

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO POR MEDIO
DEL METODO DE ION SELECTIVO EN AGUA POTABLE QUE SE
DISTRIBUYE EN EL CANTON OJO DE AGUA MUNICIPIO DE HUIZUCAR
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
BERNARDO ALIRIO ALARCON ESTRADA
SAMUEL JOSE CASTRO MORALES

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA DE QUIMICA Y FARMACIA

ABRIL DEL 2012

SAN SALVADOR, EL SALVADOR CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

SECRETARIA

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo.

ASESORA DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, COSMETICOS Y VETERINARIOS:

Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez.

ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL:

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez.

DOCENTE DIRECTOR:

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a Dios Todopoderoso, Creador de los cielos y la tierra por darme sabiduría e inteligencia, pues reconozco que de no ser por El no hubiese finalizado esta etapa de mi vida. Bien dicen las santas escrituras: Porque ha inclinado a mí su oído; por tanto le invocare en todos mis días. Clemente es Jehová, y justo; Si, misericordioso es nuestro Dios.

A mis Padres por haber sido un pilar muy importante en la culminación de mi carrera profesional, ya que me apoyaron incondicionalmente y me impulsaron siempre a seguir hasta lograr finalmente con este trabajo de investigación mi primer éxito profesional.

Así también a mis hermanos Francisco y Rosa por sus palabras de apoyo de seguir adelante, a mi Tía Lilian del Carmen pues sin ser su hijo me ha tratado como si lo fuera y a mi Tía Blanca que ha sido como mi madre.

Agradezco a mis asesores de tesis por su guía y esmero durante todo el proceso.

Finalmente a mi amigo y compañero de tesis Samuel, juntos hemos trabajado incondicionalmente para culminar nuestra carrera profesional.

Bernardo Alarcón

AGRADECIMIENTO.

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

Además agradezco a mis Padres 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.

Así también a mis hermanos por sus palabras de apoyo de seguir adelante, a mí esposa Marina que ha estado en todo momento de la culminación de mi carrera profesional.

Agradecimientos a mis Docentes Directores por los conocimientos brindados y su guía, ya que fueron el timón de este barco para poder llegar a la meta de este trabajo de investigación.

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

Samuel Morales

INDICE

	Pág.
Capítulo I	
1.0 Introducción	Xvii
Capítulo II	
2.0 Objetivos	
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	23
3.1 Generalidades del flúor	23
3.1.1 Especificaciones del flúor	25
3.2. Presencia de fluoruro en el ambiente	25
3.3 Metabolismo de fluoruros	31
3.4 Deficiencia de flúor	35
3.5 Ingestión de dosis extra de flúor	38
3.6 Acciones farmacológicas del fluoruro	41
3.7 Fluorosis	43

3.8 Toxicidad por fluoruros	48
3.9 Principios generales de potenciometria	50

Capítulo IV

4.0 Diseño Metodológico	58
4.1 Tipo de estudio	58
4.2 Investigación bibliográfica	58
4.3 Investigación de campo	59
4.4 Parte experimental	61
4.4.1 Instrumental	61
4.4.2 Procedimiento para la validación del método 4500-F ⁻	62
4.4.3 Procedimiento para medir la concentración de fluoruro en las muestras de agua recolectadas en el Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar.	65
4.5 Procedimiento general para la medición de concentración de fluoruro en agua en el potenciómetro Mettler Toledo 355.	65

Capítulo V

5.0 Resultados y Discusión de resultados	68
--	----

Capítulo VI

6.0 Conclusiones	88
------------------	----

Capítulo VII

7.0 Recomendaciones

91

Bibliografía

Glosario

Anexos

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

1. Mapa, dirección del Municipio de Huizucar y Directiva del Cantón Ojo de Agua ABAPCOA.
2. Manual de Instrucciones del Mettler Toledo 355.
3. Manual de Instrucciones del electrodo de fluoruro modelo 96-09 Thermo Orión.
4. Método oficial del APHA, método de electrodo selectivo de iones $4500-F^-$
5. Certificado de análisis del estándar de flúor.
6. Certificado de análisis del reactivo TISAB II.
7. Cuadro de resultados para el método del ion selectivo de iones $4500-F^-$.
8. Formulas para determinar los parámetros de validación.
9. Fotografías de la reunión general del proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar Departamento de La Libertad.
10. Tabla t-student.
11. Listado de beneficiarios del proyecto de agua del Catón Ojo de Agua del municipio de Huizucar.

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°	N° de Pág.
1. Propiedades físicas del flúor	25
2. Valores de ingesta de flúor recomendado para niños de edad de 0 a 12 meses	36
3. Valores de ingesta de flúor recomendada para edades de 1 año hasta mayores de 70 años	36
4. Puntuación de la fluorosis dental según Dean	46
5. Criterios de aceptación para los parámetros de validación	56
6. Resultados de los parámetros de validación	79

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	N° de Pág.
1. Resultados obtenidos para la exactitud	68
2. Resultados obtenidos para la precisión	70
3. Resultados obtenidos para el Límite de detección.	72
4. Resultados de blancos para el cálculo de límite de detección	74
5. Resultados obtenidos para linealidad	75
6. Resultados de los análisis obtenidos de las muestras de agua recolectadas en época húmeda, octubre del 2010	83
7. Resultados de los análisis obtenidos de las muestras de agua recolectadas en época seca, febrero del 2011	84

ABREVIATURAS

ABAPCOA	Asociación de beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua
APHA	American Public Health Asosiation.
r^2	Coeficiente de determinación.
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia.
b_1	Pendiente.
b_0	Ordenada al origen.
CV	Coeficiente de variación.
$CV_{x/y}$	Coeficiente de variación de regresión.
S	Desviación estándar.
S_b	Desviación estándar de los blancos.
$S_{y/x}$	Desviación estándar de regresión.
IC(b_1)	Intervalo de confianza para la pendiente.
IC(β_0)	intervalo de confianza para la ordenada al origen.
LD	Límite de detección.
\geq	Mayor o igual.
\bar{y}	Media aritmética

\leq	Menor o igual.
NSO	Norma Salvadoreña Obligatoria.
β_0	Ordenada al origen.
ppm	Partes por millón.
b_1	Pendiente.
Σ	Sumatoria.
Σ_y	Sumatoria de datos obtenidos de los ensayos.
g	Gramos.
mg	Miligramos.
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
OMS	Organización Mundial de la Salud

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra en detalle el proceso que se llevó a cabo en la determinación de la concentración de fluoruro 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. Para lo cual se caracterizo las muestras de agua potable en estudio y se trabajo con el método oficial del Libro de Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales con número 4500-F⁻, el cual detalla todas las consideraciones y procedimientos a seguir para el desarrollo del método en un laboratorio de análisis. Así también este parámetro esta normalizado en la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO 13.07.01.04 Agua. Agua potable.

Los resultados obtenidos de la parte experimental en la determinación de la concentración de flúor en agua potable son los siguientes: en época húmeda un valor bajo de 0.131 mg/L y el valor alto es de 0.139 mg/L, en época seca un valor bajo de 0.0728 mg/L y el valor alto de 0.0827 mg/L. Las determinaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Basándose en los resultados obtenidos se puede decir que el agua que distribuye la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de

Agua (ABAPCOA) tiene concentración baja de flúor respecto a la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04 Agua. Agua potable

Basándose en los resultados obtenidos de concentración de flúor, la directiva actual de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua gestione ante las autoridades competentes, como el Ministerio de Salud que proporcione la fluoración y monitoreo del agua potable que se distribuye en el proyecto de agua, para alcanzar el rango óptimo de flúor en agua para consumo humano que es de 0.7 mg/L a 1.2 mg/L de fluoruro⁽¹²⁾.

CAPITULO I
INTRODUCCION

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de aguas que se denominan “potable” pueden contener generalmente sustancias nocivas al ser humano de las cuales se pueden encontrar microbiológicas, físicas y químicas, razón por la cual es importante realizar una investigación sobre la determinación de una sustancia química como es el fluoruro, ya que este es un elemento que se encuentra en el medio ambiente y que es de utilidad al ser humano para el crecimiento de huesos y dientes en cantidades adecuadas.

El fluoruro se encuentra en agua y algunos alimentos en pequeñas cantidades, pero cabe mencionar que la concentración recomendada de fluoruro en agua es de 1 mg/L₍₃₎, ya que en una concentración más alta y un determinado tiempo de ingesta puede causar fluorosis dental y en caso de ingerir grandes cantidades se desencadenan signos y síntomas ocasionando alteraciones en huesos y dientes e incluso la muerte por intoxicación₍₁₇₎.

En la presente investigación se realizó la determinación de la concentración de fluoruro en 40 muestras de agua potable recolectadas directamente de los grifos en los sectores de la comunidad, reservorios y del nacimiento que se encuentra ubicado en la finca San Valentín del Cantón Ojo de Agua, municipio de Huizucar, departamento de la Libertad, la cual se aborda con motivo de investigación; en la que se aplicó un método oficial como es el electrodo selectivo de iones $4500-F^-$ del APHA, el cual se validó por los parámetros de

exactitud, precisión, límite de detección y linealidad, el cual permite determinar la concentración de fluoruro presente.

Luego se comparó la concentración de fluoruro obtenida de las 40 muestras contra el valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04 Agua. Agua potable⁽¹⁴⁾ y se verificó si cumplen las muestras con la concentración establecida.

Los análisis de las muestras de agua se desarrollaron en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, de octubre del 2010 en época húmeda y febrero del 2011 en época seca.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar la concentración de fluoruro por medio del método de ion selectivo en agua potable que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar departamento de La Libertad.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

2.2.1 Validar el método del electrodo selectivo de iones $4500-F^-$ del APHA por medio de los parámetros de exactitud, precisión, límite de detección y linealidad para la determinación de fluoruro en agua potable.

2.2.2 Realizar dos tomas de muestra en época seca y húmeda en los sectores: Perla, Escuela, Copinol, Izote, reservorios y nacimiento.

2.2.3 Determinar la concentración de fluoruro por el método $4500-F^-$ del APHA de electrodo selectivo de iones en las muestras de agua recolectadas.

2.2.4 Comparar los valores de concentración de fluoruro obtenidos de las muestras de agua potable contra el valor máximo establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:04 Agua. Agua potable.

2.2.5 Socializar con la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua (ABAPCOA) los resultados obtenidos en el análisis de agua potable que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar Departamento de la Libertad.

CAPITULO III

MARCO TERORICO

3. MARCO TEORICO.

El flúor fue descubierto por Marggraf Scheele (1771) en forma de ácido hidrofluorídico pero debido a la gran afinidad de este elemento de combinarse con otros, no fue aislado hasta 1886 por Moissan; la presencia de flúor en materiales biológicos fue observada por primera vez en 1803 por Morichini en los dientes de elefantes fósiles. Berzelius en 1823 detectó los niveles del fluoruro en el agua.

En tal sentido, Madeiros (1998) afirma, que el flúor es el más electronegativo de todos los elementos químicos, el flúor no se encuentra en su forma elemental siempre será observado combinado con fluoruros, siendo el más común la criolita y la apatita⁽¹¹⁾.

3.1. Generalidades del flúor.

Su nombre proviene del mineral espato flúor, derivado del latín fluere (fluir), es importante mencionar la conocida propiedad fundente de este mineral, ya que la mayoría de los metales arden con el flúor y aun el oro y el platino son atacados si se les calienta en la atmósfera del flúor.

El flúor es el más electronegativo de los elementos (en la escala de Pauling), su valor es 3.98 comparado con el cloro que es de 3.16 y 3.44

del oxígeno que son los elementos no metálicos que le siguen en actividad.

Se caracteriza por ser un gas amarillo pálido de olor irritante, es extremadamente venenoso, químicamente es el metaloide más activo no se presenta en estado libre en la naturaleza, sino en combinación; Se estima que se halla en un 0.065% en la corteza terrestre; es casi tan abundante como el carbono, el nitrógeno o el cloro, mucho más que el cobre o el plomo, aunque mucho menos que el hierro, aluminio o el magnesio. Los compuestos cuyas moléculas contienen átomos de flúor están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Muchos minerales contienen cantidades pequeñas del elemento, y se encuentra tanto en rocas ígneas como en rocas sedimentarias.

El compuesto más abundante del flúor es la fluorapatita (fluoruro de calcio) $\text{Ca}^{2+} (\text{F}^-)_2$; la criolita $(\text{Na}^+)_3\text{AlF}_6^{3-}$, entre otros está el espato flúor o fluorita⁽⁹⁾.

3.1.1. Especificaciones del flúor₍₁₁₎.

Propiedades físicas.

Cuadro N°.1. Propiedades físicas del flúor₍₁₁₎.

Nombre	Flúor
Numero atómico	9
Valencia	-1
Estado de oxidación	-1
Electronegatividad	4,0
Radio covalente (Å)	0,72
Radio iónico (Å)	1,36
Radio atómico (Å)	0,57
Configuración electrónica	$1s^2 2s^2 2p^5$
Primer potencial de ionización (eV)	17,54
Masa atómica (g/mol)	18,9984
Densidad (g/ml)	1,11
Punto de ebullición (°C)	-188,2
Punto de fusión (°C)	-219,6
Descubridor	Moissan en 1886

3.2. Presencia de fluoruros en el ambiente.

A. En el agua_(16,18).

La presencia general de los fluoruros en la corteza terrestre y toda el agua del planeta contienen fluoruros en concentraciones variables, la mayor parte del agua que normalmente puede utilizar el hombre,

participa en el ciclo biológico; lo cual significa que tiene su origen en los océanos. El agua del mar contiene cantidades considerables de fluoruros que oscilan entre 0.8 mg/Kg y 1.4 mg/Kg. El contenido de fluoruros del agua de lagos, ríos o pozos artesianos es casi siempre inferior a 0.5 mg/Kg con excepción de aquellas que se relacionan con yacimientos minerales o volcánicos, estos suelen tener niveles desde 3 mg/Kg – 6 mg/Kg.

Las aguas con un elevado contenido de fluoruros se hallan por lo general al pie de las altas montañas, cabe mencionar que la más elevada concentración natural de fluoruros jamás encontrada en el agua se registro en el lago Nakuru en el valle de Rift en Kenya con 2800mg/L.

B. En el aire^(16,18).

Los fluoruros se encuentran ampliamente diseminados en la atmosfera proveniente del polvo de los suelos ricos en fluoruro y de los gases emitidos en zonas de actividad volcánicas, zonas industriales. La concentración en el aire varía dependiendo del tipo de actividad industrial, pero se calcula que la exposición general es equivalente a menos de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aire, que es insignificante si se compara con el flúor que se ingiere.

C. En los alimentos^(13,16).

Los alimentos sólidos salvo en contadas excepciones, no parece haber relación entre el contenido de fluoruros de la mayor parte de plantas y el agua o el suelo de un lugar dado. Pero las plantas que crecen en suelos ácidos tienen por lo general concentraciones superiores. La concentración de las hojas de la mayor parte de las plantas oscila entre 2 mg/Kg y 10 mg/Kg de fluoruros.

Las partes de las plantas (hortalizas y frutas) que el hombre consume suelen tener un contenido de 0.1 mg/Kg – 0.4 mg/Kg. Lo que apenas implica una complicación en la alimentación. Pero en los cereales se han descubierto niveles extraordinariamente altos especialmente en el arroz y la cebada y son todavía más alto en aguas fluoradas.

Se ha comprobado que en algunas plantas como la yuca contienen niveles relativamente elevados de fluoruros, lo mismo que en las hojas de té y en los pescados pueden llegar a contener el doble de la concentración de fluoruro. El empleo de agua fluorada en las plantas que elaboran alimentos puede muchas veces duplicar el nivel fluoruro en los productos alimenticios ya preparados.

El contenido de fluoruros en las carnes es bajo (0.2 mg/kg – 1.0 mg/Kg) salvo en el caso de la carne de pollo que a veces puede

alcanzar niveles más elevados, probablemente cuando el animal ha sido alimentado con harina de pescado o de huesos, y por ejemplo en algunos peces pueden llegar a contener 100 mg/Kg.

Alimentos con mayor aporte – Principales fuentes de fluoruro.

- Aguas fluoradas contiene entre 0.7mg – 1.2mg de fluoruro/L o 0.7 – 1.2 ppm.
- Té (ya preparado, 1 mg/L a 6 mg/L)
- Pescado de mar (sardinas, salmón, bacalao, marisco: 0.01 mg/100gr a 0.17 mg/100gr.)
- Gelatinas.
- Pollo.
- Leche fluorada (0.1 mg/L a 0.2 mg/L)
- Leche materna (0.007 mg/L a 0.01 mg/L)
- Sal fluorada.
- Vegetales verdes: Lechuga, espinaca.
- Papas.
- Alimentos y bebidas preparadas con aguas fluoradas.
- Productos dentales.
- Suplementos de flúor.

D. En las bebidas⁽¹⁸⁾.

El agua que ingiere el humano constituye el mayor aporte a la ingestión diaria de fluoruros. La ingestión de fluoruros con el agua dependerá de:

- La concentración de fluoruros de esta.
- Edad de la persona.
- Las condiciones climáticas.
- Los hábitos alimentarios.

