



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA**

**“MAESTRIA EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”**

**TITULO:**

**“Estudio toxicológico de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa pertenecientes al cantón Guamote provincia de Chimborazo por presencia de Fluorosis dental”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
MAGISTER EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR: BQF. EDWIN FERNANDO BASANTES BASANTES**

**DIRECTOR: PhD. ROBERT ALCIDES CAZAR RAMÍREZ**

**CUENCA- ECUADOR**

**2014**



## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento especial al PhD. Robert Cazar, por su apoyo y enseñanza durante este trabajo de investigación, de igual manera al Centro de Estudios Ambientales CEA de la Universidad de Cuenca por su gran iniciativa en la apertura de esta Maestría.

Edwin Fernando Basantes Basantes.



## DEDICATORIA

A Dios por acompañarme todos mis días.

A mis padres, hermanos y amigos porque supieron darme ejemplos dignos de superación y entrega.

A mi querido sobrino Alejandro quien supo contagiarme de su alegría y gracias a ello, hoy puedo ver alcanzada esta meta.

Sin ustedes no hubiera sido posible...

Edwin Fernando Basantes Basantes.



## RESUMEN

En las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa del cantón Guamote de la provincia de Chimborazo se ha evidenciado la presencia de Fluorosis dental, es muy probable que la presencia de esta enfermedad entre otros factores se deba principalmente a las condiciones del agua que utilizan estas comunidades, por ello se realizó una caracterización del agua de estas fuentes, análisis que permitieron identificar al ión fluoruro como analito que sobrepasa el límite máximo permisible dictado por la legislación ecuatoriana TULSMA (1.5 mg/L) y como presunto responsable de la Fluorosis dental que presenta la zona. Se ejecutó un plan de monitoreo para la cuantificación de fluoruros durante 4 meses, los análisis se realizaron en el Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se calculó el Índice de peligro (IP), lo cual permitió determinar que la población de estas comunidades Atapo Culebrillas (2.22) y Santa Teresa (1,93) se encuentran en riesgo toxicológico ya que los resultados del (IP) sobrepasan el valor de referencia recomendado por la EPA(<1). En esta investigación también se propuso el método de Nalgonda para reducir el contenido de fluoruros en el agua, la dosis más efectiva para reducir el contenido de fluoruros a límites sin peligro para la salud humana que se encontró es de 3mL de sulfato de aluminio al 0.075% mas 0,05 g de carbonato de calcio y como tiempo de sedimentación 1 hora.

Palabras clave: Fluorosis dental, fluoruros, Nalgonda, analitos.



## ABSTRACT

Communities Atapo Culebrillas and Santa Teresa, in Guamote canton, Chimborazo province, have shown the presence of dental fluorosis, likely among other factors, because of drinking water conditions in these communities. Therefore a characterization of the water from these sources identified fluoride ion as analyte, exceeding the permissible ceiling under Ecuadorian legislation TULSMA (1.5 mg/L), as suspect of the dental fluorosis presented in the area. A monitoring plan to quantify fluoride during 4 months was implemented, analyzes were performed at the Center for technical services and environmental technology transfer CESTTA, of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Hazard Index (IP) was calculated allowing us to determine that the population of these communities Atapo Culebrillas (2.22) and Santa Teresa (1.93) are in toxicological risk, because the results of (IP) exceed the reference value recommended by the EPA (<1). This research also proposed the Nalgonda method to reduce the fluoride content in the water, the most effective dose in reducing the fluoride content to safe limits for human health was found to be 3 mL of aluminium sulfate 0.075%, plus 0.05 g of calcium carbonate, and 1 hour as settling time.

Keywords: dental fluorosis, fluoride, characterization, analytes.



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Dosis máximas tolerables y letales de $F^-$ para niños de 2 a 14 años de edad .....	27
Tabla 2.	Requerimientos especiales para toma de muestras.....	40
Tabla 3.	Resultados del análisis físico químico y microbiológico del agua de las fuentes de abastecimiento de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa.....	52
Tabla 4.	Cuantificación de $F^-$ del agua de las fuentes de abastecimiento de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa, durante los meses de Junio a Septiembre del 2013.....	53
Tabla 5.	Variación de la concentración de 5 mL de $Al_2(SO_4)_3$ con respecto a una adición de 0,05g $CaCO_3$ a 2L de agua problema en 1 h como tiempo de sedimentación para la cuantificación de $F^-$ .....	57
Tabla 6.	Variación de la concentración de 5 mL de $Al_2(SO_4)_3$ con respecto a una adición de 0,10g $CaCO_3$ a 2L de agua problema en 1 h como tiempo de sedimentación para la cuantificación de $F^-$ .....	58
Tabla 7.	Variación del volumen de $Al_2(SO_4)_3$ con respecto a una adición de 0,05g $CaCO_3$ a 2L de agua problema en 1 h como tiempo de sedimentación para la cuantificación de $F^-$ .....	58
Tabla 8.	Variación del tiempo con respecto a la concentración de $F^-$ .....	59



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la zona de estudio - cantón Guamote.....	38
Figura 2.	Mapa orográfico del cantón Guamote.....	71
Figura 3.	Mapa hidrográfico del cantón Guamote.....	72
Figura 4.	Comunidad Atapo Culebrillas .....	75
Figura 5.	Comunidad Santa Teresa.....	75
Figura 6.	Solución buffer de pH.....	76
Figura 7.	Estándares de NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , F <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> .....	76
Figura 8.	Estándares de As y Cd.....	76
Figura 9.	Estándares de turbiedad y dureza total.....	77
Tabla 10.	pHmetro (Thermo).....	77
Tabla 11.	Balanza analítica (Ohaus).....	78
Tabla 12.	Desecador.....	78
Tabla 13.	Espectrofotómetro Acuamate (Thermo).....	78
Tabla 14.	Estufa (Thermo).....	79
Tabla 15.	Fotómetro DR 2800 (HACH).....	79
Tabla 16.	Cabina para DBO <sub>5</sub> (WTH).....	79
Tabla 17.	Medidor de oxígeno disuelto (HACH).....	80
Tabla 18.	ICP.....	80
Tabla 19.	Análisis de fluoruros.....	80



## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

Ac.	Ácido
$\text{AlF}_3$	Fluoruro de aluminio
$\text{Al}(\text{OH})_3$	Hidróxido de aluminio
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Sulfato de Aluminio
APHA	American Public Health Association
As	Arsénico
ATSDR	Agencia para sustancia tóxicas y el registro de enfermedades
C	Concentración de exposición en un tiempo determinado
$\text{CaCl}_2$	Cloruro de calcio
CESTTA	Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental
$\text{CaF}_2$	Fluoruro de Calcio
$\text{CaCO}_3$	Carbonato de Calcio
Cd	Cadmio
CT	Coliformes totales
D	Duración de la exposición
$\text{DBO}_5$	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DL	Dosis letal
DRf	Dosis de referencia
DT	Dureza total
EPA	Agencia de protección ambiental
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
F	Flúor
f	Factor de dilución
$\text{F}^-$	Fluoruro





Fe	Hierro
FE	Frecuencia de la exposición
FeCl <sub>3</sub>	Cloruro férrico
g	Gramo
GAD	Gobierno autónomo descentralizado
h	Hora
HF	Ácido fluorhídrico
H <sup>+</sup>	Ión hidrógeno
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico
I	Ingestión del tóxico
ICP	Plasma de acoplamiento inductivo
IP	Índice de peligro
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
kg	Kilogramo
L	Litro
LMP	Límite máximo permisible
M	Molar
MCL	Nivel máximo de contaminante
mg	Miligramo
MgF <sub>2</sub>	Fluoruro de magnesio
MgSO <sub>4</sub>	Sulfato de magnesio
min	Minuto
mL	Mililitro
msnm	metros sobre el nivel del mar
n	Número de repeticiones
NaF	Fluoruro de Sodio



NEERI	National Environmental Engineering Research Institute
nm	Nanómetro
NMP	Número más probable
NO <sub>3</sub>	Nitrato
NO <sub>2</sub>	Nitrito
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
NTU	Unidades nefelométricas de turbiedad
O <sub>2</sub>	Oxígeno molecular
OD	Oxígeno disuelto
OMS	Organización Mundial de la Salud
P	Plástico
PC	Masa corporal
pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
S	Desviación estándar
SDT	Solidos disueltos totales
seg	Segundo
SO <sub>4</sub>	Sulfato
t	Tiempo
TULSMA	Texto unificado de legislación secundaria medio ambiental
um	Micra
USEPA	Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos
UTN	Unidades nefelométricas de turbiedad
V	Volumen
Va	Volumen de aforo
Vc	Velocidad de contacto



$V_o$	Volumen inicial
$W_o$	Peso de la cápsula tarada
$W_f$	Peso de la cápsula más la muestra después de secado a 180 °C
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
$S^2$	Varianza



## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	1
DEDICATORIA.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	6
CLAUSULAS DE RESPONSABILIDAD Y RECONOCIMIENTO DEL DERECHO DE LA UNIVERSIDAD PARA PUBLICAR EL DOCUMENTO	14
LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA.....	7
TABLA DE CONTENIDOS.....	11
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
CAPITULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	18
CAPITULO III: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1 TOXICOLOGÍA AMBIENTAL.....	20
3.2 EL AGUA.....	20
3.2.1 Calidad del agua para consumo humano.....	21
3.3 EL FLÚOR.....	22
3.3.1 Los fluoruros, el fluoruro de hidrógeno y el flúor.....	23
3.3.2 Ciclo del flúor.....	23
3.3.3 Toxicocinética del flúor.....	24
3.3.3.1 Absorción.....	24
3.3.3.2 Distribución.....	24
3.3.3.3 Excreción.....	25
3.3.4 Toxicidad de los fluoruros.....	26
3.3.4.1 Intoxicación aguda.....	27
3.3.4.2 Toxicidad crónica del flúor.....	28
3.3.4.3 Tratamiento.....	28
3.3.4.4 Regulaciones de agua potable de la Agencia de protección Ambiental (EPA) para el fluoruro.....	29
3.4. FLUOROSIS DENTAL.....	30
3.4.1 Causas de la Fluorosis dental .....	30



3.4.2 Daños que causa la Fluorosis dental .....	31
3.4.3 Fluorosis dental en el Ecuador.....	31
3.5 Métodos disponibles para la eliminación del fluoruro del agua potable..	32
3.6 EVALUACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO.....	33
3.6.1 Identificación de peligro.....	33
3.6.2 Análisis de exposición.....	34
3.6.3 Evaluación de la toxicidad.....	35
3.6.4 Caracterización del riesgo.....	35
CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
4.1 SITIO DE ESTUDIO.....	37
4.1.1 Cantón Guamote.....	37
4.1.1.1 Situación geográfica.....	37
4.2 Caracterización de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa .....	38
4.2.1 Actividades de campo.....	38
4.2.2 Actividades de laboratorio.....	41
4.2.2.1 Determinación de pH.....	41
4.2.2.2 Determinación de Dureza Total.....	41
4.2.2.3 Determinación de Oxígeno disuelto.....	42
4.2.2.4 Determinación de Sulfatos.....	42
4.2.2.5 Determinación de DBO <sub>5</sub> .....	42
4.2.2.6 Determinación de Fluoruros.....	43
4.2.2.7 Determinación de Turbidez.....	44
4.2.2.8 Determinación de Nitratos.....	44
4.2.2.9 Determinación de Nitritos.....	44
4.2.2.10 Determinación de Sólidos totales disueltos .....	45
4.2.2.11 Determinación de Hierro y Cadmio .....	46
4.2.2.12 Determinación de Arsénico.....	47
4.2.2.13 Determinación de Coliformes totales.....	47
4.3 Plan de monitoreo para cuantificar el ion fluoruro durante 4 meses.....	48
4.4 Riesgo de Toxicidad.....	49
4.4.1 Ingestión del tóxico.....	49



4.4.2 Índice de peligro.....	50
4.5 Alternativa para reducir el nivel de Fluoruros en las fuentes.....	50
4.6 Método estadístico.....	51
CAPITULO V: RESULTADOS.....	52
5.1 Caracterización de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa.....	52
5.2 Cuantificación del Analito que excede los límites establecidos por la normativa.....	52
5.3 Riesgo de Toxicidad .....	54
5.3.1 Ingestión del tóxico e Índice de peligro para la fuente de abastecimiento de la comunidad de Atapo Culebrillas.....	54
5.3.2 Ingestión del tóxico e Índice de peligro para la fuente de abastecimiento de las comunidad Santa Teresa.....	55
5.4 Alternativa para controlar la contaminación de las fuentes.....	57
5.4.1 Pruebas del método de Nalgonda con variación carbonato de calcio y la concentración de sulfato de aluminio.....	57
5.4.2 Pruebas del método de Nalgonda con variación del volumen de Sulfato de aluminio y el tiempo.....	58
CAPITULO VI: DISCUSIÓN.....	60
CAPITULO VII: CONCLUSIONES.....	64
CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
ANEXOS.....	70
Anexo 1. Relieve y orografía del cantón Guamote.....	70
Anexo 2. Hidrografía del cantón Guamote.....	72
Anexo 3. Análisis estadístico.....	73
Anexo 4. Comunidad Atapo Culebrillas y Santa Teresa.....	75
Anexo 5. Estándares y equipos utilizados durante la investigación.....	76
Anexo 6 Certificados de presencia de Fluorosis dental.....	81
Anexo 7. Informes de laboratorio.....	83



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

Yo, *Edwin Fernando Basantes Basantes*, autor de la tesis "Estudio toxicológico de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa pertenecientes al cantón Guamote provincia de Chimborazo por presencia de Fluorosis dental", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Toxicología Industrial y Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 24 de abril de 2014

---

Edwin Fernando Basantes Basantes

C.I: 060411391-0





Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

Yo, *Edwin Fernando Basantes Basantes*, autor de la tesis "Estudio toxicológico de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa pertenecientes al cantón Guamote provincia de Chimborazo por presencia de Fluorosis dental", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 24 de Abril de 2014

---

Edwin Fernando Basantes Basantes

C.I: 060411391-0





## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

La Fluorosis dental es una enfermedad grave que no solo se trata de un problema estético, se caracteriza por una anomalía de las piezas dentales, y es el primer signo de que la persona ha estado expuesta a niveles elevados de flúor, en el Ecuador se ha evidenciado una prevalencia de esta enfermedad en las zona andinas como lo reporta Gómez (2011) y Silva (2012).

