciones en las normativas de agua potable, los probables riesgos contaminantes al agua y las recomendaciones a la comunidad para realizar las acciones necesarias hacia el cuidado del agua, realización de más análisis: pH, dureza del agua, análisis microbiológicos, etc. Para establecer calidad en el agua y que sea apta para el consumo humano.

**FOTOGRAFIAS DE LA REUNION GENERAL DEL PROYECTO DE AGUA
DEL CANTON OJO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE HUIZUCAR
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.**



Figura N°7: Directiva ABAPCOA con sus respectivos informes de resultados de análisis de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en agua que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua.



a.



b.

Figura N°8: Socialización de resultados de análisis de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en agua, en reunión general ABAPCOA. (a y b explicando la importancia del análisis de agua para que se considere potable).

CAPITULO VI
CONCLUSIONES.

6.0 CONCLUSIONES

1. El Sodio cumplió con los valores establecidos por la “Norma Salvadoreña obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:04”, y “Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud”; y Calcio cumplió con el valor establecido por “Características del Agua Potable “por Jorge A. Orellana para la Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud.
2. Se analizó la concentración de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio por el método de fotometría de llama en las muestras recolectadas en época seca y época lluviosa en el Laboratorio Físicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia, en el cual los análisis demostraron la presencia de Sodio, Potasio, Calcio, Bario en concentraciones variables según su respectiva norma como Norma Salvadoreña obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:04, y Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud, Norma de Capre sobre La Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana, Norma de la Calidad de Agua Potable de Perú. OPS/CEPIS/96, y aunque no se detectó presencia de Litio.
3. El Potasio cumplió con el valor establecido por la “Norma de Capre sobre La Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana” en época lluviosa. No así en época seca se encontró una concentración de 32.95 mg/L que sobrepasa el valor establecido que es de 10 mg/L, esto debido a que en época seca

hay poca irrigación de agua en el nacimiento, que ocasiona aumento en la concentración del Potasio.

4. Con respecto al Bario no cumple con la “Norma Salvadoreña obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:04”, y “Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud” porque sobrepasa los valores establecidos que es de 0.7 mg/L, la concentración de Bario en las muestras de agua recolectadas en época lluviosa y época seca sobrepasa los límites permitidos por la Normativa, este resultado puede ser ocasionado por los desechos contaminantes como baterías de carro, pirotecnia, etc.
5. En los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua recolectadas en época lluviosa y época seca no se detectó la presencia de litio que es uno de los elementos que más perjudican la salud si sobrepasa los 10 mg/L permitidos según la “Norma de la Calidad de Agua Potable de Perú” OPS/CEPIS/96.
6. Se socializaron los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de agua de los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio, en una asamblea conformada por la Directiva y miembros de la comunidad a través de una charla educativa, que fue muy positiva ya que la comunidad mostro interés en conocer la condición del agua que consumen.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES.

7.0 RECOMENDACIONES.

1. Que los directivos de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua (ABAPCOA) informen a la Unidad de Salud del Municipio de Huizucar Departamento de la Libertad los resultados de los análisis del agua que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua para que tomen las medidas correspondientes, ya que el elemento Bario presenta mayor concentración del valor permitido de 0.7 mg/L por la Normativa Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04., y Norma de Agua Potable de La Organización Mundial de la Salud.
2. Que los líderes de la comunidad den a conocer a la población el riesgo de contaminación que producen al lanzar desechos como aparatos electrónicos, baterías de carro, latas de pintura, productos de caucho, veneno para ratas y fuegos artificiales cerca del Nacimiento, los cuales podrían liberar altas concentraciones de Bario en el agua que distribuye el proyecto ABAPCOA, exponiéndose a enfermedades sistémicas, como la hipertensión.
3. Que la directiva de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua del proyecto (ABAPCOA) gestione ante las autoridades competentes, como el Ministerio de Salud, la realización de análisis y monitoreo del agua que se distribuye en el proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua para cumplir con los valores establecido por la Norma de Capre sobre la Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana con respecto al Potasio ya que en época seca presentó una concentración 32.87 mg/L que sobrepasa el límite máximo que es de 10.0 mg/L.

4. Que la directiva de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua de proyecto (ABAPCOA) mantenga un registro de todo análisis que se realice al agua, para comparar resultados y controlar así la calidad del agua.
5. Que la directiva de la comunidad gestione en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, otros estudios e investigaciones del agua que se distribuye en el agua Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar con otros parámetros como: pH, dureza, análisis microbiológico, etc. Para establecer calidad en el agua y que sea apta para el consumo humano.
6. Que la directiva de la comunidad del proyecto (ABAPCOA) gestione lugares con recipientes de recolección de desechos con el fin de hacer cumplir las normas de salubridad mínimas para evitar y prevenir la contaminación del agua, especialmente en áreas estratégicas como el nacimiento, canales de distribución y reservorios de agua.

BIBLIOGRAFIA

1. Alarcón B. A, Castro S, Abril 2012, San Salvador Centro América, Universidad de El Salvador. Determinación de la concentración de Flúor por medio del Método de Ion Selectivo en agua potable que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar Departamento de La Libertad. San Salvador. Año 2012
2. APHA-AWWA-WPCF, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid España Edición Díaz de Santos; 1992.
3. Asistole.en:www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Asistole.
4. Calidad del agua y Normativa del Agua para Consumo Humano, Edo de México, CIDECALLI. 2006.
5. Castellón N, Centro América, Universidad Nueva San Salvador. Evaluación de la calidad bacteriológica físico-química del agua para consumos humanos contenidos en tanques de captación pluvial, en el Cantón el progreso Municipio de Santa Tecla. Marzo de 2006, San Salvador, El Salvador.
6. Chicas Murillo H. J, Velásquez D. A, Universidad de El Salvador. Evaluación y caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas superficiales y subterráneas para consumo humano del sector de influencia de mazacúa del cantón cutumay camones. Santa Ana Abril 2011.
7. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04 Agua. Agua Potable,

Publicada en el Diario Oficial del 02 de Febrero de 2006 bajo el tomo No. 370, número 23.

8. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49-01:09. Agua residuales descargadas a un cuerpo receptor. Ministerio de Salud, El Salvador. Octubre de 1996.
9. El agua potable: mimosa.pntic.mec.es/~vgarci14/agua_potable.htm.
10. Espodumena. Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Espodumena
11. Fotometría de llama: www.elergonomista.com/tecnicas/fotometria.htm.
12. Guevara Vera A. Control de Calidad del Agua, Análisis de las Normas de control de calidad de las aguas. Lima- Perú. 1996. disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031275/031275.pdf
13. Hipotálamo Reverse Therapy, Disponible en: www.reverse-therapy.es/que_es_el_hipotalamo-faq-2-16.htm.
14. Hipófisis : www.monografias.com › Anatomía.
15. Jorge A. Orellana. Características del Agua Potable. Año 2005.
16. Kasper D.L, Harrison Principios de Medicina Interna, 16 Edición.2005.
17. Letargia: salud.doctissimo.es/diccionario-medico/letargia.html.
18. Manual de química analítica III de la Facultad de Química y Farmacia, departamento de Análisis Químico e Instrumental, tema fotometría de llama. julio 2012.
19. Manual de agua potable, Spelman F.R, Drinan J, Rodas H, District S. Editorial, Acribia S.A Zaragoza España.