El consumo de líquidos aumenta con la edad en especial desde el nacimiento hasta los 12 años. No obstante se ha demostrado que durante ese periodo el agua de bebida puede representar como máximo el 50% de la ingestión total de líquidos dentro de una población dada. El factor más importante para determinar el volumen de agua consumida es la temperatura diaria máxima que prevalece en la zona correspondiente.

La leche materna tiene un contenido bajo de fluoruros, inferior a 0.02 mg/L sin que parezca existir variación alguna a lo largo del día, la diferencia es escasa o nula entre el nivel de fluoruros presente en la leche de las madres que viven en zonas cuya agua contiene 0.1 mg/L de fluoruros. La concentración de fluoruros en la leche de vaca contiene de 0.02 mg/L – 0.05 mg/L.

E. Fluoruros en los productos farmacéuticos para la prevención de la caries⁽¹⁸⁾.

Un sin número de productos farmacéuticos contienen fluoruros en forma orgánica o inorgánica. Ciertos productos como los comprimidos de fluoruro sódico o las tabletas a base de fluoruros y vitaminas, se emplean en forma de suplementos fluorados para prevenir las caries.

Los comprimidos suelen contener 0.25 mg– 0.50 mg o hasta 1.0 mg de fluoruro. La concentraciones de fluoruros en las soluciones y geles para el tratamiento tópico contienen entre 0.25 mg y 2.4 mg de fluoruro por litro o pro kilogramo. La mayor parte de los dentífricos fabricados actualmente contienen entre 1.0 mg a 1.5 mg de fluoruros/Kg.

Preocupa particularmente la posibilidad de que los niños pequeños ingieran el dentífrico (fluorado) en ayunas o durante el cepillado, debido a que los fluoruros del dentífrico se absorbe por completo.

En algunas investigaciones se demuestra que la cantidad de dentífrico ingerido en los niños de 2 a 5 años puede variar entre 0.1 g y 2.0 g con un promedio de 0.5 g. Como la mayor parte de los dentífricos contiene entre 1.0 mg y 1.5 mg de fluoruros/Kg, la cantidad de

fluoruros absorbidos puede ser de 0.5 mg o 0.75 mg aproximadamente.

3.3. Metabolismo de fluoruros.

A. Absorción de los fluoruros en el organismo humano_(5,6).

Los fluoruros se absorben a partir de intestino, pulmones y piel. El intestino el principal sitio de absorción. El grado de absorción de un compuesto de fluoruro se correlaciona mejor con su solubilidad. Los compuestos relativamente solubles como el fluoruro de sodio, se absorben casi por completo, en tanto los relativamente insolubles, como la criolita (Na_3AlF_6) y el fluoruro que se encuentra en harina de huesos (fluoroapatita) se absorbe poco. La segunda vía de absorción más frecuente es por medio de los pulmones. La inhalación del fluoruro presente en polvos y gases constituye la principal vía de exposición.

B. Distribución en los tejidos blandos₍₆₎.

Una vez absorbido, el fluoruro es distribuido en pocos minutos a través del líquido extracelular a la mayor parte de órganos y tejidos. La concentración de fluoruro en la mayor parte de los tejidos blandos es inferior a su nivel del plasma. Salvo en el riñón sano en el que puede producirse una acumulación ocasional de fluoruro a causa de la

producción de orina. Se ha detectado fluoruros en todos órganos y tejidos, además atraviesa la placenta y como han demostrado unos estudios, su nivel en la sangre del feto es aproximadamente 75% del de la sangre materna.

C. Fluoruros en sangre⁽⁶⁾.

La sangre humana contiene flúor tanto en forma de compuestos orgánicos como en forma inorgánica. Se ha indicado que la vida media de los fluoruros en el plasma viene determinada por el nivel de dosis y frecuencia de la ingestión. Por ello cabe mencionar que los niveles de fluoruro en el plasma de las personas que viven en zonas con distintas concentraciones de fluoruro en agua potable estas vayan relacionadas.

D. Fluoruros en huesos y diente⁽⁶⁾.

El fluoruro se deposita de manera primaria en huesos y dientes, y la carga esquelética se relaciona con la ingestión y la edad. Está bien probada la afinidad existente entre lo iones fluoruros y el sistema óseo.

El grado de asimilación del fluoruro en las distintas partes del esqueleto y la dentadura dependerá de: Las cantidades ingeridas y absorbidas, tiempo que dure la exposición a los fluoruros, clase de

localización y actividad metabólica del tejido de que se trate y la edad del sujeto.

En circunstancias normales el fluoruro se acumula en el esqueleto a lo largo de la vida, de forma que su contenido en los huesos orienta de forma fiable sobre el grado de exposición de un individuo a los fluoruros a lo largo del tiempo. Los niveles normales en los huesos de un adulto oscilarán entre 1000 mg y 4000 mg de fluoruros/kg de huesos según su concentración en el agua potable y la edad de la persona.

La fijación de fluoruro en los tejidos dentales también aumenta con la edad y mayor concentración en el agua de abastecimiento público. El contenido de fluoruros en la dentina y el esmalte es considerablemente inferior a lo observado en los huesos del mismo individuo.

La aplicación directa del fluoruro sobre la superficie dentaria, puede iniciarse a los 6 meses de edad y continuarse durante toda la vida. Lógicamente su máxima utilidad se centraría en los periodos de mayor susceptibilidad a la caries (infancia y primera adolescencia) o en adultos con elevada actividad de caries.

El contenido medio de fluoruros del esmalte en zonas con baja concentración de esos compuestos en el agua se va elevando desde 50 mg/Kg aproximadamente a los 10 años de edad hasta 100 mg/Kg a los 30 años; mientras que en zonas con mayores concentraciones en el agua (1.5 mg/L– 2.0 mg/L) ese promedio pasa de 170 mg/Kg a los 10 años a un nivel estabilizado de 350 mg/Kg a los 30 años.

E. Fluoruros excretados por el riñón⁽⁶⁾.

La principal vía de excreción del fluoruro en el organismo es el riñón. Después de su filtración glomerular, cantidades variables de fluoruro son reabsorbidas en los túbulos proximales y distales por el mecanismo de la difusión pasiva simple. En la regulación del proceso renal de eliminación interviene tanto el flujo urinario, como el pH.

El flujo urinario rápido y la orina alcalina darán lugar a una eliminación rápida de fluoruro del plasma, mientras que la lentitud del flujo urinario y la acidez de la orina; producirán una eliminación más lenta.

Por lo general en un adulto de un 40% a 60% de la dosis de fluoruros ingerida se encuentra en la orina. Este porcentaje puede variar, ya que interviene el grado de fijación de los huesos, que a su vez viene determinado por la edad del sujeto y su ingestión actual o anterior de

fluoruros. Es evidente que el riñón es el que regula el metabolismo del flúor a corto plazo.

F. Fluoruros excretados por la saliva y la leche materna⁽⁶⁾.

La concentración de fluoruros en la saliva refleja la del plasma sanguínea y representa aproximadamente dos tercios de esta; Pero solo en las muestras de saliva tomadas directamente en los orificios de los conductos salivales.

La cantidad de fluoruro que pasa de la sangre a la leche materna es limitada. La variación de la concentración de fluoruros en el plasma solo afecta en menor medida la concentración de la leche materna.

3.4. Deficiencia de flúor⁽¹³⁾.

Como consecuencia de una ingesta deficiente de flúor se da un aumento en la incidencia y severidad de la caries dental.

La fuente más importante de fluoruro en la dieta es el agua de consumo. La fluoración del agua tiene como fin la reducción en el desarrollo de las caries. Las concentraciones óptimas de fluoruro en las aguas de consumo oscilan entre 0.7 a 1.2 mg/L dependiendo del clima (0.7 ppm– 1.2 ppm). Con concentraciones menores a 0.7 ppm se recomienda el suplemento fluorados.

A. Ingesta adecuada recomendada de flúor⁽¹⁰⁾.

En los cuadros 2-3 se exponen los valores de ingesta de flúor recomendados para niños de 0-12 meses y de 1 año a más de 70 años según el Departamento de Nutrición del IOM (Institute Medicine: Instituto de medicina), tanto para infantes, niños y adulto.

Cuadro N°.2 Valores de ingesta de flúor recomendada para niños de edad de 0-12 meses.

Infantes (meses)	mg/día
0-6	0.01
7-12	0.5

Cuadros N°.3 Valores de ingesta de flúor recomendado para edades desde 1 año hasta mayores de 70 años.

Edad (años)	Hombres (mg/día)	Mujeres (mg/día)
1-3	0.7	0.7
4-8	1	1
9-13	2	2
14-70	4	3
+70	4	3
Embarazo		3
Lactancia		3

B. Beneficios del flúor en la salud⁽¹⁶⁾.

Entre sus beneficios o funciones más conocidas destaca el de evitar la caries dental y el crecimiento de las bacterias que desarrollan el sarro y es por eso que hemos comentado que se añade a las aguas de uso

público. Los dentífricos o pasta de dientes también suelen llevar el flúor dentro de sus componentes.

También puede ayudar cuando hay un déficit, junto con el calcio y la vitamina D, a tratar la osteoporosis y a solidificar los huesos.

Por ello muchos países a los años 50 empezaron a fluorar las aguas de consumo humano.

El flúor entre otros efectos específicos y muy beneficiosos sobre los dientes se encuentran los siguientes aspectos:

-Aumenta la resistencia del esmalte: Si se aplica flúor sobre los dientes, este reacciona con el calcio de los mismos, formando fluoruro de calcio. En esta forma, el flúor reacciona con los cristales del esmalte dentario (la hidroxiapatita), resultando un compuesto que aumenta mucho la resistencia del esmalte.

-Favorece la remineralización: El flúor contribuye a la remineralización del diente, favorece la entrada en su estructura de iones calcio y fosfatos. Esto sucede porque el flúor tiene carga negativa y atrae el calcio y fosfato cuya carga es positiva.

-Tiene acción antibacteriana: El flúor tiene acción antibacteriana atacando a las bacterias que colonizan la superficie de los dientes.

-Aunque excelente para proteger los dientes a todas las edades, los niños son el grupo que más se beneficia de uso, ya que sus dientes aun están en formación.

-También es muy útil en los adultos en los que hay pérdidas de la encía por la edad. En estos casos el flúor ayuda a prevenir o eliminar la sensibilidad al frío y evita la aparición de caries en el cuello o raíces de los dientes.

3.5. Ingestión de dosis extra de flúor^(2, 10,17).

La dosis de flúor que se ingiere a través de la fluorización de las aguas parece ser, en general, muy segura pero el problema es que ingerimos el Flúor a través de otras vías:

-Tabletas o chicles enriquecidos con flúor.

- Algunas aguas minerales llevan dosis extra o contienen de forma natural cantidades altas de Flúor (suelen ser aguas de alta mineralización y a menudo ya avisan que no la ingieran los bebés o embarazadas).

-La pasta de dientes y los colutorios o elixires dentales contienen dosis muy altas de flúor pero la absorción a través de la boca es mínima a no ser que se ingiera. Hay personas que al enjuagarse con el colutorio, ingiere un poco. Simplemente hemos de advertir a los niños de ese

peligro (sobre todo con esas marcas comerciales que advierten el aporte de gran cantidad de flúor).

-Fluoración de las aguas en las escuelas: El agua debe estar fluorada a una concentración de varias veces superior al que sería recomendable para las escuelas, ya que los niños ingieren esta agua durante un reducido número de horas del día. En el caso que la institución alberga niños menores de 6 años se debe asegurar que estos no reciban flúor por ninguna otra vía oral o sistémica, ante el riesgo de estar aportando dosis excesiva.

-Aguas de mesa con Flúor: El agua embotellada constituye otra fórmula de aporte de Flúor, siendo muy variable la dosis en función de la fuente natural.

-Suplementos de los Alimentos con Flúor: Otra alternativa es incorporar el Flúor en determinados alimentos tal como, la sal, la leche, la harina o los cereales. Su dosificación oscila entre los 200 mg – 250 mg. En los años setenta, según Maier (1.971), se consideraba que no existían suficientes pruebas ni la cantidad exacta de flúor que debe incorporarse en la leche, sal y pan.

-Suplementos Dietéticos Fluorados: Existen otras vías de administrar flúor por vía sistémica, como son las gotas, tabletas y/o preparaciones

vitamínicas que pueden constituir una alternativa o complementación a la ingestión de flúor a través del agua, pudiéndose utilizar de forma individual o comunal en las escuelas. Los suplementos dietéticos de flúor pueden prescribirse desde el nacimiento hasta los 13 años, a los niños que vivan en áreas en las que el agua contenga 0,7 ppm de flúor o menos. El gran inconveniente de estos métodos es que requieren un alto grado de motivación para que el suministro se realice de forma continuada y correcta durante años. El método para administrar estos suplementos, dependerá de la edad, en niños pequeños se utilizaran en flúor en gotas o las preparaciones vitamínicas, colocándolas directamente en la lengua o bien mezclándolas con agua o zumos, o en la propia comida del niño. Hay que tener en cuenta que estos preparados no deben mezclarse con leche, pues se retarda su absorción. En niños con capacidad de masticar se pueden utilizar las tabletas, que deben ser masticadas y mezcladas con saliva durante un minuto, para posteriormente ser ingeridas, de esta forma conseguiremos un efecto tópico y un efecto sistémico.

-Por último avisar que hemos de tener cuidado con las sartenes u otros utensilios hechos con teflón. Tenerlos siempre en buenas condiciones ya que si están muy rayados pueden ir liberando flúor.

3.6. Acciones farmacológicas del fluoruro₍₄₁₎.

El fluoruro es un inhibidor de varios sistemas de enzimas y disminuye la respiración tisular y la glucólisis anaerobia. El fluoruro es un anticoagulante útil in vitro por que se une al Ca^{2+} . También inhibe la glucólisis en eritrocitos.

El fluoruro es un mitógeno para los osteoblastos y estimula la formación de huesos. De este modo, dicho fármaco ha resultado un compuesto atractivo para uso potencial en osteoporosis. Muchos de los enfermos tratados con sales de fluoruros muestran incremento sustancial de la masa de huesos trabecular, en tanto el hueso cortical tiene poca respuesta.

-Fluoruro de sódico al 0.2%, con el que se realizara un enjuague semanal.

Esta forma se usa sobre todo en programas de salud dental en colegios, asilos, etc.

-Fluoruro sódico al 0.05%, con el que se realizara un enjuague del diario después del cepillado antes de dormir. Esta forma se usa para la higiene dental domiciliaria.

Actualmente existen diversos preparados comerciales que incluyen el flúor en su formula. Así encontramos dentífricos con flúor, flúor en pastillas o gotas y hasta chicles con flúor.

Las formas de presentación más comunes existentes para la aplicación tópica de flúor son:

- Barnices.
- Geles.
- Dentífricos.
- Colutorios.
- Seda Dental Fluorada.
- Pasta Profiláctica.

Los agentes fluorados más comúnmente empleados son el fluorofosfato acidulado (APF) y el fluoruro sódico (NaF). El APF es el compuesto más empleado, contiene concentración de flúor del 1.2% que equivale a 12.300 ppm. El NaF presenta una concentración del 0,9% que supone una proporción de flúor de 9.040 ppm y apareció como alternativa al APF ante la posibilidad de que este alterase las restauraciones de las superficies de coronas de porcelana. Según Pinkham (1.991), se utiliza el fluorofosfato acidulado al 0,5%.

Compuestos de Flúor: El fluoruro sódico al 0,2% que contiene 904 ppm de flúor con una concentración de 0,09% que equivale a 0,90 mg de flúor por litro, es el preparado comúnmente empleado en los enjuagues semanales. Para la técnica se emplea el fluoruro sódico al 0,05%, que contiene un 0,02% de flúor (226 ppm de flúor) lo cual supone 0,23 mg de flúor por ml

de colutorio. Asimismo, puede emplearse el Fluorofosfato acidulado al 0,044%.

3.7. Fluorosis₍₁₈₎.

Se define como la acumulación excesiva de flúor en los dientes y en los huesos. Provocado por una ingesta alta y prolongada de fluoruro.

La fluorosis se produce por una ingesta excesiva y prolongada de flúor, y produce alteraciones óseas y dentarias.

Para minimizar el riesgo, la dosis a utilizar debe ser entre 0,05 y 0,07 mg/Kg de peso corporal y evaluar si está recibiendo flúor por otras fuentes.

Puede existir una intoxicación aguda por ingestión accidental de insecticidas o raticidas con sales de flúor que puede provocar la muerte.

Sin embargo, lo más frecuente es una intoxicación crónica con pequeñas cantidades de flúor, que produce una Fluorosis dental. Debido a este exceso de flúor, aparecen manchas en los dientes.

A. Fluorosis dental_(13,18).

A la fluorosis también se le conoce como hipoplasia o hipocalcificación del esmalte causada por fluoruro.

En la actualidad se sabe que la ingesta de agua potable que contiene fluoruro, durante la época de formación dental puede dar lugar a un esmalte moteado mínimo.

