



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Bioquímica y Farmacia

**“Determinación de flúor en agua en plantas potabilizadoras y escuelas de las parroquias rurales: Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana del cantón Cuenca”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Bioquímico farmacéutico

Autoras:

Elizabeth Rocío Guzmán Astudillo

CI: 0105788079

elizabeth.guzman@ucuenca.edu.ec

Jessica Gabriela Pineda Gómez

CI: 0105920714

jessica.pineda@ucuenca.edu.ec

Tutora:

Ing. Dolores Susana Andrade Tenesaca

CI: 0103475521

**Cuenca, Ecuador**

10-diciembre-2019



## Resumen:

**Introducción:** Los fluoruros son componentes esenciales, que proporcionan efectos beneficios al tejido dental y óseo. Sin embargo, cuando la ingesta de fluoruros sobrepasa el límite permisible, se puede observar alteraciones como fluorosis dental. En el cantón Cuenca se ha evidenciado un incremento de la prevalencia de esta enfermedad, existiendo la posibilidad de que esto se deba a la existencia de fluoruros en las fuentes de agua. **Objetivo:** El objetivo fue analizar la concentración de fluoruro en agua de los tanques de captación y de almacenamiento en las plantas potabilizadoras y de 14 escuelas pertenecientes a 9 parroquias rurales del cantón Cuenca (Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana). **Metodología:** El estudio cuantitativo de fue de tipo descriptivo. En total se recolectaron 56 muestras de agua de tres zonas estratégicas que fueron: tanque de captación, tanque de almacenamiento y escuelas seleccionadas. Se ejecutó un plan de monitoreo con duración de dos meses (Abril y Julio 2019), este periodo representa el periodo lluvioso y el periodo seco respectivamente. El método por el cual se determinó el analito fluoruro es el de ion selectivo  $4500 F^-$ . **Resultados:** Los datos analizados muestran que las concentraciones de fluoruro en agua de las zonas de estudio se encuentran entre 0,0 - 0,12 mg/L de fluoruro. **Conclusiones:** Se concluye que las fuentes de abastecimiento de agua de las parroquias rurales del cantón Cuenca contienen concentraciones de fluoruro inferiores a las recomendadas por la norma INEN y OMS.

**Palabras clave:** Fluoruro. Agua. Parroquias rurales. Cuenca. Ion selectivo de fluoruro.



**Abstract:**

**Introduction:** Fluorides are essential components, which have beneficial effects on dental and bone tissue. However, when fluoride intake exceeds the permissible limit, abnormalities such as dental fluorosis can be observed. In the canton of Cuenca there has been an increase in the prevalence of this disease, with the possibility that this is due to the existence of fluorides in water sources. **Objective:** The objective was to analyze the concentration of fluoride in water of the collection and storage tanks in the purification plants and of 14 schools belonging to 9 rural parishes of the Cuenca canton (Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti and Santa Ana). **Methodology:** The quantitative study of descriptive fuel. In total, 56 water samples were collected from three strategic areas that were: collection tank, storage tank and selected schools. A monitoring plan was executed with a duration of two months (April and July 2019), this period represents the rainy period and the dry period respectively. The method by which the fluoride analyte was determined is the 4500 F<sup>-</sup> selective ion. **Results:** The analyzed data containing the variations of fluoride in water of the study areas are between 0.0 - 0.12 mg / L of fluoride. **Conclusions:** It is concluded that the water supply sources of the rural parishes of the Cuenca canton contain fluoride limits lower than those recommended by the INEN and WHO standards.

**Keywords:** Fluoride. Water. Rural parishes. Cuenca. Selective fluoride ion.



## Índice del Trabajo

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS DE ESTUDIO</b>	<b>17</b>
<b>Objetivo General:</b>	<b>17</b>
<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>17</b>
<b>1. CONTENIDO TEÓRICO</b>	<b>18</b>
<b>1.1. El agua</b>	<b>18</b>
1.1.1. Calidad del agua	18
1.1.2. Fuentes de abastecimiento de agua	19
1.1.3. Cationes y aniones en el agua	19
1.1.4. Métodos de muestreo	20
<b>1.2. Flúor</b>	<b>21</b>
1.2.1. Antecedentes	21
1.2.2. Propiedades del flúor	21
1.2.3. Fuentes de flúor	21
1.2.4. Fluoruros en el agua	22
1.2.5. Usos y beneficios de los fluoruros para la salud	23
1.2.6. Metabolismo del fluoruro	23
1.2.7. Toxicidad de los fluoruros	25
<b>1.3. Métodos para determinar fluoruros en agua</b>	<b>27</b>
<b>1.4. Normativas para fluoruros en agua</b>	<b>28</b>
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Tipo y diseño de investigación</b>	<b>29</b>
<b>2.2. Área de estudio</b>	<b>29</b>
<b>2.3. Situación geográfica</b>	<b>30</b>
<b>2.4. Universo y muestra</b>	<b>30</b>
<b>2.5. Muestreo</b>	<b>32</b>



2.5.1.	Método de muestreo _____	32
2.5.2.	Recolección _____	33
<b>2.6.</b>	<b>Métodos, técnicas e instrumentos _____</b>	<b>34</b>
2.6.1.	Método de ion selectivo _____	34
2.6.2.	Descripción del equipo _____	35
2.6.3.	Configuración del analizador Orión 4 Star para la medición de las muestras. 35	
<b>2.7.</b>	<b>Materiales y reactivos: _____</b>	<b>36</b>
2.7.1.	Aparatos: _____	36
2.7.2.	Materiales: _____	36
2.7.3.	Reactivos _____	36
<b>2.8.</b>	<b>Proceso analítico _____</b>	<b>37</b>
2.8.1.	Preparación de patrones _____	37
2.8.2.	Calibración del electrodo de ion selectivo “ISE” con los patrones establecidos. _____	38
2.8.3.	Cuantificación de fluoruros en las muestras _____	39
<b>2.9.</b>	<b>Análisis de datos _____</b>	<b>39</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS _____</b>	<b>41</b>
3.1.	Concentración de fluoruros en el tanque de captación _____	41
3.2.	Concentración de fluoruro en el tanque de almacenamiento _____	47
3.3.	Concentración de fluoruro en Instituciones Educativas _____	53
<b>4.</b>	<b>DISCUSIÓN _____</b>	<b>61</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES _____</b>	<b>66</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES _____</b>	<b>68</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA _____</b>	<b>70</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS _____</b>	<b>75</b>



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Parroquias y lugares de muestreo</b> .....	30
<b>Tabla 2. Sitios de estudio y número de muestras</b> .....	32
<b>Tabla 3. Concentración de fluoruros (mg/L) en el tanque de captación por parroquias en periodo seco y lluvioso</b> .....	42
<b>Tabla 4. ANOVA de dos factores interacción entre parroquias y estación climática de los tanques de captación.</b> .....	43
<b>Tabla 5. Diferencias de medias de los tanques de captación entre parroquia en el periodo de lluvia <sup>a</sup></b> .....	44
<b>Tabla 6. Diferencias de medias de los tanques de captación entre parroquia en el periodo seco <sup>a</sup></b> .....	45
<b>Tabla 7. Concentración de fluoruro (mg/L) en el tanque de almacenamiento por parroquias en periodo de lluvia y seco</b> .....	48
<b>Tabla 8. ANOVA de dos factores interacción entre parroquias y estación climática de los tanques de almacenamiento <sup>a</sup></b> .....	49
<b>Tabla 9. Diferencias de medias de los tanques de almacenamiento entre parroquia en periodo de lluvia <sup>a</sup></b> .....	50
<b>Tabla 10. Diferencias de medias de los tanques de almacenamiento entre parroquia en periodo seco <sup>a</sup></b> .....	51
<b>Tabla 11. Concentración de fluoruro (mg/L) en instituciones educativas por parroquias en periodo de lluvia y seco.</b> .....	54
<b>Tabla 12. ANOVA de dos factores interacción entre parroquias y estación climática de las instituciones educativas</b> .....	56
<b>Tabla 13. Diferencias de medias de las instituciones educativas entre parroquia en el periodo de lluvia <sup>a</sup></b> .....	57
<b>Tabla 14. Diferencias de medias de las instituciones educativas entre parroquia en el periodo seco <sup>a</sup></b> .....	58



## Índice de Gráficos

Gráfico 1. Curva de Calibración.....	39
Gráfico 2. Concentración de fluoruro en los tanques de captación entre parroquias en el periodo de lluvia. ....	46
Gráfico 3. Concentración de fluoruro en los tanques de captación entre parroquias en el periodo seco.....	46
Gráfico 4. Concentración de fluoruro en tanques de captación por estación climática.....	47
Gráfico 5. Concentración de fluoruro en los tanques de almacenamiento entre parroquias en periodo de lluvia. ....	52
Gráfico 6. Concentración de fluoruro en los tanques de captación entre parroquias en periodo seco.....	52
Gráfico 7. Concentración de fluoruro en tanques de almacenamiento por estación climática. ....	53
Gráfico 8. Concentración de fluoruro de las instituciones educativas entre parroquias en el periodo de lluvia. ....	59
Gráfico 9. Concentración de fluoruro de las instituciones educativas entre parroquias en el periodo seco.....	59
Gráfico 10. Concentración de fluoruros en instituciones educativas por estación climática. ....	60



## Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Mapa de las parroquias rurales del cantón Cuenca.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 2. Electrodo específico para ión Fluoruro. ....</i>	<i>36</i>



## Índice de Diagramas

**Diagrama 1. Procedimiento de toma de muestra ..... 33**



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Elizabeth Rocío Guzmán Astudillo en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Determinación de flúor en agua en plantas potabilizadoras y escuelas de las parroquias rurales: Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana del cantón Cuenca”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 10 de diciembre de 2019

---

Elizabeth Rocío Guzmán Astudillo

C.I: 0105788079



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Jessica Gabriela Pineda Gómez en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Determinación de flúor en agua en plantas potabilizadoras y escuelas de las parroquias rurales: Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana del cantón Cuenca”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 10 de diciembre de 2019

Jessica Gabriela Pineda Gómez

C.I: 0105920714



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Elizabeth Rocío Guzmán Astudillo, autora del trabajo de titulación “Determinación de flúor en agua en plantas potabilizadoras y escuelas de las parroquias rurales: Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana del cantón Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 10 de diciembre del 2019

---

Elizabeth Rocío Guzmán Astudillo

C.I: 0105788079



## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Jessica Gabriela Pineda Gómez, autora del trabajo de titulación “Determinación de flúor en agua en plantas potabilizadoras y escuelas de las parroquias rurales: Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana del cantón Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 10 de diciembre del 2019

Jessica Gabriela Pineda Gómez

C.I: 0105920714



## DEDICATORIA

A nuestras familias por ser pilares fundamentales para ayudarnos a cumplir nuestros sueños.

A todas las personas que nos acompañaron y ayudaron durante toda nuestra carrera.



## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestros padres por estar siempre con nosotras y brindarnos su apoyo, en todo momento durante nuestra carrera universitaria y vida, también a Dios por todas las bendiciones recibidas durante este trayecto y la sabiduría para alcanzar esta meta tan importante.

Agradecemos a nuestros amigos que nos acompañaron a lo largo de la vida universitaria y a las personas que colaboraron a esta investigación.

A nuestra tutora Ing. Susana Andrade queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos por el apoyo brindado y por ser una excelente docente y también una gran amiga.

A quienes conforman el proyecto de investigación “Evaluación de los hábitos de consumo de sal y su relación con fluorosis dental moderada y severa en escolares de 7 a 12 años de las parroquias rurales del cantón Cuenca”, de manera especial a la Dra. Diana Astudillo y Dra. Andrea Cabrera.

Agradecemos de manera especial a la empresa ETAPA EP y la Planta Potabilizadora de la Junta Parroquial de Baños por la acogida que nos supieron prestar para la realización del presente trabajo de titulación.



## INTRODUCCIÓN

El agua constituye un nutriente esencial para el hombre y para la existencia de los seres vivos. Contiene una variedad de sustancias en suspensión o solución tales como calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso y fluoruros. La mayoría de aguas potables contienen fluoruros en forma ionizada (Organización Panamericana de la Salud, 2002). Los fluoruros son compuestos ampliamente distribuidos en la naturaleza. La presencia de fluoruros en el agua se debe principalmente a la infiltración y disolución de este elemento del suelo y rocas que lo contienen. Encontrándose en forma constante en las aguas de ciertas ciudades en el Ecuador (Yautibug, 2017). En la actualidad está claramente conocido y fundamentado el efecto preventivo del fluoruro sobre la caries dental cuando se ingiere diariamente cerca de 1mg del ión, que se considera como dosis diaria óptima (Yautibug, 2017).

Sin embargo, desde el descubrimiento de los efectos perjudiciales, en los años 40 que genera el agua con alto contenido de fluoruros, se han realizado investigaciones sobre la distribución de fluoruros en la naturaleza, su metabolismo, sus consecuencias y sus manifestaciones en la salud dental y general. Cuando se ingiere dosis superiores a las fisiológicas durante períodos prolongados, pueden producir trastornos que van desde lesiones del esmalte dentario hasta trastornos esqueléticos y de los ligamentos articulares que limitan los movimientos, además provoca mayor susceptibilidad a enfermedades renales y cáncer, así como afectación en el desarrollo del cerebro y la reducción del coeficiente intelectual de niños en edad escolar (Galicia, Molina, Oropeza, Gaona, & Juarez, 2011).

En la actualidad, son pocos los estudios que han realizado la determinación de fluoruros en agua especialmente en las áreas rurales del cantón Cuenca, y por el contrario existen varios estudios que demuestran el incremento de la prevalencia de fluorosis dental (Barrera Urgilès Cindy, 2010). Específicamente un estudio realizado en el Cantón Cuenca en el año 2010 estimó que la prevalencia de fluorosis moderada y severa es seis veces superior en el área rural en comparación con el área urbana (27.1% vs 4.6%) (Parra, Astudillo, Cedillo, & Ordoñez, 2012), conjuntamente este estudio determinó también que



las concentraciones de fluoruro en agua del cantón Cuenca están por debajo de los límites permitidos 0,7 y 1,2mg F<sup>-</sup>/ L (Parra et al., 2012) valores establecidos por el *US Public Health Service* como un estándar óptimo para el fluoruro en el agua para beber (World Health Organization, 1998). Sin embargo, el estudio mencionado fue realizado hace 9 años, por el cual en este trabajo de titulación se busca comparar si existe variación en las concentraciones de fluoruros en las plantas de agua potable y así como también determinar la concentración de fluoruros en agua de escuelas seleccionadas y de esta manera comprobar si el agua es un factor de riesgo para que se origine la fluorosis dental. Los resultados de este estudio contribuirán a un proyecto de investigación de la Universidad de Cuenca “Evaluación de los hábitos de consumo de sal y su relación con fluorosis dental moderada y severa en escolares de 7 a 12 años de las parroquias rurales del cantón Cuenca” el cual tiene como objetivo analizar los principales factores de riesgo para que se produzca fluorosis dental en niños de edad escolar. Además, resultado de la ejecución de este proyecto, se espera conseguir una base de datos que contribuya con el conocimiento actualizado de las concentraciones promedio de fluoruros en agua de plantas potabilizadoras y escuelas de las parroquias rurales antes mencionadas.

### **OBJETIVOS DE ESTUDIO**

#### **Objetivo General:**

- Analizar la concentración de fluoruro en agua de los tanques de captación y de almacenamiento en las plantas potabilizadoras y de 14 escuelas pertenecientes a 9 parroquias rurales del cantón Cuenca.

#### **Objetivos Específicos:**

- Analizar la concentración de fluoruro en agua de los tanques de captación y de almacenamiento en las plantas de potabilización de Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana
- Analizar la concentración de fluoruro en el agua en 14 escuelas seleccionadas de parroquias rurales.
- Comparar la concentración de fluoruro en agua (tanque de captación, tanque de almacenamiento y las escuelas) entre las diferentes parroquias de estudio.



## 1. CONTENIDO TEÓRICO

### 1.1. El agua

El agua es el recurso natural más abundante e importante en el planeta, el 97% del agua total corresponde al agua salina que se halla en océanos y mares, mientras que solo 3% representa el agua dulce (Ramos, 2016). Es un recurso natural no renovable en la actualidad limitado, debido a que está siendo afectado por el deterioro ambiental, la contaminación y el mal uso al que se le ha expuesto (Carrillo & Urgiles, 2016). El agua es indispensable para la vida, ningún organismo sobrevive sin ella debido a que esta sustancia es un componente esencial de la materia viva y es fuente de hidrogeno para los organismos (Quintuña & Samaniego, 2016).

#### 1.1.1. Calidad del agua

Es de gran importancia asegurar que las características físicas, químicas y microbiológicas del agua sean aptas para el consumo humano, por ello surge la necesidad de realizar controles de calidad de manera constante, esto consiste en una serie de pasos que aseguran que el agua para el consumo humano cumple con los requisitos que establece la norma vigente. En Ecuador la calidad del agua está regida por la norma NTE INEN 1108 para el Agua Potable (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011). El acceso al agua apta para el consumo humano es un derecho fundamental y una necesidad básica y esencial para la reducción de la pobreza (Organización Mundial de la Salud, 2019).

El agua es considerada de buena calidad cuando al ser consumida no causa ningún daño, esta debe estar libre de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores, y que sean desagradables para el consumo como: el color, el olor, el sabor, turbiedad, así como la presencia de minerales y metales pesados (Rodrigo, 2013). La importancia de la calidad del agua se basa en que esta sustancia es considerada uno



de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos (OMS, 2006).