20. Normas Capre sobre la calidad del agua para consumo humano. Ing. Mario Gutiérrez, Republica Dominicana.
21. Omorreceptores: web.usach.cl/ima/enviroeduca/glosario.html.
22. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable, Primer Apéndice a la Tercera Edición, volumen 1 Recomendaciones.:http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/.
23. Osicka, R. M, Giménez M. C. Universidad Nacional del Noreste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Determinación del contenido de sodio y potasio en aguas naturales subterráneas por fotometría de llama. Chaco. Argentina, 2004.
24. Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente, sodio, potasio, calcio, bario, litio, www.lenntech.es › Tabla Periódica › Elementos. LENNTECH.
25. Sierra J.F, Universidad de la Habana. Modelo para la determinación del origen de la composición química de las aguas naturales. Cuba,julio,2000:
www.fagundojr.com/documentos/Tesis%20de%20Joel%20.pdf
26. Síndrome Serotoninérgica: www.rmu.org.uy/revista/2005v1/art11.pdf, síndrome serotoninérgica.
27. Sodio, Potasio, Calcio; Bario y Litio: Wikipedia enciclopedia libre

GLOSARIO

Asístole: (Del griego a-, privación y systolé, sístole). Detención de las contracciones cardiacas, particularmente de las contracciones ventriculares, permaneciendo el corazón inmóvil en diástole; esta forma de paro cardíaco se opone a la originada por el cese de los latidos por fibrilación ventricular. (3)

Batracotoxinas: es el 20-alfa-bromobenzoato de la batracotoxina A; son toxinas del veneno de la rana pequeña de Colombia, *Phyllobates aurotaenia*, produce liberación de Acetilcolina, destrucción de las Vesículas Sinápticas y despolarización de las Fibras Nerviosas y musculares. (4)

Espodumena: es un mineral del grupo de los silicatos. Su composición química es en un 64,5% SiO₂, un 27,4% Al₂O₃, y un 8,1% Li₂O₈. Su nombre proviene del griego spodos = ceniza (d'Andrade, 1800). Se puede confundir con la escapolita y la amatista de las que se diferencia en la densidad y a través de rayos X. (11)

Hipotálamo: es una glándula hormonal del volumen de un guisante situado en el centro del cerebro, que controla y regula cada glándula y a la vez cada una de las funciones del organismo. Su función principal es la homeostasis, que es el proceso de devolver alguna cosa a la neutralidad, a su punto de partida. (14)

Hipófisis: Concepto: Es la glándula endocrina más importante, ya que regula la mayor parte de los procesos biológicos del organismo, es el centro en el cual gira gran parte del metabolismo. Tiene aproximadamente ½ Cm. de altura, 1 cm. de largo y 1.5 cm. de ancho. (15)

Letargia: Estado patológico caracterizado por la relajación muscular, la anulación de la sensibilidad y el dominio de un sueño profundo. Se observa en estados patológicos como las tripanosomiasis y ciertas alteraciones neurológicas. (18)

Neurotoxina: Toxina que actúa sobre el tejido nervioso destruyéndolo o impidiendo su normal funcionamiento. (22)

Osmoreceptores: Receptores nerviosos que existen en el sistema circulatorio y son sensibles a las variaciones de la concentración de solutos de la sangre. (25)

Osteomalacia: Proceso anormal del hueso laminar, caracterizado por la pérdida de calcificación de la matriz ósea, que da lugar a un reblandamiento del hueso, y que acompaña de debilidad, fracturas, dolor anorexia y pérdida de peso. Es consecuencia de una cantidad inadecuada de calcio y fósforo disponible en la sangre para la mineralización de los huesos. Esta deficiencia puede estar causada por una dieta pobre en estos minerales o en vitamina D, o por un trastorno metabólico que produce una mala absorción. (26)

Poliuria: Aumento del volumen de la orina en una cuantía superior a 2 ml/min (más de 2 litros en 24 horas). Las causas más frecuentes son la sobrecarga de solutos, la insuficiencia renal crónica, la diabetes mellitus, la ingesta compulsiva de agua (potomanía), la diabetes insípida por déficit de la hormona antidiurética, la intoxicación por litio, la hipercalcemia o la hipopotasemia. (16)

Síndrome Serotoninérgica: El síndrome serotoninérgico es un desorden inducido por fármacos que se caracteriza por la alteración de la vigilia, de la actividad neuromuscular y del sistema nervioso autónomo. (29)

ABREVIATURAS

ABAPCOA	Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua
ADH	Hormona antidiurética
NaK	Es una aleación de sodio (Na) y potasio (K)
ADN	Ácido deoxiribunucleico
ARN	Ácido Ribonucleico
CO ₃ Ca	Carbonato de calcio
Ca (OH) ₂	Formar hidróxido
PKC	Proteína quinasa C
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
Na ₂ SO ₄	Sulfato de sodio
CaCO ₃	Carbonato de calcio
Li ₂ CO ₃	Carbonato de litio
Ppm	Partes por millón
LiCl	Cloruro de litio
BaO	Oxido de bario
BaSO ₄	Sulfato de barita
BaSO ₄	Sulfato de bario
DSEAO	Dosis o concentración máxima de una sustancia química

ANEXOS

ANEXO N° 1

Ubicación del Cantón Ojos de Agua, Huizucar

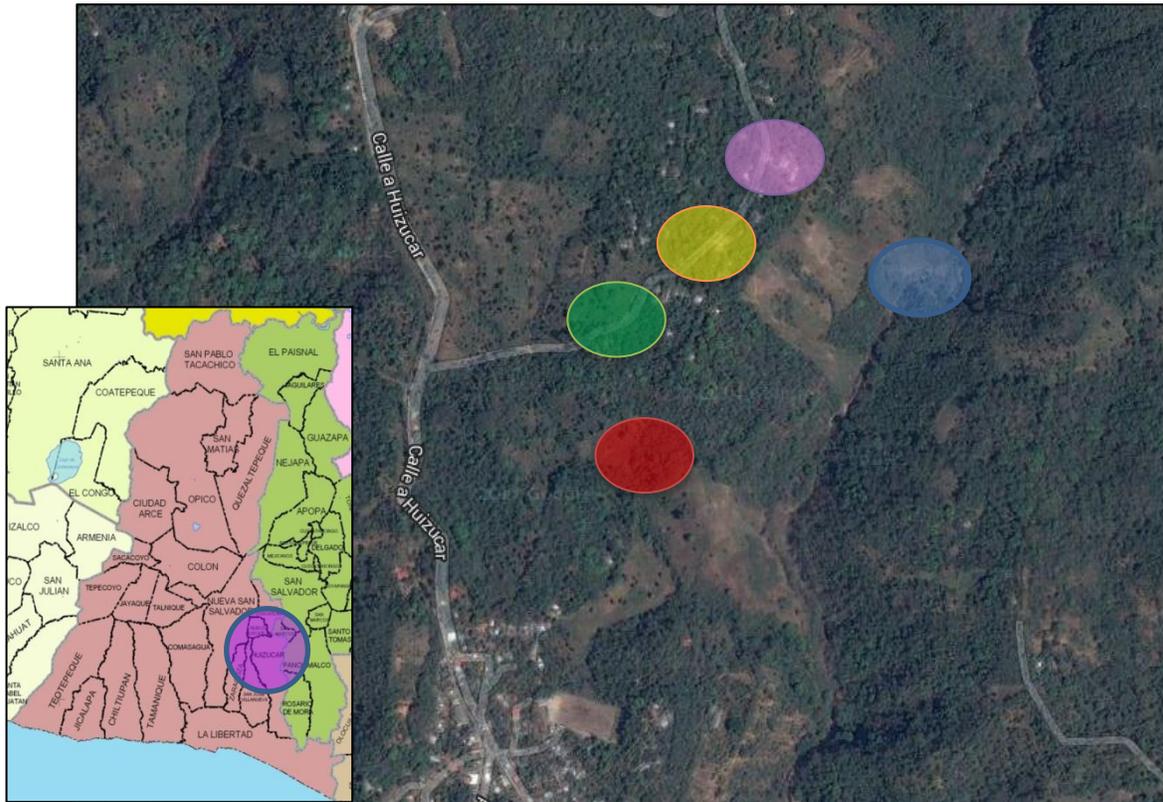


Figura N°7: Mapa de ubicación de los Sectores que conforman el Cantón Ojo de Agua, Municipio de Huizucar.

Sector Perla



Sector Escuela



Sector Copinol



Sector Izote



Nacimiento de Agua



ANEXO N° 2

Directiva de la comunidad del cantón ojo de agua (ABAPCOA)

Asociación de beneficiarios de agua potable del Cantón ojo de agua.

Oscar Alejandro Bernal	Presidente
Ada Carolina Gómez	Vicepresidente
José Ramireo Palacios	Tesorero
Rosa Ramírez	Protesorera
Verónica Linares	Secretaria
Ysaura Pérez	Prosecretaria
Miguel Hernández	Sindico
Elba Yanira de Ramírez	Primer vocal
Miguel Ángel Ayala	Segundo vocal
Raúl Palacios	Tercer vocal

270 socios, menos 13 socios inactivos, total de socios activos 257 socios.

Ubicación del Municipio de Huizucar.

El nacimiento se encuentra ubicado en la finca San Valentín, los reservorios y la red de distribución en el Cantón Ojo de Agua que pertenece al municipio de Huizucar que se encuentra ubicado así: al Norte con los municipios de Nuevo Cuscatlán, Antiguo Cuscatlán Y San Marcos, colinda al Sur con el municipio de la Libertad, al este con Panchimalco Y rosario de Mora y al Oeste con el municipio de San José Villanueva.