Rivera *et al.*, (2005) ha relacionado a esta enfermedad con la presencia de actividad volcánica, y se sabe que la ubicación de las comunidades en estudio de la investigación se encuentran en una zona donde llega la ceniza del volcán Tungurahua.

Existe Fluorosis dental en las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa (Dirección Provincial de Salud de Chimborazo. Área de Salud N° 3 Guamote) y se ha visto en algunas investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo que la Fluorosis dental es el resultado principalmente a la mala calidad del agua que consumen las personas.

Estudios realizados por Montero *et al.*,(2007)en Maiquetía Estado Vargas Venezuela muestran que en la Unidad Educativa María May fue la más afectada por Fluorosis dental (41,5 %) y la concentración de fluoruro en el agua recolectada de esta unidad educativa fue de 1,58 ppm.

Estudios realizados por Kotecha *et al.*, (2012) en el distrito Gujarat India muestran que a una mayor concentración de fluoruros en el agua de consumo (1.92-.4.10) mg/L aumenta la prevalencia de Fluorosis dental en la población (59.31%) y recomienda reducir el contenido de fluoruro del agua potable o buscar fuentes alternativas para el suministro de agua con menor contenido de fluoruro.

Firempoget *al.*, (2013) en Bongo comunidad de Gana al investigar en estas mismas áreas, señala que a una concentración de F<sup>-</sup> de (1.86 mg/L) y (2.36 mg/L) en el agua de consumo, la población presenta una prevalencia de Fluorosis dental de (21%) y (66%) respectivamente.



Estudios realizados por Husain *et al.*, (2013) determinaron que la concentración de fluoruro en las aguas subterráneas de distrito de Nagauren Indiavarió desde 0,5 hasta 8,5 mg/L. La concentración de fluoruro era superior al límite máximo permisible establecido por la OMS (1.5 mg/L). De 1.136 personas estudiadas, 788 tenían Fluorosis dental.

Por ello, esta investigación propone conocer si el agua que las comunidades utilizan tienen altos contenido de fluoruros y otros elementos mediante: (a) un análisis físico químico y microbiológico que permitirá la caracterización del agua de las fuentes, (b) la determinación del contenido de fluoruros en un periodo de tiempo y el cálculo de la Ingestión del tóxico (I) y el Índice de peligro (IP) para determinar si existe un riesgo toxicológico para la población de estas comunidades. Además como se sospecha que el principal elemento que esta sobre los límites permisibles es el ión Fluoruro, se realizó también pruebas de laboratorio para reducir el contenido de F<sup>-</sup> del agua que abastece a las comunidades.



## CAPITULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### OBJETIVO GENERAL:

Realizar un estudio toxicológico de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa pertenecientes al cantón Guamote provincia de Chimborazo por presencia de Fluorosis dental

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Realizar la caracterización de las fuentes de abastecimiento de agua de la zona de estudio y comparar los resultados obtenidos con normativas nacionales e internacionales, como con estudios científicos realizados internacionalmente

Determinar el o los analitos que excedan los límites establecidos por la normativa y realizar un plan de monitoreo para cuantificarlos

Determinar si existe riesgo de toxicidad para los habitantes de la comunidad de Atapo Culebrilla y Santa Teresa

Establecer alternativas para controlar la contaminación de las fuentes



## HIPOTESIS

“Si la concentración de los analitos en las fuentes de abastecimiento de agua es superior a los niveles establecidos por la normativa, entonces el agua es responsable de la Fluorosis dental que presenta la zona”



## CAPITULO III: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 TOXICOLOGÍA AMBIENTAL

Estudia los daños causados al organismo por la exposición a los tóxicos que se encuentran en el ambiente.

Tiene como objetivo principal evaluar los impactos que producen en la salud pública la exposición de la población a los tóxicos ambientales presentes en un sitio contaminado tal como lo menciona la Universidad de Arizona (2001).

### 3.2 El agua

Constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida (Vickie, 1999).

El agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación, circulación. De lo contrario es un recurso no renovable en una localidad determinada.

Aproximadamente el 97% del agua del planeta es agua salina, en mares y océanos; apenas 3% del agua total es agua dulce (no salina) y de esa cantidad un poco más de dos terceras partes se encuentra congelada en los glaciares y casquetes helados en los polos y altas montañas (Vickie, 1999).

Desde los mares, ríos, lagos, e incluso desde los seres vivos, se evapora agua constantemente hacia la atmósfera, hasta que llega un momento en que esa agua se precipita de nuevo hacia el suelo. De esta agua que cae, una parte se evapora, otra se escurre por la superficie del terreno hasta los ríos, lagos, lagunas y océanos, y el resto se infiltra en las capas de la tierra, y fluye también subterráneamente hacia ríos, lagos y océanos. Esta agua subterránea es la que utilizan los vegetales, los cuales la devuelven después de nuevo a la atmósfera.



De esta manera la naturaleza garantiza que el agua no se pierda y pueda volver siempre a ser utilizada por los seres vivos (Vickie, 1999).

### **3.2.1 Calidad del agua para consumo humano**

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua (ONU-DAES, 2014).

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y biológicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico (ONU-DAES, 2014).

A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de



combustibles fósiles y de los incendios forestales. Los lagos y los pantanos son especialmente susceptibles a los impactos negativos de la eutrofización debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de las cuencas de drenaje. Las concentraciones de nitrógeno superiores a 5 miligramos por litro de agua a menudo indican una contaminación procedente de residuos humanos o animales o provenientes de la escorrentía de fertilizantes de las zonas agrícolas.

Cabe apuntar que es cada vez mayor la preocupación acerca del impacto en los ecosistemas acuáticos de los productos cosméticos y farmacéuticos como las píldoras anticonceptivas, analgésicos y antibióticos. Poco se sabe de sus efectos a largo plazo sobre los humanos y los ecosistemas(ONU-DAES, 2014).

### 3.3 EL FLÚOR

El Flúor es un elemento químico, su número atómico es el 9, situado en el grupo de los halógenos (grupo 17) de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es F, es un gas a temperatura ambiente, de color amarillo pálido, formado por moléculas diatómicas  $F_2$  (Beltrán, 2012).

Su nombre fue sugerido a Sir Humphry Davy en 1812. Sin embargo, fue posible aislarlo a principios del siglo XX, trabajo realizado por Ferdinand Frédéric Henri Moissan, Premio Nobel en 1906. La gran problemática existente era su electronegatividad y por lo tanto, su ión era el más difícil de oxidar.

Debido al comportamiento químico del Flúor, este ha sido considerado como el más activo de todos los iones elementales. Es demasiado reactivo para existir en su estado elemental, en la naturaleza y en su forma pura es altamente peligroso, causando graves quemaduras químicas en contacto con la piel(Beltrán, 2012).



El flúor se lo puede encontrar en las rocas, en combinación con minerales, rocas volcánicas, agua de mar, en los yacimientos de sal de origen marino, agua de los ríos, lagos, mares en concentraciones diversas.

El flúor es el elemento esencial y componente importante en la estructura de huesos y dientes, está presente en forma natural en el agua de consumo humano (Beltrán, 2012).

### **3.3.1 Los fluoruros, el fluoruro de hidrógeno y el flúor**

Son sustancias químicamente relacionadas. El flúor es un gas natural de color amarillo pálido a verde de olor penetrante. Se combina con metales para producir fluoruros tales como el fluoruro de sodio y el fluoruro de calcio, ambos sólidos de color blanco. El fluoruro de sodio se disuelve fácilmente en agua, pero no así el fluoruro de calcio. El flúor también se combina con hidrógeno para producir fluoruro de hidrógeno, un gas incoloro. El fluoruro de hidrógeno se disuelve en agua formando ácido fluorhídrico (ATSDR, 2010).

A menudo se añaden fluoruros a una variedad de productos dentales, pasta dental y enjuagues dentales para prevenir caries dentales (ATSDR, 2003).

### **3.3.2 Ciclo del flúor**

El flúor no puede ser destruido en el ambiente; solamente puede cambiar de forma. El flúor forma sales con minerales en el suelo. El gas fluoruro de hidrógeno será absorbido por la lluvia, las nubes y la niebla y formará ácido fluorhídrico, el que caerá a la tierra. Los fluoruros liberados al aire por volcanes y la industria son transportados por el viento y la lluvia a aguas, suelo y fuentes de alimentos cercanas. En el agua y en el suelo los fluoruros se adhieren fuertemente al sedimento o a partículas en el suelo.

La población general puede estar expuesta a los fluoruros en el aire, alimentos, agua potable y suelo contaminados (ATSDR, 2003).





### 3.3.3 Toxicocinética del flúor

#### 3.3.3.1 Absorción

Las fuentes de flúor pueden ser inorgánicas y orgánicas. El aporte habitual de flúor a nuestro organismo es a partir de fluoruros inorgánicos. La solubilidad de estas sustancias no es uniforme, hay fluoruros solubles, como el fluoruro sódico (NaF), el ácido fluorhídrico (HF), que se absorben casi totalmente (75-90%) y otros compuestos menos solubles como el fluoruro cálcico ( $\text{CaF}_2$ ), el fluoruro magnésico ( $\text{MgF}_2$ ) y el fluoruro de aluminio ( $\text{AlF}_3$ ).

Dependiendo de su solubilidad, estos compuestos liberan iones de flúor, Los iones fluoruro de la dieta en forma de compuestos solubles, como el Fluoruro de sodio, se absorben rápidamente en una proporción del 80%, Cantidades elevadas de iones de calcio, magnesio y aluminio reducen su absorción, al formar fluoruros menos solubles (García, 2006).

El flúor generalmente lo ingerimos como bebida, comida o como droga (NaF) en tabletas. Dependiendo de las características físico-químicas de sus componentes y de la solubilidad, una cantidad variable de la dosis de flúor ingerida será absorbida y alcanzará el torrente circulatorio.

El fluoruro se absorbe fundamentalmente en el estómago y en el intestino delgado, la absorción está relacionada con la acidez gástrica. Cuando el flúor en forma iónica ( $\text{F}^-$ ) entra en el estómago, se combina rápidamente con los iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y se convierte en ácido fluorhídrico (HF), una molécula sin carga que atraviesa fácilmente las membranas biológicas, incluyendo la mucosa gástrica (García, 2006).

#### 3.3.3.2 Distribución

El flúor se distribuye desde el plasma a todos los órganos y tejidos en función de la perfusión sanguínea que se produce en ellos. En general, la concentración de flúor presente en los tejidos blandos es baja. En el caso del riñón hay una concentración



más alta que en el plasma, en cambio en el tejido adiposo y en el cerebro las concentraciones son menores. Existe una relación directa entre la concentración de flúor en la sangre materna y la fetal, las concentraciones de flúor en la sangre del cordón umbilical representan el 75% de la concentración en la sangre materna. El flúor que pasa al feto es rápidamente captado para la calcificación de huesos y dientes.

Aproximadamente, el 99% de todo el flúor del organismo se encuentra en los tejidos calcificados (huesos y dientes). La cantidad acumulada en estos, depende de la cantidad ingerida, la duración de la exposición (García, 2006).

Los tejidos dentales experimentan una alta captación de flúor durante su desarrollo, pero la ausencia de remodelación y la mínima actividad metabólica después de la erupción, no permiten considerar un intercambio con el plasma, tal como se produce en el hueso.

En la fase de maduración preeruptiva el flúor presente en los fluidos que rodean la corona se incorpora a los tejidos mineralizados, dando lugar a fluorapatita y fluorhidroxiapatita. Este flúor incorporado es mayor en la zona externa del esmalte que en el interior y mayor en dientes permanentes que en temporales. El diente recién erupcionado sufre un proceso de desmaduración posteruptiva que dura fundamentalmente dos años, durante el cual, si la concentración de iones flúor en la saliva y en la placa dental es elevada, se formarán cristales con mayor resistencia a la desmineralización (García, 2006).

### **3.3.3.3 Excreción**

El flúor se excreta por la orina, las heces, la saliva, el sudor y en menores cantidades por el pelo, la piel, y la leche.

El flúor eliminado por las heces corresponde a una pequeña fracción (10-15%) del ingerido, que no ha sido absorbida en el intestino por su forma insoluble. La eliminación por el sudor es muy pequeña y está sometida a grandes variaciones



climáticas e individuales, por lo que se considera prácticamente despreciable. En la saliva, se considera escaso su papel como vía de excreción del flúor, solo el 0.1-0,2% del flúor ingerido aparece en saliva, la concentración de flúor en saliva varía dependiendo de la exposición previa a productos fluorados y del tiempo transcurrido. El flúor se elimina principalmente por orina. Se filtra por el glomérulo y se reabsorbe en los túbulos por difusión pasiva. La excreción renal se realiza de una forma relativamente rápida, una tercera parte del flúor absorbido aparece en orina a las 3-4 horas de absorbido, eliminándose casi totalmente en 12 horas. La excreción máxima se produce a las 1,5-3 horas de la ingestión (García, 2006).

La cantidad de flúor eliminada depende de diversos factores, entre los que se incluyen la edad del individuo, la composición de la dieta, la cantidad de orina excretada, el pH urinario, la integridad del riñón, la presencia de insuficiencia renal sobre todo si modifica la filtración glomerular, puede alterar el proceso de eliminación (García, 2006).

Durante el periodo de crecimiento la eliminación en orina es más baja, debido a que la cantidad de este ión que se está acumulando en los huesos y en los dientes aumenta.

El flúor que se excreta puede ser monitorizado además mediante otras pruebas biológicas. Los biomarcadores de flúor son valores que sirven para identificar el consumo deficiente o excesivo y la disponibilidad biológica del flúor. La OMS los define como: marcadores actuales (orina, plasma y saliva), marcadores recientes (uñas y pelo) y marcadores históricos (huesos y dientes) (García, 2006).

### **3.3.4 Toxicidad de los fluoruros**

El fluoruro biológicamente es un elemento con alta compatibilidad con el calcio de los huesos, con una variedad de efectos tóxicos si es usado negligentemente, pero también puede convertirse en una excelente ayuda si su uso es controlado de manera segura y gradual.