### **1.1.2. Fuentes de abastecimiento de agua**

En Ecuador los recursos hídricos superficiales como lagunas, lagos y ríos constituyen las principales fuentes de agua para consumo humano. Debido a que más de un tercio del cantón Cuenca está cubierto por páramos, siendo estos ricos en recursos hídricos, excepto en las jurisdicciones de: Nulti, El Valle, Paccha, Ricaurte, Llacao; estas parroquias no tienen áreas de páramo, razón por la que los recursos superficiales son escasos (Municipalidad de Cuenca, 2005). En estas parroquias el abastecimiento de agua para consumo humano y riego, en algunos casos, proviene o conducen agua desde otras parroquias, tal es el caso de dos parroquias de estudio de este trabajo de titulación, como Nulti y Paccha, cuya planta potabilizadora que abastece a estas comunidades es la Planta de tratamiento de Tixán ubicada cerca de la población de Tixán en la parroquia Chiquintad.

#### **1.1.2.1. Agua superficial**

Es cualquier agua que se encuentra sobre el suelo, por ejemplo el agua que está en ríos, los lagos, las corrientes, los depósitos y en los océanos. Estas constituyen fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas. Una de las desventajas de utilizar esta agua es que están expuestas a la contaminación (Carrillo & Urgiles, 2016).

#### **1.1.2.2. Agua subterránea**

Es el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre. Está presente en el interior de poros en las fisuras de las rocas más sólidas y entre partículas sedimentarias. Son de buena calidad ya que no posee microorganismos debido a que estos son filtrados por el suelo. La composición química de este tipo de agua depende de la naturaleza de los suelos cruzados que pueden contener elementos en altas concentraciones, superando ampliamente las normas de potabilidad (Cocha, 2009).

### **1.1.3. Cationes y aniones en el agua**

Cuando el agua almacenada en las fuentes superficiales y en las subterráneas inicia su recorrido, va arrastrando una amplia gama de materiales: inorgánicos como minerales, orgánicos como restos de animales o plantas y también microorganismos, que le



confieren características inaceptables para el consumo directo por el hombre (Quilumbaqui, 2017). El agua contiene una variedad de sustancias en suspensión o solución tales como: calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso y fluoruros. La mayoría de fuentes de agua contienen fluoruros en forma ionizada, encontrándose en forma universal a través de este medio (Bustamante, 2002).

#### **1.1.4. Métodos de muestreo**

El muestreo consiste en extraer una porción suficiente de agua que pueda ser transportada y analizada en el laboratorio, debe representar el cuerpo de agua con el propósito de examinar con mayor exactitud una o varias características. La técnica y frecuencia de muestreo a escoger varía de acuerdo a situaciones específicas, por ejemplo se debe tener en consideración el tipo de fuente de agua y las modificaciones que esta podría sufrir durante ciertos periodos de tiempo. En lo posible es importante conservar la muestra de agua, de tal manera que no experimente ninguna modificación desde el momento de su toma hasta su análisis (American Society for Testing and Materials, 2016; Rice & Bridgewater, 2017).

##### **1.1.4.1. Muestras simples**

La muestra simple no es más que una sola muestra tomada en un tiempo y lugar determinado, para su análisis individual. Estas muestras proporcionan las características del agua en el momento en el que la muestra es tomada. Generalmente se realiza este tipo de muestreo cuando la composición de una fuente es relativamente estable a través de un tiempo y no presenta variaciones en su flujo (American Society for Testing and Materials, 2016; Rice & Bridgewater, 2017).

##### **1.1.4.2. Muestras compuestas**

Las muestras compuestas son aquellas formadas por la mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en el mismo punto en diferentes intervalos de tiempo. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio de una analito en un cuerpo hídrico (American Society for Testing and Materials, 2016).



## **1.2. Flúor**

### **1.2.1. Antecedentes**

El uso del fluoruros en el agua fue instaurado a finales de 1940 como una medida de prevención y salud pública, constituyendo así la principal fuente de fluoruros, esta medida fue considerada como una estrategia inicial para poner en práctica programas de prevención de caries dental en América Latina, la cual fue considerada como una de las más efectivas por tener más cobertura y mejores costes económicos (Organización Panamericana de la Salud, 2002). No obstante, no fue sino hasta en 1974 que en el Ecuador se inició la fluoración del agua tras el Decreto Supremo en el “Programa Nacional de Fluoración”. Sin embargo, este programa se lo realizó en pocas ciudades hasta el año 1986 por falta de cobertura del sistema de agua potable (Ministerio de Salud Pública, 1996). De acuerdo al Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, en el año de 1986 el porcentaje de la población del país que contaba con agua potable era del 59,7%, por esta razón se instauró la fluoración de la sal como medida alternativa de prevención de caries dental (Arroyo, Bonilla, & Guevara, 2016). Desde aquel año hasta la actualidad la principal fuente de consumo de fluoruro es la sal, por esta razón plantas potabilizadoras de agua como ETAPA EP en la ciudad de Cuenca dimitieron la suplementación de agua con fluoruros.

### **1.2.2. Propiedades del flúor**

El flúor es un elemento químico que pertenece al grupo de los halógenos y de peso atómico 19. Al flúor se lo puede encontrar en las rocas, en combinaciones con minerales, rocas volcánicas, agua de mar, en los yacimientos de sal de origen marino, en el agua de los ríos, lagos, en concentraciones diversas (Yautibug, 2017). Su principal característica es su gran electronegatividad que le facilita combinarse con otros elementos por lo que es difícil encontrarlo puro en la naturaleza. Se encuentra en la naturaleza de forma combinada como fluoruro cálcico o fluorita y es muy soluble en agua (Silva, 2012).

### **1.2.3. Fuentes de flúor**

El flúor ocupa el lugar 17<sup>o</sup> en orden de abundancia en la corteza terrestre. Es un elemento altamente reactivo en combinación iónica o covalente con algunos elementos, se presenta principalmente en rocas ígneas como: fluorita, criolita y apatita, la presencia de fluoruros



en fuentes de agua se debe principalmente a la disolución de este elemento de las rocas que lo contienen, por lo que se encuentra en concentraciones variables en los recursos hídricos (Huizar, Varela, & Espinoza, 2014). Las rocas que conforman la hoja topográfica del cantón Cuenca son de origen volcánico de la edad cretácica a cuaternaria. En esta ciudad predominan rocas de color verde y café, sus principales sustratos rocosos son andesita, toba, arsenisca, riolita, tillita, diorita, lutita y arcilla los cuales en su mayoría son rocas ígneas volcánicas (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2000), que contienen cantidades significativas de minerales como la criolita y micas, que se caracterizan por contener fluoruros (Luna, Molina, Molina, & Gonzales, 2012).

#### **1.2.4. Fluoruros en el agua**

Los fluoruros pueden encontrarse en muchos alimentos, pero el agua es la fuente principal de dicho elemento. Los fluoruros se encuentran en todas las aguas en concentraciones variables (Bolaños, 2014). Los niveles de fluoruros en el agua van a modificarse dependiendo del lugar y de la cercanía a fuentes de emisión. Generalmente las concentraciones de fluoruros están entre 0,01 y 0,3 mg/L. El agua dulce contiene menos fluoruros que el agua marina, con concentraciones que van de 1,2 a 1,5 mg/L (Gutiérrez, J & Vega, L., 2005).

Los recursos hídricos con mayor contenido de fluoruros, se encuentran localizados en zonas volcánicas o en áreas con depósitos geológicos de origen marino (Sosa Rosales, M. D. L. C., 2003). En zonas cuyas rocas naturales contienen en una elevada concentración de fluoruros se han podido detectar niveles más altos de fluoruros en agua, observándose con periodicidad esta situación en regiones con actividad geotérmica o volcánica. Además, se ha evidenciado también que las actividades de origen humano pueden incitar un incremento de su concentración en el medio ambiente. La cantidad de fluoruros que se encuentran presentes en los recursos hídricos propios del mar o por la contaminación atmosférica es considerablemente mínima en comparación con la procedente de rocas y suelos (Sosa Rosales, 2003; Herrera, Domínguez, 2002). Los fluoruros están presentes todo el tiempo en el medio ambiente, por ende, es habitual que las fuentes de agua los contengan por lo menos en cantidades pequeñas. Dependiendo del entorno geológico de donde proceda el agua, la cantidad de fluoruros existente de manera natural en el agua potable no fluorada es muy variable (Rodríguez, 2018).



### **1.2.5. Usos y beneficios de los fluoruros para la salud**

- Protege a los dientes de las caries: los fluoruros posee una acción cariostática inhibiendo el inicio y crecimiento de la caries (Silva, 2012).
- Mayor resistencia a los ácidos, debido a que previene e inhibe la placa bacteriana ya que limita el consumo de glucosa y así reduce la producción de ácidos (Silva, 2012).
- Actúa sobre los osteoblastos formando y manteniendo los huesos incrementando la densidad ósea (Martínez, Carmona, & Díaz, 2010).

### **1.2.6. Metabolismo del fluoruro**

El fluoruro puede ser incorporado al interior del organismo por piel, pulmones, dieta y el consumo de agua. Se absorbe en forma de ácido fluorhídrico débil en las paredes del tracto gastrointestinal por difusión simple y directa (Silva, 2012). Una vez absorbido el fluoruro, dos mecanismos reducen su concentración plasmática: 1) distribución en los hueso y dientes y 2) excreción en orina y heces (Miñana, 2011; Olivares, Arellano, Cortés, Cantín, & Cantín, 2013).

#### **1.2.6.1. Absorción**

La principal vía de incorporación de fluoruro al interior del organismo es la digestiva, a través de las paredes del tracto gastrointestinal. Sin embargo, también puede absorberse a través de los pulmones, por la inhalación de fluoruros presentes en la atmosfera (no representa una cantidad significativa) y por contacto con la piel, generalmente esta última exposición a fluoruros suele ocurrir en personas vinculadas en la fabricación del acero y de aluminio (Benito, Joaquim, & Bayona, 2004).

El fluoruro presente en el agua es absorbido casi en su totalidad por difusión simple a través de la mucosa del estómago e intestino delgado, mientras que el resto de este elemento es atrapado por la saliva y posteriormente incorporado por vía tópica a la matriz de los dientes (Cocha, 2009). La tasa de absorción de fluoruros provenientes de la dieta está influenciada por varios factores que son concentración, solubilidad y grado de ionización del compuesto ingerido (Rivas & Huerta Vega, 2005). La absorción de los fluoruros de compuestos solubles como por ejemplo el fluoruro de sodio suele ser rápida y completa. Sin embargo, esta absorción puede reducirse por la presencia de ciertos minerales como el aluminio y el magnesio, los cuales forman complejos insolubles con el flúor (Puche & Rigalli, 2007). El parámetro que regula la absorción gástrica de manera



directa es el pH, a mayor acidez, mayor absorción. Cuando el flúor iónico entra en contacto con el ambiente ácido del estómago, es convertido en ácido fluorhídrico y esta molécula atraviesa rápidamente las barreras fisiológicas (López, Zaragoz, & González, 2016).

#### **1.2.6.2. Distribución**

La concentración plasmática máxima se alcanza en la primera hora luego de ser ingerido el fluoruro. Los niveles de fluoruro plasmático están influidos por dos procesos: reabsorción ósea y excreción renal. La principal característica del fluoruro es su gran afinidad por el fosfato cálcico, es por ello que cuando el fluoruro es absorbido y pasa a la sangre, se distribuye con preferencia en los tejidos calcificados, acumulándose en huesos y dientes en un 99% (Concha, 2012). El fluoruro en concentraciones adecuadas dentro del organismo evidencia varios efectos beneficiosos tanto para las piezas dentales como para el sistema esquelético (Barrera Urgilès Cindy, 2010). A nivel dentario, el fluoruro se fija en el esmalte dental formando cristales de fluorhidroxiapatita, la cual es una molécula resistente e impermeable a la caries dental. Por otro lado, el fluoruro en los huesos aumenta la mineralización ósea, confiriéndoles mayor resistencia y disminuyendo la resorción ósea. La capacidad de almacenamiento de fluoruros en los tejidos calcificados se ve influenciado de manera inversamente proporcional con la edad, por lo que se observa que en personas jóvenes la excreción de fluoruros es mucho menor en comparación a ancianos (Puche & Rigalli, 2007).

Además de los tejidos calcificados el fluoruro se puede distribuir también en:

- Fluidos corporales: 0,01 – 0,05 ppm de fluoruro en saliva.
- Tejidos blandos: 1 ppm de fluoruro (Puche & Rigalli, 2007).

#### **1.2.6.3. Excreción**

El fluoruro que no se fija al esqueleto o dientes es eliminado principalmente por vía renal (60-70% del fluoruro ingerido). Existen otras vías de excreción que eliminan de forma menos significativa el fluoruro como las heces (10 -15 %) y en cantidades mucho más pequeñas en el sudor y la saliva. La excreción del fluoruro a través de la orina aumenta después de la ingestión: observándose que la mayoría del fluoruro absorbido se encuentra en orina a las 3 o 4 horas, eliminándose casi en su totalidad a las 9 horas. (Gutiérrez, J.



R., & Vega, L. H. 2005). Además, también se puede observar la excreción del fluoruro por leche materna, eliminándose alrededor de 0,019 mg/L, considerada esta cantidad de fluoruro muy baja para ser aprovechable por el infante al ingerir este elemento (Barberia, Cardenas, María, & Myriam, 2005).

### **1.2.7. Toxicidad de los fluoruros**

La aplicación de productos fluorados puede tener varios beneficios para la salud, sin embargo, si se utiliza en exceso podría provocar efectos colaterales, dependiendo de la cantidad y frecuencia de ingesta de fluoruros, ocasionando una intoxicación aguda o crónica (Barberia et al., 2005).

#### **1.2.7.1. Intoxicación aguda.**

Ocurre por la ingesta de cantidades excesivas de fluoruros. Se considera como una dosis toxica de fluoruro de 5 mg/kg peso y una dosis letal de 15 mg/kg peso (Herrera Dominguez, 2002). Los efectos pueden variar desde síntomas leves como irritación gastrointestinal hasta la muerte. Los fluoruros en el estómago se transforman en ácido fluorhídrico, este compuesto al encontrarse en grandes cantidades tiene efectos corrosivos de la mucosa gástrica lo que conduce a la aparición de náuseas, vómitos, espasmos y dolor abdominal. Además, la circulación plasmática de este acido conlleva a una acidosis sistémica, lo cual desencadena una serie de efectos negativos a nivel celular (Barberia et al., 2005). El exceso de fluoruro secuestra todo el calcio circulante, provocando hipocalcemia aguda, lo que induce a convulsiones, arritmias, coma y en algunos casos la muerte. Como medida de urgencia se debe administrar sales de calcio, gluconato de calcio intravenoso, inducir el vómito y realizar un lavado gástrico. Se debe trasladar al paciente lo más rápidamente posible a una unidad de salud cercana (López et al., 2016).

#### **1.2.7.2. Intoxicación crónica**

Al contrario de la toxicidad aguda, la toxicidad crónica se da por la exposición a cantidades de fluoruros que sobrepasan los límites permisibles para su consumo por un periodo de tiempo alargado, esta intoxicación ocurre cuando una persona ingiere cantidades que pasan del promedio establecido para su aplicación y administración, lo cual puede suceder por el consumo excesivo de productos fluorados como los dentífricos



y alimentos que contienen fluoruros, tales como la sal suplementada con fluoruros, agua o alimentos con fluoruros naturales, así como también por el contacto de sustancias fluoradas especialmente esto ocurre en personas vinculadas a la fabricación de acero y aluminio (Avila Carreras, Farias, Bianco, & Bovi Mitre, 2008). Esta intoxicación puede manifestarse como fluorosis dental y esquelética. Así también se puede evidenciar problemas a nivel de órganos, como por ejemplo disfunción renal, muscular, nerviosa, fragilidad de los huesos, e incluso rigidez total y deformación ósea (Olivares et al., 2013; Rivas & Huerta Vega, 2005).

#### **1.2.7.2.1. Fluorosis dental**

La fluorosis dental es considerada como el primer efecto visible de una intoxicación crónica por fluoruros. Al ingerir concentraciones altas de fluoruros y de forma continua, durante el periodo de formación y calcificación del diente, cuando aún éste no ha erupcionado, altera el metabolismo del ameloblasto, disminuyendo su número e interfiriendo en la maduración y mineralización del esmalte dentario, clínicamente esta patología se caracteriza por la aparición de manchas de color blanco opaco o pardas en las estructuras dentales (Rodríguez, 2018).

#### **1.2.7.2.2. Fluorosis Esquelética**

En concentraciones más altas que los niveles recomendados, el fluoruro puede ser causante de cambios en la estructura ósea que debilita el hueso, participando en la formación indiscriminada de osteoblastos, lo cual ocasiona el crecimiento excesivo de los huesos, rigidez y calcificación de los ligamentos, por lo que se hacen propensos a fracturas y provoca mucho dolor en las articulaciones (López et al., 2016; Reyes, Alvarado, Antuna, Gonzalez, & Vasquez, 2010). La forma más grave de fluorosis esquelética es la fluorosis invalidante, esta patología generalmente es rara y se caracteriza por la calcificación de los ligamentos, inmovilidad, pérdida de peso muscular y problemas neurológicos relacionados con la compresión de la médula espinal (Puche & Rigalli, 2007).



### **1.3. Métodos para determinar fluoruros en agua**

#### **1.3.1. Método Potenciométrico**

La concentración de fluoruros puede ser determinada mediante potenciometría directa utilizando un electrodo de fluoruro, el cual es un sensor selectivo de iones. La parte más importante del electrodo de fluoruro es el cristal de fluoruro de lantano, que actúa como una membrana conductora iónica en la cual solo el fluoruro puede actuar como ion móvil. La medición de la actividad del ion fluoruro se produce cuando el cristal está en contacto con la solución de muestra en una cara y con una solución interna de referencia en la otra. La actividad del ion fluoruro depende de la fuerza iónica total de la solución y del pH, así como del derivado complejante del fluoruro (Rice & Bridgewater, 2017). En la determinación de fluoruros por potenciometría directa se utiliza una solución especial conocida como TISAB (Tampón de Ajuste de la Fuerza Iónica Total) que tiene como objeto ayudar a corregir otros efectos que pueden interferir con la determinación, por ejemplo: formación de ácidos, bases débiles y formación de precipitados insolubles, fija las condiciones adecuadas, proporciona una fuerza iónica constante, disocia al ion fluoruro y mantiene el pH adecuado (Alarcon Estrada & Castro Morales, 2012). 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 (Alarcon Estrada & Castro Morales, 2012; Rice & Bridgewater, 2017).