ANEXO N° 3

MANUAL DE FOTÓMETRO DE LLAMA PFP7

MANUAL DE FOTÓMETRO DE LLAMA PFP7. ⁽¹⁹⁾

Instrumentación.

Para esta determinación se utilizara el fotómetro de llama PFP7 que es un equipo de fotometría de llama diseñado para la determinación rutinaria de sodio y potasio en soluciones acuosas, dos elementos de gran importancia fisiológica. Los rangos "normales" de adultos para el sodio y potasio en el plasma son de 136 a 145 mM y 3,5 a 5,0 mM, respectivamente. Estos niveles corresponden a cerca de 3200 y 170 ug/ml. Si la muestra es el plasma sanguíneo debe diluirse a 100 a 200 veces antes del análisis.

Los filtros adicionales disponibles para este instrumento son para el análisis de litio, calcio y bario. La temperatura de la llama (alrededor de 1700°C en comparación con el oxígeno y acetileno que es de 3100°C) genera fuente de emisión solo de los elementos más fácilmente excitados. Así como el aislamiento de longitud de onda por medio de un estrecho paso hacia un simple filtro de banda de interferencia que está diseñado para transmitir solamente el doblete típico de sodio, es decir líneas intensa alrededor de 589,0 y 589,6 nm. [Filtros separados deben ser utilizados para transmitir la línea de calcio a 442,7 nm o las dos líneas de potasio en 766.5 y 769.9nm]

El detector es fotodiodo resistente.

El instrumento se llama fotómetro de "un solo canal" porque puede determinar un elemento a la vez y tiene una lectura directa de salida única. El filtro debe ser cambiado y el instrumento recalibrado para un elemento diferente.

El instrumento utiliza un aspirador capilar para inyectar la muestra en una cámara de mezcla que contiene un punto de mira plástico con efecto de spray que sirve para mezclar el combustible, el oxidante, y las gotas de la muestra. Esta combinación genera una niebla y solo las gotas más pequeñas pueden

entrar en el quemador, la mayoría de las muestras aspiradas se va por el desagüe. El consumo de la solución de la muestra es de 2-6 ml/min.

Los límites de detección del instrumento son 0.2, 0.2, 0.25, 15, y 30 mg/ml de Na, K, Li, Ca y Ba, respectivamente. La reproductibilidad se dice que es mejor que el 1% en la desviación estándar relativa de 20 muestras consecutivas usando estándares de sodio calibrado desde 10,0 ppm hasta 50,0 ppm al leer en el medidor.

Descripción del fotómetro de llama.



Power:

Un interruptor de dos posiciones que controlan la alimentación de corriente alterna del instrumento. Los accesorios conectados a la salida auxiliar de tomas de corriente OUT en el panel trasero también son controlados por el interruptor de encendido del panel de frontal.

Ignition (ignición):

Un interruptor que cuando se pulsa provocara una descarga eléctrica entre el electrodo de encendido y resorte cargado en el quemador, lo que provoca la ignición del combustible.

d.p:

Esta opción controla la posición del punto decimal en la pantalla del registrador.

Fuel (combustible):

Una válvula de aguja fina que controla el flujo de combustible y permite unas condiciones óptimas a establecer de la llama.

Blank:

Este controla y ajusta a cero (o leer blanco) cuando una muestra en blanco se aspira.

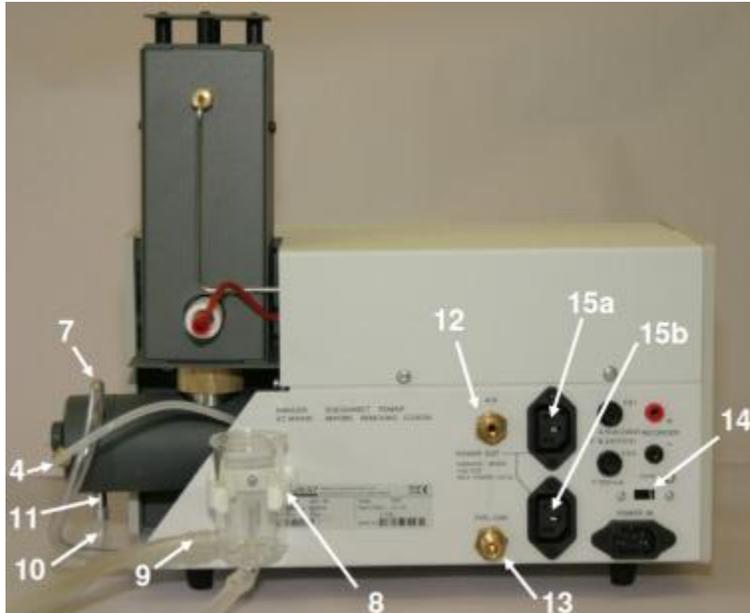
Sensitivity (sensibilidad: fino y grueso (fine/coarse))

Dos controles que se utilizan en conjunto para establecer la lectura digital a un número apropiado cuando un patrón de calibración se aspira.

Fliter select (selección de filtro):

Un control de cinco puestos que selecciona el filtro óptico para el elemento que se está analizando.

Panel posterior.



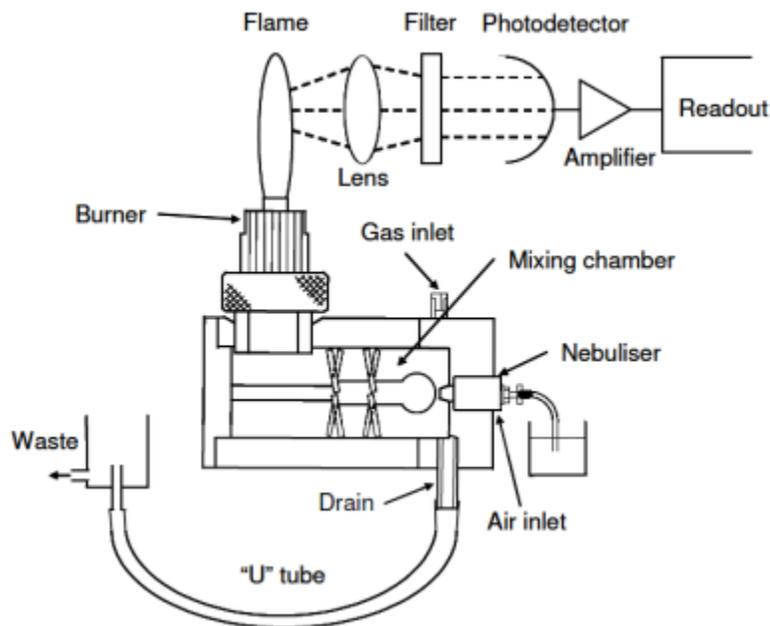
- 4) Ingreso del gas oxidante al mezclador.
- 7) Ingreso de gas combustible al mezclador.
- 8) Soporte del descarte.
- 9) Tubo de descarte.
- 10) Tubo de drenaje.
- 11) Salida del dreno del mezclador.
- 12) Conexión del gas oxidante (Bomba de vacío).
- 13) Conexión del gas combustible.
- 14) Control de voltaje y toma de entrada de voltaje.
- 15) Tomacorrientes de salida de voltaje.

Importante:

El suministro de combustible debe ser regulado entre 0.36 a 0.54 psi o 0.025 a 0.38 Kg/c.

La presión del aire en la entrada del **instrumento no debe exceder de 30 psi (2Kg/c).**

SISTEMA DE INYECCIÓN DE MUESTRAS.



Instrumental y equipo necesario.

- Bomba de vacío.
- Botella de lavado (s) enjuagar varias veces y luego se llena con agua desionizada.
- Matraz aforado de 1000.0 mL y de 50 mL.
- Pipetas varios volúmenes.

- Recipientes de plástico para las soluciones de aspiración.

Preparación de soluciones.

Uso de agua desionizada para el blanco.

Preparación de estándares para elaborar curva de calibración.

a) para preparar la solución estándar de sodio (Na) proceder en la forma siguiente:

1. Pesar 2.5421 g de NaCl, el cual ha sido previamente desecado por 5 horas a 100°.

Recuerde: NUNCA hacer transferencia de compuestos químicos dentro de una balanza analítica del portamuestra hacia otro recipiente.

2. Con cuidado, transferir la sal a un matraz aforado de 1000.0 mL. Utilice agua desionizada de su botella de lavado en los lados del porta muestra para lavar todos los cristales y llevarlos al matraz.