### 3.3.4.1 Intoxicación aguda

Puede ocurrir al ingerir accidentalmente dosis únicas de fluoruros del orden de 0.5 a 8 mg/kg/día, la dosis letal (DL) de F<sup>-</sup> se encuentra entre 32 a 64 mg/kg/día

Siendo los signos y síntomas de intoxicación oral aguda; sialorrea, náuseas, dolor abdominal, vómitos, hematemesis, diarrea que puede ser sanguinolenta, deshidratación, irritabilidad, parestesias, tetania, convulsiones, hipocalcemia, hipocoagulabilidad sanguínea, hipotensión arterial, fibrilación ventricular (Salazar, 2010).

Los valores referentes a las dosis tolerables y letales para niños de 2 a 14 años, con sus respectivos pesos promedios como se describe a continuación.

Tabla 1. Dosis máximas tolerables y letales de F<sup>-</sup> para niños de 2 a 14 años de edad

Edad (años)	Peso corporal (Kg)	Dosis máxima tolerable (mg F <sup>-</sup> )	Dosis letal (mg F <sup>-</sup> )
2	9,98	80	320
4	13,15	106	422
6	16,78	135	538
8	20,412	164	655
10	24,04	193	771
12	29,03	233	931
14	37,648	301	1206

Fuente: Gómez- Soler, 2001

La American Dental Association (ADA) recomienda que no se administre más de 264 mg de NaF en una sola oportunidad, para evitar accidentes en niños menores de seis años (Cornejo, 2001).



### 3.3.4.2 Toxicidad crónica del flúor.

La acumulación persistente de flúor en el hueso favorece la actividad osteoblástica, lo que en algún momento se consideró como beneficioso en el tratamiento de la osteoporosis.

El tejido óseo neoformado no mantiene la estructura del tejido óseo normal, siendo un hueso más denso pero menos elástico, lo que lo hace más susceptible de fracturarse (Ortiz, s/a).

La acumulación de flúor en el diente produce cambios similares en el esmalte con la aparición de fluorosis, defecto en la mineralización del esmalte dentario secundario a exceso de flúor durante su formación. La fluorosis se evidencia inicialmente en un aspecto moteado del diente por depósito de sustancias coloreadas de la alimentación en un diente poroso, hasta deformación y destrucción importante de los dientes (Ortiz, s/a).

Estudios realizados por Fejerskov (1990), demostraron que las tinciones podían ir empeorando debido a que el esmalte dental defectuoso va haciéndose, con el paso del tiempo, más poroso, y más vulnerable a cambios en su composición y apariencia, e incluso puede darse el caso de que estas manchas cafés se tornen de color negro (Salazar, 2010).

La Dosis Oral crónica de referencia (Oral DRf) que reporta la USEPA para niños de 20 kg y que ingieren 1L al día de agua fluorada es de 0,06 mg/kg/día (IRIS USEPA, 2012).

### 3.3.4.3 Tratamiento.

Luego de una intoxicación aguda con flúor consistirá en la inducción del vómito, ya que este es emético y la administración inmediatamente después, con un elemento que capture este ion de flúor libre, tal como el hidróxido de calcio, leche o antiácidos que contengan aluminio coloidal o magnesio luego se debe asistir a un cuarto hospitalario para proseguir con un lavado estomacal con alguna de estas sustancias.



Al presentarse signos y síntomas de convulsiones o espasmos musculares, la recomendación consiste en la administración por vía intravenosa de gluconato de calcio junto con suero glucosado con el objeto de evitar el shock (Cornejo, 2007).

#### **3.3.4.4 Regulaciones de agua potable de la Agencia de protección Ambiental (EPA) para el fluoruro**

En 1974, el Congreso aprobó la Ley de Agua Potable Segura. Esta ley requiere que la EPA determine el nivel de contaminantes en el agua potable a la que no tiene efectos adversos para la salud y no son probables de ocurrir.

Basadas únicamente en los posibles riesgos para la salud y la exposición durante toda la vida, con un margen de seguridad adecuado, se denomina nivel máximo de contaminante objetivo (MCLG). Los contaminantes son las sustancias químicas, físicas, biológicas o radiológicas o materia en el agua que pueden causar daño en la salud humana (USEPA, 2013)

El MCLG para el fluoruro es de 4,0 mg/L ó 4.0 ppm. La EPA ha establecido este nivel de protección, basado en la mejor ciencia disponible para prevenir posibles problemas de salud. La EPA ha establecido una norma aplicable para el fluoruro, llamado un nivel máximo de contaminante (MCL), a 4,0 mg/L o 4.0 ppm

El nivel máximo de contaminante se establecen tan cerca de los objetivos de salud como sea posible, teniendo en cuenta los costos, los beneficios y la capacidad de los sistemas públicos de agua para detectar y eliminar los contaminantes mediante tecnologías de tratamiento adecuados (USEPA, 2013).

La EPA también ha establecido una norma secundaria (SMCL) para el fluoruro en el 2,0 mg/L o 2.0 ppm. Las normas secundarias son: Pautas no obligatorias sobre niveles de contaminantes que pueden causar efectos cosméticos (como la piel o decoloración de los dientes) o efectos estéticos (como el sabor, olor o color) en el agua potable. La EPA recomienda los estándares secundarios para los sistemas de agua. Sin embargo, los estados pueden optar por adoptar como normas de obligado cumplimiento.



La decoloración de los dientes es causada por exposiciones excesivas de fluoruro durante el período de formación antes de la erupción de los dientes en los niños. El estándar secundario de 2,0 mg/L pretende ser una guía para un nivel de límite superior en las áreas que tienen altos niveles de fluoruro que ocurre naturalmente. El nivel de la SMCL se estableció sobre la base de un balance de los efectos beneficiosos de protección contra las caries y los efectos indeseables de las exposiciones excesivas que conduzcan a la decoloración.

Los Estados pueden establecer normas más estrictas para el fluoruro que los tomados por la EPA (USEPA, 2013).

### **3.4 FLUOROSIS DENTAL**

La Fluorosis dental es el primer signo de sobredosis de Flúor debido a la ingestión crónica del mismo durante la etapa de formación del diente, y se presenta en sus fases iniciales como un problema estético que se caracteriza por la presencia de manchas blancas pequeñas en su forma más leve, en su forma moderada manchas oscuras y en su forma severa presenta pérdida del esmalte y pequeños hoyuelos.

#### **3.4.1 Causas de la Fluorosis dental**

La Fluorosis ocurre cuando el Flúor interactúa con los tejidos durante la mineralización, se trata de una hipomineralización de la superficie del esmalte con incremento de la porosidad y una apariencia opaca, pudiendo extenderse hasta la dentina en los casos más severos.

El desarrollo de la Fluorosis depende en gran parte de la dosis, duración y tiempo de la exposición al flúor.

El Flúor no solo se incorpora al diente sino que también es encontrado en el plasma, las uñas, orina, saliva, cabello y huesos, estos junto con la Fluorosis dental se consideran marcadores biológicos (alteraciones celulares, bioquímicas y



moleculares sujetos a medición, ya sea dentro de la célula, los tejidos o los fluidos) y se utilizan para estudiar concentraciones de Flúor en el organismo.

### **3.4.2 Daños que causa la Fluorosis dental.**

La Fluorosis afecta tanto diente permanente como deciduos (dientes primarios o no permanentes), como es una alteración sistémica hay cierta simetría en el grado de afección de los dientes homólogos en cada lado de la cavidad bucal, todas las superficies de las piezas dentales pueden estar igualmente afectadas o no todas las superficies dentales se afectan igualmente.

El grado de afección de diferentes grupos es uno de los rasgos más característicos de la Fluorosis dental y depende de la edad cronológica de la exposición al flúor.

La Fluorosis en dientes deciduos es un predictor de Fluorosis en dentición permanente sobre todo para dientes anteriores y esto debe servir para alertar a los padres.

### **3.4.3 Fluorosis dental en el Ecuador**

Estudios realizados por Salazar (2012) determina la prevalencia de Fluorosis y su grado de severidad en los niños de 6-15 años de edad en distintos sectores del valle de Tumbaco - Pichincha. Los sectores que predominaron con presencia de fluorosis fueron Pifo (24%), Yaruquí (21,3%), Puembo (18.70%), Collaquí (14.7%) y El Arenal (12%).

Estudios realizados por GÓMEZ (2011) Ambato. Se constató que la afección de la Fluorosis Dental en estudiantes de la Escuela Fiscal Mixta "Luis Vivero" es del 97%, por lo que es importante tomar medidas de prevención y educación en la población, para de esta manera brindar una mejor calidad de vida y evitar que generaciones futuras se vean igualmente afectadas.





### 3.5 Métodos disponibles para la eliminación del fluoruro del agua potable

Se pueden clasificar en

- Métodos de precipitación-floculación
- Métodos de adsorción
- Procesos que implican la evaporación del agua
- Procesos basados en tecnologías de membranas.

Los métodos de los tres primeros grupos engloban distintas técnicas según se trate de aplicaciones industriales o de sistemas domésticos. Por ejemplo, los procesos que implican evaporación del agua van desde las técnicas de desalación basadas en la utilización de energía térmica o solar hasta los destiladores solares unifamiliares, que son pequeños recipientes cubiertos de plástico o vidrio que recoge y canaliza el agua evaporada en su interior hacia un depósito de consumo (Roberto, 2007).

Los métodos basados en la tecnología de membranas no suelen considerarse adecuados para países en desarrollo, pero pueden representar una alternativa viable para instalaciones de tamaño medio.

Los métodos más utilizados en los países en desarrollo son los de precipitación-floculación, que pueden adoptar formas caseras, como la precipitación sobre carbón vegetal o animal o formas semi-industriales como el método Nalgonda y sus variantes basadas en la precipitación química con reactivos cálcicos, que es el método convencional para la eliminación de fluoruros en aguas (Roberto, 2007).

Si la precipitación se complementa con una floculación-sedimentación utilizando sales de aluminio (sulfato de aluminio hidratado), se obtiene una concentración de fluoruro suficientemente baja como para que el agua pueda ser sometida a un proceso de potabilización (1-2 mg/L).

La técnica se denomina Nalgonda y fue desarrollada originalmente por el National Environmental Engineering Research Institute de India (NEERI) para su uso en pequeñas instalaciones comunitarias o familiares. El proceso tiene lugar mediante la adición, a la vez o sucesivamente, de carbonato de calcio y sulfato de aluminio en un



tanque. En las condiciones alcalinas obtenidas tras la adición del carbonato, el sulfato de aluminio forma flóculos de hidróxido de aluminio  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Durante la sedimentación, los flóculos arrastran el fluoruro y otros iones mediante fuerzas electrostáticas. El tiempo necesario para la sedimentación de los flóculos es de unas cuatro horas. El pH debe de estar en el rango 5–8 para evitar que el aluminio pase a la disolución en diversas formas ( $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ), la ventaja principal se basa en su bajo coste (Roberto, 2007).

Factores que complican el método de precipitación-floculación, es la excesiva salinidad del agua, que aumentaría con el tratamiento, por lo que no es recomendable para aguas con sólidos totales disueltos por encima de 1500 mg/L. Tampoco da buenos resultados para aguas con más de 20 mg/L de fluoruro. (Rosal, 2007).

### 3.6 Evaluación del riesgo toxicológico

Consiste en identificar el peligro y cuantificarlo. La información surgida se utiliza después para una comunicación a la población afectada (Capo, 2007).

El proceso de evaluación de riesgo consta de cuatro etapas.

- Identificación del peligro
- Análisis de la exposición
- Evaluación de la toxicidad
- Caracterización del riesgo

#### 3.6.1 Identificación del peligro

Esta es la primera etapa del proceso de la evaluación de riesgo, y consiste en un análisis de la fuente que origina el peligro. Este procedimiento implica determinar in



situ la identidad del contaminante o mezcla de contaminantes, su nomenclatura, la concentración y propiedades.

Se debe realizar un muestreo, y análisis químicos. Estos datos servirán para llevar a cabo la determinación de la exposición a los contaminantes (Capo, 2007).

### **3.6.2 Análisis de exposición.**

Se determina, la magnitud, la frecuencia, la duración y la vía de exposición, con el objeto de estimar la concentración y las dosis a las que está expuesta la población en riesgo (Capo, 2007).

Las principales tareas que se deben realizar en esta fase son.

- Reconocer la población que puede estar potencialmente expuesta.
- Identificar las vías potenciales de exposición.
- Estimar la concentración del agente tóxico a la que está expuesta la población.
- Determinar la cantidad de tóxico ingerido.

Una de las tareas más importantes y críticas es la determinación de la concentración del contaminante tóxico a la que está expuesta la población. Para ello se recurre a los datos obtenidos en los muestreos y a los datos obtenidos en la etapa anterior.

Para la evaluación de la cantidad de tóxico ingerido se requiere conocer tres tipos de variables.(Capo, 2007).

- Relacionadas con el contaminante: Su concentración.
- Variables relativas a la población expuesta: Velocidad de contacto, duración, masa corporal.
- Variables temporales, como ocurre con el promedio de exposición.



Ecuación para estimar la ingestión del tóxico (I) expresada en mg/kg/día según Capo (2007), es la siguiente:

$$I = \frac{C \times V \times D \times F \times E}{PC \times t}$$

I= Ingestión del Tóxico

C= Concentración de exposición en un tiempo determinado y se expresa en mg/kg si se trata de un suelo, mg/L para el agua y mg/m<sup>3</sup> para el aire

Vc= Velocidad de contacto, es decir, la cantidad de medio contaminado que contacta por unidad de tiempo (kg/día, L/día, m<sup>3</sup>/día)

D= Duración de la exposición en años

FE= Frecuencia de la exposición (día/año)

PC = Masa corporal

t= Tiempo de exposición en días

### 3.6.3 Evaluación de la toxicidad

La evaluación de la toxicidad consiste en la adquisición de datos y en su evaluación para cada uno de los contaminantes que ocasionan el peligro.

Normalmente en esta etapa se utiliza la dosis de referencia (DRf), que son parámetros utilizados en reglamentaciones y normativas, cuyo valor se basa en la correspondiente cantidad a partir de la cual no se observan efectos negativos. En concreto, su valor da una indicación de la exposición diaria de una población sin que experimente ningún efecto adverso y se expresa en mg/kg/día. (Capo, 2007).