#### **1.3.2. Método Colorimétrico**

El principio de este método se basa en la reacción entre el fluoruro presente en la muestra y un complejo colorido de Zirconilo-SPANDS, lo que da como resultado la formación de un anión complejo incoloro (American Society for Testing and Materials, 2016). La determinación se realiza por comparación del color obtenido en la muestra frente a un estándar de fluoruro de concentración conocida, a medida que aumenta la cantidad de fluoruro, la intensidad del color disminuye, siendo la absorbancia inversamente proporcional a la concentración de fluoruro. El rango de determinación es de 0 y 1.4 mg/L (Rice & Bridgewater, 2017).

#### **1.3.3. Método de la Complejona**

El rango con el que se puede determinar con confiabilidad el ión fluoruro es de 0.1 a 2.0 mg/L. En primer lugar, la muestra es expuesta a una destilación previa al análisis y el



destilado se hace reaccionar con el reactivo azul-lantano para formar un complejo azul que se mide colorimétricamente a 620 nm. Las interferencias son las mismas que para los otros métodos y se eliminan por destilación (Rice & Bridgewater, 2017).

#### **1.4. Normativas para fluoruros en agua**

La Organización Mundial de la Salud recomienda el valor de referencia para el fluoruro en el agua potable de 1,5 mg / L. Además, hace énfasis que, para el establecimiento de normas nacionales para el fluoruro, es de gran importancia tener en cuenta las condiciones climáticas, la ingesta de agua y la ingesta de fluoruros a través de otras fuentes, para así poder establecer un rango de concentración adecuada de consumo de fluoruros para cada población (Organización Mundial de la Salud, 2019).

Por otro lado, en el Ecuador la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2011 establece los requisitos que debe cumplir el agua para consumo humano, fija como límite máximo permisible para el agua potable 1,5 mg / L. En esta norma se recomienda que el agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros, realizar el muestreo para determinación de fluoruros de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods). Así mismo los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se recomiendan en esta norma son los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).



## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

Estudio cuantitativo, transversal de alcance descriptivo.

### **2.2. Área de estudio**

El estudio se llevó a cabo en 9 parroquias rurales: Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana pertenecientes al cantón Cuenca de la provincia del Azuay. Estas parroquias fueron seleccionadas por parte del proyecto de investigación “Evaluación de los hábitos de consumo de sal y su relación con fluorosis dental moderada y severa en escolares de 7 a 12 años de las parroquias rurales del cantón Cuenca”, mediante un muestreo no probabilístico exploratorio y por conveniencia, debido a la facilidad de accesibilidad, costos y logística.

### 2.3. Situación geográfica

El cantón Cuenca se sitúa al sur del Ecuador en la provincia del Azuay. Cuenca es la tercera ciudad con más de 100.000 habitantes (Municipalidad de Cuenca, 2005). Políticamente está dividido en 21 parroquias rurales y 1 urbana (Cuenca). Las parroquias rurales constituyen el 80% del área total del cantón que es de 3086 km<sup>2</sup>. Las parroquias incluidas en el presente proyecto de investigación como son Octavio Cordero, Nulti y Paccha se encuentran en la parte noreste y las parroquias Santa Ana, Quingeo, Cumbe, Baños Victoria del Portete y Tarqui se encuentran en la parte sureste del cantón Cuenca (Municipalidad de Cuenca, 2005).



Ilustración 1. Mapa de las parroquias rurales del cantón Cuenca.

### 2.4. Universo y muestra

El estudio propuesto se llevó a cabo en 6 plantas de tratamiento de agua potable de la empresa ETAPA EP (Planta Chulco – Soroche, Planta Irquis, Planta Tixán, Planta Quingeo–Pillachquir, Planta Cumbe y Planta Santa Ana) y 1 de la Junta Administradora de Agua Potable Baños que abastecen de agua potable a las parroquias de estudio, en las cuales se determinó las concentraciones de fluoruro en los tanques de captación y de almacenamiento. Además, también se determinó la concentración de fluoruro en el agua de distribución de escuelas previamente seleccionadas, detalladas en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Parroquias y lugares de muestreo**

PARROQUIAS	PLANTA POTABILIZADORA	ESCUELAS
Octavio Cordero	Planta Chulco – Soroche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escuela de Educación Básica Octavio Cordero Palacios</li> </ul>



Tarqui	Planta de Irquis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escuela de Educación Básica Alfonso Moreno Mora.</li></ul>
Victoria del Portete	Planta de Irquis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unidad Educativa del Milenio Victoria del Portete.</li></ul>
Paccha	Planta Tixán	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escuela de Educación Básica Elías Galarza Arteaga.</li><li>• Unidad Educativa Paccha.</li></ul>
Quingeo	Planta de Quingeo – Pillachiquir	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escuela de Educación Básica del Milenio Quingeo.</li></ul>
Cumbe	Planta de Cumbe	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escuela Fiscal Mixta Carlos Terán Zenteno</li><li>• Escuela de Educación Básica Gabriel Arsenio Ullauri.</li></ul>
Santa Ana	Planta Santa Ana	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escuela de Educación Básica Alfonso María Borrero.</li></ul>
Nulti	Planta Tixán	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unidad Educativa Nulti.</li><li>• Escuela de Educación Básica Teresa Semeria.</li></ul>
Baños	Junta administradora de agua potable de la parroquia Baños	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escuela de Educación Básica Cornelio Crespo.</li><li>• Escuela de Educación Básica Enriqueta Cordero Dávila.</li><li>• Escuela de Educación Básica Alfonso Carrión Heredia.</li></ul>



## 2.5. Muestreo

### 2.5.1. Método de muestreo

Para la ejecución del estudio se analizaron un total de 56 muestras correspondientes a la captación, tanque de almacenamiento y red de distribución (escuelas) durante 3 semanas en el mes de Abril (periodo lluvioso) y 3 semanas en el mes de Junio (periodo seco) del 2019 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018). De estas 14 muestras fueron del tanque de captación, 14 del tanque de almacenamiento y 28 de la red de distribución (escuelas). En relación a la frecuencia del muestreo, en el tanque de captación tuvo una duración de 24 horas (American Society for Testing and Materials, 2016), ejecutándose un muestreo compuesto manual, para el cual se recolectó una muestra de agua de 500 mL por duplicado cada hora empezando a las 9:00 am y finalizando a las 8:00 am del siguiente día. Para la obtención de las muestras compuestas de 24 horas se procedió a la mezcla de todas las botellas recolectadas en su solo envase de 12 litros y para de esta manera conseguir una sola muestra final de 500 mL, previa homogenización. Mientras que para el tanque de almacenamiento y las instituciones educativas se realizó un muestreo simple debido a que en estas zonas el agua presenta una composición relativamente constante, donde se recolectó solamente una muestra de 500 mL por duplicado.

Previo a la recolección de las muestras en las instituciones educativas, se procedió a confirmar que las plantas de potabilización abastezcan a dichas instituciones, por lo que se verificó esta información con un mapa de la red de distribución que fue facilitada por ETAPA EP y la Junta Parroquial Administradora de Baños.

**Tabla 2. Sitios de estudio y número de muestras.**

Sitios de estudio	Número de sitios de estudio	Numero de muestras en el periodo lluvioso*	Numero de muestras en el periodo seco*
Tanque de captación	7	7	7
Tanque de almacenamiento	7	7	7
Instituciones educativas	14	14	14
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>

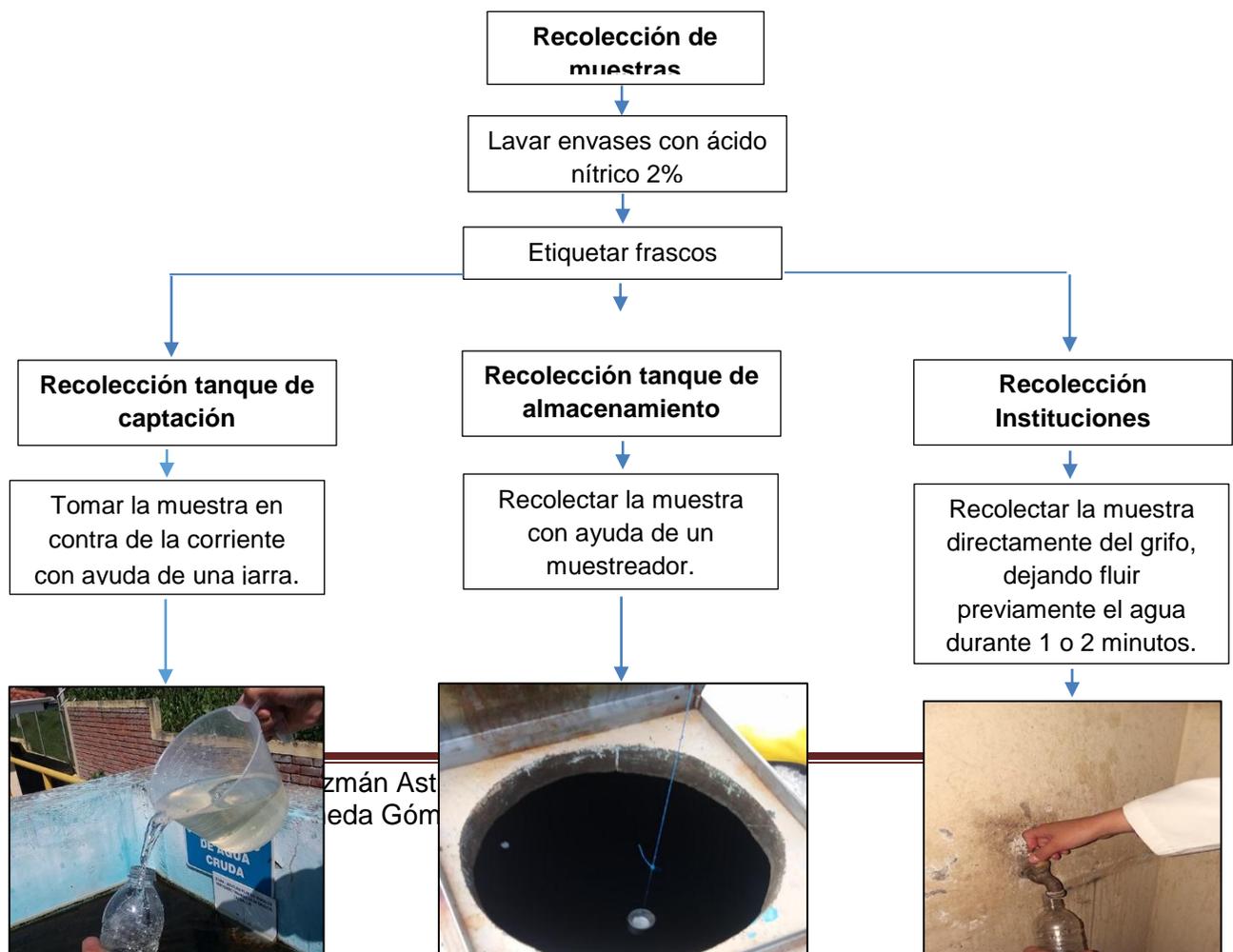
\* Las muestras de cada sitio de estudio fueron recolectadas por duplicado

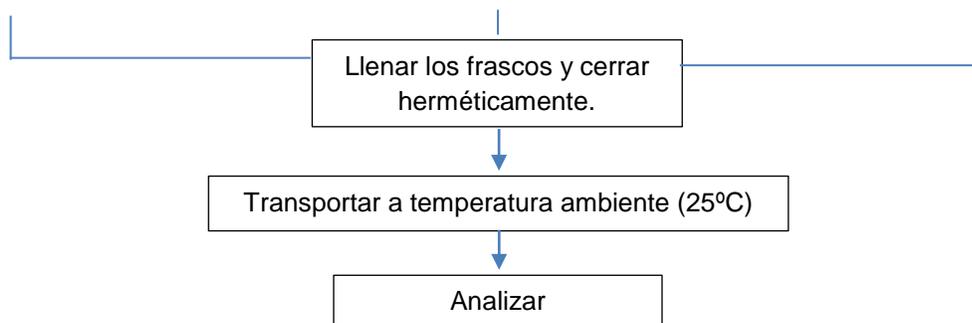


### 2.5.2. Recolección

Previo a la toma de muestra los envases fueron lavados siguiendo un ciclo de lavado: enjuagando con agua destilada - ácido nítrico 2% - agua destilada. En los sitios de muestreo se recolectaron las muestras en frascos de polipropileno de 500 mL. Además, se etiquetaron los frascos con los siguientes datos: código de la muestra, tipo de muestra, fecha, hora, parroquia de procedencia y lugar de recolección. En el tanque de captación la muestra fue recolectada en contra de la corriente, en una zona que el agua se encontraba en movimiento con el fin de evitar estancamientos. En el tanque de almacenamiento se utilizó un muestreador de agua proporcionado por cada planta de potabilización. La muestra fue recolectada con una profundidad media y se procuró no tocar las paredes del tanque. En tanto que para las instituciones educativas se abrió el grifo y dejó fluir el agua con la finalidad de que se descarte cualquier tipo de contaminación que arrastre el agua a su paso. El transporte se realizó en un recipiente de plástico grande a temperatura ambiente hasta llegar al laboratorio de análisis biológico ubicado en la Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Químicas. En el **Diagrama 1** se puede observar con mayor detalle el proceso de recolección de las muestras.

**Diagrama 1. Procedimiento de toma de muestra**





## 2.6. Métodos, técnicas e instrumentos

La concentración de fluoruro presente en las muestras de agua se determinó por duplicado, utilizando el electrodo sensible a los iones (Orion 9609). Los resultados de los análisis de las muestras de agua se verificaron mediante una segunda lectura del 100% de las muestras.

### 2.6.1. Método de ion selectivo

#### Fundamento:

El método por ion selectivo se basa en la medida de potencial de una solución que contiene iones fluoruro, cuando se sumerge dentro de ella un electrodo específico y uno de referencia, creándose una corriente eléctrica entre la muestra y la solución interna del electrodo ion específico, cuyo potencial será la medida de la concentración de fluoruro (Rice & Bridgewater, 2017).

Las determinaciones de concentración de ion fluoruro se llevan a cabo por comparación de las actividades del ion analito en la disolución muestra con disoluciones patrón de concentración conocida. Esta comparación solo es válida si los coeficientes de actividad iónicos en los patrones de calibración y en las muestras son iguales. Para conseguir esta



igualdad se ajusta la fuerza iónica de patrones y muestras a un valor fijo, utilizando una disolución de ajuste (TISAB), con la que se diluye y se enraza patrones y muestras (Rigalli & Pera, n.d.).

### 2.6.2. Descripción del equipo

La lectura de las muestras se llevó a cabo mediante el equipo Orion 4 Star Plus pH/ISE (Cat. N°1115000) que analiza confiablemente los iones de fluoruro libre en soluciones acuosas en límites bajos de detección, debido a que este presenta una sensibilidad de  $10^{-6}$ M (0,02 mg F<sup>-</sup>/ L) y una especificidad del 99.95%.

### 2.6.3. Configuración del analizador Orión 4 Star para la medición de las muestras.

El analizador Orión 4 Star, debe estar configurado en le modo ISE para lecturas de ion selectivo; en miligramos por litro como unidad de medida.

#### 2.6.3.1. Preparación del electrodo

1. El electrodo utilizado para la determinación de fluoruro de la solución de la muestra fue el electrodo modelo 9609BN del grupo Termo Scientific (**Ilustración 2**).
2. Tomar al electrodo en posición vertical.
3. Llenar la cámara del electrodo, con la solución optimizadora de resultados que es de cloruro de plata (AgCl) (Cat.Orion N°1115000) hasta cubrir 25mm por encima del nivel de la solución o muestra a medirse.
4. Invertir el electrodo para una buena homogenización, regresando el electrodo a su posición original.
5. Finalmente remover la capa del electrodo para realizar las mediciones.



*Ilustración 2. Electrodo específico para ión Fluoruro.*

## 2.7. Materiales y reactivos:

### 2.7.1. Aparatos:

- Medidor de pH Orión 4.
- Electrodo de fluoruro Orión 9409BN.
- Agitador magnético.

### 2.7.2. Materiales:

- Probetas graduadas de polipropileno 100 mL
- Vasos de precipitación de polipropileno de 250 mL
- Pipetas serológicas plásticas de 10 mL
- Balones aforo de plástico de 100 mL
- Piceta
- 20 envases de plástico de 40 mL.
- 1 dispensador automático pastico par el TISAB
- Papel toalla
- Barra magnética tipo “mosca”
- Guantes

### 2.7.3. Reactivos

- Fluoruro de sodio NaF conc. Merck



- Tampón de fluoruro TISAB: Preparar con 500 ml de agua destilada en un vaso de precipitación de 1000mL, agregar 57mL de ácido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  conc. Merck), mezclar adecuadamente y agregar 59 g de cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$  conc. Merck) y 4 g de CDTA (Ácido trans-1,2-diaminociclohexano N,N,N,N tetracético conc. Merck). La solución resultante mezclar y colocar en un baño de agua fría y adicionar lentamente alrededor de 120 ml de solución de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$  6M Merck) con agitación continua hasta llegar a un pH de 5 a 5.5. Llevar a un litro esta solución en un balón de aforo.
- Ácido nítrico  $\text{HNO}_3$  2% Merck
- Agua destilada

## 2.8. Proceso analítico

### 2.8.1. Preparación de patrones

1. Preparación de solución madre de fluoruro de sodio 1000 mg/L: Disolver 0.221 gramos de fluoruro de sodio (previamente secado a  $110^\circ\text{C}$  por 1 hora y aforar con agua destilada y diluir en 100 mL. Almacenar en frascos de polietileno.
2. Preparación de solución estándar de fluoruro de 100 mg/L: Pipetear 10 mL de la solución madre de 1000 mg/L y diluir a 100 mL.
3. Preparación de estándares de fluoruro: Prepare una serie de estándares diluyendo con agua destilada 0.05 mL, 0.1 mL, 0.5 mL, 1 mL y 2 mL de solución de fluoruro estándar y aforar a 100 mL con agua destilada. Estos estándares son equivalentes a 0.05, 0.1, 0.5, 1 y 2 mg  $\text{F}^-/\text{L}$ .
4. Tratamiento de estándares: en envases plásticos de 40 mL, previamente lavados con agua destilada y ácido nítrico, agregar con la ayuda de pipetas volumétricas 10 mL del estándar. El procedimiento debe ser realizado a temperatura ambiente. Añadir un volumen igual de TISAB (estabilizador iónico), el volumen total debe ser suficiente para sumergir los electrodos y permitir el funcionamiento de la barra de agitación. El estabilizador iónico utilizado permite controlar el pH, ajustar la fuerza iónica total y mantener libre el ion fluoruro en la solución (Avila Carreras et al., 2008).