3. Añadir aproximadamente 100mL de agua desionizada al matraz, agitar varias veces, y disolver toda la sal antes de diluir a volumen con agua desionizada. Esto es crítico.

4. Diluir a 1000.0 mL con agua destilada, obteniéndose así una concentración de 1000 ppm de Na.

5. Partiendo de la solución anterior prepare una serie de diluciones cuyas concentraciones sean: a)5 ppm. b)10 ppm. c)15 ppm. d) 20 ppm.

b) preparar para la solución estándar de potasio (K) proceda en la forma siguiente:

1. Pesar 1.9067 g de KCl previamente desecado por 5 horas a 100°C.

2. Diluir a 1000.00 mL con agua destilada, esta solución tiene una concentración de 1000 ppm de K.
3. Partiendo de la solución madre prepare una serie de diluciones, cuya concentraciones son:
 - a) 10 ppm,
 - b) 20 ppm,
 - c) 30 ppm
 - d) 40 ppm,
 - c) solución de concentración desconocida.

Preparar de cada una 50.0 mL

Procedimiento de análisis.

Siga cuidadosamente las instrucciones que se proporciona para el uso del instrumento y medir la intensidad de emisión para el blanco (agua desionizada) cada estándar preparado, y la(s) muestra(s) desconocida(s).

Cuando se acerca el momento de comenzar lecturas de emisión, encender la llama, estabilizar el fotómetro de llama y el uso adecuado y seguro del equipo.

- a. Verificar conexión del fotómetro y bomba a la corriente alterna adecuada.
- b. Abrir la llave de paso de gas combustible.
- c. Encender el fotómetro de llama presionando control POWER.
- d. Presione control IGNITION en el fotómetro de llama para iniciar el proceso de combustión en el quemador al hacer girar la perrilla FUEL 3 veces (cuando el

combustible es propano), mantener presionar hasta que un sonido indique el encendido y verificar el mismo a través de la ventana de la chimenea del equipo. (NUNCA verificar desde la parte superior de la chimenea).

- e. El fotómetro de llama debe haber sido encendido y la llama encendida durante 15 minutos para estabilizar las lecturas (de aspiración de agua desionizada) para asegurar la estabilidad.
- f. Enjuague bien toda la cristalería que utilizara en este experimento, primero con un gran cantidad de agua destilada, en segundo lugar con agua desionizada de una botella de enjuague.
- g. Llene hasta la marca de 25 ml, beakers de polietileno con el blanco (agua desionizada), los cuatro estándares (5, 10, 15, y 20 ppm Na) y la solución (s) desconocida (s) – en ese orden.
- h. Debido a que las gotas de agua se adhieren a los viales, su interior deberá pre-enjuagada con pequeñas cantidades de las soluciones. Ponga una o dos ml en un frasco, tapa, sacudirlo, a continuación, mezclar el contenido en el fregadero. Hacer esto por lo menos 3 veces por cada vial.
- i. Aspirar agua desionizada hasta que la lectura del medidor se estabilice, esto puede tardar 30 a 90 seg. Utilizar el botón de blanco para establecer la lectura del contador a 0.00. Y aspirar el estándar de más alto nivel (20 ppm) hasta que la lectura del medidor se ha establecido. Utilizar el botón de sensibilidad fina para ajustar la lectura del contador a 100 de emisión (El computador de sensibilidad del grueso debe estar en la posición correcta y no tener que estar encendido).
- j. Repita el paso (e) del procedimiento de calibración con agua desionizada y el nivel de 20 ppm de Na tantas veces como sea necesario para corregir la estabilización en 0.00 y 100 de emisión respectivamente.

- k. Aspirar el blanco, los estándares, y la muestra(s) desconocida (s) en ese orden.
- l. Tomar tres aplicaciones de lecturas de cada solución una vez que la lectura del medidor se ha estabilizado. Habrá algo de “rebote” (ruido) en las lecturas, especialmente a las más altas.
- m. Repita todo el proceso de calibración y las lecturas por triplicado, como antes por lo menos 1 o 2 veces más. Los datos más que revisar, mejor usted será capaz de detectar y eliminar determinados errores- imprecisión en el valor reportado final.
- n. Cuando sea completado el experimento, colocar el beacker con agua desionizada para limpiar el aspirador/quemador, limpiar las aéreas de trabajo a fondo, y notificar al instructor que el instrumento está listo para ser apagado.
- o. Enjuagar bien todos los artículos de vidrio y plástico que nos ha facilitado para experimento con agua desionizada y dejar escurrir el agua.

Eliminación de Residuos Peligrosos.

No hay materiales utilizados o generados en este experimento. Todo lo que se tiene son soluciones diluidas de NaCl. Todas las soluciones pueden descargarse en un desagüe del fregadero con agua fría. Enjuague bien todos los artículos de vidrio o plástico que son utilizados con agua desionizada.

Tratamiento de Datos.

- a. Graficar una curva de calibración poniendo en la ordenada las intensidades de emisión en función de la concentración de Na en el papel milimetrado.

- b. Determinar la concentración de sodio en la muestra problema mediante la lectura de la concentración de la muestra que corresponde a la intensidad de emisión de la curva de calibración.
- c. En función de las desviaciones propias en el instrumento y otros factores, pueden ser mejor utilizar el promedio de los tres valores para cada solución y obtener un valor final de la muestra(s) desconocida(s).
- d. Se puede obtener tres valores por separado para la muestra desconocida, cada uno con su propia "curva" de calibración, y el promedio de los tres valores. Pueden los dos métodos para ver si un enfoque parece ser mejor que el otro. Si el argumento parece ser bastante lineal, o por lo menos la parte de la misma que incluye su análisis de la muestra desconocida, utilicé la función REGRESION LINEAL de Excel para hacer una linealización de mínimos cuadrados para el ajuste de los datos, que también le proporcionara algunos parámetros de calidad.
- e. Reportar la mejor estimación de la concentración media de sodio en ppm (mg/ml) y la desviación estándar asociada del valor.

ANEXO N°4

Tabla N°12: Normativas de los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio.

Elementos	Época lluviosa (promedio)	Época seca(promedio)	Valores de las normativas.	Normativas.
Sodio	9.85 mg/L	119.68 mg /L	200.0 mg/L	Norma Salvadoreña obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:04, y Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud.
Potasio	1.87 mg/L	32.95 mg /L	10.0 mg/L	Norma de Capre sobre La Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana
Calcio	14.92 mg /L	1.62 mg /L	250.0 mg/L	Jorge A. Orellana. Características del Agua Potable. Año 2005.
Bario	12.12 mg/L	6.80 mg /L	0.7 mg/L	Norma Salvadoreña obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:04, y Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud.
Litio	No se detecto	No se detecto	5.0 mg/L	Norma de la Calidad de Agua Potable de Perú. OPS/CEPIS/96

ANEXO N° 5

**FOTOGRAFIAS DE LA TOMA DE MUESTRA EN EL PROYECTO DE AGUA
DEL CANTON OJO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE HUIZUCAR
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**



a.



b.



c.

Figura N°8 Toma de muestra en los diferentes sectores a. Escuela, b. Perla, c. Copinol del Proyecto de agua ABAPCOA del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar Departamento de La Libertad.



a.



b.

Figura N°9: Toma de muestra en el reservorio (a. reservorio sector Escuela y b. tomando la muestra con una soga) del proyecto de agua ABAPCOA del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar Departamento de La Libertad.



c.



d.

Figura N° 10: c y b: Toma de muestra en el reservorio sector Copinol del proyecto de agua ABAPCOA del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar Departamento de La Libertad



e.



f.

Figura N° 11: e y f: Toma de muestra en el reservorio sector Izote del proyecto de agua ABAPCOA del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar Departamento de La Libertad.



a.



b.



c.

Figura N°12:Fotografía del análisis de muestra del proyecto de agua ABAPCOA del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar Departamento de La Libertad. (a. Preparando la muestra, b. tomando datos para la realización de la lectura en el fotómetro, c. lectura del elemento en el fotómetro de llama)

ANEXO N°6

**CALCULOS DEL ANALISIS POR FOTOMETRIA DE LLAMA DE LOS
ELEMENTOS SODIO, POTASIO, CALCIO, BARIO Y LITIO.**

ANALISIS POR FOTOMETRIA DE LLAMA.

Tabla N°13: Calibración del método de determinación de Sodio por Fotometría de Llama en *Época Lluviosa*.