### 3.6.4 Caracterización del riesgo.

La caracterización del riesgo tiene por objetivo el cálculo del riesgo para todos los receptores que están expuestos a los contaminantes. Para ello se determina el índice de peligro (IP), y se expresa según Capó (2007), como:

$$IP = \frac{I}{DRf}$$

Donde

IP= Índice de peligro

I= cantidad de tóxico ingerido mg/kg/día

DRf= Dosis oral de referencia mg/kg/día

Si el valor del IP es inferior a 1, entonces los receptores expuestos al contaminante no están en peligro, mientras que para valores superiores ocurre lo contrario. (Capó, 2007).



## **CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 SITIO DE ESTUDIO**

La presente investigación se llevó a cabo en:

Comunidad Atapo Culebrillas con 218 habitantes (GAD Guamote) perteneciente a la parroquia Palmira cantón Guamote provincia de Chimborazo.

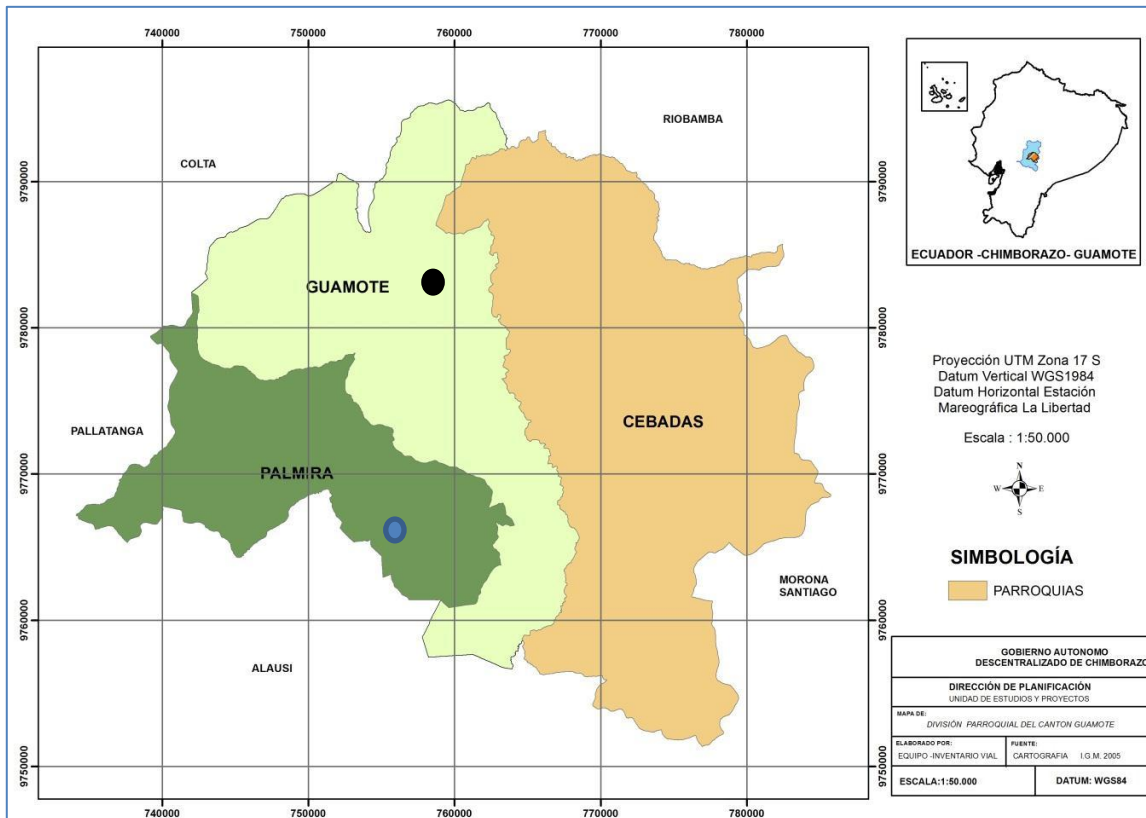
Comunidad Santa Teresa con 429 habitantes (GAD Guamote) perteneciente a la parroquia Matriz cantón Guamote provincia de Chimborazo.

#### **4.1.1 Cantón Guamote**

##### **4.1.1.1 Situación geográfica**

El cantón Guamote se sitúa en el centro de la provincia de Chimborazo, Su cabecera cantonal es la ciudad de Guamote. Tiene una altura media de 3050 msnm. La temperatura media anual del cantón es de 13,7 °C. El cantón tiene una extensión territorial de 1223,3 Km<sup>2</sup> que representa el 18,9 % de la extensión provincial siendo el segundo cantón más extenso de los que integran la provincia de Chimborazo.

Limita al norte con los cantones Colta y Riobamba, al sur con el cantón Alausí, al este con la provincia de Morona Santiago y al oeste con el cantón Pallatanga.



● Santa Teresa

● Atapo Culebrillas

FUENTE: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013.  
**FIGURA 1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO - CANTÓN GUAMOTE.**

Los análisis Físico químicos y microbiológicos fueron realizados en el Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica y ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## 4.2 Caracterización de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa.

### 4.2.1 Actividades de campo

Se realizó una planificación del muestreo tomando en cuenta el acceso y la factibilidad de la toma de muestra.



Se identificó la zona: fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad Atapo Culebrillas y Santa Teresa, una vez en el lugar se tomaron las coordenadas del punto de muestreo.

Atapo Culebrillas: 17 M 0754751 / 9765382 UTM

Santa Teresa: 17 M 0755245 / 9783512 UTM

El periodo experimental tuvo una duración de dos semanas, la toma de muestra se realizó dos veces por semana, para lo cual se utilizó frascos de plástico con una capacidad de un litro, para la toma de muestra del análisis microbiológico se utilizaron frascos estériles con capacidad de 150mL.

Las muestras fueron tomadas según requerimientos del Standar Methods (2012),

En el lugar de muestreo los frascos se los trataron de la siguiente manera, antes de tomar la muestra se lavó dos veces los frascos con el agua a ser muestreada, se llenaron los envases por completo, se añadió 2 mL  $\text{HNO}_3$  como conservante a la muestra para los análisis de (Dureza total, Hierro, Cadmio y Arsénico).

Para la toma de muestra para el análisis microbiológico no se llenaron los frascos completamente dejándose un espacio para aireación.

Las muestras se etiquetaron, donde se reportó fecha y hora de muestreo, persona que toma la muestra, punto de muestreo, ubicación geográfica y código de la muestra.

Las muestras se transportaron bajo refrigeración en una caja térmica para la realización de los respectivos análisis.





Tabla 2. Requerimientos especiales para toma de muestras

Determinación	Envase	Tamaño mínimo de la muestra mL.	Conservación	Tiempo máximo de conservación
Potencial Hidrogeno	P, V	100	Analizar inmediatamente	2 horas
Dureza	P, V	100	Anadir HNO <sub>3</sub> hasta pH<2	6 meses
Nitrato	P, V	100	Analizar lo antes posible, refrigerar	48 horas
Nitrito	P, V	100	Analizar lo antes posible, refrigerar	28 días
Fluoruros	P	300	Ninguno	28 días
Solidos disueltos	P, V	100	Refrigerar	7 días
Sulfatos	P, V	100	Refrigerar	28 días
Turbiedad	P, V	100	Guardar en obscuridad hasta 24 h, refrigerar	24 horas
Demanda Bioquímica de Oxígeno	P, V	1000	Refrigerar	48 horas
Hierro	P, V	100	Anadir HNO <sub>3</sub> hasta pH<2	6 meses
Oxígeno disuelto	botella BOD	300	Analizar inmediatamente	0.5 horas
Cadmio	P(A), V(A)	100	Anadir HNO <sub>3</sub> hasta pH<2	6 meses
Arsénico	P(A), V(A)	100	Anadir HNO <sub>3</sub> hasta pH<2	6 meses

P= Plástico

V= Vidrio



P(A), V(A) = Lavado con  $\text{HNO}_3$  (Standard Methods)

Las muestras fueron analizadas en el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo CESTTA para la realización de los análisis físicos químicos y microbiológicos.

#### 4.2.2 Actividades de laboratorio

Análisis Físicos químicos y microbiológicos

##### 4.2.2.1 Determinación de pH

Se determinó el potencial Hidrógeno (pH) de las muestras de agua mediante el método potenciométrico APHA 4500 H B (2012), se utilizó un pHmetro marca Termo el cual se lo calibró con dos soluciones buffer de pH 7 y 4, se realizó la verificación de la calibración con el buffer de pH 7, se homogenizó la muestra mediante agitación y se la colocó en un vaso de precipitación de 250mL, se sumergió el electrodo en la muestra hasta que se estabilice el equipo, se procedió a tomar la lectura.

##### 4.2.2.2 Determinación de dureza total

La Dureza Total (DT) se la realizó mediante el método volumétrico APHA 2340 C (2012), se utilizó un titulador digital (Triator HACH), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de Dureza de 500 mg/L, se tomó 100 mL de muestra y se la colocó en un erlenmeyer de 250mL, se añadió 2 mL de Hardness 1 buffer Solution y un sachet de Man Ver 2 Hardness Indicator a la muestra, se agitó y se procedió a titular con EDTA 0,800 +/- 0,004 M hasta viraje de color, de color rojo vino (inicial) a color azul (final), y se anotó los resultados.



#### 4.2.2.3 Determinación de oxígeno disuelto

El análisis de oxígeno disuelto (OD) se lo realizó in situ, mediante el método de quimioluminiscencia APHA 4500 - O G (2012), se utilizó un multiparámetros (HACH), se calibró y verificó el equipo en 0.00 mg/L de O<sub>2</sub>, se sumergió la sonda en el pozo recolector del agua hasta que la lectura dada por el equipo se estabiliza, se procedió a tomar la lectura.

#### 4.2.2.4 Determinación de sulfatos

La determinación de Sulfatos(SO<sub>4</sub>) se la realizó mediante el método espectrofotométrico STANDAR METHODS 4500 SO<sub>4</sub> E (2012), se utilizó unEspectrofotómetro (HACH DR/2800), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de SO<sub>4</sub> de 50 mg/L, se tomó 25 mL de muestra en una celda para encerrar el equipo, se añadió un sachet de Sulfa Ver 4 Reagent Powder Pillow ala muestra, se agitó por 30 seg y se esperó 5 min como periodo de reacción, se trasladó la celda al espectrofotómetro y se leyó la muestra a una longitud de onda de 450 nm.

#### 4.2.2.5 Determinación de DBO<sub>5</sub>

La determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) se la realizó mediante el método respirométrico STANDAR METHODS 4500 5210 (2012), se utilizó un multiparámetros (HACH) para la medición del oxígeno disuelto. Se preparó el agua de dilución (se añadió 1ml de las soluciones: tampón fosfato, sulfato de magnesio (MgSO<sub>4</sub>), cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) y cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>) a 1 litro de agua). Al agua de dilución se añadió una población de microorganismos para preparar el control de siembra.



Se realizó la dilución de la muestra con el agua de dilución, se colocó la muestra y el control de siembra en dos frasco winkler respectivamente hasta que rebose, se determinó la concentración de oxígeno disuelto de la muestra y en el control de siembra (mg/L), se incubo la muestra durante 5 días en una cabina Oxitop (WTW) a  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , después de 5 días de incubación se realizó la medición de la concentración de oxígeno disuelto a la muestra, se realizó la verificación del método mediante la realización de un estándar de 280 mg/L Los resultados se calcularon mediante la siguiente formula.

#### Tratamiento de Resultados

$$DBO_5(mg / L) = \frac{(D1 - D2) - (B1 - B2)}{P}$$

Dónde:

D1 = OD inicial de la muestra diluida (mg/L).

D2 = OD final de la muestra diluida (mg/L).

B1 = OD inicial del control de siembra (mg/L).

B2 = OD final del control de siembra (mg/L).

P = fracción volumétrica decimal de muestra usada. (Volumen muestra/volumen de aforo).

#### 4.2.2.6 Determinación de Fluoruros

La determinación de Fluoruros ( $F^-$ ) se la realizó mediante el método espectrofotométrico STANDAR METHODS 4500 D (2012), se utilizó Espectrofotómetro (HACH DR/2800), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de  $F^-$  de 2 mg/L, se tomó 10 mL de agua desionizada para el blanco y 10 mL de muestra, se colocaron en celdas diferentes, se añadió 2 mL reactivo de Spands al blanco y a la muestra, se agitó por 10 seg y se esperó 1min como



periodo de reacción, se enceró el equipo con la celda del blanco y se leyó la muestra a una longitud de onda de 580 nm.

#### 4.2.2.7 Determinación de Turbidez

La determinación de Turbidez se la realizó mediante el método nefelométrico EPA 180.1, se utilizó turbidímetro (HACH), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de turbiedad de 16 NTU, se tomó 10 mL de agua desionizada para el blanco, se colocó en el receptáculo del equipo y se procedió a encerrarlo, se añadió 10mL de muestra a una celda y se realizó la lectura.

#### 4.2.2.8 Determinación de Nitratos

La determinación de Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) se lo realizó mediante el método espectrofotométrico APHA, 4500- $\text{NO}_3$  A (2012), se utilizó un espectrofotómetro (Acuamate Thermo), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de  $\text{NO}_3$  de 3mg/L, se tomó 10 mL de muestra en una celda para encerrar el equipo, se añadió un sachet de Nitra Ver 5 a la muestra, se agitó por 30 seg, se esperó 5min como tiempo de reacción, se trasladó la celda al espectrofotómetro y se leyó la muestra a una longitud de onda de 500 nm.

#### 4.2.2.9 Determinación de Nitritos

La determinación de Nitritos ( $\text{NO}_2$ ) se lo realizó mediante el método espectrofotométrico STANDARD METHODS 4500- $\text{NO}_2$  B (2012), se utilizó unespectrofotómetro (Acuamate Thermo), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de  $\text{NO}_2$  de 0.5 mg/L, se colocó 20 mL agua desionizada en una celda (blanco) para encerrar el equipo, se tomó 20 mL de muestra en un celda y se añadió el reactivo para nitritos (Ac. Fosfórico, sulfanilamida), se esperó 20 min como tiempo de reacción y se leyó la muestra a una longitud de onda de 543nm.