Los estudios Epidemiológicos demuestran que no todo los niños que nacen y se desarrollan en un área de fluorosis endémica tiene el mismo grado de moteado, no obstante que todos ingieren agua del mismo abastecimiento. Aun mas, pocas personas pueden tener un moteado moderado incluso cuando se expone a una concentración muy baja de fluoruro. Estos datos pueden relacionarse con la variación individual con respecto al consumo total de agua y de esta manera a la ingesta total de fluoruro.

Dependiendo del nivel de fluoruro en el agua el aspecto de los dientes moteados puede variar.

-Cambios caracterizados por manchas o vetas de color blanco en el esmalte.

-Cambios moderados manifestados por aéreas opacas blancas que afecta más el área de la superficie dental; cambios moderados e intensos que muestran formación de facetas y coloración pardo de la superficie, incluso corroída.

-Los dientes afectados moderada o intensamente pueden mostrar tendencia a desgastar o incluso fracturar el esmalte.

La fluorosis dental se da normalmente por la ingesta de agua con alta cantidad de flúor mayor a 2 mg/L – 2 ppm durante el periodo desarrollo dentario, previo a la erupción del 1 molar permanente, generalmente antes de los 8 años de edad. Una vez que el esmalte del diente ha madurado deja de ser susceptible. Es decir, el riesgo de fluorosis finaliza alrededor de los 8 años.

Característica (según el avance de la enfermedad).

- Líneas delgadas en la superficie dental.
- Confluencia de las aéreas afectadas dando un diente blanquecino opaco.
- Pigmentos marrones difusos.
- Irregularidades del esmalte (porosidades).
- Alta fragilidad del diente a la masticación.

B. Puntuación de la fluorosis dental según Dean^(13,18).

A fin de comparar la gravedad y distribución de la fluorosis en diversas colectividades. Dean, elaboro un índice epidemiológico que consiste en asignar a cada diente una puntuación debidamente ponderada que se encuentra en el cuadro N^o.4.

Cuadro N^o.4 Puntuación de la fluorosis dental según Dean.

Puntuación	Ponderación
0-Normal	0
1-Dudosa	0.5
2-Muy leve	1
3-Leve	2
4-Moderada	3
5-Grave	4

Para cada puntuación se daba la correspondiente descripción del aspecto clínico del diente.

Normal: El esmalte presenta la habitual estructura translúcida. La superficie lisa, lustrosa y por lo general de color blanco amarillento pálido.

Dudosa: En el esmalte se observan ligeras aberraciones con respecto a la translucidez del esmalte normal, que van desde unas pocas motas blancas hasta manchas blancas ocasionales.

Se asigna esta puntuación en los casos en que no esté justificado un diagnóstico preciso de la forma más leve de fluorosis ni la clasificación de normal.

Muy leve: Las zonas son opacas blancas diseminadas irregularmente por el diente, pero que afectan a menos del 25% de su superficie. Con frecuencia se incluyen en esta clasificación los dientes que presentan

a lo sumo 1-2 mm de opacidad blanca en la punta de las cúspides de los segundos molares.

Leve: Las zonas opacas blancas del esmalte son más extensas pero no llegan a afectar al 50% del diente.

Moderada: Todas las superficies esmaltadas de los dientes son afectadas y las expuestas a la abrasión presentan un desgaste puntual. Con frecuencia están desfiguradas por manchas marrones.

Grave: Comprende los dientes antes clasificados en moderadamente graves y graves. Están afectadas todas las superficies esmaltadas y están pronunciada la hipoplasia que la forma general del diente puede alterarse.

El principal signo de esta clasificación son las manchas marrón que están muy extendidas y los dientes parecen como corroídos. La puntuación asignada a un individuo era el correspondiente a sus dos dientes más gravemente afectados.

C. Fluorosis esquelética^(13,18).

Se da por la ingesta excesiva de fluoruro de al menos 10 a 25 mg/día por 10 años o más lo que trae consecuencias a nivel óseo.

Características:

- Aumento anormal de la densidad ósea (osteosclerosis)
- Calcificaciones en ligamentos y tendones
- Exostosis (formación ósea normal que sobresale de la superficie del hueso)
- Entumecimiento y dolor en las articulaciones
- Inmovilidad
- Hipercalcificación de vértebras dando complicaciones neurológicas por compresión de nervios (médula espinal).

3.8. Toxicidad por fluoruros.

El fluoruro es una sustancia toxica. Si se ingiere en grandes cantidades puede desencadenar signos y síntomas ocasionando alteraciones en huesos y dientes e incluso la muerte.

A. Toxicidad aguda por fluoruros^(13,18).

Se da ante la ingesta frecuente por grandes cantidades de fluoruro. Regularmente depende de la ingestión accidental de insecticidas, raticidas o por que tengan fluoruros concentrados por eso deben ser almacenados en lugares fuera de alcance de los niños. La dosis mínima que puede desencadenar un cuadro toxicidad es de 5 mg/Kg.

de peso corporal. La dosis letal se calcula entre 5 a 10 gramos de fluoruro de sodio en adulto de 70 Kg y 500mg en niños pequeños.

Signos y síntomas: Náuseas, vómitos, dolor abdominal. Ocasionalmente aumento de salivación (sialorrea), lagrimeo, diarrea, dolor de cabeza, sudoración fría y convulsiones. Si el cuadro progresa puede dar debilidad, espasmos musculares, tetania. El centro respiratorio se deprime, se desarrolla acidosis respiratoria y arritmias cardiacas seguidas de estado de coma y muerte.

La terapéutica comprende la administración de glucosa en solución salina por vía intravenosa, lavado gástrico con agua de cal (solución de hidróxido de calcio al 0.15%) u otras sales de calcio para precipitar el fluoruro. Se administra gluconato de calcio por vía intravenosa en tetania; la diuresis se conserva alta por medio de reanimación vigorosa con líquidos.

B. Toxicidad crónica por fluoruros^(13,18).

Se refiere a la acumulación de fluoruros en los órganos y tejidos de nuestro organismo debido a la exposición prolongada de fluoruros en el tiempo. Es mucho más frecuente que el anterior. Ante una exposición con fluoruro se procede dental seguida de fluorosis esquelética.

En seres humanos, las principales manifestaciones de la ingestión crónica de fluoruro excesivo son las osteoclerosis y el esmalte moteado. La osteoclerosis se caracteriza por aumento de la densidad ósea consecutivo tanto actividad osteoblastica aumentada como el reemplazo de hidroxapatita por fluoroapatita que es más densa. El grado de afección del esqueleto varía desde cambios apenas detectables en radiografías hasta engrosamiento notorio de la corteza de huesos largos.

3.9. Principios generales de potenciometría₍₁₉₎.

La potenciometría es un método analítico extremadamente versátil y como su nombre sugiere involucra medidas del potencial de una celda galvánica. Cada celda consiste en dos semiceldas y para calcular el potencial de cada semicelda se utiliza la ecuación de Nerst.

Los electrodos son mejor descritos como selectivos más que como específicos. Los electrodos que responden a un ion en específico, son conocidos como electrodos indicadores, la selección y uso de estos electrodos es la clave de la potenciometría. Por lo tanto es conveniente expresar la ecuación de Nerst en una forma general, la cual es aplicable a todos los tipos de electrodos selectivos de iones y su representación es:

$$E_{(celda)} = E' \pm \left(\frac{TR}{nF} \right) \ln a_i$$

Donde:

E = es potencial de la celda

E' = es una constante, incorporando el potencial del electrodo de referencia y el potencial estándar de la semicelda conteniendo la solución bajo investigación.

R = constante de los gases, $8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$.

T = temperatura ambiente expresada en escala absoluta (298 K).

n = moles de electrones de la semireacción.

F = constante de Faraday ($96485.3 \text{ C mol}^{-1}$).

\ln = logaritmo natural.

a_i = actividad del ion en investigación.

\pm = se utiliza para indicar en la ecuación si se trata de un catión (+) o de un anión (-).

A. Método de electrodo selectivo de iones_(1,6,14,8)

El electrodo de fluoruro es un sensor selectivo de iones. El elemento clave en el electrodo de fluoruro es el cristal de fluoruro de lantano barnizado de tipo laser, a través del cual se establece un potencial con soluciones de fluoruro de distintas concentraciones. El cristal está en

contacto con la solución de muestra en una cara y con una solución interna de referencia en la otra.

El electrodo de fluoruro mide la actividad del ion fluoruro en solución en lugar de su concentración. La actividad del ion fluoruro depende de la fuerza iónica total de la solución y del pH, así como del derivado complejante del fluoruro. La adición de un tampón adecuado proporciona una fuerza iónica ambiente casi uniforme, ajusta el pH y destruye los complejos de forma que el electrodo mide realmente la concentración.

El método utilizado para determinar fluoruro en agua de consumo humano en este trabajo, es el recomendado por el APHA, siendo adecuado para concentraciones de fluoruros comprendidas entre 0.1 mg/L y más de 10mg/L.

El fluoruro se determina por potenciometría directa, utilizando un electrodo selectivo de iones y un electrodo de referencia conectados a un potenciómetro con escala expandida en milivoltios.

Para la determinación de fluoruros por potenciometría directa se utiliza una solución especial conocida como TISAB (Total Ionic Strength Adjustment Buffer, Tampón de Ajuste de la Fuerza Iónica Total) que además de corregir otros efectos que pueden interferir con la determinación, por ejemplo: formación de ácidos y bases débiles,

complejacion y formación de precipitados insolubles fija las condiciones adecuadas para el análisis de fluoruro ya que proporciona una fuerza iónica constante, des compleja al ion fluoruro y mantiene el pH adecuado.

La composición del TISAB es la siguiente:

-Cloruro de sodio

-Acido acético glacial

-Acido 1,2 ciclohexilendiamintetracetico

-Hidróxido de sodio

En la práctica las muestras y estándares se diluyen en proporciones 1:1 con el TISAB con lo cual se mantiene el pH optimo para el electrodo de fluoruro (pH=5) que es provisto por el tampón ácido/acetato de sodio, los iones metálicos interferentes como hierro y aluminio se complejan con el citrato, y la fuerza iónica debida principalmente al cloruro de sodio es tal, que la concentración de los iones fluoruro libres puede conocerse utilizando los potenciales registrados en circuito de medición potenciométrico.

El funcionamiento del electrodo no se ve influenciado por el color, turbidez, sustancia suspendida, viscosidad de la muestra o presencia

de otros cationes o aniones comúnmente asociados con el ion fluoruro como por ejemplo: Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- , PO_4^{3-} , y iones de acetatos.

B. Validación del método_(4,12).

La validación es el proceso que asegura que un método analítico es aceptable para los propósitos establecidos, para lo cual se deben establecer un mínimo de criterios

Se valida el método de electrodo selectivo de iones por medio de los parámetros de exactitud, precisión, límite de detección y linealidad que se detalla a continuación.

a. Exactitud.

Concordancia entre un valor obtenido empleando el método y el valor de referencia.

b. Precisión.

Grado de concordancia entre resultados analíticos individuales, cuando el procedimiento se aplica repetidamente a diferentes porciones de una muestra homogénea del producto o de una referencia.

c. Límite de detección.

Este procedimiento aplica tanto a métodos instrumentales como no instrumentales. Se debe preparar por lo menos 3 concentraciones

de la sustancia de interés, a valores menores o que incluya la especificación.

También es la concentración mínima del analito en una muestra, que puede ser detectada, pero no necesariamente cuantificada, bajo las condiciones de operación establecidas.

d. Linealidad:

Habilidad para asegurar que los resultados obtenidos directamente o por medio de una transformación matemática definida, son proporcionales a la concentración del analito, dentro de un intervalo determinado.

Debido a la naturaleza y alcance del método de ensayo a validar, los parámetros anteriores son de criterio propio seleccionado como los más importantes ya que es conocido que hay criterios de desempeño primarios y secundarios.

Los criterios de desempeño primario son: exactitud, precisión, límite de detección, y a partir de estos se pueden obtener otros parámetros secundarios.

Los criterios de desempeño secundarios son: linealidad.

El tipo de ensayo a considerar será el siguiente: determinación cuantitativa de un componente.

Cuadro N°5 Criterios de aceptación para los parámetros de validación⁽⁴⁾.

Parámetro	Criterio de aceptación
Exactitud	Coeficiente de Variación (CV) no mayor de el 3% Intervalo de Confianza (IC(μ)) debe de incluir al 100% o que el promedio aritmético del % de recobro se incluya en el intervalo
Precisión	Coeficiente de Variación (CV) \leq 3%
Limite de detección	Coeficiente de determinación (r^2) \geq 0.98, Intervalo de Confianza (IC) no debe incluir al cero
Linealidad	Coeficiente de determinación (r^2) \geq 0.98 Intervalo de Confianza (IC) no debe incluir al cero, Coeficiente de Variación (CV) no mayor de el 3%. Intervalo de Confianza para la ordenada en el origen (IC(β_0)) debe incluir al cero

CAPITULO IV

DISEÑO METOLOGICO

4. DISEÑO METODOLOGICO.

4.1 Tipo de estudio.

El presente estudio se clasifica como:

Transversal, ya que la investigación de fluoruro en agua potable se realizó en un tiempo determinado estudiando el problema en el presente, en el momento en que se realiza la investigación.

Experimental, ya que los análisis de determinación de concentración de fluoruros en agua potable se realizaron en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Prospectivo, porque a partir de la investigación realizada de fluoruro en agua potable se obtendrán datos más exactos en el análisis e investigación para determinaciones de concentraciones de fluoruro a futuro.

4.2 Investigación bibliográfica.

Se realizó en la Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia Dr. Benjamín Orozco, Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador, Biblioteca de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Biblioteca de la Universidad de Alberto Masferrer (USAM), y a través de Redes Internacionales de Investigación Internet.

4.3 Investigación de campo.

Universo.

El universo compuesto por 259 derechos agua activos, un nacimiento y tres reservorios.

Derecho de agua activo es donde la familia está recibiendo su servicio de agua constante y el derecho inactivo es el cual se le ha suspendido el servicio de agua por falta de pago.

Muestra.

El número que comprende el estudio es de 20 muestras de agua potable en época húmeda y 20 muestras de agua potable en época seca dando un total de 40 muestras; las que se detalla a continuación.

Para este estudio, inicialmente se identifico la fuente y red de distribución que abastece a la población del Cantón Ojo de Agua, conformada por cuatro sectores: sector perla con 65 derechos activos, sector escuela con 64 derechos activos, sector Copinol con 56 derechos activos, sector Izote con 74 derechos activos, haciendo un total de 259 derechos de agua activos y aproximadamente 1200 personas beneficiadas. Utilizando los datos de la directiva actual de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua (ABAPCOA), (ver anexo N^o.1).

El muestreo al azar está distribuido así:

- Primero la fuente: el pozo o nacimiento.

- Tres reservorios: Tanques de captación del agua potable previo a la distribución.
- Distribución de sectores:
 - A. Sector Perla con 65 derechos activos.
 - B. Sector Escuela con 64 derechos activos.
 - C. Sector Copinol con 56 derechos activos.
 - D. Sector Izote con 74 derechos activos.

Haciendo un total de 259 derechos activos.

Aplicando un muestreo al azar para cada sector con un 95% de probabilidad de certeza en el estudio se aplicó, la formula estadística siguiente⁽⁷⁾:

$$Grupos = P\sqrt{Univ\text{ers}\text{o}}$$

Donde: P=0.5 y universo=numero de derechos por sector.

Se obtiene el número de muestras a utilizar:

- A. Para el sector perla **$Grupos = 0.5\sqrt{65} = 4.03 = 4$**
- B. Para el sector Escuela **$Grupos = 0.5\sqrt{64} = 4$**
- C. Para el sector Copinol: **$Grupos = 0.5\sqrt{56} = 3.74 = 4$**
- D. Para el sector Izote: **$Grupos = 0.5\sqrt{74} = 4.30 = 4$**

Numero de muestras a recolectar por época son 16 en los cuatro sectores, 3 muestras de los reservorios y una muestra en el nacimiento, haciendo un total de 20 muestras, este valor se duplicó ya que se realizaron dos muestreos, el primero en época húmeda que corresponden a al mes de octubre del 2010 y el segundo en época seca que corresponden al mes de febrero del 2011 haciendo un total de 40 muestras.

4.4 Parte experimental.

Se realizaron los análisis en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de La Universidad de El Salvador, implementando la metodología recomendada por el libro oficial Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Edición 17ª. Capítulo 4500-F⁻ C: Método de electrodo selectivo de iones (ver anexo N°4). Los análisis de validación del método 4500-F⁻ se realizaron con soluciones estándar de flúor, a concentraciones que serán especificadas en el procedimiento de cada uno de los parámetros de desempeño que se desarrollaron. Para la determinación de fluoruro en agua potable de las muestras recolectadas y la validación del método 4500-F⁻ se debe calibrar el equipo con una curva de calibración.

4.4.1 Instrumental.

A. Equipo:

Potenciómetro Mettler Toledo 355 (ver anexo N°2).

Electrodo de fluoruro modelo 96-09 Thermo Orión (ver anexo N°3).

Agitador magnético, con barra agitadora.