Estándar de Sodio	
mg/L	Emisión
0	0.0
5	3.2
10	5.7
15	8.5
20	10.9

Tabla N°14: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9988
Coefficiente de determinación R ²	0.9976
R ² ajustado	0.9969
Error típico	0.2387
Observaciones	5

Tabla N°15: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de sodio

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	73.441	73.441	1288.438	4.755x10 ⁻⁵
Residuos	3	0.171	0.057		
Total	4	73.612			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepto	0.24	0.1849	1.2977	0.2851	
Variable dependiente	0.542	0.0150	35.8948	4.757x10 ⁻⁵	
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%	
Intercepto	-0.3485	0.8285	-0.3485	0.8285	
Variable dependiente	0.4939	0.5900	0.4939	0.5900	

EPOCA SECA.

Tabla N°16: Calibración del método de determinación de Sodio por Fotometría de Llama en *Época Seca*.

Estándar de Sodio	
mg/L	Emisión
0	0.0
5	2.4
10	4.3
15	7.0
20	9.4

Tabla N°17: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9988
Coefficiente de determinación R ²	0.9976
R ² ajustado	0.9968
Error típico	0.2098
Observaciones	5

Tabla N°18: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de sodio

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	54.756	54.756	1244.455	5.009x10 ⁻⁵
Residuos	3	0.132	0.044		
Total	4	54.888			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepto	-0.06	0.1625	-0.3693	0.7364
Variable dependiente	0.468	0.0133	35.2768	0.0001
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepto	-0.5771	0.4571	-0.5771	0.4571
Variable dependiente	0.4258	0.5102	0.4258	0.5102

Tabla N°19: Resultados de los análisis por Fotometría de Llama para la determinación de sodio en agua.

Época Seca (Abril de 2013). Ecuación de la recta: Y=0.468x-0.06								
Muestra	Sector Perla		Sector Copinol		Sector Izote		Sector Escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	57.2	122.3	49.1	105.0	58.6	125.3	58.1	124.3
2 mx	57.3	122.5	49.3	105.5	58.2	124.5	58.6	125.3
3 mx	57.1	122.1	50.2	107.4	58.0	124.0	58.4	124.9
4 mx	56.9	121.7	50.8	108.6	57.7	123.4	60.0	128.3
Reservorio Escuela		Reservorio Copinol		Reservorio Perla		Nacimiento		
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
52.2	111.7	52.6	112.5	52.4	113.1	51.9	111.0	
Época Lluviosa (Noviembre de 2012). Ecuación de la Recta: Y=0.542x+0.24								
Muestra	Sector Perla		Sector copinol		Sector izote		Sector escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	5.7	10.0	5.9	10.4	5.6	10.2	5	10.6
2 mx	5.6	9.8	5.2	9.1	5.8	9.5	5.8	10.2
3 mx	5.5	9.7	5.3	9.3	5.9	9.3	5.9	10.4
4 mx	5.5	9.7	5.6	9.8	6	9.7	5	10.6
Reservorio escuela		Reservorio copinol		Reservorio perla		Nacimiento		
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
5.7	5.7	5.8	5.8	5.6	5.8	5.9	5.8	

Tabla N°20: Calibración del método de determinación de Potasio por Fotometría de Llama en Época lluviosa.

Estándar de potasio	
mg/L	Emisión
0	0.0
10	14.5
20	25.4
30	34
40	42

Tabla N°21: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.9918
Coeficiente de determinación R ²	0.9838
R ² ajustado	0.9784
Error típico	2.423
Observaciones	5

Tabla N°23: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de Potasio

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1071.225	1071.225	182.356	8.782x10 ⁻⁵
Residuos	3	17.623	5.874		
Total	4	1088.848			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepto	2.48	1.8774	1.3209	0.2782	
Variable dependiente	2.07	0.1532	13.5030	8.782x10 ⁻⁵	
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%	
Intercepto	-3.4946	8.4546	-3.4946	8.4546	
Variable dependiente	1.5821	2.5578	1.5821	2.5578	

EPOCA SECA.

Tabla N°24: Calibración del método de determinación de Potasio por Fotometría de Llama en Época Seca.

Estándar de potasio	
mg/L	Emisión
0	0.0
10	16.3
20	28.3
30	44
40	60.2

Tabla N°25: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9988
Coefficiente de determinación R ²	0.9977
R ² ajustado	0.9969
Error típico	1.287
Observaciones	5

Tabla N°26: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de potasio

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2193.361	2193.361	1323.694	4.566x10 ⁻⁵
Residuos	3	4.971	1.657		
Total	4	2198.32			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepto	0.14	0.9970	0.1404	0.8972
Variable dependiente	1.48	0.0407	36.3826	4.566x10 ⁻⁵
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepto	-3.0332	3.3132	-3.0332	3.3132
Variable dependiente	1.3514	1.6105	1.3514	1.6105

Tabla N°27: Resultados de los análisis por Fotometría de Llama para la determinación de Potasio en agua.

Época Lluviosa (Noviembre de 2012). Ecuación de la recta: Y=1.035x+2.48								
Muestra	Sector Perla		Sector Copinol		Sector Izote		Sector Escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	4.4	1.9	4.2	1.6	4.8	2.2	4.8	2.2
2 mx	4.2	1.6	4.5	1.9	4.5	1.9	4.6	2.0
3 mx	4.2	1.6	4.3	1.7	4.8	2.2	4.7	2.1
4 mx	4.4	1.9	4.3	1.7	4.7	2.1	4.5	1.9
Reservorio Escuela		Reservorio Copinol			Reservorio Perla		Nacimiento	
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
4.4	1.9	4.5	1.9	4.7	2.1	4.2	1.6	
Época Seca (Abril de 2013). Ecuación de la Recta: Y=1.481x+0.14								
Muestra	Sector Perla		Sector copinol		Sector izote		Sector escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	48.7	32.8	48.8	33.4	50.5	34.0	48.8	33.4
2 mx	48.5	32.7	48.5	32.7	48.5	32.6	48.8	33.4
3 mx	48.7	32.8	48.7	33.0	48.2	32.4	48.7	32.6
4 mx	48.9	32.7	48.7	33.0	48.5	33.0	48.7	33.1
Reservorio escuela		Reservorio copinol		Reservorio perla		Nacimiento		
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
48.1	32.3	48.2	32.4	48.2	32.4	48.1	32.3	

Tabla N°28: Calibración del método de determinación de Calcio por Fotometría de Llama en Época Lluviosa.

Estándar de calcio	
mg/L	Emisión
0	0.0
25	10
50	18.5
75	30
100	62

Tabla N°29: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.9532
Coeficiente de determinación R ²	0.9085
R ² ajustado	0.8781
Error típico	8.3386
Observaciones	5

Tabla N°30: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de Calcio

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2073.6	2073.6	29.821	1.206x10 ⁻²
Residuos	3	208.6	69.5		
Total	4	2282.2			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepto	-4.7	6.4591	-0.7276	0.5194	
Variable dependiente	0.576	0.1054	5.4609	1.206x10 ⁻²	
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%	
Intercepto	-25.2557	15.8557	-25.2557	15.8557	
Variable dependiente	0.2403	0.9116	0.2403	0.9116	

EPOCA SECA.

Tabla N°31: Calibración del método de determinación de Calcio por Fotometría de Llama en Época Seca.

Estándar de calcio	
mg/L	Emisión
0	0.0
25	36
50	63
75	95
100	129

Tabla N°32: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9991
Coefficiente de determinación R ²	0.9983
R ² ajustado	0.9978
Error típico	2.330
Observaciones	5

Tabla N°33: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de Calcio

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	10048.	10048.9	1849.490	2.767x10 ⁻⁵
Residuos	3	16.3	5.43		
Total	4	10065.2			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepto	1.2	1.8055	0.6646	0.5538
Variable dependiente	1.268	0.0294	4305.7	2.767x10 ⁻⁵
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepto	-4.5460	6.9460	-4.5460	6.9460
Variable dependiente	1.1741	1.3618	1.1741	1.3618

Tabla N°34: Resultados de los análisis por Fotometría de Llama para la determinación de Calcio en agua.