### **2.8.2. Calibración del electrodo de ion selectivo “ISE” con los patrones establecidos.**

El electrodo selectivo de fluoruro mide concentraciones y actividades del ion fluoruro de cualquier sustancia, especialmente se indica su uso en el análisis de aguas potables y minerales, previo a su uso el electrodo debe ser calibrado con estándares de concentraciones conocidas, deben ser preparados en las mismas unidades ISE que los resultados de muestra deseados. Los reactivos, como los ajustadores de fuerza iónica (TISAB), se deben agregar a los estándares en iguales cantidades, es decir adicionar a 5 mL del estándar 5 mL de TISAB, además se recomienda preparar los estándares por duplicado. La calibración se debe iniciar con el estándar de concentración más baja hasta el de concentración más alta. El número de patrones y la frecuencia de calibración dependen de las condiciones de trabajo y de la precisión requerida (Termo Scientific, 2015).

Durante los ensayos de laboratorio se cercioró evitar la formación de posibles depósitos sobre la membrana, los cuales fueron eliminados sumergiendo el electrodo en agua destilada durante unos minutos. Además, para el almacenamiento del electrodo se procedió a limpiar y secar, finalmente se debe asegurar su integridad protegiendo con su capuchón protector.

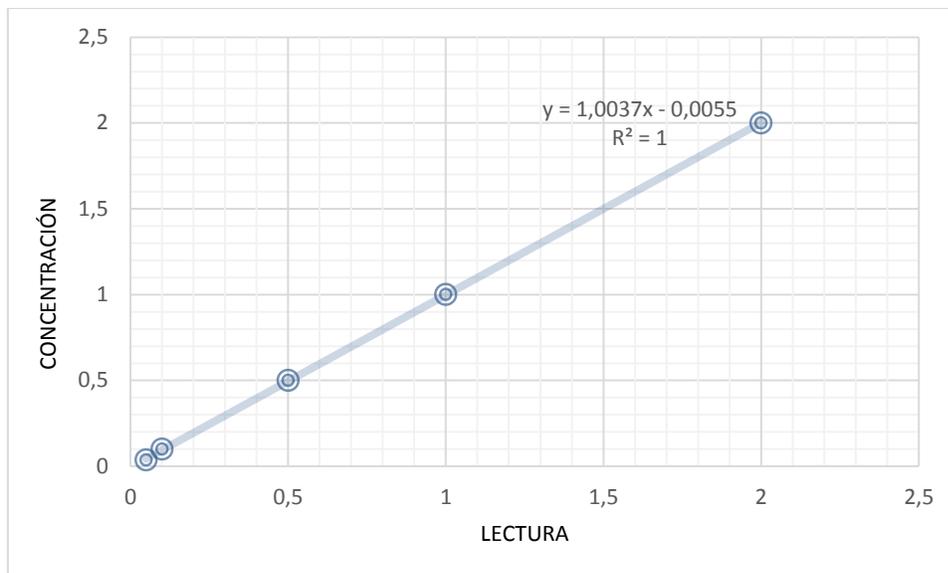


Gráfico 1. Curva de Calibración

### 2.8.3. Cuantificación de fluoruros en las muestras

1. Tratamiento de muestras: en envases plásticos de 35 mL, previamente lavados con agua destila y ácido nítrico, agregar con la ayuda de pipetas volumétricas 10 mL de muestra, añadir un volumen igual de TISAB, el volumen total debe ser suficiente para sumergir los electrodos y permitir el funcionamiento de la barra de agitación. El procedimiento debe ser realizado a temperatura ambiente (Avila Carreras et al., 2008).
2. Medición de fluoruro: sumergir el electrodo en cada una de las soluciones preparadas de las muestras y medir el potencial desarrollado mientras se revuelve con un agitador magnético. Dejar que los electrodos permanezcan en la solución hasta que la lectura sea constante. Posteriormente retirar los electrodos, enjuagar con agua destilada y secar, finalmente registrar las lecturas (American Society for Testing and Materials, 2016; Rice & Bridgewater, 2017).

### 2.9. Análisis de datos

El ingreso de los datos se realizó en Excel y el análisis estadístico se efectuó mediante el programa IBM SPSS versión 25. Se aplicó estadísticos descriptivos como medidas de tendencia central y de dispersión, así como máximos y mínimos para caracterizar el



comportamiento de las concentraciones de fluoruro general, por parroquias y por instituciones educativas.

Para conocer las diferencias en concentraciones de fluoruros presentes en tanques de captación, tanques de almacenamiento e instituciones educativas entre parroquias y estación climática se realizó un ANOVA de dos factores. En los modelos para ANOVA se probaron en primer lugar la significancia de la interacción de los dos factores (parroquia X estación climática) y en caso de una interacción significativa los análisis se realizaron por separado de acuerdo a la estación climática (periodo lluvioso y seco). Finalmente, se utilizó el test de Tukey para realizar la comparación múltiple de pares entre parroquias, es decir comprobar si las medias de concentración de fluoruro son iguales o diferentes entre pares de sitios de muestreo. Finalmente, se procedió a graficar diagramas de cajas y bigotes y diagramas de barras para evidenciar claramente las diferencias de concentraciones de fluoruros por parroquias y estación climática respectivamente. Este estudio se realizó con un nivel de confianza del 95%.



### 3. RESULTADOS

El estudio fue llevado a cabo en 9 parroquias rurales del cantón Cuenca durante los meses de abril y junio para el cual se recolectaron y analizaron 56 muestras de agua por duplicado. El análisis en el laboratorio de las muestras determinó la cantidad de mg/L del ion fluoruro existentes en las mismas, en su totalidad las muestras estudiadas tuvieron concentraciones por debajo de lo que se considera niveles recomendables para la prevención de caries, 0,7 mg/L, según la guía de la OMS y la INEN. Por otro lado, también se observó que en la mayoría de muestras las concentraciones de fluoruro se encuentran por debajo del rango detectable del equipo ( $<0,02 \text{ mg/L F}^-$ ) en 38 muestras (67,9%).

Los datos fueron analizados estadísticamente y los resultados se presentan detallados en función de los objetivos planteados en el estudio. Es decir, se muestran agrupados por estaciones climáticas (periodo lluvioso y seco) y por los tres lugares muestreados (tanque de captación, tanque de almacenamiento e instituciones educativas).

#### 3.1. Concentración de fluoruros en el tanque de captación

En la **Tabla 3** se puede observar los resultados de los análisis de las muestras de los tanques de captación de las diferentes parroquias, en el cual se consta que tanto para el periodo de lluvia como en el periodo seco existe una mayor concentración de fluoruros en Santa Ana y la menor concentración en Cumbe, encontrándose concentraciones entre 0,0 - 0,06 mg/L  $\text{F}^-$ , mientras que en la mayoría de las muestras las concentraciones fueron más bajas, por debajo del límite de detección.



**Tabla 3. Concentración de fluoruros (mg/L) en el tanque de captación por parroquias en periodo seco y lluvioso**

Parroquias	Periodo de lluvia		Periodo seco		Periodo de lluvia y seco	
	Media $\pm$ DE	Mín - Máx	Media $\pm$ DE	Mín - Máx	Media $\pm$ DE	Mín - Máx
<b>Cumbe</b>	0,0095 $\pm$ 0,0002	0,0093 - 0,0098	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 - 0,0	0,0048 $\pm$ 0,0055	0,000 - 0,0096
<b>Tarqui y Victoria del Portete</b>	0,0150 $\pm$ 0,0012	0,0140 - 0,0160	0,0164 $\pm$ 0,0011	0,0150 - 0,0175	0,0157 $\pm$ 0,0012	0,0140 - 0,0168
<b>Octavio Cordero</b>	0,0320 $\pm$ 0,0008	0,0310 - 0,0330	0,0245 $\pm$ 0,0013	0,0230 - 0,0260	0,0283 $\pm$ 0,0043	0,0245 - 0,0325
<b>Quingeo</b>	0,0298 $\pm$ 0,0022	0,0270 - 0,0320	0,0263 $\pm$ 0,0021	0,0240 - 0,0280	0,0280 $\pm$ 0,0029	0,0245 - 0,0315
<b>Nulti y Paccha</b>	0,0275 $\pm$ 0,0017	0,0260 - 0,0290	0,0110 $\pm$ 0,0	0,0110 - 0,0110	0,0193 $\pm$ 0,0096	0,0110 - 0,0290
<b>Baños</b>	0,0203 $\pm$ 0,0005	0,0200 - 0,0210	0,0348 $\pm$ 0,0017	0,0330 - 0,0370	0,0275 $\pm$ 0,0084	0,0200 - 0,0360
<b>Santa Ana</b>	0,0558 $\pm$ 0,0010	0,0550 - 0,0570	0,0490 $\pm$ 0,0008	0,0480 - 0,0500	0,0524 $\pm$ 0,0040	0,0485 - 0,0565



Al evaluar las diferencias específicas de las concentraciones de fluoruros en el agua de las parroquias de estudio y de las dos estaciones climáticas (periodo lluvioso y seco) del tanque de captación, mediante el test ANOVA de dos factores, se evidenció una interacción significativa (ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre estaciones climáticas y parroquias (**Tabla 4**). Es decir, la concentración de fluoruro en agua es diferente de acuerdo a la estación climática y a las parroquias.

**Tabla 4. ANOVA de dos factores interacción entre parroquias y estación climática de los tanques de captación.**

Variable dependiente: Concentración de Fluoruro	
Componentes de modelo <sup>a</sup>	Significancia <sup>b</sup>
Intersección	$p < 0,001$
Parroquias * Estación	$p < 0,001$
Parroquias	$p < 0,001$
Estación	$p < 0,001$

<sup>a</sup>. Modelo aplicado de Concentración de fluoruro = parroquia + estación + interacción.

<sup>b</sup>. Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$ .

Como resultado de la aplicación de ANOVA de dos factores se decidió analizar los niveles del ion fluoruro de los tanques de captación por separado en periodo lluvioso y seco. Respecto al periodo de lluvia en el test de Tukey, muestra las diferencias de medias de la concentración de fluoruro en las parroquias de estudio, en donde se encontró que Santa Ana presenta diferencias significativas en relación a las otras parroquias, observándose que existe mayores concentraciones de fluoruros en dicha parroquia. Por otro lado, se observó que Cumbe presentó bajas concentraciones de fluoruros, mostrando diferencias significativas con respecto a Octavio Cordero, Quingeo, Baños y Santa Ana, lo cual concuerda con los datos de concentración presentados en la **Tabla 3**. Por otro lado, en el análisis de las diferencias de medias de la concentración de fluoruro en periodo seco se puede observar que al igual que en el periodo lluvioso Cumbe presenta diferencias significativas más bajas (todos los valores de  $p$  de comparaciones entre pares son menores a 0,01) con respecto a la mayoría de parroquias con excepción



de Tarqui, mientras que Santa Ana posee concentraciones altas (todos los valores de p de comparaciones entre pares son menores a 0,001).

**Tabla 5. Diferencias de medias de los tanques de captación entre parroquia en el periodo de lluvia <sup>a</sup>.**

<i>Fila B</i> <i>Columna A</i>	Cumbe	Tarqui y Victoria del Portete	Octavio Cordero	Quingeo	Nulti y Paccha	Baños	Santa Ana
Cumbe		-	-	-	-	-	-
Tarqui y Victorial del Portete	0,0055		-	-	-	-	-
Octavio Cordero	<b>0,0225***</b>	<b>0,0170*</b>		-	-	-	-
Quingeo	<b>0,0202***</b>	<b>0,0148*</b>	-0,0023		-	-	-
Nulti y Paccha	<b>0,1795***</b>	0,0125	-0,0045	-0,0023		-	-
Baños	<b>0,0107**</b>	0,0053	<b>-0,0118*</b>	<b>-0,0095*</b>	<b>-0,0073</b>		-
Santa Ana	<b>0,0462*</b>	<b>0,0408*</b>	<b>0,0237*</b>	<b>0,0260*</b>	<b>0,0283*</b>	<b>0,0355*</b>	

<sup>a</sup> Las diferencias de medias se obtuvieron de la resta de la columna A menos la fila B.  
 \* = Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$ . ANOVA comparación múltiples de pares aplicando el test de Tukey.



**Tabla 6. Diferencias de medias de los tanques de captación entre parroquia en el periodo seco <sup>a</sup>.**

<b>Fila B Columna A</b>	Cumbe	Tarqui y Victoria del Portete	Octavio Cordero	Quingeo	Nulti y Paccha	Baños	Santa Ana
Cumbe		-	-	-	-	-	-
Tarqui y Victorial del Portete	<b>0,0164*</b>		-	-	-	-	-
Octavio Cordero	<b>0,0245*</b>	<b>0,0081*</b>		-	-	-	-
Quingeo	<b>0,0263*</b>	<b>0,0099*</b>	0,0018		-	-	-
Nulti y Paccha	<b>0,0110*</b>	<b>0,0054*</b>	<b>0,0135*</b>	<b>0,0153*</b>		-	-
Baños	<b>0,0347*</b>	<b>0,1835*</b>	<b>0,1025*</b>	<b>0,0085*</b>	<b>0,0238*</b>		-
Santa Ana	<b>0,0490*</b>	<b>0,0326*</b>	<b>0,0245*</b>	<b>0,0228*</b>	<b>0,0380*</b>	<b>0,1425*</b>	

<sup>a</sup> Las diferencias de medias se obtuvieron de la resta de la columna A menos la fila B.

\* = Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$ . ANOVA comparación múltiples de pares aplicando el test de Tukey.

Para validar los datos preliminares se construyeron los diagramas de cajas y bigotes que ponen de manifiesto la variabilidad entre las parroquias. Observándose en el **Gráfico 2** que la parroquia con mayor concentración de fluoruros en periodo lluvioso es Baños, mientras que Cumbe presenta las concentraciones más bajas. En el **Gráfico 3** se puede observar que para el periodo seco las concentraciones de Santa Ana y Cumbe se mantienen similares al periodo lluvioso.

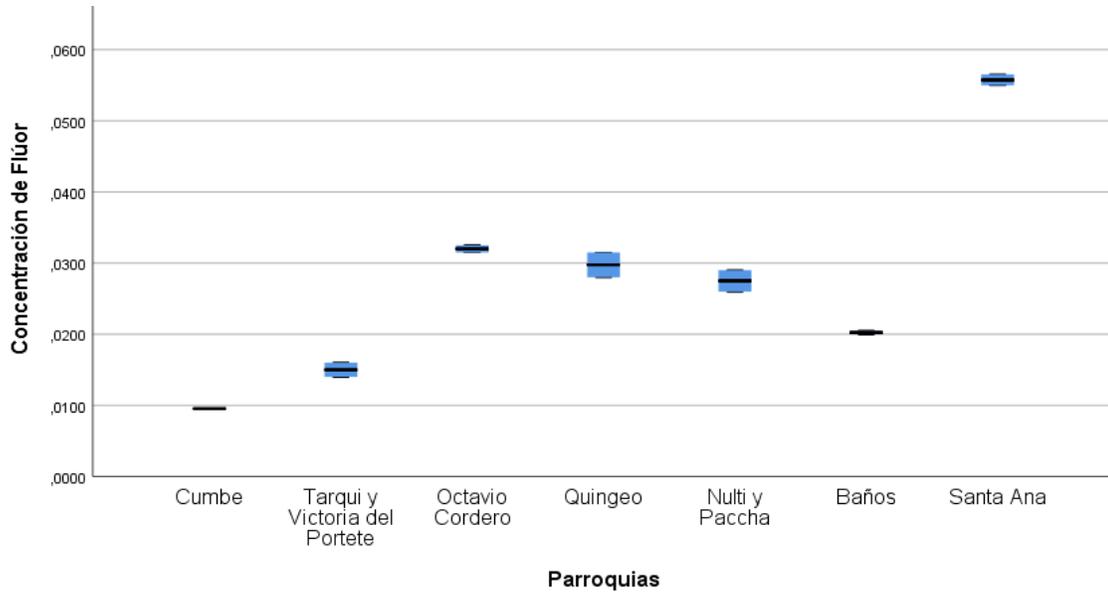


Gráfico 2. Concentración de fluoruro en los tanques de captación entre parroquias en el periodo de lluvia.