B. Materiales: Vasos precipitados de plástico de 50 ml, pipetas volumétricas de 10.0 ml y de 1.0 ml, balones volumétricos de 100.0 ml, 25.0 ml, 10.0 ml, frasco lavador, micropipetas.

C. Reactivos:

Estándar de fluoruro de sodio de 1000.0 mg/L (ver anexo N°5) del cual se partió para la preparación de una solución madre de 10.0 mg/L.

Reactivo de TISAB II (ver anexo N°6).

Agua desmineralizada.

4.4.2 Procedimiento para la validación del método 4500F⁻.

Calibración del Equipo (ver anexo N°2):

Preparación de una solución madre de 10.0 mg/L: Tomar una alícuota de 1.0 mL de la solución estándar de concentración 1000.0 mg/L, y luego transferirla a un balón de 100.0 ml y llevar a volumen.

Preparar soluciones de concentraciones de 0.5 mg/L, 1.0 mg/L, 2.5 mg/L, 6.0 mg/L, 10.0 mg/L.

A. Procedimiento para evaluar la exactitud a partir de la solución madre de 10.0 mg/L.

Preparación de la solución estándar a 0.5 mg/L.

Tomar una alícuota de 0.5 ml de la solución madre de 10.0 mg/L, y transferir a un balón volumétrico de 10.0 ml, llevar a volumen con agua destilada (debe realizarse por 9 veces más).

Calcular la exactitud por medio de las formulas.

B. Procedimiento para evaluar precisión a partir de una solución madre de 10.0 mg/L.

Preparación de la solución estándar de concentración de 1.0 mg/L.

Tomar una alícuota de 1.0 ml de la solución madre, y transferir a un balón volumétrico de 10.0 ml, llevar a volumen con agua destilada, repetir cuatro veces más.

Calcular la precisión por medio de las formulas, la desviación estándar, el coeficiente de variación o desviación estándar de la repuesta analítica.

C. Procedimiento para evaluar el límite detección a partir de una solución madre de 10.0 mg/L.

Preparación de soluciones estándar de concentraciones de 0.005 mg/L, 0.001 mg/L, 0.05 mg/L, 0.1 mg/L y 0.5 mg/L.

Tomar una alícuota de 2.5 ml de la solución madre y transferir a un balón de 25.0 ml y llevar a volumen la cual tendrá una

concentración de 1.0 mg/L. Luego tomar de la solución anterior alícuota de 0.125 ml, 0.25 ml, 1.25 ml, 2.5 ml y 12.5 ml y transferir cada alícuota a diferentes balones volumétricos de 25.0 ml y llevar a volumen.

Calcular el valor de la pendiente (b_1), la ordenada en el origen (b_0), el coeficiente de determinación (r^2) y el intervalo de confianza para la pendiente (IC) (ver anexo N°8).

D. Procedimiento para evaluar la linealidad a partir de una solución madre de 10.0 mg/L.

Preparación de soluciones estándar de 0.5 mg/L, 1.0 mg/L y 1.5 mg/l.

Tomar alícuotas de la solución madre de 0.5 ml, 0.1 ml y 1.5 ml, luego transferir las alícuotas a balones de 10.0 ml y llevar a volumen; cada uno hacerlo por triplicado

Calcular el valor de la pendiente (b_1), la ordenada en el origen (b_0), el coeficiente de determinación (r^2) y el intervalo de confianza para la pendiente (IC) (ver anexo N°8).

4.4.3 Procedimiento para medir la concentración de fluoruro en las muestras recolectadas del Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar

Tratamiento de muestra.

Transferir 10.0 ml de la muestra a un vaso de precipitado plástico de 50.0 ml y adicionar la misma cantidad de TISAB.

4.5 Procedimiento general para la medición de la concentración de fluoruro en agua en el potenciómetro de Mettler Toledo 355.

- a. Calibrar el potenciómetro de Mettler Toledo 355.
- b. Medir un volumen determinado de estándar o muestra (el volumen utilizado para la determinación de fluoruro en agua fue de 10.0 ml) y transferir a un vaso de precipitado de plástico de 50.0 ml y adicionar la misma cantidad de TISAB.
- c. Introducir el electrodo en la solución muestra, aplicar agitación magnética a 10 rpm durante 3 minutos, pulsar el botón read y esperar la respuesta del equipo, registrando el dato cada vez que se realice una lectura.

- d. Retirar los electros de la solución muestra, lavarlos con agua destilada y secarlos con un paño suave tratando de no producir fricción, cada vez que se realice una lectura.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

5. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

En la validación del método selectivo de iones $4500-F^-$ del APHA para la determinación de fluoruro en agua potable se obtuvieron los resultados de cada parámetro que se detalla a continuación.

a. Determinación de la exactitud₍₄₎.

La exactitud del método se realizó de la siguiente manera: dos analistas prepararon una serie de 5 muestra cada uno de concentración de 0.5 mg/L, adicionándole a cada serie la misma cantidad de reactivo de TISAB II.

Tabla N°1: Resultados obtenidos para la exactitud.

	Blanco	Cantidad adicionada mg/L	Cantidad recuperada mg/L	Cantidad recuperada mg/L menos el blanco	% de recobro (y)	Y^2
1	0.0099	0.5	0.493	0.4831	96.62	9335.4244
2	0.0109	0.5	0.501	0.4901	98.02	9607.9204
3	0.0111	0.5	0.504	0.4929	98.58	9718.0164
4	0.0105	0.5	0.510	0.4995	99.9	9980.01
5	0.0110	0.5	0.513	0.502	100.4	10080.16
6	0.0106	0.5	0.504	0.4934	98.68	9737.7424
7	0.0098	0.5	0.506	0.4962	99.24	9848.5776
8	0.0103	0.5	0.495	0.4847	96.94	9397.3636
9	0.0101	0.5	0.503	0.4929	98.58	9718.0164
10	0.0106	0.5	0.507	0.4964	99.28	9856.5184
					986.24	97279.7496

Se calculo la media aritmética, la desviación estándar, coeficiente de variación e intervalo de confianza para la media poblacional, utilizando las siguientes formulas (ver anexo N°8).

Determinación Media aritmética₍₄₎:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{986.24}{10} = 98.624$$

Determinación de la Desviación estándar₍₄₎:

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}{n(n-1)}}$$

$$S = \sqrt{\frac{10(97279.7496) - (986.24)^2}{10(10-1)}}$$

$$S = \sqrt{\frac{972797.496 - 972669.3376}{90}} = 1.193307262$$

Coeficiente de variación₍₄₎: $CV = \frac{S}{\bar{Y}} \times 100$

El valor de la tabla t de Student se determina para un t de 0.975, n-1 grados de libertad, siendo **n** el numero de replicas (ver anexo N°10).

Ejemplo: n=10 para n-1, corresponde a 10-1=9 y para nueve grados de libertad el de t Student de tabla es de 2,262.

$$CV = \frac{1.193307262}{98.654} \times 100 = 1.209588321\%$$

Determinación del Intervalo de confianza para la media poblacional₍₄₎:

$$IC = \bar{y} \pm t_{0.975, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$IC(\mu) = 98.624 \pm 2.262 \frac{1.193307262}{\sqrt{10}}$$

$$IC(\mu) = 98.624 \pm 0.85 = 97.77; 99.47$$

El valor obtenido del coeficiente variación (**cv**) es aceptable debido a que es menor del 3%; demostrando que no existe una apreciable variabilidad en los datos. Además al determinar el intervalo de confianza se puede observar que la media poblacional se encontró dentro del intervalo calculado.

b. Determinación de la precisión₍₄₎.

La precisión del método se realizó de la siguiente manera: dos analistas prepararon una serie de 3 muestra cada uno de concentración de 1.0 mg/L, adicionándole a cada serie la misma cantidad de reactivo de TISAB II

Tabla N°2: Resultados Obtenidos para la precisión.

Y	Y ²
1.51	2.2801
1.52	2.3104
1.54	2.3716
1.52	2.3104
1.55	2.4025
1.54	2.3716
Σ9.18	Σ14.0466

Se calculo la media aritmética, la desviación estándar, coeficiente de variación e intervalo de confianza para la media poblacional, utilizando la siguiente formulas (ver anexo N°8).

Determinación de la Media aritmética₍₄₎:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{9.18}{6} = 1.53$$

Determinación de la Desviación estándar₍₄₎:

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum y^2 - (\sum y)^2)}{n(n-1)}}$$

$$s = \sqrt{\frac{6(14.0466) - (9.18)^2}{6(6-1)}} = 0.015491933$$

Determinación del Coeficiente variación₍₄₎:

$$CV = \frac{s}{\bar{Y}} \times 100$$

$$CV = \frac{0.015491933}{1.53} \times 100 = 1.012544666\%$$

El valor obtenido del coeficiente variación es aceptable debido a que es menor del 3%.

c. Determinación límite de detección₍₄₎.

Se realizó preparando 5 niveles de concentración de estándar de flúor, los cuales fueron de 0.5 mg/L a menores de 0.1 mg/L, 0.05 mg/L, 0.01 mg/l y 0.005 mg/L; preparándose simultáneamente cinco blancos. Las formulas utilizadas (ver en anexo N°8)

Tabla N°3: Resultados obtenidos para el Limite de detección.

Muestra X	Y mg/L	XY	X ²	Y ²
0.005	0.0141	7.05x10 ⁻⁵	2.5x10 ⁻⁵	1.99x10 ⁻⁴
0.01	0.0187	1.87x10 ⁻⁴	1.0x10 ⁻⁴	3.50x10 ⁻⁴
0.05	0.0920	4.6x10 ⁻³	2.5x10 ⁻³	8.46x10 ⁻³
0.1	0.173	0.0173	0.01	0.029929
0.5	0.468	0.234	0.25	0.219024
∑0.665	∑0.7658	∑0.2561575	∑0.262625	∑0.2579655

Determinación de la Pendiente₍₄₎:

$$b_1 = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b_1 = \frac{5(0.2561575) - (0.665)(0.7658)}{5(0.262625) - (0.665)^2}$$

$$b_1 = \frac{1.2807875 - 0.509257}{1.313125 - 0.442225} = 0.885900218$$

Determinación del Coeficiente de determinación₍₄₎:

$$r^2 = \frac{(n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}$$

$$r^2 = \frac{((5)(0.2561575) - (0.665)(0.7658))^2}{((5)(0.262625) - (0.665)^2)((5)(0.2579655) - (0.7658)^2)}$$

$$r^2 = \frac{0.595259312}{0.603853504} = \mathbf{0.985767752}$$

Determinación del Intervalo de confianza para la pendiente₍₄₎:

$$b_0 = \frac{\sum y - b_1 \sum x}{n}$$

$$b_0 = \frac{0.7658 - (0.885900218)(0.665)}{5} = 0.03533527$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - b^1 \sum xy - b_0 \sum y}{n-2}}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{0.2579655 - (0.885900218)(0.2561575) - (0.03533527)(0.7658)}{5-2}} = 0.036404052$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{0.2579655 - 0.226929985 - 0.027050755}{5-2}} = \mathbf{0.036404052}$$

$$S_{b1} = S_{y/x} \sqrt{\frac{1}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}}$$

$$S_{b1} = 0.036404052 \sqrt{\frac{1}{0.262625 - \frac{(0.665)^2}{5}}}$$

$$S_{b1} = 0.036404052 \sqrt{\frac{1}{0.17418}} = \mathbf{0.087226929}$$

Intervalo de confianza: $IC(\beta_1) = b_1 \pm t_{0.975, n-2} S_{b1}$

$$IC(\beta_1) = 0.885900218 \pm (3.182)(0.087226929) = 0.60834414;$$

$$1.163456296$$

$$IC(\beta_1) = 0.885900218 \pm 0.277556088 = 0.60834414; 1.163456296$$

Procedimientos de cálculo para los blancos.

Tabla N°4: Resultados de blancos para el cálculo de limite de detección

Blancos	Y mg/L	Y ²
1	0.0116	1.3456X10 ⁻⁰⁴
2	0.0109	1.4161X10 ⁻⁰⁴
3	0.0112	1.2544X10 ⁻⁰⁴
4	0.0122	1.4884X10 ⁻⁰⁴
5	0.0110	1.21X10 ⁻⁰⁴
	∑0.0559	∑6.7145X10 ⁻⁰⁴

Desviación estándar de los blancos₍₄₎:

$$S_b = \sqrt{\frac{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}{n(n-1)}}$$

$$S_b = \sqrt{\frac{5(6.7145 \times 10^{-04}) - (0.0559)^2}{5(5-1)}} = 3.409105455 \times 10^{-03}$$

Determinación del Límite de detección₍₄₎:

$$LD = \frac{3.3 \times S_b}{b_1} = \frac{(3.3)(3.409105455 \times 10^{-03})}{0.885900218} = 0.012699001 \text{ mg/L}$$

El equipo demuestra que es capaz de medir hasta una concentración de 0.012699001 mg/L.

d. Determinación de la Linealidad₍₄₎.

La linealidad del método se realizó de la siguiente manera: se prepararon cinco soluciones de estándares de concentraciones de 0.5 mg/L, 1.0 mg/L y 1.5 mg/L la cual cada uno es por triplicado.

Tabla N°5: Resultados obtenidos para la Linealidad.

X	Y	XY	X ²	Y ²
0.5	0.493	0.2465	0.25	0.243
0.5	0.499	0.2495	0.25	0.249
0.5	0.51	0.255	0.25	0.260
1.0	1.02	1.02	1	1.04
1.0	1.03	1.03	1	1.06
1.0	1.02	1.02	1	1.04
1.5	1.51	2.265	2.25	2.28
1.5	1.52	2.28	2.25	2.31
1.5	1.51	2.265	2.25	2.28
Σ 9	Σ 9.112	Σ 10.631	Σ 10.5	Σ 10.76445

Con los datos obtenidos se procedió a calcular el valor de la pendiente (b_1), la ordena en el origen (b_0), coeficiente de determinación (r^2), intervalo de confianza de la pendiente ($IC(\beta_1)$), intervalo de confianza para la ordenada al origen ($IC(\beta_0)$), y el coeficiente variación de regresión ($CV_{x/y}$), utilizando las siguientes formulas (ver anexo N°8):

Determinación de la Pendiente₍₄₎:

$$b_1 = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b_1 = \frac{9(10.631) - 9(9.112)}{9(10.5) - (9)^2} = 1.01267$$

Determinación de la Ordenada en el origen₍₄₎:

$$b_0 = \frac{\sum y - b_1 \sum x}{n}$$

$$b_0 = \frac{9.112 - (1.01267)(9)}{9} = -0.01267$$

Determinación del Coeficiente de determinación₍₄₎:

$$r^2 = \frac{(n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}$$

$$r^2 = \frac{(9(10.631) - (9)(9.112))^2}{(9(10.5) - (9)^2)(9(10.76445) - (9.112)^2)} = 0.999735011$$

Determinación del Intervalo de confianza para la pendiente₍₄₎:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - b^1 \sum xy - b_0 \sum y}{n-2}}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{10.76445 - (1.01267)(10.631) - (-0.0002)(9.112)}{9-2}} = 0.01079$$

$$S_{b1} = S_{y/x} \sqrt{\frac{1}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}}$$

$$S_{b1} = 0.01079 \sqrt{\frac{1}{10.5 - \frac{(9)^2}{9}}} = 0.0881$$

Intervalo de confianza para la pendiente₍₄₎: $IC(\beta_1) = b_1 \pm t_{0.975, n-2} S_{b1}$

$$IC(\beta_1) = 1.01267 \pm (2.365)(0.0881)$$

$$IC(\beta_1) = 1.01267 \pm 0.2083 = 0.80437, 1.22097$$

Determinación del Intervalo de confianza para la ordenada en el origen₍₄₎:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{9}{9} = 1$$

$$S_{b0} = S_{y/x} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(\bar{x})^2}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}}$$

$$S_{b0} = 0.01079 \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{(1)^2}{10.5 - \frac{(9)^2}{9}}}$$

$$S_{b0} = 0.1079 \sqrt{0.77778} = 0.009515885$$

Intervalo de confianza para la ordenada en el origen₍₄₎:

$$IC(\beta_0) = b_0 \pm t_{0.975, n-2} S_{b0}$$

$$IC(\beta_0) = (-0.01267) \pm 2.365(0.009515885)$$

$$IC(\beta_0) = (-0.01267) \pm 0.02250507 = -0.03517507, 0.00983507$$

Determinación de Coeficiente de variación de regresión₍₄₎:

$$\bar{Y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{9.112}{9} = 1.012444444$$

$$CV_{y/x} = \frac{S_{y/x}}{\bar{y}} \times 100$$

$$CV_{y/x} = \frac{0.01079}{1.012444444} \times 100 = 1.065737489\%$$

Con los resultados obtenidos puede notarse que se está comprobando la linealidad del método, al cumplirse los criterios de aceptación:

La pendiente con su respectivo intervalo, encontrándose dentro del valor de la pendiente en el intervalo establecido.

La ordenada al origen y su respectivo intervalo, encontrándose dentro del valor de pendiente en el intervalo establecido de la misma.

El valor del coeficiente de determinación mayor a 0.98.

El coeficiente de variación de regresión no es mayor de un 3% para método espectrofotométrico.