#### 4.2.2.10 Determinación de Sólidos totales disueltos

La determinación de Sólidos totales disueltos (STD) se lo realizó mediante el método gravimétrico STANDARD METHODS 2540 C (2012), se utilizó una estufa (Thermo) a 180°C, la temperatura se verificó mediante un termómetro patrón (WTW), se inició con el tarado de la cápsula de porcelana para ello se colocó la cápsula de porcelana en una estufa a 180 °C por 3 horas, luego se retiró y se colocó en un desecador, se enfrió por 2 h y se procedió a pesar en una balanza analítica (Ohaus).

Se procedió a homogenizar la muestra mediante agitación, luego se procedió a armar el equipo de filtración (Millipore), se filtró 100mL de muestra por un filtro de nylon de 0.05 um, el filtrado se lo colocó en una cápsula de porcelana y se evaporó a sequedad en una plancha caliente, se llevó la cápsula de porcelana con la muestra a una estufa a 105 °C por 3 h, luego se sacó la cápsula y se la colocó en un desecador por 2 h, se procedió a pesar en la balanza analítica, los cálculos se lo realizaron mediante la siguiente fórmula:

$$STD = \frac{W_f - W_o}{V}$$

Donde

STD= Sólidos totales disueltos

W<sub>o</sub>= Peso de la cápsula tarada

W<sub>f</sub>= Peso de la cápsula más la muestra después de secado a 180 °C

V= Volumen de muestra.



#### 4.2.2.11 Determinación de Hierro y Cadmio.

La determinación de Cadmio (Cd) y hierro (Fe) se lo realizó mediante el método espectrofotométrico de Absorción Atómica STANDARD METHODS 3111-B (2012), se utilizó espectrofotómetro A.A (Shimadzu), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de Cd (0.08 mg/L) y Fe (0.4 mg/L), se colocó 100 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250mL, se añadió 10 mL de HNO<sub>3</sub> (1:1) y se procedió a digestar la muestra durante 2h en una plancha caliente a 95 °C +/-5 ° C, se retiró y se dejó enfriar la muestra, luego se añadió 2 mL de agua destilada y 3 mL de peróxido de hidrógeno al 30%, se procedió a digestar durante 2 horas más, o hasta tener un residuo de aproximadamente 10 mL, se enfrió y filtró la muestra, luego se aforó el filtrado en un balón de 50 mL, se procedió a realizar la lectura de Hierro a una longitud de onda de 248 nm y Cadmio a una longitud de onda de 228 nm

Los resultados fueron calculados mediante la siguiente fórmula.

$$C = \frac{LxVaxf}{1000xVo}$$

Donde

C= Concentración del metal muestra (mg/L)

L= Lectura del equipo mg/L

Va= Volumen de aforo

f= Factor de dilución

Vo= Volumen inicial de la muestra



#### 4.2.2.12 Determinación de Arsénico

La determinación de Arsénico (As) se lo realizó mediante el método espectrofotométrico de emisión atómica EPA 200.7, se utilizó un ICP atómico (Shimadzu), se realizó la verificación del equipo mediante la lectura de un estándar de As de 0.02 mg/L, se colocó 10 mL de muestra en un tubo plástico para microondas, se añadió 1mL de  $\text{HNO}_{3(c)}$ , se colocó la muestra en un microondas, por 15 min, se enfrió y filtro la muestra, luego se aforó el filtrado en un balón de 50 mL, se procedió a realizar la lectura a una longitud de onda de 193 nm, los resultados fueron calculados mediante la siguiente fórmula.

$$C = \frac{LxVaxf}{1000xVo}$$

Donde

C= Concentración del metal muestra

L= Lectura del equipo ug/L

Va= Volumen de aforo

f= Factor de dilución

Vo= Volumen inicial de la muestra

#### 4.2.2.13 Determinación de Coliformes totales.

La determinación de Coliformes Totales (CT) se lo realizó mediante el método APHA 9222-B (2012), se utilizó una incubadora (Memmert) a 37°C, la temperatura se verificó mediante un termómetro patrón (WTW). Se desinfectó con alcohol la superficie de la cámara de flujo laminar (Esco), se conectó el sistema de filtrado, luego se vertió el medio m-Endo en la caja Petri, se colocó el filtro en el soporte de filtración y con ayuda de una bomba de vacío se procedió a filtrar 100mL de muestra, colocamos el





filtro en la caja Petri, y se la llevó a una incubadora a 35 °C +/- 0.5°C durante 24 h luego de este tiempo se procedió a la lectura de las colonias.

#### 4.3 Plan de monitoreo para cuantificar el ión fluoruro durante 4 meses.

Se realizó un calendario de monitoreo para la toma de muestras de las fuentes de abastecimiento de agua de la comunidades de estudio durante los meses de Junio a Septiembre, según el siguiente calendario.

##### JUNIO 2013

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

##### JULIO 2013

L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

##### AGOSTO 2013

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

##### SEPTIEMBRE 2013

L	M	M	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8



9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Se tomaron un total de 31 muestras para cada comunidad (monitoreo por criterio) durante este tiempo y se realizó el análisis de fluoruros según el procedimiento ya descrito STANDARD METHODS 4500 D (2010), los análisis se los realizó por duplicado.

#### 4.4 Riesgo de Toxicidad

##### 4.4.1 Ingestión del tóxico

Para la evaluación de la cantidad de tóxico ingerido (I) por las 2 comunidades, se determinó la concentración del tóxico presente en el agua de las fuentes de abastecimiento de las comunidades en estudio (gracias al monitoreo realizado), los datos de la velocidad de contacto, duración de la exposición, masa corporal y el promedio de exposición se lo obtuvo bibliográficamente de la base de datos de la de la IRIS EPA, se aplicó la siguiente ecuación.

$$I = \frac{C_x V C_x D_x F E}{P C_x t}$$

Donde

I= Cantidad de tóxico ingerido mg/kg/ día

C= Concentración de tóxico expresada en mg/L

Vc= Velocidad de contacto expresada en L/día

D= Duración de la exposición en años

FE= Frecuencia de la exposición (día/año)



PC= Masa corporal en kg

t= Tiempo de exposición en días

#### 4.4.2 Índice de peligro

Bibliográficamente se determinó la Dosis oral de referencia crónica (oral DRf) del Fluoruro, que para Fluorosis dental es de 0.06 mg/kg/día (en niños de 20 kg de peso corporal y como velocidad de contacto 1 L/día), la cual permitió determinar el Índice de peligro (IP) mediante la aplicación de la siguiente ecuación.

$$IP = \frac{I}{DRf}$$

Donde

IP= Índice de peligro

I= cantidad de tóxico ingerido mg/kg/día

DRf= Dosis oral de referencia mg/kg/día

#### 4.5 Alternativa para reducir el nivel de Fluoruros en las fuentes.

Se evaluó el método de Nalgonda para reducir el nivel de Fluoruros a niveles normales dictados por la legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, libro VI anexo I ( $F < 1,5$ ) para esto se realizó una prueba de jarras en el cual se midió el pH y la concentración de fluoruros no se midió turbiedad debido a que las muestras a ser analizadas tienen un nivel de turbiedad menor al límite de detección del método (límite de detección inferior del método = 0.64NTU).



Se realizó los cálculos necesarios para la preparación de soluciones a distinta concentración de Sulfato de Aluminio: 0,025%, 0,050%, 0,075%, 0,100% ,y se procedió a pesar 2 cantidades de carbonato de calcio 0,05g y 0.10g, se realizó una mezcla lenta a 50 rpm durante 5 min, ya que esta ayuda a la formación de flocs, se procedió a realizar los análisis variando la concentración y volumen del sulfato de aluminio, la adición de carbonato de calcio y el tiempo, observando con que concentración se obtenían mejores resultados de  $F^-$  y observando la variación del pH.

#### **4.6 Método estadístico.**

Para la realización de esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar, el análisis estadístico de los datos de la concentración de fluoruros durante los 4 meses de muestreo se utilizó una prueba z- normal (paquete estadístico Microsoft Excel 2010) para detectar si existe diferencia significativa en la concentración de Fluoruros entre la comunidad Atapo Culebrillas, y Santa Teresa.



## CAPITULO V: RESULTADOS

### 5.1 Caracterización de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa

El empleo de métodos físicos químicos y microbiológicos permitió caracterizar las muestras de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa, el análisis de fluoruros reveló que éste se encuentra por encima de los límites permisibles según la legislación ecuatoriana (Tabla 3).

TABLA 3. Análisis físico químico y microbiológico del agua de las fuentes de abastecimiento de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa.

Sitio de estudio	pH	DT	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	F-	SDT	SO <sub>4</sub>	Turbidez	DBO5	OD	Fe	Cd	As	CT	
	uni pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	UNT	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP	
LMP	6 a 9	500	1	10	1.4	1000	400	100	2	no < 6	1	0.01	0.05	3000	
Atapo Culebrillas M1	n= 2	7.15	174	<0.03	4.64	2.12	224	17	<0.64	<2	6.86	<0.2	<0.04	<0.005	<1
Atapo Culebrillas M2	n= 2	7.09	180	<0.03	4.20	2.36	230	14	<0.64	<2	6.94	<0.2	<0.04	<0.005	<1
Santa Teresa M1	n= 2	7.42	151	<0.03	<2.3	1.80	176	15	<0.64	<2	6.74	<0.2	<0.04	<0.005	<1
Santa Teresa M2	n= 2	7.36	154	<0.03	<2.3	2.11	180	13	<0.64	<2	6.80	<0.2	<0.04	<0.005	<1

LMP= Límite máximo permisible según la norma ecuatoriana TULSMA libro VI anexo 1

n= Número de repeticiones

### 4.2 Cuantificación del Analito que excede los límites establecidos por la normativa

Se cuantificó el ión fluoruro durante los meses de Junio a Septiembre del 2013, se encontró que existe diferencia significativa entre las dos comunidades en estudio en la concentración de fluoruros.



**TABLA 4.** Cuantificación de  $F^-$  del agua de las fuentes de abastecimiento de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa, durante los meses de Junio a Septiembre del 2013.

Fecha de muestreo	Sitio de estudio	
	Atapo Culebrillas	Santa Teresa
	F- mg/L	F- mg/L
03/06/2013	2.12	1,80
07/06/2013	2.36	2,11
11/06/2013	2.44	2,22
14/06/2013	2.29	2.27
18/06/2013	2.17	1,92
22/06/2013	2.38	2,16
26/06/2013	2.22	2,13
30/06/2013	2.47	2,28
03/07/2013	2.20	2,15
07/07/2013	2.39	2,24
12/07/2013	2.16	2,1
16/07/2013	2,71	2.33
20/07/2013	2.95	2,26
24/07/2013	2,54	2,29
28/07/2013	2,55	2,38
01/08/2013	2,47	2,36
05/08/2013	2.45	2,31
09/08/2013	2,49	2,33
13/08/2013	2.20	2,15
17/08/2013	2,49	2,28
21/08/2013	2.30	2,22
25/08/2013	2,71	2,37
29/08/2013	2.59	2,38
02/09/2013	2,71	2,6
06/09/2013	2.80	2,66
10/09/2013	2,92	2,33
14/09/2013	2.46	2,62
18/09/2013	2,81	2,68
22/09/2013	2.68	2,69
26/09/2013	2,83	2,71
30/09/2013	2.56	2,62



Sitio de estudio	N de muestras		F- mg/L	$\bar{\delta}$
Atapo Culebrillas	31	n= 2	2.66	0.17
Santa Teresa	31	n= 2	2.32	0.22

n= Número de repeticiones

### 4.3 Riesgo de Toxicidad

#### 4.3.1 Ingestión del tóxico e Índice de peligro para la fuente de abastecimiento de la comunidad Atapo Culebrillas.

Oral DRf = 0.06 mg/kg/día (niños 20 kg de peso corporal)(IRIS EPA 2012)

$$I = \frac{CxVCxDxFE}{PCxt}$$

D x FE = t(En este caso el tiempo de exposición (t) es igual a la Duración de la exposición (D) por la Frecuencia de exposición (FE) ya que la población de esta comunidad Atapo Culebrillas vive en este lugar.

$$I = \frac{CxVC}{PC}$$

C= Concentración de tóxico 2.66 mg/L

Vc= Velocidad de contacto 1 L/día

D= Duración de la exposición en años.

FE= Frecuencia de la exposición (día/año).

t= Tiempo de exposición en días.

D x FE = t = 1

PC= Masa corporal = 20 kg

I= Cantidad de tóxico ingerido mg/kg/día



$$I = \frac{2.66 \frac{mg}{L} \times 1 \frac{L}{d}}{20kg}$$

$$I = 0.133mg / kg / día$$

La ingestión de Fluoruro en la comunidad Atapo Culebrillas es 0.133 mg/kg/día

#### 4.3.2 Índice de peligro (IP)

$$IP = \frac{I}{DRf}$$

$$IP = \frac{0.133mg / kg / día}{0.06mg / kg / día}$$

$$IP = 2.22$$

El Índice de peligro (IP) para la comunidad Atapo Culebrillas es de 2.22

#### 4.3.3 Ingestión del tóxico e Índice de peligro para la fuente de abastecimiento de la comunidad Santa Teresa.

Oral DRf = 0.06 mg/kg/día (niños 20 kg de peso corporal) (IRIS EPA)

$$I = \frac{CxVCxDxFE}{PCxt}$$

D x FE = t (En este caso el tiempo de exposición (t) es igual a la Duración de la exposición (D) por la Frecuencia de exposición (FE) ya que la población de esta comunidad Santa Teresa vive en este lugar.

$$I = \frac{CxVC}{PC}$$





C= Concentración de tóxico 2.32 mg/L

Vc= Velocidad de contacto 1 L/día

D= Duración de la exposición en años.