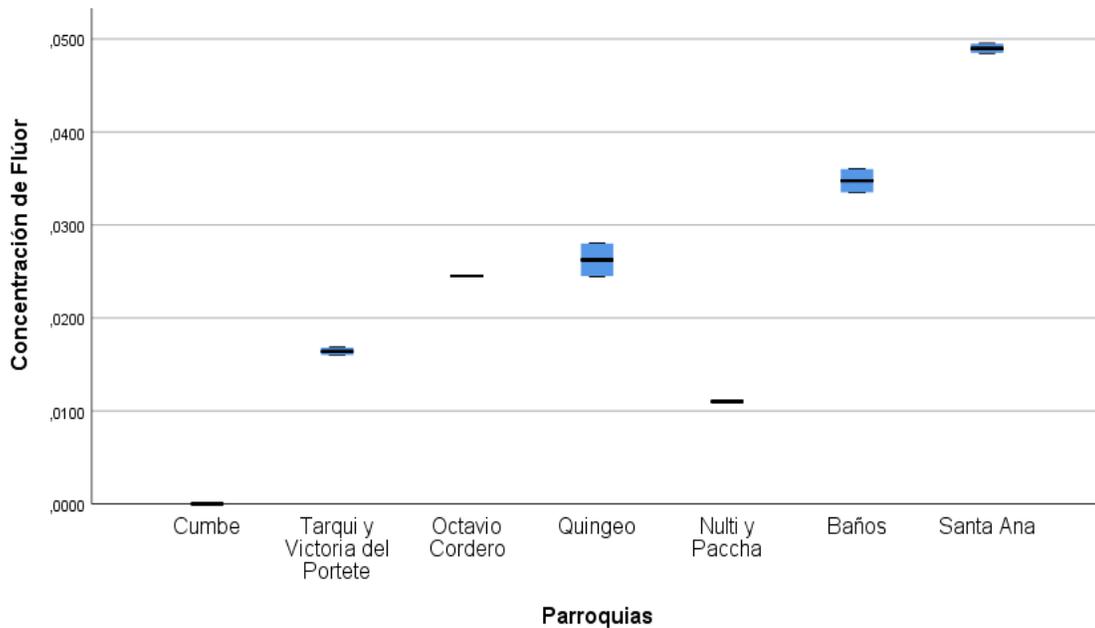


Gráfico 3. Concentración de fluoruro en los tanques de captación entre parroquias en el periodo seco.

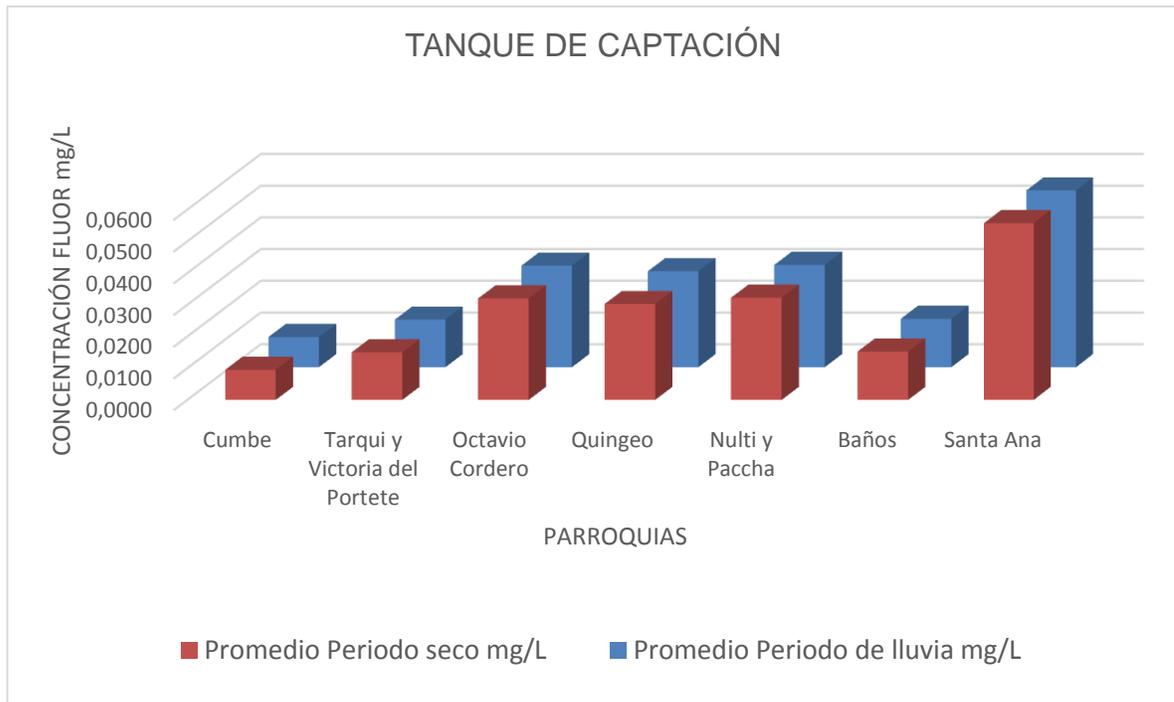


Gráfico 4. Concentración de fluoruro en tanques de captación por estación climática.

En el **Gráfico 4**, se puede observar claramente que las concentraciones de fluoruro en agua en los tanques de captación se encuentran mayores en la época de lluvia a excepción de las parroquias de Tarqui, Victoria del Portete y Baños en las cuales se observa que en la época seca existen concentraciones más altas del analito estudiado.

### 3.2. Concentración de fluoruro en el tanque de almacenamiento

De acuerdo a la **Tabla 7**. En el análisis descriptivo se puede observar que la parroquia de Cumbe presenta un valor de concentración mínima, mientras que Santa Ana muestra el valor máximo de concentración de fluoruros en el tanque de almacenamiento.



**Tabla 7. Concentración de fluoruro (mg/L) en el tanque de almacenamiento por parroquias en periodo de lluvia y seco**

Parroquias	Periodo de lluvia		Periodo seco		Periodo de lluvia y seco	
	Media $\pm$ DE	Mín - Máx	Media $\pm$ DE	Mín - Máx	Media $\pm$ DE	Mín - Máx
<b>Cumbe</b>	0,0087 $\pm$ 0,0004	0,0082 - 0,0091	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 - 0,0	0,0044 $\pm$ 0,0050	0,0 - 0,0089
<b>Tarqui y Victoria del Portete</b>	0,0150 $\pm$ 0,0012	0,0140 - 0,0160	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 - 0,0	0,0075 $\pm$ 0,0087	0,0 - 0,0160
<b>Octavio Cordero</b>	0,0233 $\pm$ 0,0005	0,0230 - 0,0240	0,0250 $\pm$ 0,0008	0,0240 - 0,0260	0,0241 $\pm$ 0,0011	0,0230 - 0,0255
<b>Quingeo</b>	0,0155 $\pm$ 0,0006	0,0150 - 0,0160	0,0097 $\pm$ 0,0002	0,0095 - 0,0100	0,0126 $\pm$ 0,0034	0,0095 - 0,0160
<b>Nulti y Paccha</b>	0,0275 $\pm$ 0,0006	0,0270 - 0,0280	0,0002 $\pm$ 0,0002	0,0 - 0,0004	0,0138 $\pm$ 0,0158	0,0 - 0,0280
<b>Baños</b>	0,01 60 $\pm$ 0,0012	0,0150 - 0,0170	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 - 0,0	0,0080 $\pm$ 0,0093	0,0 - 0,0170
<b>Santa Ana</b>	0,0420 $\pm$ 0,0012	0,0410 - 0,0430	0,0425 $\pm$ 0,0017	0,0410 - 0,0440	0,0423 $\pm$ 0,0015	0,0410 - 0,0440



Del mismo modo que en el tanque de captación se analizó las diferencias estadísticas de las concentraciones de fluoruro entre parroquias, mediante el test ANOVA de dos factores. Mediante el cual se constató que existe diferencias significativas entre estaciones climáticas y parroquias (ANOVA,  $p < 0,05$ ) (**Tabla 8**).

**Tabla 8. ANOVA de dos factores interacción entre parroquias y estación climática de los tanques de almacenamiento <sup>a</sup>.**

Variable dependiente: Concentración de Fluoruro	
Componentes de modelo <sup>a</sup>	Significancia <sup>b</sup>
Intersección	$p < 0,001$
Parroquias * Estación	$p < 0,001$
Parroquias	$p < 0,001$
Estación	$p < 0,001$

<sup>a</sup>. Modelo aplicado de Concentración de fluoruro = parroquia + estación + interacción.

<sup>b</sup>. Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$

Como resultado del ANOVA con interacción (**Tabla 8**) se decidió evaluar las concentraciones de fluoruros de las parroquias, separándolas por estación climática (época lluviosa y seca). Respecto al periodo lluvioso, las concentraciones de fluoruros en las parroquias de Santa Ana y Cumbe presentan respectivamente el valor más alto (todos los valores de  $p$  de comparaciones entre pares son menores a 0,01) y más bajo (todos los valores de  $p$  de comparaciones entre pares son menores a 0,001) estadísticamente significativos, lo anterior resultado del test de Tukey (**Tabla 9**). En el periodo seco (**Tabla 10**), se puede observar que la mayoría de parroquias presentan diferencia de medias significativa, mostrando concentraciones mínimas de fluoruros con respecto a Octavio Cordero y Santa Ana.



**Tabla 9. Diferencias de medias de los tanques de almacenamiento entre parroquia en periodo de lluvia <sup>a</sup>.**

<b>Fila B Columna A</b>	Cumbe	Tarqui y Victoria del Portete	Octavio Cordero	Quingeo	Nulti y Paccha	Baños	Santa Ana
Cumbe		-	-	-	-	-	-
Tarqui y Victorial del Portete	<b>0,0063*</b>		-	-	-	-	-
Octavio Cordero	<b>0,0145*</b>	<b>0,0083*</b>		-	-	-	-
Quingeo	<b>0,0068*</b>	0,0005	<b>-0,0078*</b>		-	-	-
Nulti y Paccha	<b>0,0188*</b>	<b>0,0125*</b>	<b>0,0043</b>	<b>0,0120*</b>		-	-
Baños	<b>0,0073*</b>	0,0010	<b>-0,0073*</b>	0,0005	<b>-0,0115*</b>		-
Santa Ana	<b>0,0333*</b>	<b>0,0270*</b>	<b>0,0187*</b>	<b>0,0265*</b>	<b>0,0145*</b>	<b>0,0260*</b>	

<sup>a</sup> Las diferencias de medias se obtuvieron de la resta de la columna A menos la fila B.

\* = Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$ . ANOVA comparación múltiples de pares aplicando el test de Tukey.



**Tabla 10. Diferencias de medias de los tanques de almacenamiento entre parroquia en periodo seco <sup>a</sup>.**

<b>Fila B Columna A</b>	Cumbe	Tarqui y Victoria del Portete	Octavio Cordero	Quingeo	Nulti y Paccha	Baños	Santa Ana
Cumbe		-	-	-	-	-	-
Tarqui y Victorial del Portete	0,0		-	-	-	-	-
Octavio Cordero	<b>0,0250*</b>	<b>0,0250*</b>			-	-	-
Quingeo	<b>0,0097*</b>	<b>0,0097*</b>	<b>-0,0153*</b>		-	-	-
Nulti y Paccha	0,0002	0,0002	<b>-0,0248*</b>	<b>-0,0095*</b>		-	-
Baños	0,0	0,0	<b>-0,0250*</b>	<b>-0,0097*</b>	- 0,0002		-
Santa Ana	<b>0,0425*</b>	<b>0,0425*</b>	<b>0,1750*</b>	<b>0,0328*</b>	<b>0,0424*</b>	<b>0,0425*</b>	

<sup>a</sup> Las diferencias de medias se obtuvieron de la resta de la columna A menos la fila B.

\* = Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$ . ANOVA comparación múltiples de pares aplicando el test de Tukey.

En los diagramas de cajas y bigotes (**Gráfico 5 y 6**) se puede observar que Santa Ana presenta las concentraciones más altas de fluoruros, manteniéndose constante en ambas estaciones climáticas. Por otro lado, en la época seca se observa una variabilidad evidente de las concentraciones de fluoruros, esto debido a que existió una disminución muy notoria de las concentraciones de fluoruros en la mayoría de parroquias.

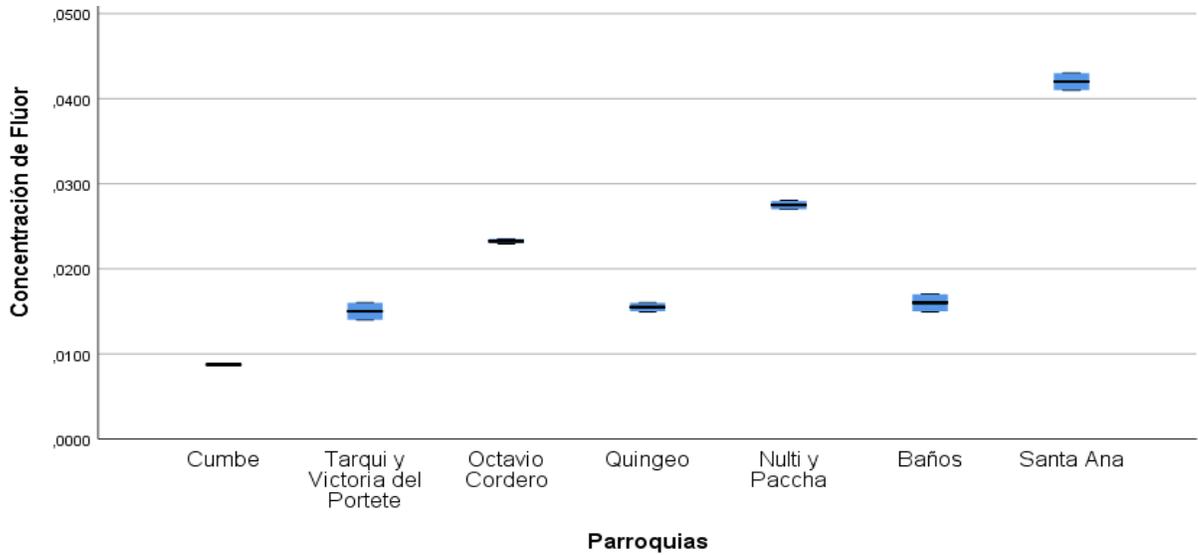


Gráfico 5. Concentración de fluoruro en los tanques de almacenamiento entre parroquias en periodo de lluvia.

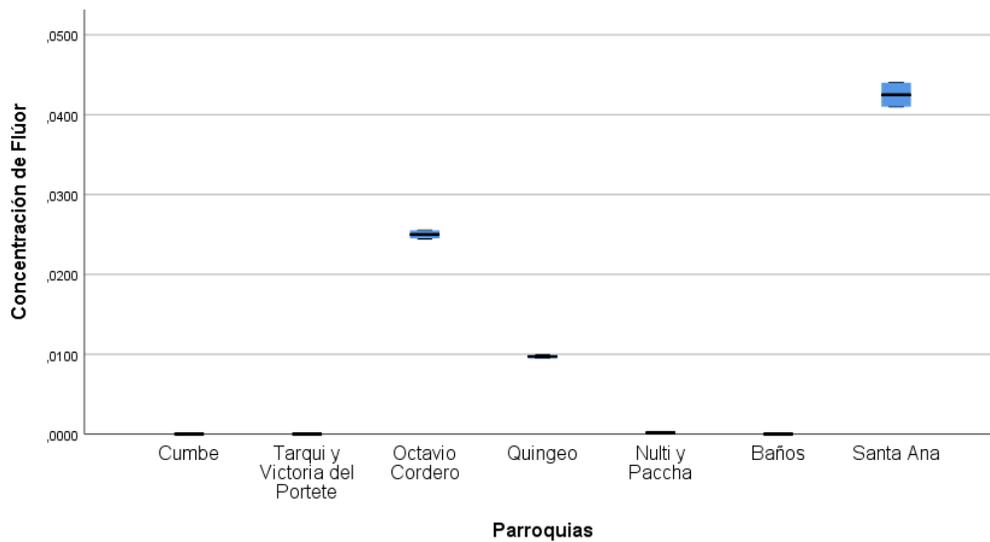


Gráfico 6. Concentración de fluoruro en los tanques de captación entre parroquias en periodo seco.

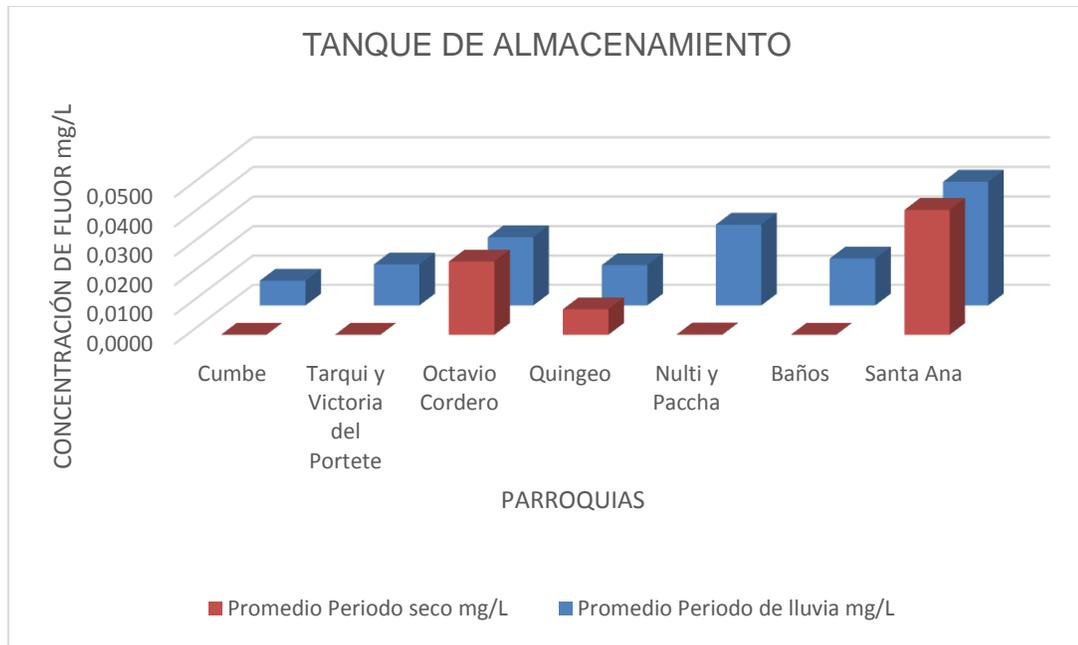


Gráfico 7. Concentración de fluoruro en tanques de almacenamiento por estación climática.