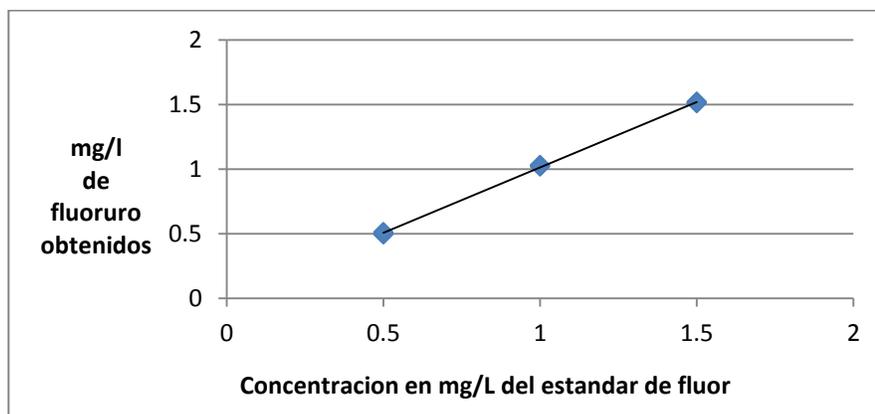


Figura N°1: Representación de la Linealidad.

Cuadro N°6: Resultados de los parámetros de validación:

Parámetro	Criterio de aceptación	Resultado de los parámetros	
Exactitud	Coeficiente de variación (CV) no mayor de el 3% Intervalo de confianza (IC(μ)) debe de incluir al 100% o que el promedio aritmético del % de recobro se incluya en el intervalo	CV=1.209588321% IC=97.80; 99.51	Conforme
Precisión	Coeficiente de variación $CV \leq 3\%$	CV=1.012544666%	Conforme
Limite de detección	Coeficiente de determinación $r^2 \geq 0.98$ Intervalo de confianza (IC) no debe incluir al cero	$r^2=0.985767752$ IC=0.60834414;1.163456296	Conforme
Linealidad	Coeficiente de determinación $r^2 \geq 0.98$ Intervalo de confianza (IC(β_1)) no debe incluir al cero, Coeficiente de variación (CV) no mayor de el 3% Intervalo de confianza (IC(β_0)) debe incluir al cero	$r^2=0.999735011$ IC(β_1)=0.80437, 1.22097 CV=1.065737489% IC(β_0)=-0.03517507; 0.00983507	Conforme

Se realizo el muestreo de agua potable en época húmeda y época seca en los sectores: Perla, Escuela, Copinol, Izote, reservorios y nacimiento del Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar, La Libertad que se detalla a continuación.

Las tomas de muestras en época húmeda se realizaron en octubre del 2010, en el cual se tomaron 20 muestras en el proyecto de agua ABAPCOA.

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

Para el sector Perla.

1- Ana Lilian Dimas De Mejivar.

2- Teresa de Jesús Escobar.

3- Vilma Carolina Pérez de Mejía.

4- Balbino Pineda Mancía.

Sector Escuela.

1- Ángela Cárcamo Miguel.

2- Adrian Palacios.

3- Teresa de Jesús Escobar.

4- Rito Belloso Gómez.

Sector Izote.

1- María Concepción Gutiérrez de Rojas.

2- Sara Cristina Palacios de Gómez.

3- Mauricio Gómez Rojas.

4- Juan Pablo Dimas Gómez.

Sector Copinol.

1- Julio Mejía Guzmán.

2- María Enecon López.

3- José Nilo Mejía Gómez.

4- María Elena Palacios Cárcamo.

Las tomas de muestras en época seca se realizaron en febrero del 2011, en el cual se tomaron 20 muestras en el proyecto de agua ABAPCOA.

Primero se tomaron las muestras de agua en los reservorios y en el nacimiento. Luego en cada sector como se indico en el diseño metodológico.

Sector Perla.

1- Miguel Ayala Fuentes.

2- Ever Gómez Miguel.

3- María Estela Dimas de Valladares.

4- Dalia Yanira Pineda Torre.

Sector Escuela.

1- Moisés Antonio castro Morales.

2- Luz Morales de Castro.

3- José Luis de Bernal.

4- María Ester Gómez de Linares.

Sector Copinol.

1- José Ricardo Palacios.

2- Salvador Gómez Ramírez.

3- Ricardo Gómez Gómez.

4- José Germán Gómez.

Sector Izote.

1- Luis Alonso Aguilar.

2- Angel Segura Gómez.

3- Deysi del Carmen Melara Miguel.

4- Nelson Gutiérrez.

El orden que tienen las viviendas es el mismo del número de muestras para cada sector.

En los análisis de las muestras de agua recolectadas en época húmeda y época seca se obtuvieron los resultados por medio del método 4500-F⁻ de electrodo selectivo de iones que se detallan en las tablas N°6 y 7.

Tabla N°6: Resultados de los análisis obtenidos de las muestras de agua recolectadas en época de húmeda, octubre del 2010.

Lugar de muestreo	[] de fluoruro mg/L
Nacimiento	0.131
Tanque del sector perla	0.133
Tanque del sector escuela	0.134
Tanque del sector copinol	0.133
Sector perla 1	0.133
Sector perla 2	0.133
Sector perla 3	0.135
Sector perla 4	0.135
Sector escuela 1	0.131
Sector escuela 2	0.131
Sector escuela 3	0.138
Sector escuela 4	0.139
Sector copinol 1	0.137
Sector copinol 2	0.137
Sector copinol 3	0.137
Sector copinol 4	0.137
Sector izote 1	0.135
Sector izote 2	0.136
Sector izote 3	0.137
Sector izote 4	0.137

Tabla N°7: Resultados de los análisis obtenidos de las muestras de agua recolectadas en época de seca, febrero del 2011.

Lugar de muestreo	[] de fluoruro mg/L
Nacimiento	0.0827
Tanque del sector perla	0.0783
Tanque del sector escuela	0.0788
Tanque del sector copinol	0.0772
Sector perla 1	0.0814
Sector perla 2	0.0772
Sector perla 3	0.0755
Sector perla 4	0.0764
Sector escuela 1	0.0749
Sector escuela 2	0.0748
Sector escuela 3	0.0730
Sector escuela 4	0.0728
Sector copinol 1	0.0734
Sector copinol 2	0.0741
Sector copinol 3	0.0802
Sector copinol 4	0.0801
Sector izote 1	0.0774
Sector izote 2	0.0756
Sector izote 3	0.0756
Sector izote 4	0.0736

Los resultados de la determinación de concentración de fluoruros por medio del método 4500-F⁻ de electrodo selectivo de iones 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 que se especifican a continuación.

El resultado obtenido en el análisis de las muestras de agua recolectadas en la época de húmeda tiene un rango de 0.131 mg/L a 0.139 mg/L y en la época seca es de 0.0728 mg/L a 0.0827 mg/L.

El valor establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04. Agua. Agua potable es de 1 mg/L.

Comparando los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua potable recolectadas en ambas épocas, el agua del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar tiene una concentración de fluoruro de (0.0728 – 0.139) mg/L a comparación del valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04. Agua. Agua potable que es de 1 mg/L, presenta una diferencia de (0.9272-0.861) mg/L.

Para el agua de consumo humano la concentración de fluoruro más recomendado es de 1 mg/L, pero el rango óptimo que el agua puede tener para consumo humano es de 0.7 mg/L a 1.2 mg/L de fluoruro⁽¹²⁾.

Se socializo con la Asociación de beneficiarios de agua potable del Cantón Ojo de Agua (ABAPCOA) los resultados obtenidos en el análisis de agua potable que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar.

El día sábado 4 de junio del 2011 nos reunimos con la directiva de la Asociación de beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua (ABAPCOA) para que nos incluyeran en la agenda del día domingo 5 de junio del 2011 de reunión general, quedando establecido como quinto punto la socialización de resultados de los análisis de las muestras de agua potable.

La reunión general se llevo a cabo en la escuela del Cantón Ojo de Agua del Municipio de Huizucar, que se encuentra en el sector Escuela. A la cual se presentaron 201 beneficiarios incluyendo los directivos.

A la directiva del proyecto de agua se le proporciono un informe de los resultados obtenidos en los análisis de agua de dicho proyecto y además contenía un resumen del anteproyecto dando a conocer la importancia del flúor en los seres humanos.

El día domingo 5 de junio del 2011, a las 2:00 pm da inicio la reunión general en la cual, se logra obtener las firmas de los beneficiarios del proyecto de agua (ver anexo N°11), fotografías (ver anexo N°9) de los beneficiarios en la reunión en general, así como también lograr compartir información muy valiosa del contenido de flúor que se encuentra presente en el agua potable que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua, conforme a los estudios realizados. Donde los beneficiarios dieron su agradecimiento por la investigación realizada en el agua y algunos presentaron algunas inquietudes como por ejemplo si es importante que el agua contenga flúor o no. Para lo cual se les explico que si es importante el flúor porque ayuda al crecimiento de huesos y dientes y la población más expuesta son los niños y adultos mayores.

CAPITOLO VI

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. Se determinaron los parámetros de desempeño para el método de determinación de electrodo selectivo de iones $4500-F^-$ como son: Exactitud, precisión, límite de detección y linealidad para el método potenciométrico de ion selectivo de flúor en agua potable, cumpliéndose los criterios de aceptación para cada parámetro.
2. El muestreo al azar del agua potable de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable Cantón Ojo de Agua se realizaron satisfactoriamente respecto a las fechas indicadas tanto en época húmeda y época seca, las muestras se preservaron hasta el día de análisis correspondiente.
3. La determinación de la concentración flúor de las muestras de agua potable recolectadas en época de húmeda y época seca del proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua se analizaron en el laboratorio fisicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia, en el cual los análisis demostraron la presencia de flúor.
4. Los resultados de análisis de las muestras de agua potable en época húmeda son: El valor más bajo es 0.131 mg/L y el valor más alto es 0.139 mg/L trabajando con una temperatura de (19.8-20.2) °C; Estos resultados comparados con el valor establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04 Agua. Agua potable es de 1 mg/L presenta una diferencia de 0.87 mg/L en época húmeda indicando una concentración baja de flúor

en el agua potable que distribuye el proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua.

5. Los resultados de análisis de las muestras de agua potable en época seca son: el valor más bajo es 0.0728 mg/L y el valor más alto 0.0827 mg/L trabajando con una temperatura de (21.7-21.9) °C; Estos resultados comparados con el valor establecido de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04. Agua. Agua potable es de 1 mg/L presentando una diferencia de 0.92 mg/L para época seca. Esto indica que el agua que distribuye el proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua tiene una concentración baja de flúor.

6. Se socializaron los resultados de análisis de muestras de agua potable con la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua en reunión general, en la cual se presentaron 201 personas, donde se compartió información de los análisis de concentración de flúor presente en el agua que distribuye el proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua, mostrándose al final muy agradecidos con el estudio de investigación realizado y esperando que siempre se les tome en cuenta para investigaciones que desee realizar la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

7. 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 de concentración de flúor en agua potable que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua. Para examinar posibles enfermedades como caries dentales y porosidades en los huesos, en niños y adultos mayores debido a la baja concentración de flúor del agua potable.
2. A la población en general del Cantón Ojo de Agua deben consumir alimentos que contengan flúor como: Pescado, pollo, arroz, cebada, yuca, gelatina, espinaca, papa o preparados farmacéuticos como comprimidos de fluoruro sódico recetados por un médico; para compensar la concentración de flúor presente en el agua potable que consume la población que se abastece por el proyecto de agua en el Cantón Ojo de Agua.
3. A la directiva de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua (ABAPCOA) deben gestionar ante las autoridades competentes, como el Ministerio de Salud que proporcione la fluoración y monitoreo del agua potable que se distribuye en el proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua para alcanzar el valor establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04 Agua. Agua potable.

4. A los directivos de la Asociación de Beneficiarios de Agua Potable del Cantón Ojo de Agua gestionen en el Ministerio de Salud o en la Universidad de El Salvador el estudio del agua potable que distribuye el proyecto de agua del Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar con otros parámetros como: pH, dureza del agua, metales pesados, análisis microbiológico, etc. Para establecer la calidad de agua y determinar si esta agua es apta para el consumo humano.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. APHA – AWWA – WPCF, 1992. “Métodos normalizados para el análisis de agua potables”; 17ª edición, España, editorial Díaz de Santos, pág. 4-99.
2. Arnua, J. V. “El Fluor”. Consultado en 12 de marzo 2010. Disponible en: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=211>
3. 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.
4. Congreso Nacional de Educación Farmacéutica IX 2000 México. Publicación 2002, “Guía de Validación, Métodos Analíticos”. Edición 2002. México A.C. pág. 20-38.
5. Gennaro A, 2000 “Remington Farmacia” 20ª edición. Buenos Aires-Bogotá-Caracas-Madrid-México-Sao Paulo. Editorial Médica Panamericana, Tomo I y II pág. 2186.
6. Goodman Gilman A, 2003 “Las bases farmacológica de la terapéutica” decima edición. México, editorial Mc Graw Hill Interamericana, volumen II. Pág. 104-106.

7. Godoy J. 2008 “Determinación de la curva de calibración en la demanda bioquímica de oxígeno por el método de la azida sódica modificada”. Trabajo de graduación para optar al título de Licenciatura de Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Facultad de Química y Farmacia Universidad de el Salvador. Pág. 62.
8. Facultad de Ciencias Agronómicas, Revista de Agronomía. 1991 “Determinación de fluoruros en el agua potable utilizando el electrodo selectivo de iones”. Universidad de El Salvador.
9. Liptrot, G. F. 1977 “Química inorgánica moderna” quinta edición. México Editorial Continental S. A. de C. V. pág. 395-397.
10. Kliber S. 2009. “El flúor en la prevención” Consultado 15 de marzo 2010. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos6/fluor/fluor.shtml>
11. Lenntech, B. 2009. “Fluor (F) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio”. (en línea). Holanda. Consultado en 12 de marzo 2010. Disponible en: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/f.htm>
12. Liberti, A. y otros M 1969. Determinación de aniones con electrodos selectivos de iones usando la curva de Gran. 4 de abril Vol. 41 No. 4 E.U.A.
13. Licata, M. 1999 “El flúor en la nutrición” (en línea). Consultado 15 de marzo 2010. Disponible en: <http://www.zonadiet.com/nutricion/fluor.htm>

14. Light Truman S. April 1975 "Determination of fluoride in Tooth Paste using an Ion-Selective Electrode "Journal of Chemical Education, Vol. 52 No. 4.
15. MSPAS (Ministerio de Salud y Asistencia Social. E.S.); Organización Panamericana de la Salud; Administración de Acueductos y Alcantarillados. 2002. "Estudio de Concentración de Flúor en Fuentes de Agua de Consumo Humano". El Salvador. Pág. 2-7.
16. OPS. (Organización Panamericana de la Salud). 1987. "Guías Criterio relativos a la salud y otra información de base". Washington DC. Publicación científica No. 506, Vol.2 pág. 103-108.
17. OPS. (Organización Panamericana de la Salud). 1988 Washington DC. "Guías para la calidad del agua potable en sistemas de abastecimientos para pequeñas comunidades". Washington DC. Vol. 3 Publicación científica No. 508, pág. 22.
18. OMS. (Organización Mundial de la Salud). 1986. "El uso correcto de fluoruros en salud pública". Edición de J. J. Murray, Ginebra. Pág. 64-86.
19. Sosa Gómez V. R. Sosa, 2004 "Determinación fluoruros por potenciometría directa en aguas de consumo humano". Trabajo de graduación para optar al título de Lic. En Ciencias Química, San Salvador, El Salvador. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de El Salvador. Pág. 38-42.

GLOSARIO⁽⁴⁾.

Analito: Componente específico de una muestra, a medir un análisis.

Agua potable: Agua que cumple los parámetros para ser consumida para el ser humano.

Calibración: Conjunto de operaciones que determinan, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores presentados por una medición material y los valores conocidos correspondiente a un patrón de referencia.

Desviación estándar: Es una medida de centralización o dispersión para variables de razón o intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva.

Desviación estándar relativa: También llamada coeficiente de variación, es una medida de dispersión relativa que se obtiene dividiendo la desviación estándar entre la media aritmética de un conjunto de datos.

Documentación: Conjunto de información que sustenta una actividad realizada.

Electrodo de calomel: Es un electrodo que está formado de mercurio combinado con una pasta cloruro de mercurio (calomel).

Especificaciones: Descripción del material, sustancia o producto, que incluye la definición de sus propiedades y características, con las tolerancias de variación de los parámetros de calidad.

Exactitud: Concordancia entre un valor obtenido empleando el método y valor de referencia.

Fluorosis dental: Se define como la acumulación excesiva de flúor en los dientes.

Hidroxiapatita: Producto que resulta de la reacción del flúor con el esmalte dentario.

Hipoplasia: Se produce por una ingesta prolongada y excesiva de flúor, produce alteraciones Oseas y dentarias.

Limite de cuantificación: Concentración mínima del analito, que puede ser determinada con precisión y exactitud aceptables, bajo las condiciones de operaciones establecidas.