Época Lluviosa (Noviembre de 2012). Ecuación de la recta: Y=0.576x-4.7								
Muestra	Sector Perla		Sector Copinol		Sector Izote		Sector Escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	3.6	14.4	3.9	14.9	3.8	14.7	3.9	14.9
2 mx	4	15.1	4	15.1	4.6	16.1	3.5	14.2
3 mx	4.5	15.9	4.2	15.4	3.6	14.4	4.2	15.4
4 mx	4.5	15.9	3.6	14.4	3.4	14.0	3.2	13.7
Reservorio Escuela		Reservorio Copinol			Reservorio Perla		Nacimiento	
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
3	13.3	3.5	14.2	42.6	12.6	2.3	12.1	
Época Seca (Abril de 2013). Ecuación de la Recta: Y=1.1996x-10.04								
Muestra	Sector Perla		Sector copinol		Sector izote		Sector escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	2.7	1.1	4.6	2.6	3.2	1.5	3.7	1.9
2 mx	3	1.4	3.5	1.8	2.9	1.3	2.7	1.1
3 mx	2.9	1.3	3.7	1.9	4	2.2	2.8	1.2
4 mx	3.8	2.0	4.4	2.5	3.4	1.7	2.9	1.3
Reservorio escuela		Reservorio copinol		Reservorio perla		Nacimiento		
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
3.2	1.5	3.6	1.9	2.9	1.3	2.7	1.1	

Tabla N°35: Calibración del método de determinación de Bario por Fotometría de Llama en Época Lluviosa.

Estándar de bario	
mg/L	Emisión
0	0
30	5.3
60	10.9
90	17
120	23

Tabla N°36: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.9995
Coeficiente de determinación R ²	0.9991
R ² ajustado	0.9988
Error típico	0.3071
Observaciones	5

Tabla N°37: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de Bario

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	332.929	332.929	3529.282	1.050x10 ⁻⁵
Residuos	3	0.283	0.0943		
Total	4	333.212			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepto	-0.3	0.2379	-1.2609	0.2964	
Variable dependiente	0.1923	0.0032	59.4077	1.050x10 ⁻⁵	
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%	
Intercepto	-1.0571	0.4571	-1.0571	0.4571	
Variable dependiente	0.1923	0.0032	0.1923	0.0032	

EPOCA SECA.

Tabla N°38: Calibración del método de determinación de Bario por Fotometría de Llama en Época Seca.

Estándar de bario	
mg/L	Emisión
0	0
30	7.2
60	11.5
90	19.5
120	23.5

Tabla N°39: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9949
Coefficiente de determinación R ²	0.9899
R ² ajustado	0.9966
Error típico	1.0898
Observaciones	5

Tabla N°40: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de Bario

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	351.649	351.649	296.0839	4.276x10 ⁻⁵
Residuos	3	3.563	1.1876		
Total	4	355.212			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepto	0.48	0.8441	0.5686	0.6093
Variable dependiente	0.1976	0.0114	17.2070	4.276x10 ⁻⁵
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepto	-2.2064	3.1664	-2.2064	3.1664
Variable dependiente	0.1611	0.2342	0.1611	0.2342

Tabla N°41: Resultados de los análisis por Fotometría de Llama para la determinación de Bario en agua.

Época Lluviosa (Noviembre de 2012). Ecuación de la recta: Y=0.1923x-0.3								
Muestra	Sector Perla		Sector Copinol		Sector Izote		Sector Escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	2.3	13.5	1.9	11.4	2.3	13.5	1.7	10.4
2 mx	2.3	13.5	2.3	13.5	1.8	10.9	2	11.9
3 mx	1.8	10.9	2.2	13.0	1.9	11.4	2.1	12.4
4 mx	2.3	13.5	2.2	13.0	2.1	12.4	1.5	9.3
Reservorio Escuela		Reservorio Copinol			Reservorio Perla		Nacimiento	
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
2.2	13.0	2.1	12.4	2.2	13.0	2.3	13.5	
Época Seca (Abril de 2013). Ecuación de la Recta: Y=0.1977x-0.48								
Muestra	Sector Perla		Sector copinol		Sector izote		Sector escuela	
#	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L
1 mx	1.8	6.6	1.7	6.1	1.9	7.1	1.9	7.1
2 mx	1.7	6.1	2	7.6	2	7.6	2	7.6
3 mx	1.6	5.6	1.7	6.1	1.8	6.6	2.1	8.1
4 mx	2	7.6	1.8	6.6	1.8	6.6	1.8	6.6
Reservorio escuela		Reservorio copinol		Reservorio perla		Nacimiento		
E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	E	mg/L	
1.7	6.1	1.2	3.6	1.3	4.1	1.3	4.1	

Tabla N°42: Calibración del método de determinación de Litio por Fotometría de Llama en Época lluviosa.

Estándar de Litio	
mg/L	Emisión
0	0
10	9
20	20
30	30
40	40

Tabla N°43: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.9996
Coeficiente de determinación R ²	0.9993
R ² ajustado	0.9990
Error típico	0.4830
Observaciones	5

Tabla N°44: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de Litio.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1020.1	1020.1	4371.857	7.622.x10 ⁻⁶
Residuos	3	0.7	0.2333		
Total	4	1020.8			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepto	-0.4	0.3741	-1.0690	0.3634	
Variable dependiente	0.01	0.0015	66.1200	7.622x10 ⁻⁶	
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%	
Intercepto	-1.5907	0.7907	-1.5907	0.7907	
Variable dependiente	0.9613	1.0586	0.9613	1.0586	

EPOCA SECA.

Tabla N°45: Calibración del método de determinación de Litio por Fotometría de Llama en Época Seca.

Estándar de bario	
mg/L	Emisión
0	0
10	9.8
20	21.2
30	43.5
40	47.7

Tabla N°46: Resumen de Análisis estadístico de datos por Excel

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9825
Coefficiente de determinación R ²	0.9653
R ² ajustado	0.9538
Error típico	4.4635
Observaciones	5

Tabla N°47: Análisis de Varianza de los resultados en la determinación de Litio.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1666.681	1666.681	83.6533	2.7629x10 ⁻³
Residuos	3	59.771	19.9236		
Total	4	1726.452			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepto	-1.38	3.4574	-0.3991	0.7165
Variable dependiente	1.291	0.1411	9.1462	2.762x10 ⁻³
	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepto	-12.3832	9.6232	-12.3832	9.6232
Variable dependiente	0.8417	1.7402	0.8417	1.7402

ANEXO N°8

**INFORME DE LA COOPERATIVA SOBRE EL ANALISIS DE SODIO,
POTASIO, CALCIO, BARIO Y LITIO EN EL AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN
EL CANTON OJO DE AGUA MUNICIPIO DE HUIZUCAR, DEPARTAMENTO
DE LA LIBERTAD POR FOTOMETRIA DE LLAMA.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



TEMA

DETERMINACION DE SODIO, POTASIO, CALCIO, BARIO, LITIO EN EL
AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN EL CANTÓN OJO DE AGUA MUNICIPIO DE
HUIZUCAR DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD POR FOTOMETRÍA DE
LLAMA.

PRESENTADO POR:

MARINA GUADALUPE ARAGON LOPEZ

MARGARITA ACENET AMAYA SANCHEZ

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

INTRODUCCION

El agua es fundamental para todas las formas de vida, lo que la convierte en uno de los recursos esenciales de la naturaleza. Se entiende por agua potable la que es apta para beber y para los demás usos domésticos; esta debe ser límpida e inodora, fresca y agradable, no debe poseer materias orgánicas, gérmenes patógenos ni sustancias químicas en cantidades nocivas para la salud.

La mayor parte de las aguas que se denominan potables en el Cantón ojo de agua, que pertenece al Municipio de Huizucar, Departamento de La Libertad, que es el área geográfica a investigar en este proyecto, pueden presentar sustancias nocivas al ser humano, de naturaleza microbiológica, físicas y/o química. Por lo que fue importante la realización de una investigación, donde solo se determinaron los elementos químicos Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio con el fin de analizar la concentración en época lluviosa y época seca.

Para la realización del análisis de estos elementos se utilizó el Método de Fotometría de Emisión de Llama y los resultados de los análisis se compararon con el valor establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) 13.07.01.04 para Sodio y Bario, Normas CAPRE para Potasio y Normativa de Agua de la Organización Mundial de la Salud para Calcio y Litio, se verifico que cumplieran dichas Normas.

Los análisis de las muestras de agua se realizaron durante el último trimestre del año 2012 y principios del primer trimestre del año 2013 en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

El agua potable es la que podemos consumir o beber sin que exista peligro para la salud, no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar para la salud.