En el tanque de almacenamiento se puede observar que en el periodo seco existe ligeramente mayor concentración de fluoruro en las parroquias de Octavio Cordero y Santa Ana (**Gráfico 7**), mientras que las demás parroquias tienen mayores concentraciones en periodo de lluvia.

### 3.3. Concentración de fluoruro en Instituciones Educativas

Los resultados de las concentraciones de flúor de las instituciones educativas distribuidas en las distintas parroquias antes mencionadas se muestran en la **Tabla 11**.. En las que se puede evidenciar que la parroquia Quingeo presenta las mayores concentraciones de fluoruros tanto en la época lluviosa como en la época seca y encontrándose pequeñas cantidades del analito estudiado en Paccha, Baños y Cumbe.



**Tabla 11. Concentración de fluoruro (mg/L) en instituciones educativas por parroquias en periodo de lluvia y seco.**

Parroquias	Lugar de muestreo	Periodo de lluvia		Periodo seco		Periodo de lluvia y seco	
		Media ± DE	Mín - Máx	Media ± DE	Mín - Máx	Media ± DE	Mín - Máx
<b>Cumbe</b>	Escuela Fiscal Mixta Carlos Terán Zenteno	0,0085 ± 0,0002	0,0082 - 0,0087	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0042 ± 0,0049	0,0 - 0,0086
	Escuela de Educación Básica Gabriel Arsenio Ullauri.	0,0087 ± 0,0002	0,0084 - 0,0089	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0043 ± 0,0050	0,0 - 0,0087
<b>Tarqui</b>	Escuela Alfonso Moreno Mora	0,0518 ± 0,0017	0,0500 - 0,0540	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0259 ± 0,0299	0,0 - 0,0525
<b>Victoria del Portete</b>	Escuela del Milenio de Victoria del Portete	0,0268 ± 0,0015	0,0250 - 0,0280	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0134 ± 0,0155	0,0 - 0,0280
<b>Octavio Cordero</b>	Escuela de Educación Básica Octavio Cordero Palacios	0,0158 ± 0,0005	0,0150 - 0,0160	0,0148 ± 0,0013	0,0130 - 0,0160	0,0153 ± 0,0009	0,0140 - 0,0160
<b>Quingeo</b>	Escuela de Educación Básica del Milenio Quingeo.	0,0573 ± 0,0010	0,0560 - 0,0580	0,1150 ± 0,0058	0,1100 - 0,1200	0,0861 ± 0,0336	0,0570 - 0,1200
<b>Nulti</b>	Unidad Educativa Nulti.	0,0163 ± 0,0030	0,0120 - 0,0190	0,0056 ± 0,0005	0,0051 - 0,0060	0,0109 ± 0,0062	0,0051 - 0,0170
	Escuela de Educación Básica Teresa Semeria.	0,0110 ± 0,0	0,0110 - 0,0110	0,0100 ± 0,0018	0,0084 - 0,0120	0,0105 ± 0,0014	0,0084 - 0,0115



<b>Paccha</b>	Escuela de Educación Básica Elías Galarza Arteaga.	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0
	Unidad Educativa Paccha.	0,0078 ± 0,0003	0,0073 - 0,0081	0,0088 ± 0,0014	0,0075 - 0,0100	0,0083 ± 0,0011	0,0076 - 0,0100
<b>Baños</b>	Escuela de Educación Básica Cornelio Crespo.	0,0037 ± 0,0008	0,0028 - 0,0048	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0019 ± 0,0022	0,0 - 0,0043
	Escuela de Educación Básica Enriqueta Cordero Dávila.	0,0083 ± 0,0003	0,0079 - 0,0086	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0042 ± 0,0048	0,0 - 0,0084
	Escuela de Educación Básica Alfonso Carrión Heredia.	0,0020 ± 0,0001	0,0019 - 0,0021	0,0 ± 0,0	0,0 - 0,0	0,0010 ± 0,0012	0,0 - 0,0021
<b>Santa Ana</b>	Escuela de Educación Básica Alfonso María Borrero.	0,0360 ± 0,0041	0,0300 - 0,0390	0,0388 ± 0,0005	0,0380 - 0,0390	0,0374 ± 0,0020	0,0345 - 0,0390



En la **Tabla 14** se puede evidenciar una clara diferencia entre estaciones climáticas resultado de la aplicación de la prueba de ANOVA en el cual la interacción parroquia– estación fue significativa. Por lo cual se decidió analizar por separado las concentraciones de fluoruros del periodo lluvioso y seco.

**Tabla 12. ANOVA de dos factores interacción entre parroquias y estación climática de las instituciones educativas.**

Variable dependiente: Concentración de fluoruro	
Componentes de modelo <sup>a</sup>	Significancia <sup>b</sup>
Intersección	p<0,001
Parroquias * Estación	p<0,001
Parroquias	p<0,001
Estación	p<0,001

<sup>a</sup>. Modelo aplicado de Concentración de fluoruro = parroquia + estación + interacción.

<sup>b</sup>. Diferencia estadísticamente significativa p < 0,05

En cuanto al análisis de diferencia de medias de concentración de fluoruros en periodo de lluvia, se puede observar en la **Tabla 15**, que existe una gran variación en cuanto a las concentraciones promedio de fluoruro obtenidas de las escuelas de cada parroquia. Evidenciándose que en Quingeo y Baños existen diferencias significativas con respecto a las demás parroquias, corroborando de esta manera lo anteriormente expuesto que Quingeo posee las mayores concentraciones de fluoruros y Baños las concentraciones más bajas.



**Tabla 13. Diferencias de medias de las instituciones educativas entre parroquia en el periodo de lluvia <sup>a</sup>.**

<b>Fila B / Columna A</b>	Cumbe	Tarqui	Octavio Cordero	Quingeo	Nulti	Baños	Santa Ana	Victoria del Portete	Paccha
Cumbe		-	-	-	-	-	-	-	-
Tarqui	<b>0,0431*</b>		-	-	-	-	-	-	-
Octavio Cordero	0,0072	<b>- 0,0360*</b>		-	-	-	-	-	-
Quingeo	<b>0,0487*</b>	0,0055	<b>0,0415*</b>		-	-	-	-	-
Nulti	0,0050	<b>-0,0381*</b>	-0,0021	<b>-0,0436*</b>		-	-	-	-
Baños	-0,0039	<b>-0,0470*</b>	<b>-0,0111*</b>	<b>-0,0526*</b>	<b>-0,0089*</b>		-	-	-
Santa Ana	<b>0,0274*</b>	<b>-0,0158*</b>	<b>0,0203*</b>	<b>-0,0213*</b>	<b>0,0223*</b>	<b>0,0313*</b>		-	-
Victoria del Portete	<b>0,0182*</b>	<b>-0,0250*</b>	<b>0,0110*</b>	<b>-0,0305*</b>	<b>0,1325*</b>	<b>0,0220*</b>	-0,0093		-
Paccha	-0,0047	<b>-0,0478*</b>	<b>-0,0118*</b>	<b>-0,0534*</b>	<b>-0,0097</b>	-0,0008	<b>-0,0321*</b>	<b>-0,0228*</b>	

<sup>a</sup> Las diferencias de medias se obtuvieron de la resta de la columna A menos la fila B.

\* = Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$ . ANOVA comparación múltiples de pares aplicando el test de Tukey.

Por otro lado, el análisis de diferencias de medias realizado en la época seca (**tabla 16**) demuestra que Quingeo y Santa Ana presentan diferencias significativas con respecto a las demás parroquias, demostrando que presentan las mayores concentraciones de fluoruros.



**Tabla 14. Diferencias de medias de las instituciones educativas entre parroquia en el periodo seco <sup>a</sup>.**

<b>Fila B</b> <b>Columna A</b>	Cumbe	Tarqui	Octavio Cordero	Quingeo	Nulti	Baños	Santa Ana	Victoria del Portete	Paccha
Cumbe		-	-	-	-	-	-	-	-
Tarqui	-		-	-	-	-	-	-	-
Octavio Cordero	<b>0,0140*</b>	<b>0,0147*</b>		-	-	-	-	-	-
Quingeo	<b>0,1150*</b>	<b>0,1150*</b>	<b>0,1003*</b>		-	-	-	-	-
Nulti	<b>0,0077*</b>	0,0077	-0,0070	<b>-0,0070*</b>		-	-	-	-
Baños	0,0	0,0	<b>-0,0148*</b>	<b>-0,1150*</b>	<b>-0,0078*</b>		-	-	-
Santa Ana	<b>0,0388*</b>	<b>0,0387*</b>	<b>0,0240*</b>	<b>-0,0762 *</b>	<b>0,0310*</b>	<b>0,0387*</b>		-	-
Victoria del Portete	0,0	0,0	<b>- 0,0148*</b>	<b>- 0,1150*</b>	-0,0078	0,0	<b>- 0,0388*</b>		-
Paccha	0,0044	0,0044	<b>-0,0104*</b>	<b>- 0,1106*</b>	- 0,0034	0,0044	<b>-0,0344*</b>	0,0044	-

<sup>a</sup> Las diferencias de medias se obtuvieron de la resta de la columna A menos la fila B.

\* = Diferencia estadísticamente significativa  $p < 0,05$ . ANOVA comparación múltiples de pares aplicando el test de Tukey.



En el **Gráfico 8**, se muestra los diagramas de cajas y bigotes para las concentraciones de fluoruros obtenidos durante la época de lluvia en las instituciones educativas. De primera mano se puede observar que las concentraciones de fluoruros más elevadas se encuentran en las escuelas de Quingeo, Tarqui y Santa Ana mientras que las concentraciones más bajas se observan en Paccha y Baños. Por otro lado, al comparar las concentraciones obtenidas en la época seca (**Gráfico 9**) de las instituciones educativas, se observa que existe una notable disminución de la concentración de fluoruros en la mayoría de parroquias con excepción de Quingeo que muestra un aumento de su concentración.

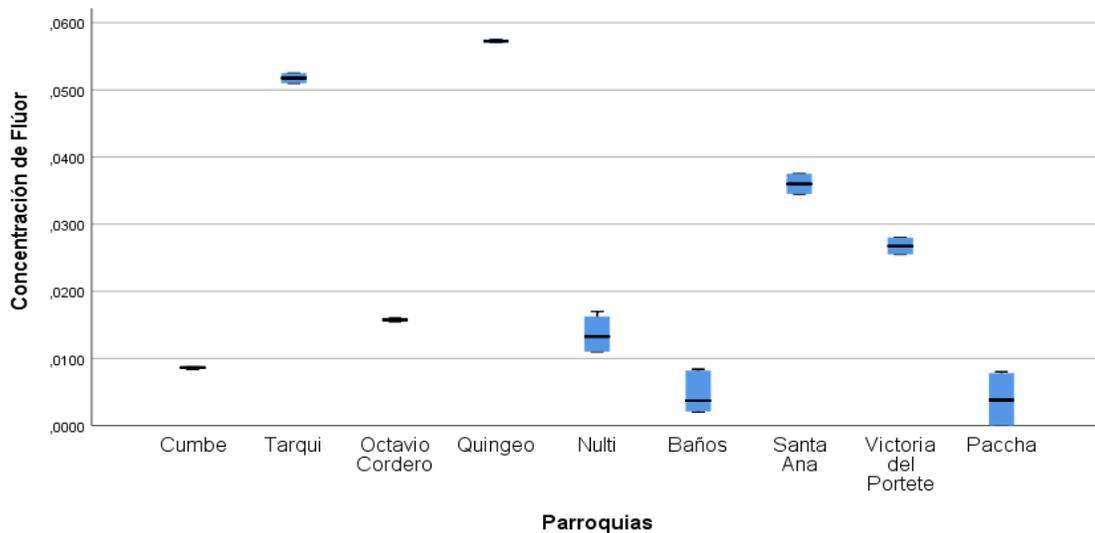


Gráfico 8. Concentración de fluoruro de las instituciones educativas entre parroquias en el periodo de lluvia.

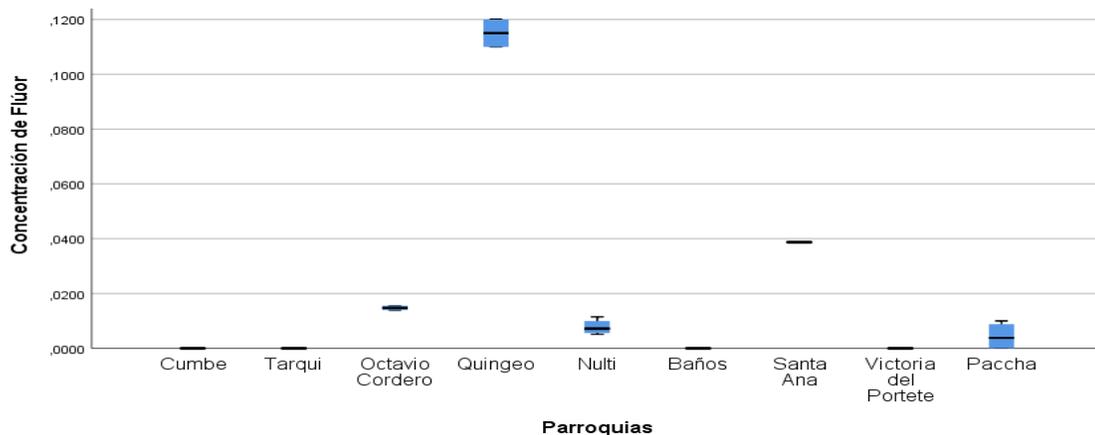


Gráfico 9. Concentración de fluoruro de las instituciones educativas entre parroquias en el periodo seco.

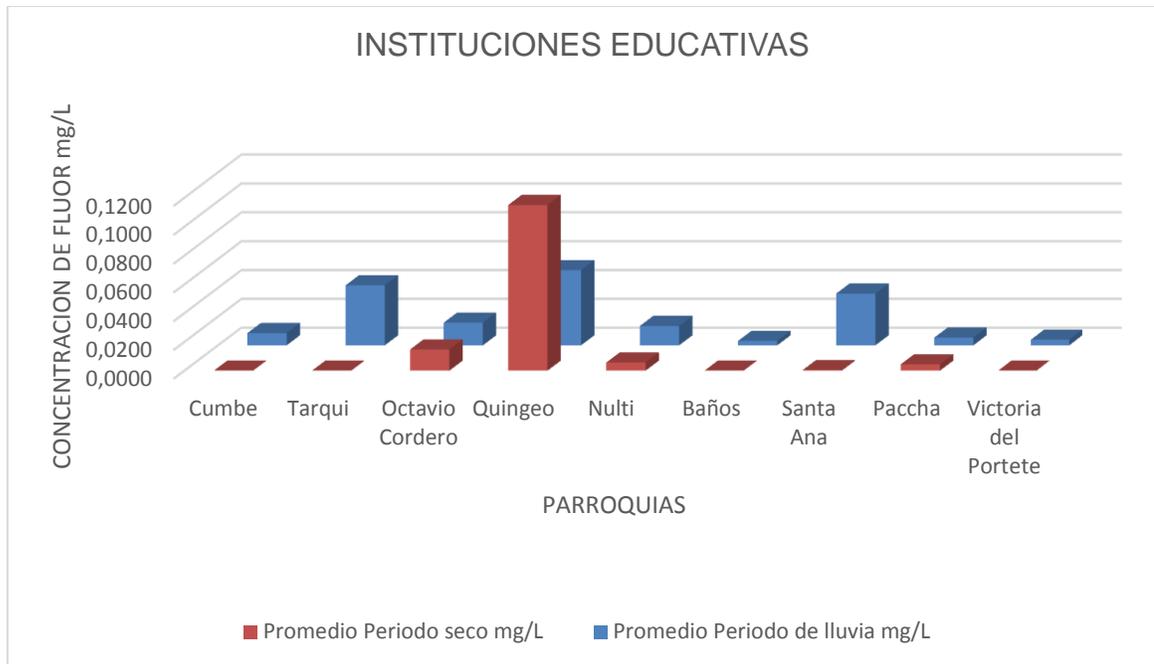


Gráfico 10. Concentración de fluoruros en instituciones educativas por estación climática.

De la comparación de las estaciones climáticas en el **Gráfico 10** se puede observar que Quingeo y Octavio Cordero presentan mayores concentraciones de fluoruros en la época seca. Observándose en el resto de parroquias el predominio de concentración de fluoruro en la época de lluvia.



#### 4. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se determinó la concentración de fluoruro en mg/L en agua cruda (tanque de captación) y potable (tanque de almacenamiento e instituciones educativas) de las parroquias de Paccha, Cumbe, Quingueo, Octavio Cordero, Tarqui, Victoria del Portete, Baños, Nulti y Santa Ana del Cantón Cuenca. En general se puede constatar que las concentraciones de fluoruros en el agua en las parroquias no sobrepasan los límites permisibles recomendados por la norma INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011). Específicamente las concentraciones reportadas se encuentran en la categoría “baja”, según los valores guías establecidos por la OMS (0,0 – 0,39 mg/L F<sup>-</sup>), por lo que se considera que estas concentraciones de fluoruros en agua son insuficientes para ser medidas de prevención de caries (entre 0,7 y 1,5 mg/L F<sup>-</sup> en el agua de consumo). Sin embargo, un estudio realizado en el año 2010 demostró que existe un incremento de otras patologías dentales relacionadas al alto consumo de fluoruros como la fluorosis dental en un 80,7% en niños Cuencanos, esta prevalencia fue comparada con los resultados obtenidos en estudios bases realizados por el Ministerio de Salud Pública y la Dirección de Estomatología en el año de 1998 (Parra et al., 2012). Posiblemente, este incremento en la prevalencia de fluorosis dental (71,5%) se deba a otras fuentes de consumo de fluoruros, como los dentífricos los cuales pueden ser ingeridos durante el cepillado bucal o por el consumo de sal de mesa, la cual posee fluoruros de potasio o de sodio, en cantidades dentro de un rango de 200 a 250 mg/L F<sup>-</sup>, de acuerdo a un decreto realizado en el año de 1998. (Ministerio de Salud Pública, 2010)

Específicamente, los resultados obtenidos en este trabajo muestran que en los tanques de captación existe un rango de fluoruros entre 0,0 – 0,0565 mg/L F<sup>-</sup>, mientras que en los tanques de almacenamiento se evidencia un rango de 0,0 – 0,0440 mg/L F<sup>-</sup> y por último en las instituciones educativas un rango de 0,0 – 0,0525 mg/L F<sup>-</sup>. lo anterior corrobora con los hallazgos de anteriores estudios realizados por el Ministerio de Salud Pública y la Dirección de Estomatología del Ecuador en el año de 1996, los cuales encontraron concentraciones promedio de 0,065 mg/L F<sup>-</sup> a nivel del Azuay, demostrado que las concentraciones de fluoruros en diversas fuentes de agua de esta provincia son fundamentalmente bajas (Ministerio de Salud Pública & Dirección Nacional de Estomatología, 1996). De igual manera el presente estudio concuerda con los resultados obtenidos en una investigación publicada en el año 2010 de Fluorosis dental, prevalencia,



grados de severidad y factores de riesgo en niños de 7 a 13 años del Cantón Cuenca, cuyos resultados obtenidos fueron de  $0,0024 \pm 0,0055 \text{ mg/L F}^-$  en agua de áreas rurales (Parra et al., 2012).