FE= Frecuencia de la exposición (día/año).

t= Tiempo de exposición en días.

$$D \times FE = t = 1$$

PC= Masa corporal = 20 kg

I= Cantidad de tóxico ingerido mg/kg/día

$$I = \frac{C \times V_c \times FE}{PC \times t}$$

$$I = \frac{2.32 \frac{mg}{L} \times 1 \frac{L}{d}}{20kg}$$

$$I = 0.116mg / kg / día$$

La ingestión de Fluoruro en la comunidad Santa Teresa es 0.116 mg/kg/día

#### 4.3.4 Índice de peligro (IP)

$$IP = \frac{I}{DR_f}$$

$$IP = \frac{0.116mg / kg / día}{0.06mg / kg / día}$$

$$IP = 1.93$$

El Índice de peligro (IP) para la comunidad Atapo Culebrillas es 1.93



#### 4.4 Alternativa para controlar la contaminación de las fuentes.

##### 4.4.1 Pruebas del Método de Nalgonda con variación carbonato de calcio y la concentración de sulfato de aluminio.

Con ayuda de una prueba de jarras se aplicó el método de Nalgonda para reducir el nivel de fluoruros en el agua de las comunidades de estudio, se observa las distintas variaciones en la concentración de sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) y la adición de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), como también los resultados obtenidos de la aplicación de las distintas dosis de reactivos. (Tabla 5 y 6)

TABLA 5. Variación de la concentración de 5 mL de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  con respecto a una adición de 0,05g  $\text{CaCO}_3$  a 2L de agua problema en 1 h como tiempo de sedimentación para la cuantificación de  $\text{F}^-$

V. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	[] $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{CaCO}_3$	Resultados de la aplicación de la dosis			
			Atapo Culebrillas		Santa Teresa	
			pH	F-	pH	F-
mL	%	g	uni pH	mg/L	uni pH	mg/L
5	0,025	0.05	7,8	2,52	7,83	2,16
	0,05		7,72	1,83	7,71	1,79
	0,075		7,53	0,81	7,62	0,80
	0,1		7,48	0,69	7,54	0,66

V= volumen  
 []= Concentración  
 %= porcentaje  
 g= gramo



TABLA 6. Variación de la concentración de 5 mL de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  con respecto a una adición de 0,10g  $\text{CaCO}_3$  a 2L de agua problema en 1 h como tiempo de sedimentación para la cuantificación de  $\text{F}^-$

V. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	[] $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{CaCO}_3$	Resultados de la aplicación de la dosis			
			Atapo Culebrillas		Santa Teresa	
			pH	F-	pH	F-
mL	%	g	uni pH	mg/L	uni pH	mg/L
5 mL	0,025	0.10	7,99	2,44	7,71	2,08
	0,05		7,85	1,78	7,68	1,75
	0,075		7,73	0,80	7,56	0,79
	0,1		7,64	0,66	7,39	0,64

V= volumen  
 []= Concentración  
 %= porcentaje  
 g= gramo

#### 4.4.2 Pruebas del Método de Nalgonda con variación del volumen de sulfato de aluminio y el tiempo

Se muestra la variación del volumen de sulfato de aluminio y los resultados obtenidos en la concentración de fluoruros (Tabla 7).

TABLA 7. Variación del volumen de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  con respecto a una adición de 0,05g  $\text{CaCO}_3$  a 2L de agua problema en 1 h como tiempo de sedimentación para la cuantificación de  $\text{F}^-$

V. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	[] $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{CaCO}_3$	Resultados de la aplicación de la dosis			
			Atapo Culebrillas		Santa Teresa	
			pH	F-	pH	F- mg/L
mL	%	g	uni pH	mg/L	uni pH	mg/L
2	0,075	0,05	7,57	1.88	7,42	1,97
3			7,49	0.84	7,4	0.82
4			7,42	0.71	7,35	0,66
5			7,33	0.68	7,28	0,65

V= volumen  
 []= Concentración  
 %= porcentaje  
 g= gramo



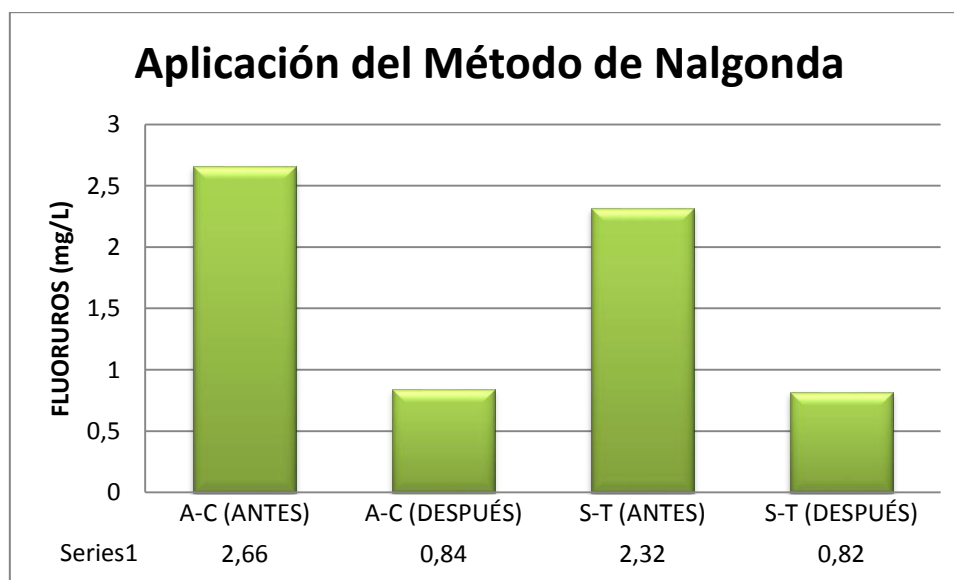
En la (Tabla 8) se muestra los resultados obtenidos al variar el tiempo de sedimentación luego de aplicar el método de Nalgonda.

TABLA 8. Variación del tiempo con respecto a la concentración de  $F^-$

V $Al_2(SO_4)_3$ mL	[] $Al_2(SO_4)_3$ %	$CaCO_3$ g	t h	Resultados de la aplicación de la dosis				
				Atapo Culebrillas		Santa Teresa		
				pH uni pH	F- mg/L mg/L	pH uni pH	F- mg/L mg/L	
3	0,075	0,05	1	7.57	0.84	7.49	0.82	
			2	7.47	0.71	7.40	0.68	
			3	7.47	0.69	7.40	0.68	
			4	7.47	0.69	7.40	0.66	

V= volumen  
[]= Concentración  
%= porcentaje  
g= gramo

Gráfico 1 Aplicación del método de Nalgonda al agua de las fuentes de abastecimiento de la comunidad Atapo Culebrillas y Santa Teresa



A-C= Comunidad Atapo Culebrillas  
S-T= Comunidad Santa Teresa



## CAPITULO V: DISCUSIÓN

### 5.1 Caracterización de las fuentes de abastecimiento

Durante el trabajo de laboratorio se realizó la caracterización de las muestras de agua donde se midieron valores de potencial Hidrogeno, Dureza total, Nitritos Nitratos, Fluoruros, Solidos disueltos totales, Sulfatos, Turbidez, DBO<sub>5</sub>, Oxígeno disuelto, Hierro, Cadmio, Arsénico, y Coliformes totales.

Todos los valores reportados se encuentran dentro de los niveles normales dictados por legislación ecuatoriana excepción de Fluoruros tanto en la comunidad Atapo Culebrillas y Santa Teresa se encuentra sobre los niveles dictados por legislación ecuatoriana TULSMA (libro VI anexo I, Tabla 1). (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional).

Los valores reportados de cadmio durante el estudio ( $< 0.04$  mg/L) son valores que se encuentran bajo el límite de detección del equipo.

### 5.2 Concentración de fluoruros durante los 4 meses de monitoreo

Los niveles reportados de fluoruros durante los 4 meses de monitoreo dieron una media de 2,66 mg/L en la comunidad de Atapo Culebrillas, mientras que en la comunidad de Santa Teresa dieron una media de 2,32mg/L valores que sobrepasaron los niveles normales dictados por el TULSMA (LMP  $F^- = 1,5$ mg/L).

A su vez estos valores sobrepasaron la normativa de la EPA norma secundaria (SMCL) que reporta un límite máximo de 2 mg/L y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que reporta un límite máximo de 1,5 mg/L.

La prueba z-normal que se realizó a un nivel de confianza del 95 % demostró que existe una diferencia significativa entre las medias de las concentraciones de fluoruros entre la comunidad Atapo Culebrillas y la comunidad Santa Teresa ya que



se obtuvo un  $z$  tabulado = 1,96 y un  $z$  experimental = 5,57 con esto se rechaza la  $H_0$  = Las medias de las concentraciones ( $F^-$  mg/L) de las comunidades Atapo Culebrillas y de Santa Teresa NO son estadísticamente diferentes y se acepta  $H_1$  = Las medias de las concentraciones ( $F^-$  mg/L) de las comunidades Atapo Culebrillas y de Santa Teresa son significativamente diferentes, por esta razón se realiza la prueba de jarras individualmente para cada comunidad.

Estudios realizados por la USEPA en su artículo Acharya, S. 2005. Dental caries, its surface susceptibility and dental fluorosis in South India. International Dental Journal

Name of Village	No. of children examined	Fluoride conc. of water	Fluorosis prevalence %
Doddabathi	96	1,10 ppm	56,2
Doddabathi	81	1,22 ppm	54,3
Holesirigere	155	3,41 ppm	100

La tabla muestra el número de niños examinados en cada pueblo y la concentración de fluoruro identificado en el suministro de agua para cada aldea.

Este estudio muestra que a una concentración del agua de consumo de 1,22ppm existe una prevalencia del 54,3 % de Fluorosis dental y a una concentración del 3,41ppm existe una prevalencia de Fluorosis dental del 100 %. (EPA, 2008)

Comparando los niveles de Fluoruros de este estudio con los encontrados en las dos comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa, se puede decir que el Fluoruro es el posible responsable de la Fluorosis dental que presenta la zona de estudio.

Estudios realizados por Kotecha et al. (2012) en el distrito Gujarat India muestran que a una mayor concentración de fluoruros en el agua de consumo (1.92-.4.10) mg/L aumenta la prevalencia de Fluorosis dental en la población (59.31%) y recomienda reducir el contenido de fluoruro del agua potable o buscar fuentes alternativas para el suministro de agua con menor contenido de fluoruro.



Jiménez et al 2001 MEXICO en estas mismas líneas de estudio encontró que con una concentración de  $1.03 + 0.23$  ppm de fluoruros en el agua de consumo existe una prevalencia del 81.9% de fluorosis dental.

## Riesgo Toxicológico

### Ingestión del tóxico (I)

Se calculó la Ingestión del tóxico (I) para las dos comunidades donde obtuvimos un valor de 0,133 mg/Kg/día, en la comunidad Atapo Culebrillas y un valor de 0,116 mg/Kg/día en la comunidad Santa Teresa.

Estos valores fueron comparados con la base de datos de la EPA donde reporta Dosis Oral de referencia (Oral DRf)= 0,06 mg/Kg. día para niños con un peso de 20 kg.

Se calculó el Índice de peligro IP, que en el caso de la primera comunidad fue de 2.22 y de la segunda de 1.93. Valores que sobrepasan el valor límite recomendado por la EPA ( $<1$ )

## 5.4 Método de Nalgonda para descender los niveles de Fluoruros en el agua de las fuentes.

En la (Tabla 5) se observa una adición de 5mL de sulfato de aluminio a cuatro diferentes concentraciones (0,025, 0,050, 0,075, 1,00)% contra una adición de 0,05 g a 2 L de agua problema y una hora como tiempo de sedimentación, y en la (Tabla 6) se varía la concentración de carbonato de calcio a 0,10 g, comparando las dos tablas se escogió como dosis adecuada para continuar con la prueba la adición de 5mL de sulfato de aluminio al 0,075% y 0.05 g de carbonato de calcio ya que a esta concentración se tiene un nivel de  $F^-$  de 0,81mg/L en la comunidad Atapo Culebrillas y 0,80 mg/L en la comunidad Santa Teresa encontrándose dentro de los niveles establecidos por legislación nacional e internacional.



No se escoge la adición de 5mL se sulfato de aluminio al 0,075 % y una adición de 0.10 g de carbonato de calcio dando una concentración de  $F^-$  de 0,80 mg/L y 0.79 mg/L en las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Tera respectivamente, debido a que se ocupa el doble en peso de carbonato de calcio para llegar a un contenido similar de fluoruros, y a su vez esto encarecería los costos del tratamiento.

En la (Tabla 7) se observa una adición de cuatro volúmenes diferentes de sulfato de aluminio (2, 3, 4, 5) mL al 0,075% contra una adición de 0,05 g a 2 L de agua problema y una hora como tiempo de sedimentación, comparando los datos en la tabla se escogió como dosis adecuada 3mL se sulfato de aluminio al 0,075%y 0.05 g de carbonato de calcio para continuar con la prueba, ya que a esta concentración se tiene un nivel de  $F^-$  en Atapo Culebrillas (0,84mg/L) y Santa Teresa (0,82 mg/L) encontrándose dentro de los niveles establecidos por legislación.

No se escoge la adición de 4 o 5mL se sulfato de aluminio debido a que el nivel de  $F^-$  es similar al de la adición de 3mL, y a su vez la adición de un volumen mayor encarecería los costos del tratamiento.

En la (Tabla 8) se observa una adición de 3 mL de sulfato de aluminio al 0,075% contra una adición de 0,05 g a 2 L de agua problema y un tiempo de sedimentación de (2, 3, 4) horas comparando los datos en la tabla se escogió como dosis adecuada estipulada en la (Tabla 7) que ocupa 3mL se sulfato de aluminio al 0,075%y 0.05 g de carbonato de calcio en una hora como tiempo de sedimentación.

No se escoge el tiempo de espera de (2, 3, o 4) horas debido a que se perdería mucho tiempo en el tratamiento de la muestra para obtener un resultado similar.





## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos mencionamos las siguientes conclusiones.