Para que el agua que se capta en embalses, pozos, lagos, etc. sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable. Este proceso se denomina potabilización y se realiza en las plantas potabilizadoras. Existen diferentes métodos y tecnologías de potabilización, y constan en general, de las siguientes etapas:

- E. PRECLORACIÓN Y FLOCULACIÓN. Después de un filtrado inicial para retirar los fragmentos sólidos de gran tamaño, se añade cloro al agua (para eliminar los microorganismos) y otros productos químicos para favorecer que las partículas sólidas precipiten formando copos (flóculos).
- F. DECANTACIÓN. En esta fase se eliminan los flóculos y otras partículas presentes en el agua.
- G. FILTRACIÓN. Se hace pasar el agua por sucesivos filtros para eliminar la arena y otras partículas que aún pudieran quedar, eliminando a la vez la turbidez del agua.
- H. CLORACIÓN Y ENVÍO A LA RED. Para eliminar los microorganismos más resistentes y para la desinfección de las tuberías de la red de distribución.

RESULTADOS DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA EN EPOCA

Resultados obtenidos de las concentraciones de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio de las muestras de agua recolectadas en época lluviosa (Noviembre de 2012) por el método de Fotometría de llama.

Muestras de agua recolectadas en época lluviosa.	Resultados de Emisión de los elementos				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	5.9	4.2	2.3	2.3	≤ 0
Reservorio del sector Perla	5.6	4.7	2.6	2.2	≤ 0
Reservorio del sector Escuela	5.7	4.4	3.0	2.2	≤ 0
Reservorio del sector Copinol	5.8	4.5	3.5	2.1	≤ 0
Sector Perla					
1 Ana Lilian Dimas de Menjivar	5.7	4.4	3.6	2.3	≤ 0
2 Teresa de Jesús Escobar	5.6	4.2	4.0	2.3	≤ 0
3 Vilma Carolina Pérez de mejía	5.5	4.2	4.5	1.8	≤ 0
4 Balbino Pineda Mancia	5.5	4.4	4.5	2.3	≤ 0
Sector Escuela					
1 Ángela Cárcamo Miguel	6.0	4.8	3.9	1.7	≤ 0
tr2 Adrián Palacios	5.8	4.6	3.5	2.0	≤ 0
3 Teresa de Jesús Escobar	5.9	4.7	4.2	2.1	≤ 0
4 Rita Belloso Gómez	6.0	4.5	3.2	1.5	≤ 0
Sector Copinol					
1 Julio Mejía Guzmán	5.9	4.2	3.9	1.9	≤ 0
2 María Enecom López	5.2	4.5	4.0	2.3	≤ 0
3 José Nilo Mejía Gómez	5.3	4.3	4.2	2.2	≤ 0
4 María Elena Palacios Cárcamo	5.6	4.3	3.6	2.2	≤ 0
Sector Izote					
1 María Concepción Gutiérrez	5.8	4.8	3.8	2.3	≤ 0
2 Sara Cristina Palacios	5.4	4.5	4.6	1.8	≤ 0
3 Mauricio Gómez Rojas	5.3	4.8	3.6	1.9	≤ 0
4 Juan Pablo Dimas Gómez	5.5	4.7	3.4	2.1	≤ 0

Promedios obtenidos de las Concentraciones de las muestras de agua recolectadas en época lluviosa (Noviembre de 2012) por el método de Fotometría de llama.

Muestras (Noviembre de 2012)	Resultados de las concentraciones en (mg/L) de los elementos(PROMEDIO DE CADA SECTOR)				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	5.8	1.0	12.1	13.5	No Detectado
Reservorio del sector Perla	5.8	2.1	12.6	12.4	No Detectado
Reservorio del sector Escuela	5.7	1.9	13.3	13.0	No Detectado
Reservorio del sector Copinol	5.8	1.9	14.2	12.4	No Detectado
Sector Perla	9.8	1.7	15.3	12.8	No Detectado
Sector Escuela	10.4	2.0	14.7	11.0	No Detectado
Sector Copinol	9.6	1.7	14.9	12.7	No Detectado
Sector Izote	9.6	2.1	14.8	12.0	No Detectado

Promedios obtenidos de las concentraciones de Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio en las muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013) por medio del método de Fotometría de llama.

Muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013)	Resultados de Emisión de los elementos				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	51.9	48.1	2.7	1.3	≤ 0
Reservorio del sector Perla	52.4	48.2	2.9	1.3	≤ 0
Reservorio del sector Escuela	52.2	48.1	3.6	1.7	≤ 0
Reservorio del sector Copinol	52.6	48.2	3.2	1.2	≤ 0
Sector Perla					
1Miguel Ayala Fuentes	57.2	48.7	2.7	1.8	≤ 0
2Ever Gómez Miguel	57.3	48.5	3.0	1.7	≤ 0
3María Estela Dimas	57.1	48.7	2.9	1.6	≤ 0
4Dalia Yanira Pineda Torres	56.9	48.9	3.8	2.0	≤ 0
Sector Escuela					
1Moises Antonio Castro Morales	58.1	48.8	3.7	1.9	≤ 0
2Luz Morales de Castro	58.6	48.4	2.7	2.0	≤ 0
3Jose de Bernal	58.4	48.5	2.8	2.1	≤ 0
4María Ester Gomes de Linares	60.0	48.5	2.9	1.8	≤ 0
Sector Copinol					
1Jose Ricardo Palacios	49.1	48.8	4.6	1.7	≤ 0
2Salvador Gómez Ramírez	49.3	48.5	3.5	2.0	≤ 0
3 Ricardo Gómez Gómez	50.2	48.7	3.7	1.7	≤ 0
4 José German Gómez	50.8	48.7	4.4	1.8	≤ 0
Sector Izote					
1Luis Alonso Aguilar	58.6	50.5	3.2	1.9	≤ 0
2Angel Segura Gómez	58.2	48.5	2.9	2.0	≤ 0
3Deysi del Carmen Melara	58.0	48.2	4.6	1.8	≤ 0
4Nelson Gutiérrez	57.7	48.7	3.4	1.8	≤ 0

Promedios obtenidos de las Concentraciones de las muestras de agua recolectadas en época seca (Abril de 2013) por medio del método de Fotometría de llama.

Muestras (Abril de 2013)	Resultados de las concentraciones en (mg/L) de los elemento (PROMEDIO DE CADA SECTOR)				
	Sodio	Potasio	Calcio	Bario	Litio
Nacimiento de Agua	111.7	32.3	1.1	4.1	No Detectado
Reservorio del sector Perla	113.1	32.4	1.3	4.1	No Detectado
Reservorio del sector Escuela	111.7	32.3	1.5	6.1	No Detectado
Reservorio del sector Copinol	112.5	32.4	1.9	3.6	No Detectado
Sector Perla	122.1	32.7	1.4	6.4	No Detectado
Sector Escuela	125.7	33.1	1.3	7.3	No Detectado
Sector Copinol	106.6	33.0	2.2	6.6	No Detectado
Sector Izote	124.3	33.0	1.6	6.9	No Detectado

Los resultados de la determinación de concentración Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio por el método de fotometría de llama en las muestras recolectadas de agua potable del proyecto ABAPCOA se compara con respectó al valor establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:04 Agua, Agua Potable (segunda actualización). Norma de Capre sobre La Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana, Norma de la Calidad de Agua Potable de Perú y Norma de Agua potable de la Organización Mundial de la Salud. Agua potable que se especifican a continuación.

Comparación de promedios obtenidos en el análisis de las muestras de agua recolectadas en cada época con respecto a los límites establecidos según Normativas para Sodio, Potasio, Calcio, Bario y Litio

Elemento	Época lluviosa	Época seca	Limites
Sodio	9.85 mg/L	119.68 mg /L	200.0 mg/L
Potasio	1.87 mg/L	32.95 mg /L	10.0 mg/L
Calcio	14.92 mg/L	1.62 mg /L	250.0 mg/L
Bario	12.12 mg/L	6.80 mg /L	0.7 mg/L
Litio	No detectado	No detectado	5.0 mg/L

Los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua recolectadas en ambas épocas del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar tiene una concentración de Sodio de 9.85mg/L en época lluviosa – 119.68mg/L en época seca; no sobre pasa el límite del valor sino que está bajo de 200mg/L que establece la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04. Agua.

Para Potasio la concentración 1.87mg/L en época lluviosa no sobre pasa el límite de la Norma de Capre sobre la calidad de agua Potable de la Republica Dominicana 10.0 mg/L, el valor 32.95 mg/L de la época seca es mayor de lo permitido por la Norma debido a un aumento en concentración de Potasio en el agua y esto puede llegar a producir una hiperkalemia.