Por otro lado, también se han registrado estudios similares en la provincia de Pichincha cuyas fuentes de abastecimiento son parecidas a las del Azuay. En el año 2017 Quilumbaqui evaluó las concentraciones de fluoruros en dieciocho ríos de la provincia, en donde se encontró valores de 0,03 a 0,17 mg/L  $\text{F}^-$  (Quilumbaqui, 2017). Asimismo otro estudio realizado en Quito en el que se determinó los niveles de fluoruros en fuentes superficiales de agua y fluorosis en niños de 6 a 12 años, demostraron valores que no superaron los 0,32 mg/L de fluoruros en aguas superficiales (Arroyo et al., 2016). De esta manera haciendo un análisis en el tiempo, comparando los resultados de este estudio con las investigaciones anteriormente mencionadas se ha podido observar que no existen variaciones de las concentraciones de fluoruros en fuentes de agua del cantón Cuenca. Esto se puede deber a que no ha existido cambios considerables en la geología de los suelos durante estos años. Por lo que no se recomienda realizar monitoreos quincenales, mensuales o semestrales, sino más bien anuales de este ion en el agua.

También, en este estudio se observó diferentes concentraciones de fluoruros en las parroquias, siendo los datos más notables Cumbe y Santa Ana en los tanques de captación y almacenamiento. En donde se pudo observar, que Cumbe presenta menores concentraciones de fluoruros, mientras que Santa Ana indica las concentraciones más altas. Con relación a las instituciones educativas se evidenció que solo 1 de las 14 escuelas (Escuela del milenio de Quingeo) presentó el valor más alto de las concentraciones de fluoruros de todo el estudio (0,1200 mg/L  $\text{F}^-$ ), cuyo valor del ion fluoruro corresponde al doble de las concentraciones máximas encontradas en el tanque de captación y almacenamiento. Esta variabilidad de concentraciones de fluoruro entre parroquias podría deberse a las diferencias del contenido de los minerales en los suelos. Las concentraciones de fluoruros en fuentes de abastecimiento dependen de los sustratos rocosos que contengan, existiendo mayores concentraciones en suelos ricos con minerales como la criolita y micas (Instituto Nacional de Investigación Geológica Minero Metalúrgico, 2000). Un ejemplo de esto es un estudio realizado en Cuba, en el cual obtuvieron como resultado que la presencia de fluoruro en las aguas de consumo está asociada con los alineamientos de la corteza terrestre, no solo en los complejos rocosos de origen volcánico-sedimentario e intrusivo, sino también en las rocas carbonatadas.



(Luna et al., 2012). Lamentablemente no se puede conocer con precisión si el contenido de minerales en el suelo está asociado con el contenido de minerales en el agua, debido a que no se tiene disponibilidad de esta información en las zonas geográficas de este estudio.

Las pequeñas concentraciones de fluoruro en las parroquias se deben a que en un 100% el agua de consumo es superficial, por lo que difícilmente se disuelven las sales del subsuelo. Igualmente, la presencia de fluoruro en las fuentes de abastecimiento de agua está asociada a la disolución de las rocas ígneas, cabe mencionar que las parroquias de estudio no se encuentran cerca de zonas volcánicas, siendo los suelos de dichas parroquias pobres en fluoruros. En contraste con un estudio realizado en el año 2017 en el cantón Colta de la provincia de Chimborazo, obtuvieron valores entre 0,70 a 1,13 mg/L de fluoruro en el agua de consumo de las principales fuentes que abastecen a dicho cantón, valores que a diferencia de los encontrados en el presente estudio son más altos, debido a que este cantón está situado sobre una zona volcánica (Yautibug, 2017). Igualmente, estudios realizados en Perú y Cuba demostraron que las localidades con altas concentraciones de fluoruro natural se encuentran fundamentalmente sobre las rocas volcánico-sedimentarias e intrusivas del arco volcánico del Cretácico (Jara Aguilar, Gonzáles, & Rodrigo, 2012; Luna et al., 2012).

El presente estudio también mostró que las concentraciones de fluoruros en el agua variaron según la estación climática, lo cual se puede explicar teniendo en cuenta el comportamiento de las precipitaciones durante el periodo de muestreo en las épocas lluviosas y secas en el cantón Cuenca, cabe mencionarse que no existen estudios similares realizados en el área de estudio. Sin embargo, estos resultados son comparables con un estudio realizado en Riobamba en el año 2016 en donde se analizaron muestras de agua en puntos específicos de muestreo como vertientes, tanque de almacenamiento, y varias viviendas en época de lluviosa y seca. Cuyos resultados muestran una mayor concentración de ion fluoruro en el periodo lluvioso y menores en el periodo seco (Ramos, 2016).

De acuerdo con los hallazgos anteriores se puede concluir que i) en comparación a la estación climática, las concentraciones de fluoruros son relativamente altas en los periodos lluviosos posiblemente debido al arrastre de rocas con fluoruros o dilución



directa de los fluoruros por la lluvia, ii) investigaciones futuras deben realizar las determinaciones de fluoruros en agua, en las dos épocas del año para que se puedan tener resultados más precisos, esto se debe a que el comportamiento pluvial es muy variado y modifica las concentraciones de fluoruros en el agua y iii) la población que se encuentra localizada en zonas con suelos ricos en fluoruros, deben conocer que en la época de lluvia las concentraciones de fluoruros pueden aumentar y así tomar medidas para evitar futuras complicaciones en su salud.

Es importante recalcar que este trabajo contribuye al proyecto “Evaluación de los hábitos de consumo de sal y su relación con fluorosis dental moderada y severa en escolares de 7 a 12 años de las parroquias rurales del cantón Cuenca”, debido a que se evaluó uno de los factores de riesgo planteado para fluorosis dental, el cual era las concentraciones de fluoruros en agua. El presente trabajo evidencia que las concentraciones de fluoruros en el agua están dentro de los rangos normales, por ende, este recurso muy probablemente no es el causante de la fluorosis dental en esta zona. Aconsejándose realizar más estudios en otras fuentes de consumo de fluoruros como las cremas dentales, enjuagues bucales y sal fluorada, sugiriendo realizar investigación relacionados con los hábitos alimenticios de los niños. Además, según la Universidad de San Francisco de Quito cerca del 63% de ecuatorianos consume más sal de lo recomendado por la OMS (2 gramos por día), por lo que se recomendando al Ministerio de Salud Pública (MSP) verificar si las concentraciones de fluoruros en sal son adecuadas para las necesidades de la población y además controlar si las concentraciones de fluoruros en las diferentes marcas de sal de consumo que se expenden en la ciudad, están dentro de los rangos permitidos (Cruz, 2016).

El presente estudio presenta algunas fortalezas y limitaciones:

### **Fortalezas**

1. La cuantificación de fluoruro en agua se determinó a través de la técnica estandarizada y validada a nivel internacional que fue el método del electrodo de ion selectivo. Se eligió este método por ser considerado un método directo, rápido, preciso, económico y las muestras no requieren una destilación preliminar, considerándose también un método libre de interferencias cuando se adiciona la sustancia reguladora (TISAB).



2. El muestreo se realizó en dos épocas del año, durante los meses abril (periodo de lluvia) y junio (periodo seco), esto con el motivo de conocer la concentración promedio de fluoruros durante todo el ciclo hidrológico y para así descartar errores producidos por las variaciones estacionales. Esta variabilidad es a menudo suficientemente rápida, para modificar considerablemente las concentraciones de los analitos en las muestras en el término de varias horas.
3. Se realizó en los tanques de captación un muestreo compuesto de 24 horas, que ayudó a asegurar una buena representatividad de la muestra, reducir el sesgo en los resultados y a conocer con mayor certeza las concentraciones de fluoruros en los mismos.

### Limitaciones

1. El muestreo compuesto de 24 horas se realizó únicamente en el tanque de captación, no siendo posible su realización en el tanque de almacenamiento e instituciones educativas debido a los costos que este muestreo implica, teniéndose en cuenta que además se requiere un tiempo de muestreo más extenso. Por ello, posiblemente, se evidenció en el presente estudio que existen diferencias en las concentraciones de fluoruros de las 3 zonas de muestreo.
2. Al existir concentraciones muy bajas de fluoruros en las parroquias rurales del cantón Cuenca, es preciso realizar la determinación de fluoruros en agua por el método SPANS debido a que este método permite mediciones de fluoruros más sensibles (0 – 1,4 mg/L F<sup>-</sup>). En este proyecto de investigación no se realizó mediante ese método por los costos y tiempo que este implica. Además, este método requiere un tratamiento de la muestra preliminar como es la destilación y presenta mayores interferencias.



## 5. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación presentada se puede observar que:

- Existen generalmente bajas concentraciones de fluoruros en el agua de fuentes de abastecimiento de las parroquias rurales del cantón Cuenca, independientemente de la parroquia de estudio y de la época climática. Lo que representa un bajo riesgo para la salud pública en esta zona.
- Del tratamiento estadístico de las muestras analizadas del tanque de captación y almacenamiento, se concluye que las parroquias rurales estudiadas presentan entre ellas diferencias estadísticas significativas en relación a las concentraciones de fluoruros. Se observó que la parroquia con mayor concentración del ion en cuestión es Santa Ana mientras que Cumbe es la parroquia con menor concentración. Adicionalmente se presentó un rango de concentraciones de fluoruros de 0,0 – 0,0565 mg/L F<sup>-</sup> a nivel de todas las parroquias. Estos valores se encuentran en un nivel por debajo de los establecidos por la normativa INEN y de la Organización mundial de la Salud para aguas naturales.
- Al cuantificar las concentraciones de fluoruros en las muestras de agua de las diferentes instituciones educativas, se encontró que las concentraciones de fluoruros al igual que en el tanque de captación y de almacenamiento son generalmente bajas. Sin embargo, cabe mencionar que la Escuela del Milenio de Quingeo presentó las concentraciones más altas a nivel de todo el estudio (0,12 mg/L F<sup>-</sup>).
- El análisis de la comparación de las concentraciones de fluoruro durante las épocas de lluvia y seca en el conjunto de fuentes de abasto de agua, demostraron diferencias significativas entre ambas épocas del año, lo que sugiere que el período climático influye significativamente en la presencia de los fluoruros. La mayor concentración de fluoruros se mostró en la época de lluvia, lo cual se podría justificar por un incremento del arrastre y disolución de los diversos



componentes químicos presentes en el agua influyendo de esta manera en la variabilidad de los niveles de fluoruros en las aguas de consumo. Sin embargo, cabe recalcar que los niveles detectados no superan los límites establecidos por la OMS y la norma INEN.

- Las bajas concentraciones de fluoruros en el presente estudio permitieron descartar al ion fluoruro en agua como posible factor de riesgo para fluorosis dental, lo cual es el principal aporte de esta tesis al proyecto de investigación “Evaluación de los hábitos de consumo de sal y su relación con fluorosis dental moderada y severa en escolares de 7 a 12 años de las parroquias rurales del cantón Cuenca”, el cual está encaminado en la búsqueda de factores de riesgo que promuevan la fluorosis dental.
- Finalmente, en comparación a estudios anteriores ratificamos que las concentraciones de fluoruros en fuentes de abasto de agua no han variado con respecto a investigaciones realizadas hace 9 años por Parra y col y hace 22 años por el Ministerio de Salud Pública y la Dirección de Estomatología del Ecuador en el año de 1996.



## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuros trabajos de investigación que el mejor muestreo para analizar las concentraciones de fluoruros en agua es el muestreo compuesto de 24 horas, con el cual se minimiza los efectos de variabilidad y mejora la representatividad de las condiciones de la fuente hídrica. Es esencial que este muestreo se realice en varios puntos como son el tanque de captación, tanque de almacenamiento y red de distribución, ya que estas zonas son consideradas como puntos estratégicos de toma de muestra en agua. Además, es primordial realizar el muestreo en las dos estaciones climáticas, debido a que existen antecedentes de que probablemente el ion fluoruro presenta variaciones en la época de lluvia y seca.
- Para determinar concentraciones bajas de ion fluoruro como las encontradas en este estudio, se recomienda trabajar con el método SPAND, el cual es un método colorimétrico medible en espectrofotómetro, presenta un rango de detección de 0 a 1.40 mg F<sup>-</sup>/L. Sin embargo, en cuestión de costos se recomienda el uso del método utilizado en este trabajo de titulación, ya que permite analizar una gran cantidad de muestras.
- Se sugiere realizar más estudios para identificar las diferentes fuentes de uso y consumo de fluoruros que puedan estar contribuyendo a la presencia de fluorosis dental, pues se debe considerar que las cantidades de fluoruro ingeridas por un individuo no son únicamente por agua. Es necesario considerar que adicionalmente se ingiere F<sup>-</sup> por otras vías, como por ejemplo pastas dentales, enjuagues bucales y sal fluorada que al sumarse pueden dar una dosis que se encuentre en niveles tóxicos. Por lo que es preciso realizar una evaluación de la cantidad de fluoruro que los niños menores a 12 años ingieren, mediante encuestas y un recordatorio de 24 horas de frecuencia de ingesta de estos



productos fluorados. Además debe considerarse como tema de investigación los hábitos alimenticios de consumo de sal, ya que esta es la principal fuente de ingesta de fluoruros en el país. Por lo que se debe hacer un llamado a las autoridades correspondientes a verificar que las concentraciones de fluoruro adicionadas en la sal de consumo se encuentren en las concentraciones idóneas para contribuir con el cuidado de la salud bucal contra la caries dental sin causar fluorosis. Pues se debe tener en cuenta que la cantidad de fluoruro que se debe adicionar en la sal está sujeta a los hábitos de consumo de la población.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcon Estrada, B. A., & Castro Morales, S. J. (2012). *Determinación de la concentración de fluoruro por medio del metodo de ion selectivo en agua potable que se distribuye en el cantón ojo de agua*. Universidad del Salvador.
- American Society for Testing and Materials. (2016). Standard Test Methods for Fluoride Ion In Water, 50, 1–9. <https://doi.org/10.1520/D0512-12.2>
- Arroyo, A., Bonilla, D., & Guevara, F. (2016). Fluor Level in Water and Fluorosis in 6 To 12 Years Old Children, Quito, Ecuador, 13(1), 60–64. Retrieved from <http://www.usmp.edu.pe/odonto/servicio/2016/01/879-3003-1-PB.pdf>
- Avila Carreras, N., Farias, S., Bianco, G., & Bovi Mitre, M. (2008). Determinación de Fluoruros en Aguas de Rinconadillas. *Acta Toxicológica de Argentina*, 16(1), 14–20.
- Barberia, E., Cardenas, D., María, S., & Myriam, M. (2005). Fluoruros tópicos revisión sobre su toxicidad.
- Barrera Urgilès Cindy. (2010). “Evaluación de la concentración de flúor en el agua de consumo diario de habitantes del valle de Tumbaco.” Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3608/1/111937.pdf>
- Benito, R., Joaquim, O., & Bayona, N. (2004). Flúor. Beneficios sobre la salud humana, 231–233.
- Bolaños, D. (2014). “Determinación de cationes en agua potable del cantón de Grecia, Costa Rica por absorción atómica.” *Revista Inter Sedes*, (2215–2458), 106.
- Bustamante, M. (2002). “Análisis de la composición iónica de las aguas del embalse San Roque, Córdoba.” *Instituto Nacional Del Agua*.
- Carrillo, M., & Urgiles, P. (2016). “Determinación del índice de calidad de agua de los ríos



*Mazar y Pindilig.*” Universidad de Cuenca.

Cocha, J. (2009). *Estado actual de la calidad físico-química, bacteriológica y biológica del agua de la subcuenca del río Yanuncay en dos estaciones climáticas (invierno y verano) del cantón cuenca provincia del Azuay-Ecuador.*

Concha, I. (2012). *Ventajas y desventajas del uso tópico de flúor para la prevención de caries dental en niños de 6 años.*

Cruz, M. (2016). *Ingesta de cloruro de sodio en una muestra 800 ecuatorianos en el periodo septiembre 2014 a marzo 2015.*

Galicia, L., Molina, N., Oropeza, A., Gaona, E., & Juarez, L. (2011). Análisis de la concentración de fluoruro en agua potable de la delegación Tláhuac, ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 27(4), 283–289.

Herrera Dominguez, M. (2002). Concentración de flúor en el agua potable: su relación con la fluorosis dental.

Huizar, R., Varela, G., & Espinoza, M. (2014). Sistemas de flujo subterráneo y contenido de fluoruro en el agua de Tenextepango, Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(2), 238–247.

Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2011). Requisitos agua potable. NTE INEN 1108, 1108.