- Al cuantificar los diferentes analitos en las muestras en cuestión, se encontró que la concentración de fluoruros excede los límites máximos permisibles establecidos por las normativas tanto nacionales TULSMA (1.5 mg/L) e internacionales USEPA (2mg/L) y OMS (1,5mg/L)
- La cuantificación del ión fluoruro durante el periodo de muestreo mostró diferencia significativa entre las dos comunidades.
- La ingestión del toxico ( $F^-$ ) en las comunidades Atapo Culebrillas (0.133 mg/kg/día) y Santa Teresa(0.116mg/kg/día) es mayor a la recomendada por la Agencia de protección ambiental (EPA), que reporta una dosis oral crónica de referencia de 0.06 mg/kg/día
- La población de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa se encuentran en peligro toxicológico ya que el Índice de Peligro (IP) calculados en las dos comunidades Atapo Culebrillas (2.22), y Sata Teresa (1,93) es mayor a 1 (límite recomendado por la EPA).
- Mediante el método de Nalgonda y con la ayuda de una prueba de jarras se determinó que con una adición de 3 mL de sulfato de aluminio al 0,075% y 0,05 g de carbonato de calcio en un tiempo de 1 hora para sedimentación aplicada a 2L de muestra es la concentración más adecuada para reducir los niveles de fluoruros en Las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades Atapo culebrillas y Santa Teresa a niveles normales (<1.5 mg/L).



## CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis de Fluoruros en la población de las comunidades en estudio.
- Aplicar el método de Nalgonda a estas fuentes debido a que esta población se encuentra en riesgo toxicológico, mediante el diseño e implementación de una planta de tratamiento de agua.
- Determinar otras fuentes de fluoruros que pudieran estar afectando a la población de estas comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ATSDR, (2003). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades División de Toxicología y Medicina Ambiental. Fluorides, Hydrogen Fluoride and Fluorine.
2. Beltrán, M (2012). Investigar las consecuencias del efecto acumulativo del flúor, una necesidad imperante de la profesión odontológica. Revista Colombiana de Investigación en Odontología. Vol 3 N 7.
3. Bordoni, N (2007). Odontología Pediátrica, (1ra ed.), Buenos Aires, Médica.
4. Cornejo, M(2007). Quito Ecuador. Evaluación del efecto de la fluorosis dental sobre el tiempo de gravado acido. Tesis de grado – USFQ.
5. Capo, M (2007). Principios de Ecotoxicología. Madrid, Tebar.
6. EPA. (2008).Fluoride: Dose-Response Analysis for Non-cancer Effects, Fluoride-Related Skeletal Effects: Evaluations of Key Studies, Health and Ecological Criteria Division Office of Water.
7. Firemong et al., (2013). Soluble fluoride levels in drinking water-a major risk factor of dental fluorosis among children in Bongo community of Ghana. Ghana Medical Journal. Vol. 47 Issue 1, p16-23. 8p.
8. Gómez, R (2010).Fluorosis dental en estudiantes de 8 a 12 años de la escuela fiscal mixta “Luis Vivero Espinoza” de la parroquia Totoras en la ciudad de Ambato. Quito-Ecuador. Tesis de grado UCE.
9. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, (2013). Plan de ordenamiento territorial.



10. Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guamote Provincia de Chimborazo, (2013). Plan de ordenamiento territorial.
11. HHS. (2011). U.S Department of Health and Human Services. HHS and EPA announce new scientific assessments and actions on fluoride.
12. Husain et al., (2013) Assessment of Fluoride Level in Groundwater and Prevalence of Dental Fluorosis in Didwana Block of Nagaur District, Central Rajasthan, India. International Journal of Occupational & Environmental Medicine. Vol. 4 Issue 4, p178-184. 7p. 1 Chart, 2 Graphs.
13. IARC, international agency for research on cancer. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, fluorides inorganic, used in drinking-water (group3).
14. Instituto ecuatoriano de normalización, Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 176: 1998. Calidad del agua, muestreo.
15. Instituto ecuatoriano de normalización, Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 169: 98. Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras.
16. Instituto ecuatoriano de normalización, Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 226: 2000. Calidad del agua, muestreo, diseño de los programas de muestreo.
17. Instituto ecuatoriano de normalización. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1 108: 2011. Agua potable.
18. IRIS USEPA (2012). U.S. Environmental Protection. Agency Fluoride, Integrated Risk Information System.



19. Kotecha et al., (2012). Prevalence of dental fluorosis & dental caries in association with high levels of drinking water fluoride content in a district of Gujarat, India. *Indian Journal of Medical Research*. Vol. 135 Issue 6, p873-877. 5p.
20. Method EPA 200.7 Revision 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.
21. Montero et al., (2007). Experiencia de caries y fluorosis dental en escolares que consumen agua con diferentes concentraciones de fluoruro en Maiquetía Estado Vargas Venezuela.
22. OMS. (2008). Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad de agua potable, Aspectos Químicos.
23. Ortiz, P. (s/a) Efectos deletéreos de la administración oral de flúor, Facultad de Medicina, Universidad de Concepción.
24. REPETTO, M. (2009). Toxicología Fundamental (4ta ed.). España: Edición Días de Santos.
25. Rivera et al., (2005). Emisión de ceniza volcánica y sus efectos en los ecosistemas. Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 76 Complejo de Ciencias, Ciudad Universitaria. Puebla, México. revista científica de ecología y medio ambiente.
26. Roberto, R. (2007). Eliminación de Fluoruros del agua potable, Grupo de Ingeniería Química, Universidad de Alcalá.
27. Salinas, M. (2013). Dirección provincial de salud de Chimborazo. Área de salud N 3 Guamote.



28. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULSMA libro VI anexo I, tabla 1.
29. USEPA (2013). U.S. Environmental Protection Agency Basic Information about Fluoride in Drinking Water Review of Fluoride Drinking Water Standard.
30. Vickie, A. (2003). Essentials of Food Science (2da ed).

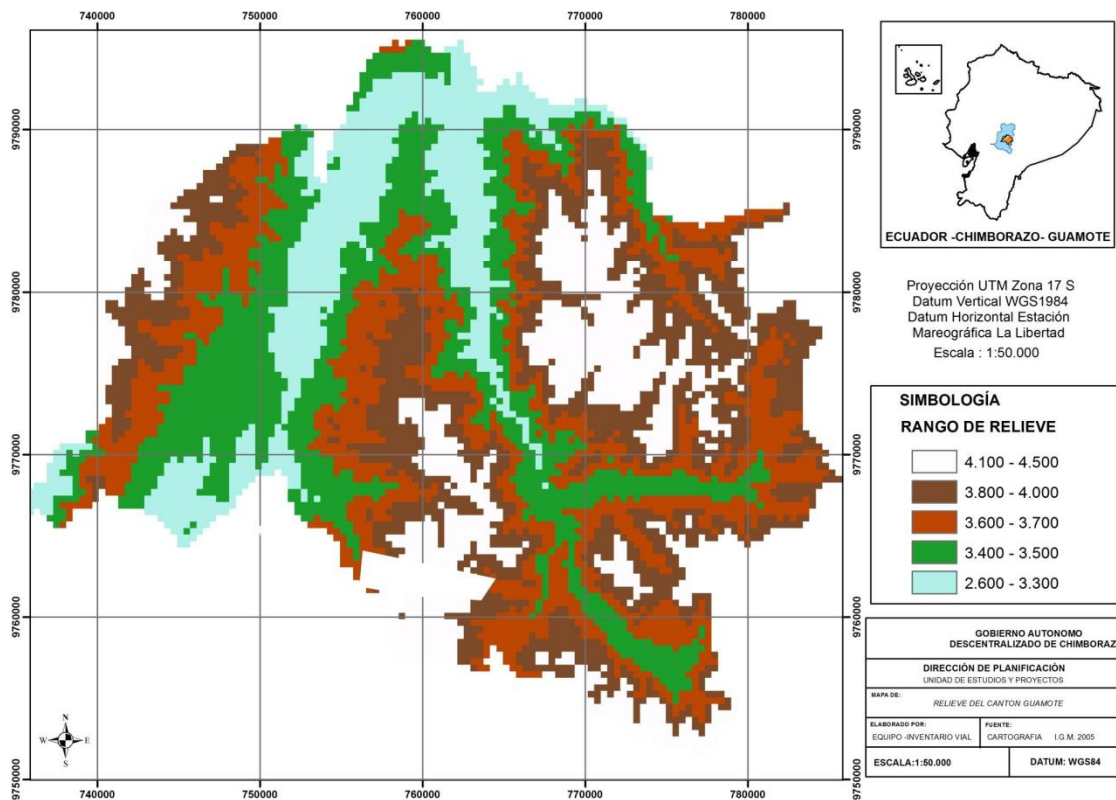


## ANEXOS

### Anexo 1. Relieve y orografía del cantón Guamote

La topografía del cantón Guamote es irregular debido a la influencia de las cordilleras central y occidental de los Andes. La mayor parte del territorio tiene pendientes pronunciadas lo que constituye una de las principales causas de la erosión junto a la acción fluvial, especialmente en la cuenca del río Cebadas.

Existe la presencia de un complejo lacustre constituido por un sinnúmero de lagunas de diferente tamaño, las más representativas son Laguna Negra, Cuyug y Atillo, éstas se encuentra rodeadas de picos y riscos, así como también de extensas áreas de pajonales con riachuelos y caídas de agua, facilitando el desarrollo de las actividades agropecuarias y la piscicultura que practican los pobladores, quienes sumados a la diversidad de especies de flora y fauna constituyen los guardianes de tan bello escenario. La orografía está representada por un relieve irregular en donde su máxima altura alcanza los 4315 metros, ubicada en la Loma Yuracrumi. Existen muchos accidentes orográficos diseminados por todo el cantón como cerros, lomas, y filos.



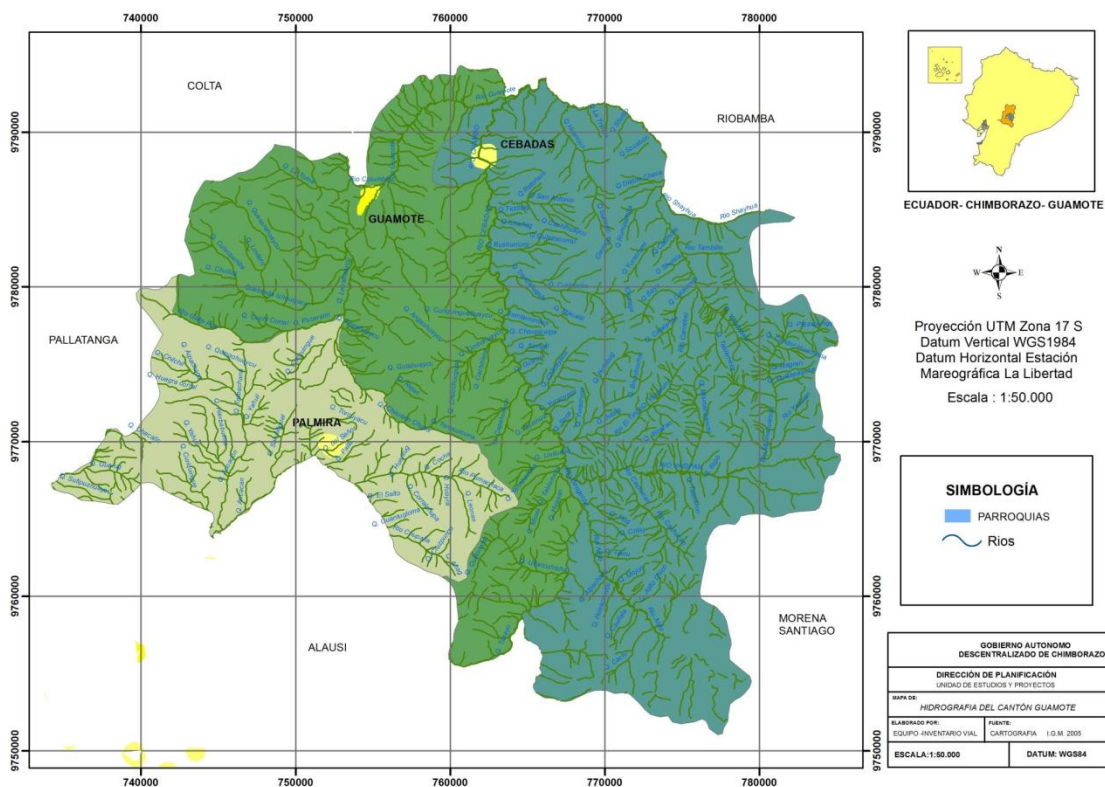
FUENTE: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013.  
**FIGURA 2. MAPA OROGRÁFICO DEL CANTÓN GUAMOTE**





## Anexo 2. Hidrografía del cantón Guamote

La mayor parte de la superficie del cantón Guamote, constituye la cuenca alta del río Pastaza, cuyo afluente principal es el río Chambo, el cual a su vez tiene entre sus afluentes principales a los ríos Cebadas y Guamote, ambos con origen en el cantón. Los afluentes principales del río Cebadas son el Atillo y el Yasipán, ambos nacen en la cordillera oriental, mientras que el río Guamote, tiene como afluentes a los ríos Columbe y Chipó, los dos nacen en la Cordillera Occidental.



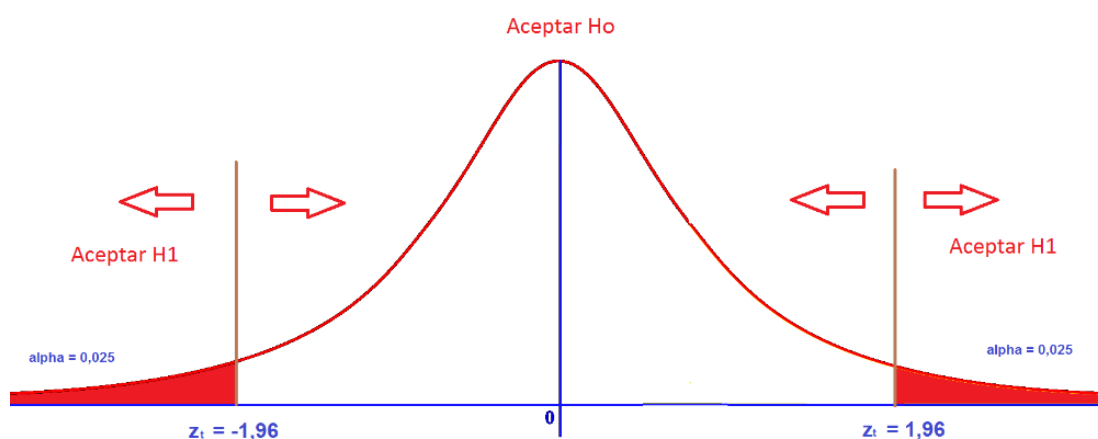
FUENTE: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2013.  
**FIGURA 3. MAPA HIDROGRÁFICO DEL CANTÓN GUAMOTE**

### Anexo 3. Análisis Estadístico

Comparar las medias del grupo de la comunidad Atapo Culebrillas y de Santa Teresa, como cada grupo tiene más de 30 datos, utilizamos la Prueba z para medias independientes.