Limite de detección: Concentración mínima del analito en una muestra, que puede ser detectada, pero no necesariamente cuantificada, bajo las operaciones establecidas.

Linealidad: Habilidad para asegurar que los resultados obtenidos directamente o por medio de una transformación matemática definida, son proporciones a las concentraciones del analito, dentro de un intervalo determinado.

Método analítico: Descripción de la secuencia de actividades, recursos materiales y parámetros que se deben cumplir, para llevar a cabo el análisis de un componente específico de la muestra.

Muestra: Porción del material a evaluar.

Muestra analítica: Porción de material a evaluar de acuerdo al método analítico.

Parámetro de desempeño: Parámetro específico a estudiar en un protocolo de validación.

Precisión: Grado de concordancia entre resultados analíticos individuales, cuando el procedimiento se aplica repetidamente a diferentes porciones de una muestra homogénea del producto o de una referencia.

Potenciometria: ES la medida del potencial de una celda galvánica.

Validación del método analítico: Proceso por el cual se demuestra, por estudios de laboratorio, que la capacidad del método satisface los requisitos para la aplicación analítica deseada.

ANEXOS

ANEXOS N°1

**MAPA, UBICACION DEL MUNICIPIO DE HUIZUCAR Y DIRECTIVA
DEL CANTON OJO DE AGUA (ABAPCOA)**



Figura N° 2: La flecha señala donde se encuentra el departamento de la libertad



Figura N°3: Departamento de La Libertad. La flecha muestra donde se encuentra ubicado el Municipio de Huizúcar.

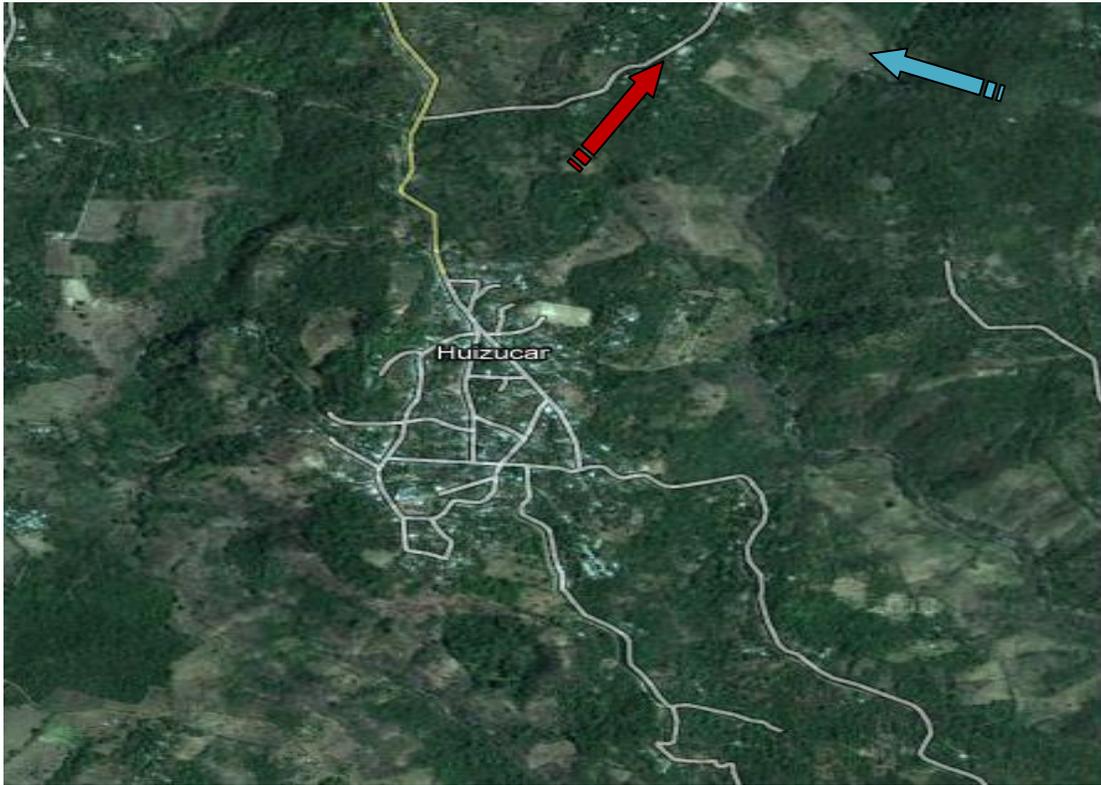


Figura N°4: La flecha roja muestra la ubicación del cantón Ojo de Agua, la flecha celeste indica la ubicación del nacimiento y río Huiza.

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.

Directiva de la comunidad ojo de agua (ABAPCOA)

(Asociación de beneficiarios de agua potable del Cantón ojo de Agua)

Héctor Miguel.	Presidente
Salvador Mejía.	Vicepresidente
Juan Pablo Jorge.	Tesorero
Ana Aracely Pérez.	Protesorero
Ana Gladis Tolentino Dimas.	Secretaria

Dalila del Carmen Guzmán. Prosecretaria

José Agustín Palacios. Sindico

Rita Mercedes Guzmán. Vocal 1

José Heriberto Mejía. Vocal 2

Oscar Ovidio Bernal. Vocal 3

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

Anexados: 52

ANEXOS N°2

MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL METTLER TOLEDO 355

1.1 Empacamiento e instalación

1. Empaque del medidor, la guía para la medición y el distribuidor de poder.

Si ordena un electrodo este debe ser incluido también.

2. Si ordena el set de inicio, revisar el contenido:

Brazo del electrodo y el manejador	1
Solución de llenado/almacenamiento del electrodo	1 frasco
Pipeta de transferencia	1
Contenedor para el almacenamiento del electrodo	1
Buffers pH	3
ATC prueba	1
Solución acondicionadora para el electrodo	1
Vaso de precipitado	1
Guía para medición de pH	1

3. Empaque para el brazo del electrodo para medición de pH.

- a. El brazo del electrodo puede abrirse de mano izquierda o derecha.

Utilizar el manejador correctamente para mover apropiadamente la capucha del medidor del pH.

- b. Deslizar el brazo dentro del receptor y apretar fuertemente el tornillo.

Sustituir por el capuchón.

- c. Ajustar bien el brazo del electrodo sobre las palancas. Ajustar la tención del tornillo como es requerido.
- d. Llene la tarjeta de garantía. Para llevar un control, hacer notas por número de serie, fechas de preparación y distribuir en paginas 60

1.2 Conexiones para salida de energía.

1. Desconectar los enchufes cortos de las conexiones, sustraer lo enchufes fuera de las conexiones. Para usar dos electrodos sensores, conectar en los canelas A y B. Al usar un solo electrodo conectar en canal A.
2. Conectar el electrodo de referencia para el enchufe REF.
3. Para usar el ATC de prueba conectar el enchufe ATC. Para usar el PT 1000 de prueba conectar el enchufe PT.
4. Conectar la unidad de distribución de poder el enchufe DC.
5. Cuando el 355 esta encendido es enviado fuera de la pantalla para ser auto-examinado.

1.3 Pantalla y controles.

Mode

Seleccionar pH, mV, mV relativos, concentración.

Adiciones conocidas, o modalidades de adición de muestras.

Prog

Accesa al sistema del menú desde el modo corriente.

Existe un sistema de menú un paso a tiempo.

*Auto
read*

Selecciona automáticamente el punto final, el tiempo de punto final o punto final facilitado.

On/Off

Apaga la pantalla y coloca el medidor en modo suspendido.

Cal

Da comienzo a la calibración de la secuencia de pH concentración mV relativos. Comienza la secuencia de adiciones conocidas y la modalidad de adición de muestra.

Read

Comienza la medición de la muestra en las modalidades. Presiona nuevamente para punto final manual. Comienza y termina el tiempo de datos alargando manualmente el punto final.

Enter

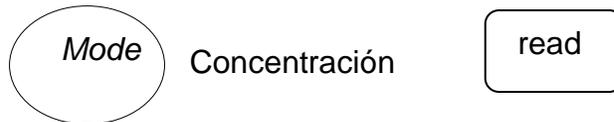
Selecciona opciones en el sistema de menú, ingresa los datos o los seleccionas.

Cursores: Se utilizan para mover el sistema del menú ▲ y ▼ estas son usadas también para ajustar las luces.

Teclas: Son teclas de entrada de datos, para un set de buffers.

Numéricas: Calibración, fecha/tiempo, límites altos/bajos, pueden ser usados también para mover alrededor del sistema rápidamente.

2.3 Medición de concentración.



Recomendamos regular la calibración antes de medir la concentración de la muestra (sección 2.3.1).

Para medir la concentración de la muestra:

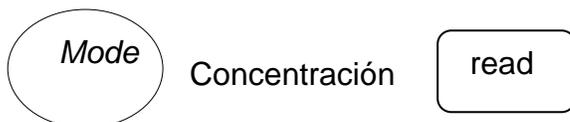
Introduzca el electrodo en la muestra y presione **read** para comenzar la medición.

La pantalla muestra la concentración de la muestra (puedes cambiar las unidades de las mediciones – ver sección 2.11.2). Si estas usando temperatura de prueba la temperatura de muestra aparece o puedes ingresar la temperatura manualmente (ver sección 2.13.2).

Si usas el punto final automático la pantalla se congela automáticamente (ver sección 2.7). Para punto final y congelamiento de la pantalla presionar Read

Si comienzas una nueva medición presiona read.

2.3.1 Calibrando un electrodo de ion selectivo.



Notas: Si usas una temperatura prueba la temperatura del estándar conocida y mostrada o puedes introducir la temperatura del estándar manualmente (ver sección 2.13.2).

Si usas el auto punto final o tiempo del punto final la pantalla se congela automáticamente (ver sección 2.7). Para el punto final manual y congelar la pantalla presionar read.

Para calibrar un electrodo.

Presionar **Cal** si usas dos canales de medición (A y B) selecciona uno que quieras calibrar usando ▼ y ▲ luego presionar **enter**.

Cinco calibraciones estándares son mostradas en la pantalla. Si quieres usar otros estándares, puedes necesitar que introduzcan los valores (ver sección 2.10.1).

1 punto de calibración.

Coloque el electrodo en el estándar 1 como en el cálculo del punto final una marca (✓) aparece.

El electrodo impreso es mostrado.

Para regresar a la muestra determinada presionar **read**.

2 puntos de calibración.

Para continuar con el punto 2 de calibración.

Coloque en el segundo estándar y presionar **Cal**.

Cuando el tablero congele electrodo se inclinara y el valor es observado en le pantalla.

Para regresar al dato de la muestra presionar **read**.

3, 4 y 5 puntos de calibración.

Repita el procedimiento usando el tercero, cuarto y quinto estándar de calibración.

Notas: El estándar o set de estándares del primer estándar de calibración es del punto isopotencial.

El quinto estándar puede seleccionarse para calibraciones cualquier orden. Usa ▲ y ▼ para seleccionar los estándares que quieras usar para calibrar y presionar **Cal**.

Adición conocida/sustracción de medidas.

Mode k. add **Cal read**.

Introduzca el tipo del electrodo inclinación, volúmenes y concentraciones de los estándares antes de la medición (ver sección 2.18).

Para medir una muestra por adición conocida/sustracción.

Coloque el electrodo en muestra y presione **Cal** para iniciar la medición.

La pantalla muestra la primera parte de la medición (puedes cambiar las unidades de las mediciones – ver sección 2.11.2). Si usas una temperatura de prueba, la temperatura de la muestra es dada en la pantalla, puedes usar también la temperatura manual (ver sección 2).

Si usas el auto punto final o tiempo de punto final la pantalla recongela automáticamente (ver sección 2.7). Para punto final de manual y congelar pantalla presionar **read**.

Adicionar el estándar a la muestra y presione **read**.

La muestra resultante es mostrada y presione **read**.

La muestra resultante es mostrada. Si usas el auto punto final o tiempo de punto final el tablero congela automáticamente ver sección 2.7.

Para punto final manual y congelar el tablero presionar **read**.

Nota: Valores conocidos sección 2.18.3. Meter el volumen y concentración de los estándares utilizados, inclinar el electrodo volumen de muestra (sección 2.18.4) introduzca el volumen de tu muestra como volumen muestra.

Adición de muestra/sustracción de mediciones.

Mode s.add cal **read**.

Introduzca el electrodo tipo inclinado, volúmenes y concentración del estándar antes de la medición, ver sección 2.18.

Para medir una muestra por muestra presione **Cal** para comenzar mediciones.

La pantalla muestra la primera parte de la medición (puede cambiar las unidades de la medición – ver sección 2.11.1). Si usas una temperatura prueba del estándar es mostrada o puedes introducir la temperatura manualmente. Sección 2.13.2.

Si usas el auto punto final o tiempo de punto final se congela automáticamente. Sección 2.7. Para el punto final manual y congelar la pantalla presionar **read**.

Puedes introducir los volúmenes de 4 muestras. Ver sección 2.18.4.

Entonces si es posible la modificación de 4 muestras empleando el mismo estándar. Puedes medir más de 4 muestras (el 355 asume el volumen de la muestra es que entera por volumen de muestra 4), pero el máximo de análisis que se recomienda son la medición de 4 muestras por estándar.

También comenzar nuevamente agregar la próxima muestra al estándar (previamente a la muestra) y presione **read**.

El 355 usa el valor conocida por encima de la muestra, para calcular un nuevo valor de estándar y por tanto la nueva medición de muestra.

Nota: Valores conocidos. Sección 2.18.3. Introduzca el volumen y concentración del estándar que usas y la introducción del electrodo.

Volúmenes de muestra. Sección 2.18.4.- Introducir el volumen de la muestra (arriba de 4).



Figura N°5: Aparato Mettler Toledo 355 y electrodos de fluoruros Thermo Orión 96-09.

ANEXOS Nº3

**MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL ELECTRODO DE FLUORURO
MODELO 96-09 THERMO ORIÓN.**

El Thermo Orión modelo 94-09 mitades de la celda de fluoruro y modelo 96-09 combinaciones de electrodo de fluoruro mide el ion libre de fluoruro en solución acuosa, simplemente, exactamente y económicamente. En procedimientos generales de analítica, requiere soluciones, electrodos característicos y la teoría de este electrodo se discute en este manual.

Uso del electrodo.

Preparación del electrodo.

Modelo 94-09.

1. Retire la tapa que cubre la punta del electrodo.

Modelo 96-09.

1. Retire la tapa que cubre la punta del electrodo.
2. Llene la cámara exterior con Cat. No. 900061.

Instrucciones del llenado.

El electrodo sin llenar la solución en la cámara de referencia. Para llenar la botella del surtidor.

1. Colocar en posición vertical.
2. Insertar el caño en el agujero exterior y enchufe y adicione pequeñas cantidades de la solución a llenar la cámara. Humedecer la punta del electrodo del anillo y retorne la posición vertical del electrodo.

3. Posicione el electrodo, el depósito en la mano, use el pulgar para presionar en la copa del electrodo, permitiendo que unas pocas gotas de solución llenen hasta escurrir para humedecer el cono interior.
4. Libere el enchufe. Si el enchufe no retorna a la posición normal inmediatamente revise a ver si el anillo está húmedo lo suficiente y repita los pasos del 2-4 y el enchufe retorne a la posición original. Adicione solución hasta llenar el agujero.

Procedimiento Analítico.

Hay varias técnicas analíticas que son variables para el analista.

Directa calibración.

Es simple procedimiento de medición a lo largo de número de muestras. Solo en un medidor de pH es requerido para cada muestra. La calibración es por una serie de estándares. La concentración de las muestras es determinada por comparación a los estándares. TISAB es adicionada a toda la solución para asegurar la muestra y el estándar tiene similar fuerza iónica.

Característica del electrodo.

Repuesta del electrodo.

El potencial del electrodo traza contra concentración en resultados en papel semilogarítmico en línea recta con una inclinación. El tiempo de repuesta del

electrodo, el tiempo a llegar los 99% de la lectura del potencial estable varios para varios segundos en concentración de solución a varios minutos cerca del límite de detección.

Reproducibilidad.

Reproducibilidad es el límite por factores tales fluctuaciones de temperatura, corriente y ruido. Cuando el electrodo está operando dentro del intervalo de operación, la reproducibilidad es independiente de la concentración. Con la calibración a cada hora el electrodo mide directo la reproducibilidad a $\pm 2\%$ que puede obtener.

Límite de detección.

En solución neutra, la concentración de fluoruro puede medirse debajo de 10^{-6}M (0.02ppm) de fluoruro. Sin embargo se debe tener cuidado en la determinación por debajo de 10^{-5}M a evitar la contaminación de la muestra. El límite superior de detección es en solución saturada.

Efecto de Temperatura.

Donde el potencial del electrodo es afectado por cambios de temperatura, la muestra y el estándar de cada uno es $\pm 1^\circ\text{C}$. En un nivel 10^{-3}M a 1°C en diferencia de la temperatura en un error de 2%.

El potencial absoluto del electrodo de referencia cambia despacio por que la temperatura depende de la solubilidad equilibrada en el electrodo, la inclinación del electrodo de fluoruro también varia con la temperatura, es inclinado por el factor “S” en el valor de la ecuación de Nernst.