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (2000). Mapa geológico del Ecuador.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2018). *Análisis de las condiciones climáticas registradas en el Ecuador continental en el año 2018 y su impacto en el sector agrícola.*

Jara Aguilar, D., Gonzáles, G., & Rodrigo, E. (2012). *Concentración de fluoruro en agua potable , aguas termales y manantiales de 6 distritos de Santiago de Chuco , Perú.*

López, N., Zaragoza, E., & González, L. (2016). Efectos de la ingestión prolongada de altas concentraciones de fluoruros. *Revista 16 de Abril Organó Científico Estudiantil de Ciencias Médicas de Cuba*, 54(260), 83–94. Retrieved from



[http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16\\_04/article/view/339/pdf\\_98](http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/339/pdf_98)

- Luna, L., Molina, E., Molina, G., & Gonzales, I. (2012). Distribución espacial de los fluoruros en fuentes de abasto de aguas subterráneas en cuatro Provincias de Cuba. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 50(3), 365–379.
- Martínez, F., Carmona, L., & Díaz, A. (2010). Percepción de ingesta de flúor a través del cepillado dental en niños colombianos Perception of fluoride ingestion by dental brushing in Colombian children, 47(3), 266–275.
- Miñana, V. (2011). Promoción de la salud bucodental. *Revista Pediatría de Atención Primaria*, XIII(N.o 51.), 435–458. <https://doi.org/10.4321/S1139-76322011000300010>
- Ministerio de Salud Pública. (1996). Registro oficial N°998 Sal de consumo. 1996, 5. Retrieved from <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu7002.pdf>
- Ministerio de Salud Pública. (2010). Reglamento ley de Yodización de sal.
- Ministerio de Salud Pública, & Direccion Nacional de Estomatología. (1996). Programa Nacional de Fluoracion de la sal.
- Municipalidad de Cuenca. (2005). Diagnóstico ambiental parcial de las 21 Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.
- Olivares, D., Arellano, V., Cortés, M. J., Cantín, J., & Cantín, M. (2013). Prevalencia y Severidad de Fluorosis Dental y su Asociación con Historia de Caries en Escolares que Consumen Agua Potable Fluorurada en Temuco, Chile. *International Journal of Odontostomatology*, 7(3), 447–454. <https://doi.org/10.4067/S0718-381X2013000300018>
- Organizacion Mundial de la Salud. (2019). Calidad del Agua. OMS. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). Flúor en el agua de consumo. Retrieved from [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8193:2013-fluor-agua-consumo&Itemid=39798&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8193:2013-fluor-agua-consumo&Itemid=39798&lang=es)
- Parra, J., Astudillo, D., Cedillo, N., & Ordoñez, G. (2012). Fluorosis dental : Prevalencia ,



grados de severidad y factores de riesgo en niños de 7 a 13 años del Cantón Cuenca, 3(1), 41–49.

Puche, R., & Rigalli, A. (2007). Fluorosis esquelética, 3(1), 50–52.

Quilumbaqui, C. (2017). *Determinación de la concentración de elementos mayores en dieciocho ríos de la provincia de Pichincha, Ecuador.*

Quintuña, J., & Samaniego, M. (2016). “Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del cantón Chordeleg.” Universidad de Cuenca.

Ramos, A. (2016). “Evaluación microbiológica y fisico-química de la calidad del agua para consumo humano de la junta administradora de agua potable Galten – Guilbut ubicada en el Cantón Chambo.” Escuela superior técnica de Chimborazo Facultad de Ciencias.

Reyes, M., Alvarado, A., Antuna, D., Gonzalez, L., & Vasquez, E. (2010). *Calidad en la determinación de fluoruros en agua de consumo humano.* Retrieved from [https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8841/1/divulg fluoruros env 2.pdf](https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8841/1/divulg%20fluoruros%20env%20pdf)

Rice, E., & Bridgewater, L. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23th ed). *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 23(6), 940–940. <https://doi.org/10.2105/AJPH.51.6.940-a>

Rigalli, A., & Pera, L. (n.d.). Determinación de la concentración de fluor en muestras biológicas.

Rivas, J., & Huerta Vega, L. (2005). Fluorosis dental : Metabolismo , distribución y absorción del fluoruro. *Revista Asociacion Dental Mexicana*, 62.

Rodrigo, F. (2013). *Optimización de la unidad de floculación y calidad, microbiológica y físico-química del agua del sistema de abastecimiento de la parroquia Sinincay”.*

Retrieved from

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4751/3/Tesis.pdf?fbclid=IwAR2xp eNHi-SPCIturZI2xm2x327BkmTLEC2bvHDGvmuXo6oBykBZcokqwn0>



- Rodriguez, N. (2018). *Fluorosis dental en estudiates de 7 a 9 años de edad en la Unidad Educativa Belisardo Quevedo en el cantòn Pujili de la provincia de Cotopaxi*. UDLA.
- Ruiz, O. (1996). Estudio Fluor en el Agua1996.pdf.
- Silva, P. (2012). Prevalencia de fluorosis en niños y adolescentes de entre 7 a 18 años de la Parroquia Salasaka y su Asociación con el nivel de flúor presente en el agua de.
- Termo Scientific. (2015). Thermo Scientific Orion Versa Star Pro.
- World Health Organization. (1998). Guidelines for Drinking-Water Quality. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 2(1930128), 127. <https://doi.org/WHO/SDE/WSH/03.04/17>
- Yautibug, E. (2017). "Determinación del porcentaje de flúor en el agua de consumo y otros factores asociados con la prevalencia de fluorosis en niños de 10-12 años del cantón colta provincia chimborazo." Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12537/1/T-UCE-0015-740.pdf>



## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Equipos utilizados

#### Electrodo de ion Específico de Fluoruro



**Medidor de mesa Orión 4 Star Plus pH/ISE**



Anexo 2. Patrones de Calibración





### **Anexo 3. Sitios de muestreo**

#### **Baños**

#### **Junta Administrado de Agua Potable de la Parroquia Baños**

**Tanque de captación**

**Tanque de almacenamiento**

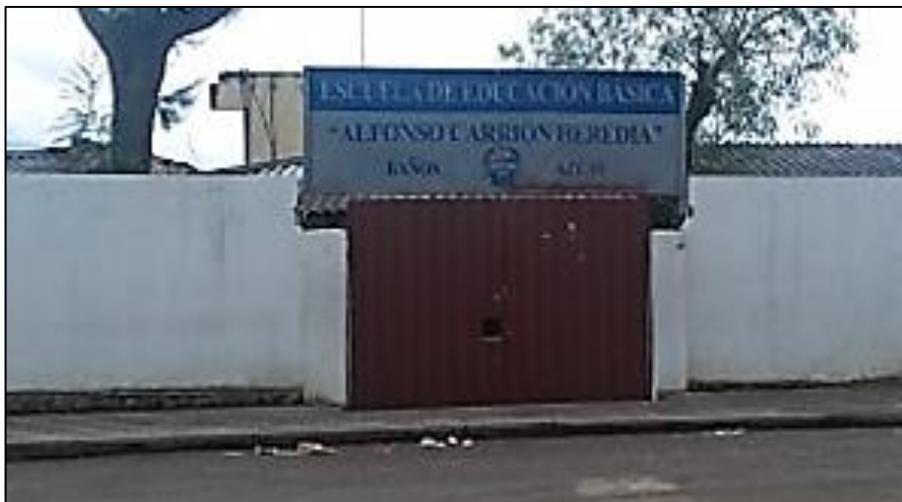


### Instituciones educativas

#### Escuela de Educación Básica Enriqueta Cordero Dávila



#### Escuela de Educación Básica Alfonso Carrión Heredia



**Escuela de Educación Básica Cornelio Crespo Toral**



**Cumbe**

**Planta de Agua Potable Cumbe**



**Tanque de captación**



**Tanque de almacenamiento**



**Instituciones educativas**

**Escuela de Educación Básica  
Gabriel Arsenio Ullauri**



**Escuela fiscal Mixta Carlos  
Terán Zenteno**



**Planta de Agua Potable Tixán**

**Tanque de captación**

**Tanque de almacenamiento**



Universidad de Cuenca



### Instituciones educativas de Nulti

Unidad Educativa Nulti

Escuela de Educación Básica  
Teresa Semeria



### Instituciones educativas de Paccha

Unidad Educativa Paccha

Escuela de Educación Básica  
Elías Galarza Arteaga





Universidad de Cuenca

**Octavio Cordero**

**Planta de Agua Potable Chulco Soroche**

---

Elizabeth Rocío Guzmán Astudillo  
Jessica Gabriela Pineda Gómez



**Tanque de captación**



**Tanque de almacenamiento**



**Institución educativa**

**Escuela de Educación Básica Octavio Cordero Palacios**



**Quingeo**

**Planta de Agua Potable Quingeo – Pillachiquir**

**Tanque de captación**

**Tanque de almacenamiento**



**Institución educativa**

**Unidad Educativa Del Milenio Quingeo**



**Santa Ana**

**Planta de Agua Potable Santa Ana**

**Tanque de captación**

**Tanque de almacenamiento**



**Institución educativa**

**Escuela de Educación Básica Alfonso María Borrero**



**Tarqui y Victoria del Portete**

**Planta de Agua Potable Irquis**

**Tanque de captación**

**Tanque de almacenamiento**





**Instituciones educativas de Tarqui y Victoria del Portete**



## Anexo 4. Muestras de agua del periodo de lluvia

### Muestras de agua de Baños



### Muestras de agua de Cumbe



### Muestras de agua de Nulti y Paccha





### Muestras de agua de Octavio Cordero



### Muestras de agua de Quingeo



### Muestras de agua de Santa Ana





### Muestras de agua de Tarqui y Victoria del Portete



## Anexo 5. Muestras de agua del periodo seco

### Muestras de agua de Baños



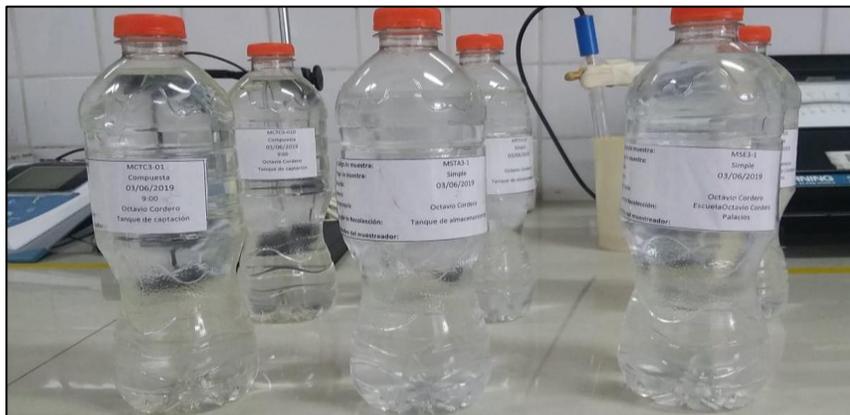
### Muestras de agua de Cumbe



### Muestras de agua de Nulti y Paccha



### Muestras de agua de Octavio Cordero



### Muestras de agua de Quingeo



### Muestras de agua de Santa Ana





### Muestras de agua de Tarqui y Victoria del Portete





**Anexo 6. Lecturas de concentración de fluoruros de cada muestra**

**Concentración de fluoruros en tanques de captación**

Parroquias	PERIODO LLUVIOSO							PERIODO SECO						
	Muestra			Duplicado			Promedio del periodo lluvioso mg/L	Muestra			Duplicado			Promedio del periodo seco mg/L
	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L		1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	
<b>Cumbe</b>	0,0093	0,0098	0,0096	0,0093	0,0096	0,0095	0,0095	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Tarqui y Victoria del Portete</b>	0,0160	0,0160	0,0160	0,0140	0,0140	0,0140	0,0150	0,0170	0,0150	0,0160	0,0175	0,0160	0,0168	0,0164
<b>Octavio Cordero</b>	0,0320	0,0330	0,0325	0,0310	0,0320	0,0315	0,0320	0,0230	0,0260	0,0245	0,0240	0,0250	0,0245	0,0245
<b>Quingeo</b>	0,0270	0,0290	0,0280	0,0320	0,0310	0,0315	0,0298	0,0280	0,0280	0,0280	0,0250	0,0240	0,0245	0,0263
<b>Nulti y Paccha</b>	0,0260	0,0260	0,0260	0,0290	0,0290	0,0290	0,0275	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110
<b>Baños</b>	0,0210	0,0200	0,0205	0,0200	0,0200	0,0200	0,0203	0,0340	0,0330	0,0335	0,0370	0,0350	0,0360	0,0348
<b>Santa Ana</b>	0,0560	0,0570	0,0565	0,0550	0,0550	0,0550	0,0558	0,0490	0,0480	0,0485	0,0490	0,0500	0,0495	0,0490



### Concentración de fluoruros en tanques de almacenamiento

Parroquias	PERIODO LLUVIOSO							PERIODO SECO						
	Muestra			Duplicado			Promedio del periodo lluvioso mg/L	Muestra			Duplicado			Promedio del periodo seco mg/L
	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L		1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	
Cumbe	0,0089	0,0082	0,0086	0,0086	0,0091	0,0089	0,0087	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarqui y Victoria del Portete	0,0160	0,0160	0,0160	0,0140	0,0140	0,0140	0,0150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Octavio Cordero	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0240	0,0235	0,0233	0,0240	0,0250	0,0245	0,0250	0,0260	0,0255	0,0250
Quingeo	0,0160	0,0160	0,0160	0,0150	0,0150	0,0150	0,0155	0,0100	0,0097	0,0099	0,0095	0,0095	0,0095	0,0097
Nulti y Paccha	0,0280	0,0280	0,0280	0,0270	0,0270	0,0270	0,0275	0,0002	0,0004	0,0003	0,0	0,0	0,0	0,0002
Baños	0,0150	0,0150	0,0150	0,0170	0,0170	0,0170	0,0160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Santa Ana	0,0430	0,0430	0,0430	0,0410	0,0410	0,0410	0,0420	0,0440	0,0440	0,0440	0,0410	0,0410	0,0410	0,0425

### Concentración de fluoruros en instituciones educativas en periodo lluvioso

Parroquias	PERIODO LLUVIOSO							
	Lugar de muestreo	Muestra			Duplicado			Promedio del periodo lluvioso mg/L
		1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	
<b>Cumbe</b>	Escuela Fiscal Mixta Carlos Terán Zenteno	0,0082	0,0086	0,0084	0,0084	0,0087	0,0086	0,0085
	Escuela de Educación Básica Gabriel Arsenio Ullauri.	0,0084	0,0089	0,0087	0,0088	0,0086	0,0087	0,0087
<b>Tarqui</b>	Escuela Alfonso Moreno Mora	0,0540	0,0510	0,0525	0,0520	0,0500	0,0510	0,0518
<b>Victoria del Portete</b>	Escuela del Milenio de Victoria del Portete	0,0260	0,0250	0,0255	0,0280	0,0280	0,0280	0,0268
<b>Octavio Cordero</b>	Escuela de Educación Básica Octavio Cordero Palacios	0,0160	0,0160	0,0160	0,0150	0,0160	0,0155	0,0158
<b>Quingeo</b>	Escuela de Educación Básica del Milenio Quingeo.	0,0560	0,0580	0,0570	0,0570	0,0580	0,0575	0,0573
<b>Nulti</b>	Unidad Educativa Nulti.	0,0120	0,0190	0,0155	0,0170	0,0170	0,0170	0,0163
	Escuela de Educación Básica Teresa Semeria.	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110	0,0110
<b>Paccha</b>	Escuela de Educación Básica Elías Galarza Arteaga.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Unidad Educativa Paccha.	0,0079	0,0081	0,0080	0,0073	0,0079	0,0076	0,0078
<b>Baños</b>	Escuela de Educación Básica Cornelio Crespo.	0,0038	0,0048	0,0043	0,0028	0,0034	0,0031	0,0037
	Escuela de Educación Básica Enriqueta Cordero Dávila.	0,0086	0,0082	0,0084	0,0085	0,0079	0,0082	0,0083
	Escuela de Educación Básica Alfonso Carrión Heredia.	0,0020	0,0021	0,0021	0,0019	0,0021	0,0020	0,0020
<b>Santa Ana</b>	Escuela de Educación Básica Alfonso María Borrero.	0,0390	0,0300	0,0345	0,0370	0,0380	0,0375	0,0360



**Concentración de fluoruros en instituciones educativas en periodo seco**

Parroquias	VERANO							
	Lugar de muestreo	Muestra			Duplicado			Promedio del periodo seco mg/L
		1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	1° Lectura mg/L	2° Lectura mg/L	Promedio mg/L	
Cumbe	Escuela Fiscal Mixta Carlos Terán Zenteno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Escuela de Educación Básica Gabriel Arsenio Ullauri.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarqui	Escuela Alfonso Moreno Mora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Victoria del Portete	Escuela del Milenium de Victoria del Portete	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Octavio Cordero	Escuela de Educación Básica Octavio Cordero Palacios	0,0160	0,0150	0,0155	0,0130	0,0150	0,0140	0,0148
Quingeo	Escuela de Educación Básica del Milenio Quingeo.	0,1100	0,1100	0,1100	0,1200	0,1200	0,1200	0,1150
Nulti	Unidad Educativa Nulti.	0,0051	0,0051	0,0051	0,0060	0,0060	0,0060	0,0056
	Escuela de Educación Básica Teresa Semeria.	0,0084	0,0084	0,0084	0,0120	0,0110	0,0115	0,0100
Paccha	Escuela de Educación Básica Elías Galarza Arteaga.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Unidad Educativa Paccha.	0,0100	0,0100	0,0100	0,0075	0,0077	0,0076	0,0088
Baños	Escuela de Educación Básica Cornelio Crespo.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Escuela de Educación Básica Enriqueta Cordero Dávila.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Escuela de Educación Básica Alfonso Carrión Heredia.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Santa Ana	Escuela de Educación Básica Alfonso María Borrero.	0,0380	0,0390	0,0385	0,0390	0,0390	0,0390	0,0388