La concentración de Calcio en las muestras recolectadas tiene un promedio de época seca 14.92mg/L- época lluviosa1.62mg/L por lo que no sobre pasa el

valor 250.0 mg/L permitido por la Normativa de Agua de la Organización Mundial de la Salud Jorge A. Orellana. Características del Agua Potable Año 2005. En las muestras recolectadas de agua para determinar la concentración de Bario tiene un promedio en época lluviosa de 12.12mg/L y en época seca de 6.80 mg/L lo cual sobre pasa el valor de 0.7mg/L de la Normativa Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04., y Norma de Agua Potable de La Organización Mundial de la Salud. En las Guías de 1993 se estableció un valor de referencia de 0.7 mg/L basado en efectos sobre la salud dado su potencial puede causar hipertensión.

Para la concentración de Litio en las muestras recolectadas de agua en época seca y época lluviosa se obtuvo un valor menor o igual a cero la presencia de Litio en el agua y según la Norma de la Calidad de Agua de Perú .OPS/CEPIS/96, es de 5.0mg/L

RECOMENDACIONES.

1. Que los directivos de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua (ABAPCOA) informen a la Unidad de Salud del Municipio de Huizucar Departamento de la Libertad los resultados de los análisis del agua que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua para que tomen las medidas correspondientes, ya que el elemento Bario presenta mayor concentración del valor permitido de 0.7 mg/L por la Normativa Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04., y Norma de Agua Potable de La Organización Mundial de la Salud.
2. Que los líderes de la comunidad den a conocer a la población el riesgo contaminante que producen al lanzar desechos como aparatos electrónicos, baterías de carro, latas de pintura, productos de caucho, veneno para ratas y fuegos artificiales cerca del Nacimiento, los cuales podrían liberar altas concentraciones de Bario en el agua que distribuye el proyecto ABAPCOA, exponiéndose a enfermedades sistémicas, como la hipertensión.
3. Que la directiva de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua del proyecto (ABAPCOA) gestione ante las autoridades competentes, como el Ministerio de Salud, la realización de análisis y monitoreo del agua que se distribuye en el proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua para cumplir con los valores establecido por la Norma de Capre sobre la Calidad del Agua Potable de la Republica Dominicana con respecto al Potasio ya que en época seca presentó una concentración 32.87 mg/L que sobrepasa el límite máximo que es de 10.0 mg/L.

4. Que la directiva de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua de proyecto (ABAPCOA) mantenga un registro de todo análisis que se realice al agua, para comparar resultados y controlar los niveles de los elementos en análisis.
5. Que la directiva de la comunidad gestione en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, otros estudios e investigaciones del agua que se distribuye en el agua Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar con otros parámetros como: pH, dureza del agua, análisis microbiológico, etc. Para establecer calidad en el agua y que sea apta para el consumo humano.
6. Que la directiva de la comunidad del proyecto (ABAPCOA) gestione lugares con recipientes de recolección de desechos con el fin de hacer cumplir las normas de salubridad mínimas para evitar y prevenir la contaminación del agua, especialmente en áreas estratégicas como el nacimiento, canales de distribución y reservorios de agua.

ANEXO N°8

**LISTADO DE BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE AGUA DEL CANTON
OJO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE HUIZUCAR.**

ABAPCOA

NOMINA DE ASISTENCIAS DE SOCIOS A ASAMBLEA ORDINARIA

DE FECHA: 02/11/2012



#	SECTOR ESCUELA	FIRMAS
1	Jesus Heriberto Gómez Guzman	X José Roberto Gomez
2	José Roberto Miguel Gómez	
3	Nohemi de Corado	
4	Jorge Alberto Bernal	X Jorge Bernal
5	Rosa Edith Gómez Miguel	X ROSA EDITH GOMEZ
6	Angela Carcamo Miguel	X Angela Carcamo
7	Cecilia del Carmen Aguirre Linares	
8	José Heriberto Mejia Leonor	X José Heriberto Mejia
9	Blanca Rosa Vasquez de Palacios	X Blanca Rosa Vasquez
10	Efraim Bernal Guzmán	
11	Alejandro de la Cruz Gómez Elias	X Alejandro de la Cruz
12	Adrian Palacios	
13	Cesar del Carmen Palacios Vicente	X Cesar del Carmen
14	Elio Israel Segura Gómez	Permiso
15	Teresa de Jesus Escobar	X Teresa de Jesus
16	Pedro Guzmán Mendoza	X Pedro Guzman
17	Marco Antonio Segura	Permiso
18	Petronila Bernal Melara	X Petronila Bernal
19	Rolando Palacios	X Rolando Palacios
20	Felix Osmin Escobar Artiga	X Felix Osmin Escobar
21	Oscar William Gómez y Gómez	
22	Alvaro Enrique Leonor Miguel	X Alvaro Enrique Leonor
23	Francisco Maldonado	X Francisco Maldonado
24	José Antonio Maldonado Gonzalez	X José Antonio Maldonado
25	Rito Belloso Gómez	
26	Moises Antonio Castro Morales	X Moises Antonio Castro
27	Nelson Yoni Abrego Escobar	X Nelson Yoni Abrego
28	Rafael Bernal	X Rafael Bernal
29	Alex Armando Bernal	X Alex Armando Bernal
30	María Petrona Garay de Carcamo	
31	José Eduardo Mejia Orellana	
32	José Palacios Gómez	X José Palacios
33	Juan Pablo Jorge Miranda	X Juan Pablo Jorge Miranda
34	Ana Beatriz Carcamo	X Ana Beatriz Carcamo
35	Mirian del Carmen Gómez Guzman	X Mirian del Carmen
36	Angela del Carmen Guzmán Melara	ANGELA GUZMAN
37	Rosa Ramirez de Gómez	
38	Luz Morales Vda. de Castro	
39	Luis Edgar Perla Fernandez	X Luis Edgar Perla
40	Dalila del Carmén Gutierrez Gómez	X Dalila del Carmen

ABAPCOA

NOMINA DE ASISTENCIAS DE SOCIOS A ASAMBLEA ORDINARIA

DE FECHA: 07/11/2013



#	SECTOR ESCUELA	FIRMAS
41	Jorge Orlando Gómez	X <i>[Signature]</i>
42	Marta Magdalena Hernandez Gómez	X <i>[Signature]</i>
43	Consuelo Elizabeth Bernal de Alfaro	<i>[Signature]</i>
44	José Luis Bernal Guzman	X <i>[Signature]</i>
45	Dora Alicia Bernal de Ramirez	X <i>[Signature]</i>
46	Maria Esther Gómez de Linares	<i>[Signature]</i>
47	Miguel Angel Leonor Miguel	X <i>[Signature]</i>
48	Emilia Carcamo	+ <i>[Signature]</i>
49	Norman Alexander Palacios	X <i>[Signature]</i>
50	Ana Vilma Gómez	X <i>[Signature]</i>
51	Consuelo del Carmén Morán	X <i>[Signature]</i>
52	Hector Espino Dimas	X <i>[Signature]</i>
53	Samuel Gómez Aguirre	X Samuel Gomez
54	Rosa Isabel Gómez	X Rosa Isabel Melara
55	Francisco Bernal Melara	X <i>[Signature]</i>
56	Ricardo Gómez Martir	X <i>[Signature]</i>
57	Erlinda Bernal de Nolasco	X <i>[Signature]</i>
58	José Ramiro Palacios Vicente	X <i>[Signature]</i>
59	Ana Luz Melara	X Ana Luz Melara
60	Adolfo Segura Gómez	X <i>[Signature]</i>
61	Juan Bernal Guzman	<i>[Signature]</i>
62	Oscar Ovidio Bernal Mentoza	X <i>[Signature]</i>
63	José Antonio Gómez Martir	X <i>[Signature]</i>
64	Teresa de Jesus Gómez Guzmán	X <i>[Signature]</i>
65	Oscar Alejandro Bernal Jorge	<i>[Signature]</i>
66	Elsa del Rosario Abrego Escobar	X <i>[Signature]</i>
67	Esteban Palacios Melara	<i>[Signature]</i>
SOCIOS INACTIVOS		
1	Noé Orlando Gonzalez	
2	Rodolfo de Jesus Espino	
3	Francisco Sility	
4	Marina Santos de Melara	X <i>[Signature]</i>
5	Jesus Peña de Garmendez	<i>[Signature]</i>
6	CENTRO ESCOLAR OJO DE AGUA	
7	ERMITA IGLESIA CATOLICA	