Interferencias.

Se muestra cationes y aniones que no interfieren con la repuesta del electrodo de fluoruro al fluoruro, aniones asociados comúnmente con el flúor, tal son Cl^- , Br^- , I^- , HCO_3^- , PO_4^{3-} y el acetato, no interfieren en la operación con el electrodo. El OH^- es un ion que interfiere con el electrodo. Algunos aniones tales como CO_3^- o PO_4^{3-} , vuelve más básica a la muestra, incrementa la interferencia del OH^- , pero no directamente al electrodo.

Efecto de pH.

En solución ácida a pH 5, el hidrogeno compleja una porción de fluoruro en solución, formando una disociación de acido HF a él ion HF_2^- . El ion hidrogeno interfiere con la repuesta del electrodo de fluoruro cuando el nivel de hidrogeno es mayor a un nivel de 1-10 de el nivel del ion de fluoruro presente. Por ejemplo a pH 7, cuando la concentración de hidróxido es 10^{-7}M es menos, esto no interfiere el hidróxido con la medida del fluoruro. A pH 10 cuando la concentración de hidróxido es 10^{-4}M esto es error a 10^{-2}m fluoruro, pero al 10% error es 10^{-4}M fluoruro y considerablemente error a 10^{-5}M de fluoruro.

La adición de TISAB II y III al estándar de fluoruro y a la muestra con el buffer entre pH 5 a 5.5 la interferencia del hidróxido a la formación del complejo de hidrogeno de fluoruro.

Complejos.

El fluoruro forma complejos con el aluminio, hierro, silicón y otros cationes polivalentes, es totalmente el hidrogeno la existencia de complejos depende del agente complejante, el total de la concentración de fluoruro y pH de la solución y a la fuerza iónica de la solución.

ANEXO Nº4

**MÉTODO OFICIAL DEL APHA, MÉTODO DE ELECTRODO
SELECTIVO DE IONES 4500-F.**

debe lavar el destilador de modo similar, desechando el destilado.

5. Interpretación de los resultados

La recuperación de fluoruro es cuantitativa dentro de la precisión de los métodos utilizados para medirlo.

6. Bibliografía

- BELLACK, E. 1958. Simplified fluoride distillation method. *J. Amer. Water Works Assoc.* 50:530.
- BELLACK, E. 1961. Automatic fluoride distillation. *J. Amer. Water Works Assoc.* 53:98.
- ZEHNPENNIG, R. G. 1976. Letter to the editor. *Environ. Sci. Technol.* 10:1049.

4500-F⁻ C. Método de electrodo selectivo de iones

1. Discusión general

a) *Principio:* El electrodo de fluoruro es un sensor selectivo de iones. El elemento clave en el electrodo de fluoruro es el cristal de fluoruro de lantano barnizado de tipo láser, a través del cual se establece un potencial con soluciones de fluoruro de distintas concentraciones. El cristal está en contacto con la solución de muestra en una cara y con una solución interna de referencia en la otra. La célula puede representarse así:

Ag|AgCl, Cl⁻ (0.3M), F⁻ (0.001M)|LaF₃|solución test|electrodo de referencia

El electrodo de fluoruro se puede utilizar con un electrodo de referencia de calomelanos estándar y con casi todos los medidores de pH modernos que tengan una escala expandida en milivoltios.

El electrodo de fluoruro mide la actividad del ion fluoruro en solución en lugar de su concentración. La actividad del ion fluoruro depende de la fuerza iónica total de la solución y del pH, así como del derivado complejante del fluoruro. La adición de un tampón adecuado proporciona una fuerza iónica ambiente casi uniforme, ajusta el pH y destruye los complejos de forma que el electrodo mide realmente la concentración.

b) *Interferencia.* En la tabla 4500-F⁻:1 se enumeran las interferencias comunes. El fluoruro forma complejos con varios cationes polivalentes, especialmente aluminio y hierro. La proporción de esa formación depende del pH de la solución, niveles relativos de fluoruro y especies formadoras de complejos. Sin embargo, CDTA (ácido ciclohexilendiamintetracético), componente del tampón, complejará preferentemente los cationes interferentes liberando iones fluoruro. Las concentraciones de aluminio (principal catión interferente) de hasta 3.0 mg/l se pueden complejar con preferencia. En solución ácida, F⁻ forma un complejo HF·HF mal ionizado, pero el tampón mantiene un pH por encima de 5 para reducir al mínimo la formación de fluoruro de hidrógeno complejo. En solución alcalina, el ion hidróxido puede interferir también con la respuesta del electrodo al ion fluoruro, siempre que la concentración del primero supere una décima parte de la concentración del ion fluoruro. Al pH mantenido por el tampón, no se producen interferencias del ion hidróxido.

Los fluoboratos se usan ampliamente en los procesos industriales. Las soluciones diluidas de fluoborato o ácido fluobórico se hidrolizan para liberar ion fluoruro, pero en las soluciones concentradas, como los residuos galvánicos, la

hidrólisis no es completa. Destílese esas muestras o midase el fluoroborato con un electrodo selectivo de fluoroborato. Destílese también la muestra cuando la concentración de sólidos disueltos exceda de 10.000 mg/l.

2. Instrumental

- a) *Medidor de pH de escala expandida o digital, o medidor selectivo de iones.*
- b) *Electrodo de referencia tipo manguito:* No usar electrodos de referencia de punta de fibra porque muestran un comportamiento errático en soluciones muy diluidas.
- c) *Electrodo de fluoruro.*
- d) *Agitador magnético, con barra agitadora recubierta de TFE.*
- e) *Reloj.*

3. Reactivos

- a) *Solución madre de fluoruro:* Disuélvase 221,0 mg de fluoruro de sodio anhidro, NaF, en agua destilada y dilúyase a 1.000 ml; 1,00 ml = 100 μg de F^- .
- b) *Solución patrón de fluoruro:* Dilúyase 100 ml de solución madre de fluoruro a 1.000 ml con agua destilada; 1,00 ml = 10,00 μg de F^- .
- c) *Tampón fluoruro:* Introdúzcase aproximadamente 500 ml de agua destilada en un vaso de 1 l y añádanse 57 ml de ácido acético glacial, 58 g de NaCl y 40 g de ácido 1,2 ciclohexilendiamintetracético (CDTA)*. Disuélvase por agitación. Póngase el vaso en un baño de agua fría y añádase lentamente NaOH 6N (alrededor de 125 ml) con agitación, hasta pH entre 5,3 y 5,5. Transfírase a un matraz aforado de 1 l y añádase agua destilada hasta la señal. Este tampón, al igual que su versión más concentrada, se puede adquirir en el comercio. Al usar el

* También conocido como ácido 1,2 ciclohexilendiamintetracético.

tampón concentrado, síganse las instrucciones del fabricante.

4. Procedimiento

a) *Calibrado del aparato:* Normalmente no es preciso hacer ajustes importantes en el aparato para utilizar electrodos en el rango de 0,2 a 2,0 mg F^-/l . Para los aparatos que tengan el cero en el centro de la escala, ajústese el control de calibrado de modo que se lea el patrón de 1,0 mg de F^-/l en el cero central (100 mV) cuando la aguja esté en la posición de escala expandida. Esto no se puede hacer en algunos aparatos que no tienen control de calibrado de milivoltios. Para usar un medidor selectivo de iones, síganse las instrucciones del fabricante.

b) *Preparación de patrones de fluoruro:* Prepárese una serie de patrones por dilución con agua destilada de 5,0, 10,0 y 20,0 ml de solución patrón de fluoruro a 100 ml. Estos patrones equivalen a 0,5, 1,0 y 2,0 mg de F^-/l .

c) *Tratamiento de patrones y muestra:* Añádanse con pipeta aforada de 10 a 25 ml de patrón o muestra a vasos de precipitados de 100 ml u otros recipientes adecuados. Llévase el patrón y la muestra a la misma temperatura, preferiblemente la ambiental. Añádase el mismo volumen de tampón. El volumen total debe ser suficiente para sumergir los electrodos y permitir que funcione el agitador.

d) *Medición con el electrodo:* Sumérense los electrodos en cada solución patrón de fluoruro y midase el potencial desarrollado, mientras se agita sobre un agitador magnético. Evítese la agitación antes de sumergir los electrodos porque puede quedar aire atrapado alrededor del cristal, produciendo lecturas erróneas o fluctuaciones de la aguja. Déjense los electrodos durante 3 minutos en la solución (o hasta lectura constante) antes de hacer la lectura final de los milivoltios.

Una capa aislante entre el agitador y el vaso reduce al mínimo el calentamiento de la solución. Retírense los electrodos, lávense con agua destilada y séquense entre lecturas. (PRECAUCIÓN: El secado, si no se hace suavemente, puede alterar el electrodo.) Repítanse las mediciones con las muestras.

Cuando se utilice un medidor de escala expandida o medidor selectivo de iones, recalíbrese el electrodo frecuentemente, comprobando la lectura del potencial del patrón de 1,00 mg F⁻/l y ajustando el control de calibrado, si fuera necesario, hasta que el medidor lea como antes.

Si no se utiliza un aparato de lectura directa, compárese la medida del potencial de los patrones de fluoruro con la concentración sobre papel gráfico semilogarítmico de dos ciclos. Pónganse los miligramos de F⁻ por litro en el eje logarítmico (ordenadas), con la concentración más baja en la base de la gráfica y los milivoltios en las abscisas. Léase la concentración de fluoruro correspondiente al potencial medido para cada muestra, a partir de la curva patrón.

El método de adiciones conocidas puede ser sustituido por el método de calibrado descrito. Síganse las instrucciones del fabricante del aparato.

Los medidores selectivos de iones pueden requerir un método modificado ligeramente, como la preparación de patrones de 1,00 y 10,0 mg F⁻/l o algunas otras concentraciones. Síganse las instrucciones del fabricante. Frecuentemente se suministran con el aparato patrones comerciales, a menudo diluidos con tampón. Compruébese la concentra-

ción de fluoruro en estos patrones, comparándolos con los patrones preparados por el analista.

5. Cálculo

$$\text{mg F}^{-}/\text{l} = \frac{\mu\text{E F}^{-}}{\text{ml muestra}}$$

6. Precisión y sesgo

Se ha analizado una muestra sintética con 0,850 mg F⁻/l en agua destilada por el método del electrodo, en 111 laboratorios, con una desviación relativa estándar de 3,6 y 0,7 por 100 de error relativo.

Una segunda muestra sintética con 0,750 mg F⁻/l, 2,5 mg (NaPO₃)₆/l y 300 mg de alcalinidad añadida/l en forma de NaHCO₃, se analizó en 111 laboratorios por el método del electrodo, con 4,8 por 100 de desviación relativa estándar y 0,2 por 100 de error relativo.

Una tercera muestra sintética con 0,900 mg F⁻/l, 0,500 mg Al/l y 200 mg SO₄²⁻/l se analizó en 13 laboratorios por el método del electrodo, con 2,9 por 100 de desviación relativa estándar y 4,9 por 100 de error relativo.

7. Bibliografía

- FRANT, M. S. & J. W. ROSS, JR. 1968. Use of total ionic strength adjustment buffer for electrode determination of fluoride in water supplies. *Anal. Chem.* 40:1169.
- HARWOOD, J. E. 1969. The use of an ion-selective electrode for routine analysis of water samples. *Water Res.* 3:273.

ANEXOS Nº5

CERTIFICADO DE ANALISIS DEL ESTANDAR DE FLUOR



Certificate of Analysis

<http://certificates.merck.de>

Date of print: 07.10.2010

1.19814.0500 Fluoride standard solution NaF in H₂O 1000 mg/l F⁻
CertiPUR®
Batch HC897666

	Batch Values	
Concentration β (F ⁻)	1002	mg/l

*Determination method: Titration with Lanthannitrat solution.
(traceable to NIST SRM 682)
Accuracy of the method: +/- 2 mg/l*

*Test date (DD.MM.YYYY): 20.03.2008
Minimum shelf life (DD.MM.YYYY): 31.03.2011*

Wolfgang Gemand

responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature

ANEXO Nº.6

CERTIFICADO DE ANALISIS DEL REACTIVO TISAB II

Certificate of Analysis

Product Information:

Orion Number	940909
Description	TISAB II (ONE GALLON) ISE
Lot Number	OX1
Expiration Date	N/A; Recommendation usage 2 years from date of receipt
Method of Analysis	Potentiometric
Acceptance Range	pH 5.0 to 5.5 @ 25.0 C/Fluoride < 0.10 ppm

Actual Analysis:

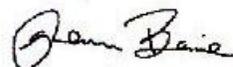
<u>Analysis</u>	<u>Results</u>	<u>Unit of Measure</u>
1	5.1	pH @ 25 degrees C
2 0.006	ppm Fluoride	

Traceability:

<u>N.I.S.T. Chemical</u>	<u>SRM #</u>	<u>Sublot</u>
Disodium Hydrogen Phosphate	186-II-g	NA
Potassium Dihydrogen Phosphate	186-I-g	NA
Potassium Hydrogen Phthalate	185H	NA
Potassium Fluoride	2203	NA

Certificate Date: 03/23/10

Approved By:



Quality Representative

Water Analysis Instruments

North America
165 Cummings Center
Beverly, MA 01915 USA
Toll Free: 1-800-225-1480
Tel: 1-978-232-6000
Dom. Fax: 1-978-232-6015
Int'l Fax: 978-232-6031

Europe
P.O. Box 254, 3860 AG Nijkerk
Wallerstraat 125K, 3802 BN
Nijkerk, Netherlands
Tel: (31) 033-2463867
Fax: (31) 033-2463832

Asia Pacific
818 55, Ayer Rajah Crescent
#04-15/24, Singapore 139949
Tel: 65-6778-6876
Fax: 65-6773-0836

www.thermo.com/water

Thermo
SCIENTIFIC

ANEXO N°.7

**FORMATO DE CUADRO PARA RESULTADOS DEL METODO DEL
ION SELECTIVO 4500-F⁻**

**Laboratorio
Fisicoquímico
de Aguas**



Fig. N°6. Laboratorio Fisicoquímico de Aguas

Registro de resultados obtenidos de la validación del método 4500-F⁻ y criterios de aceptación de acuerdo al diseño metodológico.

Nombre y modelo del equipo _____

No. De análisis _____

Fecha de análisis _____

Fig. N°7. Tabla de resultados para la exactitud.

Exactitud	[mg/L] obtenidos	Mv
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Criterio de aceptación: CV no mayor de el 3% y el IC(μ) debe incluir al 100%		

Fig. N°8. Tabla de resultados para la precisión.

Precisión	[mg/L] obtenidos	Mv
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Criterio de aceptación: $CV \leq 3\%$		

Fig. N°9. Tabla de resultados para el Limite detección			
Limite detección	[mg/L] (x)	[mg/L] (y)	Mv
1			
2			
3			
4			
5			
Criterio de aceptación: $r^2 \geq 0.98$ IC no debe incluir al cero			

Fig. N°10. Tabla de resultados para la linealidad			
Linealidad	[mg/l] (x)	[mg/L] (y)	Mv
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
Criterio de aceptación: $r^2 \geq 0.98$ IC no debe incluir al cero, CV no mayor de el 3%			

ANEXO N^o8

**FORMULAS PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DE
VALIDACION⁽⁴⁾.**

Formulas de exactitud y presión.

$$\text{Media aritmética: } \bar{y} = \frac{\sum Y}{n}$$

$$\text{Desviación estándar: } s = \sqrt{\frac{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}{n(n-1)}}$$

$$\text{Coeficiente de variación: } CV = \frac{s}{\bar{y}} * 100$$

$$\text{Intervalo de confianza: } IC = \bar{y} \pm t_{0.975, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$t_{0.975, n-1}$ para determinar el valor de t de Student

n= numero de recobros

Formulas para Límite de detección:

Pendiente.

$$b_1 = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Coeficiente de determinación:

$$r^2 = \frac{(n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}$$

Intervalo de confianza para la pendiente.

$$IC(\beta_1) = b_1 \pm t_{0.975, n-2} S_{b_1}$$

$$S_{b_1} = S_{y/x} \sqrt{\frac{1}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - b_1 \sum xy - b_0 \sum y}{n-2}}$$

$$b_0 = \frac{\sum y - b_1 \sum x}{n}$$

Fórmula para los Blancos:

Desviación estándar para los blancos:

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}{n(n-1)}}$$

Fórmula para el Límite de Detección:

$$LD = \frac{3.3 \times S_b}{b_1}$$

Formulas de Linealidad:

Pendiente: $b_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$

n= numero de mediciones (cantidad adicionada – cantidad recuperada)

Ordenada en el origen: $b_0 = \frac{\sum y - b_1 \sum x}{n}$

Coeficiente de determinación:

$$r^2 = \frac{(n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}$$

Intervalo de confianza para la pendiente:

$$IC(\beta_1) = b_1 \pm t_{0.975, n-2} S_{b1}$$

$$S_{b1} = S_{y/x} \sqrt{\frac{1}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - b_1 \sum xy - b_0 \sum y}{n-2}}$$

$t_{0.975, n-2}$ para determinar el valor de la t de student.

Fórmula para calcular el volumen: $V_1 C_1 = V_2 C_2$

ANEXO N^o 9

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



Figura N°11: Pre reunión con la directiva ABAPCOA en el salón central del centro educativo Ojo de Agua.



Figura N°12: Directiva ABAPCOA con sus respectivos informes de resultados de análisis de flúor en agua que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua.



Figura N°13: Reunión general en el salón central al momento de explicar los resultados obtenidos del análisis de flúor en agua.



Figura N°14: Lado norte en la reunión general ABAPCOA.



Figura N°15: Socialización de resultados de análisis de flúor en agua, en reunión general ABAPCOA.

ANEXO N^o 10

TABLA t-STUDENT₍₄₎

Tabla estadística de la distribución t de Student

GRADOS DE LIBERTAD	$t_{0.975}$	GRADOS DE LIBERTAD	$t_{0.975}$	GRADOS DE LIBERTAD	$t_{0.975}$
1	12.706	26	2.056	51	2.008
2	4.303	27	2.052	52	2.007
3	3.182	28	2.048	53	2.006
4	2.776	29	2.045	54	2.005
5	2.571	30	2.042	55	2.004
6	2.447	31	2.040	56	2.003
7	2.365	32	2.037	57	2.002
8	2.306	33	2.035	58	2.002
9	2.262	34	2.032	59	2.001
10	2.228	35	2.030	60	2.000
11	2.201	36	2.028	61	2.000
12	2.179	37	2.026	62	1.999
13	2.160	38	2.024	63	1.998
14	2.145	39	2.023	64	1.998
15	2.131	40	2.021	65	1.997
16	2.120	41	2.020	66	1.997
17	2.110	42	2.018	67	1.996
18	2.101	43	2.017	68	1.995
19	2.093	44	2.015	69	1.995
20	2.086	45	2.014	70	1.994
21	2.080	46	2.013	71	1.994
22	2.074	47	2.012	72	1.993
23	2.069	48	2.011	73	1.993
24	2.064	49	2.010	74	1.993
25	2.060	50	2.009	75	1.992

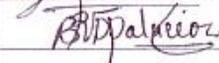
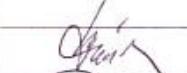
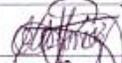
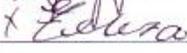
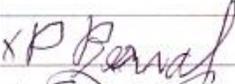
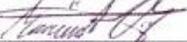
ANEXO N° 11

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

LISTADO DE BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE AGUA DEL CANTON OJO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE HUIZUCAR DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.

SECTOR PERLA		
	NOMBRE	FIRMA
1	Víctor Manuel Gómez Castellano	
2	Elmer Landaverde	
3	Vicitacion Ruano de Menjivar	Vicitacion Ruano
4	Ana Lilian Dimas de Menjivar	+ Ana Lilian
5	Mario Flores	+ Mario Flores
6	Teresa de Jesús Escobar <i>Teresa</i>	+ Teresa
7	María Inés Girón	+ María Inés
8	Iglesia Adventista No. 1	+ Iglesia
9	Hugo Ernesto Cuellar	+ Hugo Ernesto
10	Miguel Ángel Ayala Fuentes	+ Miguel Ángel
11	José Isrrael Dimas	+ José Isrrael
12	Vilma Carolina Pérez de Mejía	+ Vilma Carolina
13	María Cristina Gómez	+ Presente
14	Edwin Gerardo Guzmán García	+ Edwin
15	Santos Moises Flores Mauricio	
16	Iglesia Jardin Casa de David	
17	Balbino Pineda Mancía	+ Presente
18	Cristina Ferrer de Alegría	+ Presente
19	Jesús Peña Garmendez	+ Jesús Peña
20	Rodolfo Gutiérrez	
21	Ever Gómez Miguel	+ Ever Gómez
22	Luis Ricardo Córdoba Panameño	+ Presente
23	María Estela Dimas de Valladares	+ Presente

24	Dalia Yania Pineda Torres	
25	Leonardo Gómez Bernal	x Presente
26	María Rosario Belloso Trujillo	Presente
27	María Maura Girón Gómez	Presente
28	Daysi Dalila Pineda de Gómez	
29	Fidelina Gómez Hernández	M. Bernal
30	Carmen Pineda de Rosales	x Presente
31	Candelario González	x Presente
32	José Guillermo Guzmán González	Presente
33	José Vidal Peña Rivera	x Presente
34	Santos Escobar	
35	Alfonso Atilio Cárcamo	x Presente
36	Morena Guadalupe Dimas de Menjivar	Presente
37	Gertrudis Palacios	Presente
38	Celso Bernal	
39	Luis Edgar Perla Fernández	x Presente
40	Miriam del Carmen Peña de Méndez	Presente
41	Catalina Dimas de Peña	
42	Juan Cárcamo	
43	Gloria Guzmán Peña	Presente
44	Aminta Gómez Miguel	x Presente
45	Francisca Cárcamo de Díaz	x Presente
46	Ana Julia Méndez Peña	x Presente
47	Ana Gladis Peña de Escamilla	
48	Teresa Méndez	Presente
49	María Celia Guzmán Ramos	
50	Sofía Guzmán	
51	Jesús Gómez Reyes	

SECTRO ESCUELA		
	NOMBRE	FIRMA
1	Jesús Eriberto Gómez Guzmán	
2	José Roberto Miguel Gómez	
3	Nohemí de Corado	
4	Jorge Alberto Bernal	
5	Rosa Edith Gómez Miguel	x 
6	Ángela Cárcamo Miguel	
7	Cecilia del Carmen Aguirre Linares	
8	José Heriberto Mejía Leonor	
9	Blanca Rosa Vásquez de Palacios	
10	Efraín Bernal Guzmán	x 
11	CENTRO ESCOLAR OJO DE AGUA	
12	Adrian Palacios	
13	Alejandro de la Cruz Gómez Elías	
14	Elio Israel Segura Gómez	
15	Teresa de Jesús escobar	x 
16	Pedro Guzmán Mendoza	Roxana Josefina G
17	Marco Antonio Segura	
18	Petronila Bernal Melara	x 
19	Rolando Palacios	x 
20	Félix Osmin Escobar Artiga	
21	ERMITA IGLESIA CATOLICA	
22	Miguel Ángel Leonor Mejía	
23	Noé Orlando Gonzales	
24	Rodolfo de Jesús Espino	
25	Rito Belloso Gómez	
26	Moisés Antonio Castro Morales	

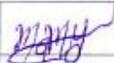
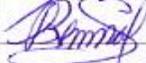
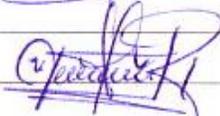
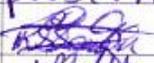
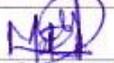
27	Nelson Yoni Abrego Escobar	
28	Rafael Bernal	
29	Alex Armando Bernal	
30	Ramón Cárcamo	x
31	José Eduardo Mejía Orellana	
32	José Palacios Gómez	
33	Juan Pablo Jorge Miranda	
34	Ana Beatriz cárcamo	
35	Miriam del Carmen Gómez Guzmán	
36	Ángela del Carmen Guzmán Melara	
37	Jaime Antonio Gómez	x
38	Luz Morales De Castro	
39	Francisco Stily	
40	Dalila del Carmen Gutiérrez Gómez	
41	Ana Araceli Pérez Bernal	AAPB
42	María Magdalena Hernández Gómez	
43	Consuelo Elizabeth Bernal de Alfaro	
44	José Luis Bernal	
45	Dora Alicia Bernal de Ramirez	
46	María Ester Gómez de Linares	
47	Miguel Ángel Leonor Miguel	
48	Emilia Cárcamo	x
49	Norman Alexander Palacios	
50	Ana Vilma Gómez	
51	Consuelo del Carmen Morán	
52	Héctor Espino Dimas	
53	Marina Santos de Melara	
54	Rosa Isabel Gómez	presente

55	Francisco Bernal Melara	Francisco
56	Ricardo Gómez Mártir	Margoula Masada
57	Erlinda Bernal de Nolasco	Francisco
58	José Ramiro Palacios Vicente	Francisco
59	Ana Luz Melara	Francisco
60	Oscar William Gómez y Gómez	Francisco
61	Juan Bernal Guzmán	
62	Oscar Ovidio Bernal Mendoza	Oscar Bernal
63	José Antonio Gómez Mártir	Francisco
64	Teresa de Jesús Gómez Guzmán	Francisco
65	Oscar Alejandro Bernal Jorge	Francisco
66	Elsa del Rosario Abrego Escobar	Francisco
67	Jesús Peña de Garmendez	Francisco
68	Francisco Maldonado	Francisco
69	José Antonio Maldonado Gonzales	
70	Esteban Palacios Melara	Francisco
71	Adolfo Segura Gómez	Francisco
72	Samuel Gómez Aguirrez	Samuel Gómez

SECTOR COPINOL		
	NOMBRE	FIRMA
1	José Germán Gómez	presente
2	María Enecon López	María Enecon López
3	Julio Mejía Guzmán	presente
4	José Nilo Mejía Gómez	Guzmán
5	María Elena Palacios Carcamo	
6	Ana Gloribel Pérez	
7	Marta Alicia Hernández Miguel	Erick Omar Donínguez
8	Bianca Esmelda Miguel de Valladares	de Valladares
9	José Ricardo Palacios	Palacios
10	Benjamín Palacios	Benjamín
11	Salvador Gómez Ramírez	Presente
12	Rosa Lilian Gómez Guzmán	Rosa Lilian
13	Ricardo Gómez Gómez	Ricardo Gómez Gómez
14	Telma de Rodríguez	Telma de Rodríguez
15	Francisco Gómez Dimas	Francisco Gómez Dimas
16	Catalino Palacios	Catalino Palacios
17	José Carlos Palacios Guzmán	José Carlos Palacios Guzmán
18	Raúl Palacios Guzmán-1	Raúl Palacios Guzmán
19	Mauricio Israel Palacios Guzmán	Mauricio Israel Palacios Guzmán
20	Héctor Miguel Peña	Héctor Miguel Peña
21	Héctor Antonio Miguel Ayala	Permiso
22	Ana Cecilia Baires de Cerna	Ana Cecilia Baires de Cerna
23	Jorge Arcio Miguel Ayala	Jorge Arcio Miguel Ayala
24	Alenson Edelmira Miguel Ayala	Alenson Edelmira Miguel Ayala
25	Tomasa Girón González	Tomasa Girón González
26	Estanislao Gómez Díaz	Estanislao Gómez Díaz

27	María del Carmen Galdámez	Inimayo
28	María Dolores Gutiérrez Guzmán	
29	Cándida Gómez Aguirre	
30	Samuel Gómez Aguirre	presente
31	María Ortensia Cornejo	presente
32	Walter Alberto Cruz	Walter Cruz
33	Benjamín Antonio Guzmán Ramírez	Benjamín
34	Emma Gómez	Emma
35	Rafaela Romero	
36	Guadalupe Gómez Mulato	Urbión
37	Elmer Rafael Mejía Morales	Elmer
38	Julio Antonio Mejía Morales	Real
39	Miguel Edgardo Mejía Morales	Miguel
40	Guadalupe Moran	
41	Edith Esperanza Grande Pérez	Edith
42	Carlos Antonio Gómez Gómez	
43	Birlan Adilio Miguel	Adilio
44	José León Galdámez	
45	Juan Gómez Galdámez	
46	José Ramiro Gómez Dimas	
47	Jesús Ernesto Galdámez Gómez	Ernesto
48	Rita Mercedes Guzmán de Ramírez	
49	Carmen Miguel de Galdámez	
50	Inocente Palacios Vázquez	
51	Rosalía Imelda Mendoza	Ricardo Bernal.
52	María Ana Luz Gutiérrez de Méndez	María Ana Luz
53	Genaro Inocente	Genaro Inocente
54	Daniel Esteban Romero Castellon	Bernán

55	José Armando Morales	<i>José Armando Morales</i>
56	Amalia Beltrán Díaz	<i>Amalia Beltrán Díaz</i>
	SECTOR IZOTE	
57	Mario López López	<i>Mario López López</i>
58	Federico Guillermo Castillo Llanes	<i>Federico Guillermo Castillo Llanes</i>
59	IGLESIA ADVENTISTA OJO DE AGUA II	<i>IGLESIA ADVENTISTA OJO DE AGUA II</i>
60	Sonia Argentina Melara Gerónimo	<i>Sonia Argentina Melara Gerónimo</i>
61	Diego Eugenio Mejía Argueta	<i>Diego Eugenio Mejía Argueta</i>
62	María Oneyda Hernández Melara	<i>María Oneyda Hernández Melara</i>
63	Eriberto Ortiz de León	<i>Eriberto Ortiz de León</i>
64	Carlos David Mejía Orellana	<i>Carlos David Mejía Orellana</i>
65	Manuel de Jesús Ortiz Reyes	<i>Manuel de Jesús Ortiz Reyes</i>
66	Felicita Melara de Palacios	<i>Felicita Melara de Palacios</i>
67	Aurelio Bernal Mejía-1	<i>Aurelio Bernal Mejía-1</i>
68	José Raúl Gómez	<i>José Raúl Gómez</i>
69	José Agustín Palacios	<i>José Agustín Palacios</i>
70	Carlos Armando Bernal Mejía	<i>Carlos Armando Bernal Mejía</i>
71	Mauricio Gómez Rojas-1	<i>Mauricio Gómez Rojas-1</i>
72	Ana Alicia Palacios	<i>Ana Alicia Palacios</i>
73	José Antonio Dimas	<i>José Antonio Dimas</i>
74	Jaime Leonel Gutiérrez	<i>Jaime Leonel Gutiérrez</i>
75	María Isabel Gómez Mejía	<i>María Isabel Gómez Mejía</i>
76	Bartolo Gómez Mejía	<i>Bartolo Gómez Mejía</i>
77	María Victoria Pérez Bernal	<i>María Victoria Pérez Bernal</i>
78	CENTRO ESCOLAR EL IZOTE	<i>CENTRO ESCOLAR EL IZOTE</i>
79	Carlos Alberto Bonifacio Miranda	<i>Carlos Alberto Bonifacio Miranda</i>
80	Rafael Bonifacio Miranda	<i>Rafael Bonifacio Miranda</i>
81	Santos Bonifacio Miranda	<i>Santos Bonifacio Miranda</i>

82	José Andrés Gómez Bernal	
83	Ricardo Bernal	Presente
84	Marcos Sánchez García	
85	Nicolás Melara	
86	Clara Luz Palacios Melara	
87	Roberto Bernal Grande	
88	Sergio Israel Gómez	
89	Yaneth Noemy Gómez Mejía	
90	María Concepción Gutiérrez de rojas	
91	Milagro del Carmen Gutiérrez	
92	Aurelio Bernal Mejía-2	
93	José Abel Cortez Ortiz	
94	Mercedes Bernal	Presente
95	Juan Antonio Palacios Melara	
96	Álvaro Antonio Gómez Mejía	
97	Teresa Vázquez Palacios	
98	José Vidal Pérez Gómez	
99	Sara Cristina Palacios de Gómez	
100	Marlene Alejandrina Merino Bernal	
101	Mauricio Gómez Rojas-2	
102	Juan Pablo Dimas Gómez	
103	Julio Ramírez Ortiz	
104	Luis Alonso Aguilar	
105	Manuel de Jesús Ramírez Palacios	
106	José Víctor Ramírez Palacios	
107	Francisco Ramírez Palacios	
	SECTOR COPINOL	
108	Catalino Ramírez Palacios	

109	Ángel Segura Gómez	Presente
110	Claudia Lorena Romero	<i>Claudia</i>
111	Raúl Palacios Bernal-2	<i>Raúl</i>
112	José Ángel Melara Gerónimo	<i>José Ángel</i>
113	Jesús Gómez Guzmán	<i>Jesús</i>
114	Walter Germán Hernández Gómez	<i>Walter</i>
115	Cesar Eugenio Pérez Pérez	Presente
116	Bernardo Melara Gerónimo	Presente
117	Fidel Melara León	<i>Fidel</i>
118	José Matías Melara Palacios	<i>José Matías</i>
119	Dolores Melara Guillen	<i>Dolores</i>
120	Rosa Miriam Melara	presente
121	Alejandro Vásquez	-Sidia Melara
122	Mario Antonio Paredes Arias	
123	Arsenio Isrrael Palacios Guzmán	<i>Arsenio</i>
124	Asención Vásquez	Presente
125	Ana Celina Vásquez Melara	<i>Ana Celina</i>
126	Deisy del Carmen Melara	<i>Deisy</i>
127	Reina Isabel Melara	<i>Reina Isabel</i>
128	Luis Alonso Aguirre Bernal	<i>Luis Alonso</i>
129	María Isabel Palacios de Bonifacio	<i>M. Isabel</i>
130	Nelson Gutiérrez	<i>Nelson</i>
131	Yasmin Sarahi Aguirre Gómez	<i>Yasmin</i>
132	Samuel Gómez Aguirre	<i>Samuel</i>

[Signature]
Secretaria

ABAPCOA