#### Pasos para realizar la prueba de hipótesis

- 1.-  $H_0$  = Las medias de las concentraciones ( $F^-$  mg/L) de las comunidades Atapo Culebrillas y de Santa Teresa NO son estadísticamente diferentes
- 2.-  $H_1$  = Las medias de las concentraciones ( $F^-$  mg/L) de las comunidades Atapo Culebrillas y de Santa Teresa son significativamente diferentes.
- 3.- Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$
- 4.- Región Crítica  
 $Z_t > 1.96$  y  $Z_t < -1.96$





## 5.-Cálculos

medida	Atapo Culebrillas	Santa Teresa
Media	2,661667	2,321967
varianza	0,05467467	0,04992607

$$z_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} z_c = \frac{(2.66 - 2.31)}{\sqrt{\frac{0.054}{62} + \frac{0.049}{62}}} = 5.57$$

p-valor= 0.00002

## 6.-Decisión

Rechaza la hipótesis nula por cuanto el p-valor es menor que 0,05, A su vez el z calculado ( $z_c = 5.57$ ) es mayor que el z tabulado ( $z_t = 1.96$ ), es decir que si existe diferencia significativa entre los datos de las concentraciones de fluoruros de la comunidad Atapo Culebrillas y Santa Teresa.

## Anexo 4. Comunidad Atapo Culebrillas y Santa Teresa



FIGURA 4. Comunidad Atapo Culebrillas



FIGURA 5. Comunidad Santa Teresa

## Anexo 5. Estándares y equipos utilizados durante la investigación



FIGURA 6. SOLUCION BUFFER DE pH



FIGURA 7. ESTANDARES DE NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub>

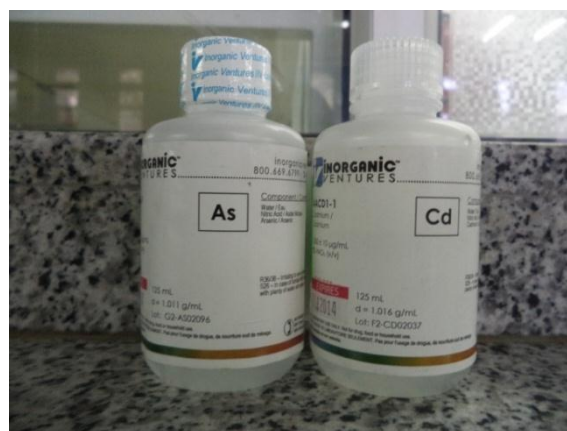


FIGURA 8. ESTANDARES DE As Y Cd



FIGURA 9. ESTANDARES DE TURBIEDAD Y DUREZA TOTAL



FIGURA 10. pHmetro (THERMO)





FIGURA 11. BALANZA ANALITICA (OHAUS)



FIGURA 12. DESECADOR



FIGURA 13. ESPECTROFOTOMETRO ACUAMATE (THERMO)



FIGURA 14. ESTUFA (THERMO)



FIGURA 15. FOTOMETRO DR 2800 (HACH)



FIGURA 16. CABINA PARA DBO5 (WTH)





FIGURA 17. MEDIDOR DE OXIGENO DISUELTO (HACH)



FIGURA 18. ICP

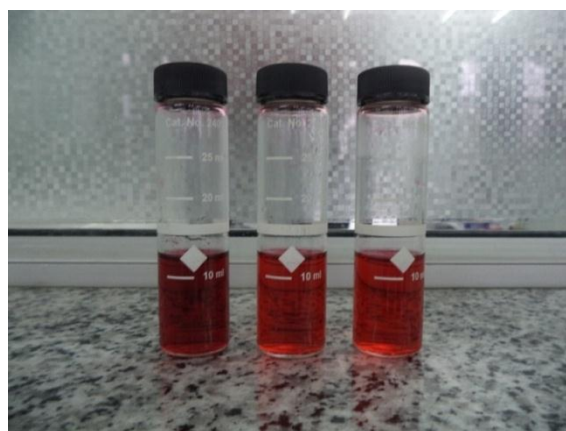


FIGURA 19. ANALISIS DE FLUORUROS



### Anexo 6. Certificados de presencia de Fluorosis dental en las comunidades.



Ministerio de Salud Pública  
DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE CHIMBORAZO.  
ÁREA DE SALUD Nº 3 QUAMOTE.  
SUBCENTRO DE SALUD PALMIRA.

Palmira, 25 de febrero de 2013

Como odontóloga rural de la Parroquia de Palmira y de sus alrededores, en constancia de los pacientes que he atendido, puedo certificar que a nivel de la población antes mencionada en particular en la comunidad de Atapo Culebrillas, existe una alta prevalencia de fluorosis dental, debido a que el agua que consumen contiene una alta concentración de flúor, la misma que se presenta en los diferentes grados de avance, en relación con la edad de cada paciente.

DIR. DISTRITAL DE SALUD N°080004  
Odont. Rosa Salinas C. Salinas  
odontólogo rural de P.E. Culebrillas  
C.I. 080622036 PALMIRA

Marlene Salinas C.

Odontólogo Rural

Dirección S/N  
PALMIRA-ECUADOR



DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE CHIMBORAZO.  
 DIRECCIÓN DISTRITAL 06D04 COLTA-GUAMOTE- SALUD.  
 DIRECCIÓN

OFICIO No. DD-06D04-CGS. 076.2014

Marzo 17, 2014

Señor.  
 Edwin Basantes.  
 Presente.-

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para dar contestación al contenido del Oficio de fecha 17 de marzo del 2014, el mismo que fue recibido el 17 de marzo de 2014 en la Secretaría de la Dirección.

Por medio del presente sírvase encontrar el informe emitido por la Dra. Maritza Jara Líder de Estomatología, en relación a la existencia de fluorosis dental en la comunidad Santa Teresa del Cantón Guamote.

Por la atención al presente.

Atentamente,

*Gonzalo Martínez Muñoz*  
 Dr. Gonzalo Martínez Muñoz.  
 DIRECTOR DISTRITAL 06D04  
 COLTA-GUAMOTE-SALUD.





e.c. archivo.

	Nombres	Cargo	Sumilla
Revisado/Aprobado Por:	Dr. Gonzalo Martínez M.	Director Distrital	
Elaborado Por:	Ing. Meléndra Estrella C.	Secretaría	

Dirección: Av. Simón Bolívar S/N y Guayaquil  
 Teléfonos: 032916-198/032916-589/032916-552 Fax: 032916-064  
 Email: [area3\\_guamote@hotmail.com](mailto:area3_guamote@hotmail.com)  
 GUAMOTE-ECUADOR



## Anexo 7. Informes de laboratorio

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>ENSAYOS</b> No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 904  
ST: 13 - 401 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA  
 Atn: BQF. Edwin Basantes  
 Dirección: Rocafuerte y Lizardo García  
 FECHA: 11 de Junio del 2013  
 NUMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 06 / 03- 17:30  
 FECHA DE MUESTREO: 2013 / 06 / 03 08:00  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 06 / 03 - 2013 / 06 / 11  
 TIPO DE MUESTRA: Agua Vertiente  
 CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1334-13  
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: M1  
 PUNTO DE MUESTREO: Atapo Culebrillas-Guamote 17M 0754751/9765382  
 ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico, microbiológico.  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: BQF. Edwin Basantes  
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

## RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE		INCERTIDUMBRE (k=2)
				TULAS 1	TULAS 2	
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H <sup>+</sup>	Unidades de pH	7,15	6-9	6-9	±0,15
Dureza Total	PEE/LABCESTTA/40 APHA 3240 C	mg/L	174	500	500	±5%
*Nitritos	PEE/LABCESTTA/17 APHA 4500-NO <sub>2</sub> -B	mg/L	< 0,03	1,0	1,0	-
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO <sub>3</sub> -A	mg/L	4,64	10,0	10,0	±17%
Fluoruros	PEE/LABCESTTA/73 APHA 4500 F-D	mg/L	2,12	1,5	Menor a 1,4	±7%
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	224	1000	500	±11%
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500-SO <sub>4</sub> E	mg/L	17	400	250	±27%
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	NTU	< 0,64	100	10	±24%
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	< 2	2,0	2	±40%
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 E	mg/L	< 0,2	1,0	0,3	±39%
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O C	mg/L	6,86	No < al 80% de oxígeno de saturación y no < a 6mg/l	No < al 80% de oxígeno de saturación y no < a 6mg/l	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
 MC01-14

Página 1 de 2  
Edición 1



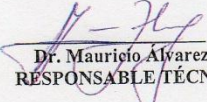
 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>ENSAYOS</b> No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

Cadmio	PEE/LABCESTTA/33 APHA 3111 B, 3030 E	mg/L	< 0,04	0,01	0,001	±31%
*Arsénico	PEE/LABCESTTA/174 EPA 200.7 / EPA 3015a ICP	mg/L	< 0,005	0,05	0,05	-
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100 ml	< 1	3000	50	±20%

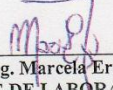
**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada por el cliente y receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 1 y 2 TULAS.
- Los parámetros con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del OAE.
- Cuando se observe que más del 40% de las bacterias Coliformes representadas en el índice NMP, pertenecen al grupo Coliforme fecal, se aplicara tratamiento convencional al agua a emplearse para el consume humano y doméstico.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**


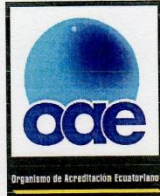
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
**MC01-14**

Página 2 de 2  
 Edición 1



 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>ENSAYOS</b> No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 904  
ST: 13 - 401 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA  
 Atn: BQF. Edwin Basantes  
 Dirección: Rocafuerte y Lizardo García  
 FECHA: 11 de Junio del 2013  
 NUMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 06 / 03- 17:30  
 FECHA DE MUESTREO: 2013 / 06 / 03 09:00  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 06 / 03 - 2013 / 06 / 11  
 TIPO DE MUESTRA: Agua Vertiente  
 CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1335-13  
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: M2  
 PUNTO DE MUESTREO: Santa Teresa - Guamote 17M 0755245/9783512  
 ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico, microbiológico.  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: BQF. Edwin Basantes  
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE		INCERTIDUMBRE (k=2)
				TULAS 1	TULAS 2	
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H <sup>+</sup>	Unidades de pH	7,42	6-9	6-9	±0,15
Dureza Total	PEE/LABCESTTA/40 APHA 3240 C	mg/L	151	500	500	±5%
*Nitritos	PEE/LABCESTTA/17 APHA 4500-NO <sub>2</sub> -B	mg/L	< 0,03	1,0	1,0	-
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO <sub>3</sub> -A	mg/L	< 2,3	10,0	10,0	±29%
Fluoruros	PEE/LABCESTTA/73 APHA 4500 F-D	mg/L	1,80	1,5	Menor a 1,4	±7%
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	176	1000	500	±16%
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500-SO <sub>4</sub> -E	mg/L	15	400	250	±27%
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	NTU	< 0,64	100	10	±24%
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	< 2	2,0	2	±40%
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 E	mg/L	< 0,2	1,0	0,3	±39%
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O C	mg/L	6,74	No < al 80% de oxígeno de saturación y no < a 6mg/l	No < al 80% de oxígeno de saturación y no < a 6mg/l	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
 MC01-14

Página 1 de 2  
Edición 1

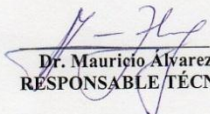
 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>OAE</b> Organismo de Acreditación Ecuatoriana ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

Cadmio	PEE/LABCESTTA/33 APHA 3111 B, 3030 E	mg/L	< 0,04	0,01	0,001	±31%
*Arsénico	PEE/LABCESTTA/174 EPA 200.7 / EPA 3015a ICP	mg/L	< 0,005	0,05	0,05	-
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100 ml	< 1	3000	50	±20%


**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada por el cliente y receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 1 y 2 TULAS.
- Los parámetros con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del OAE.
- Cuando se observe que más del 40% de las bacterias Coliformes representadas en el índice NMP, pertenecen al grupo Coliforme fecal, se aplicara tratamiento convencional al agua a emplearse para el consume humano y doméstico.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
**MC01-14**

Página 2 de 2  
 Edición 1



 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 2637  
**ST:** 13 - 1267 ANÁLISIS DE AGUAS  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** BQF, Edwin Basantes  
**Dirección:** Rocafuerte y Lizardo García  
**FECHA:** 07 de Diciembre del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2013 / 11 / 29 09:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2013 / 11 / 29 07:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013 / 11 / 29 - 2013 / 12 / 07  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua de Vertiente  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-A 4200-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** M 1  
**PUNTO DE MUESTREO:** Atapo Culebrillas-Guamote 17M 0754751/9765382  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** BQF, Edwin Basantes  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

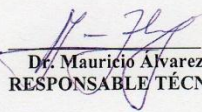
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE		INCERTIDUMBRE (k=2)
				TULAS 1	TULAS 2	
Fluoruros	PEE/LABCESTTA/73 APHA 4500 F-D	mg/L	0,84	1,5	Menor a 1,4	±7%

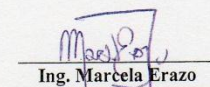
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 1 y 2 Tulas.



**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**



 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 2637  
**ST:** 13 – 1267 ANÁLISIS DE AGUAS  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** BQF. Edwin Basantes  
**Dirección:** Rocafuerte y Lizardo García  
**FECHA:** 07 de Diciembre del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2013 / 11 / 29 09:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2013 / 11 / 29 07:15  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013 / 11 / 29 - 2013 / 12 / 07  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua de Vertiente  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-A 4201-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** M 2  
**PUNTO DE MUESTREO:** Santa Teresa –Guamote 17M 0755245/9783512  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** BQF. Edwin Basantes  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

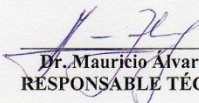
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE		INCERTIDUMBRE (k=2)
				TULAS 1	TULAS 2	
Fluoruros	PEE/LABCESTTA/73 APHA 4500 F-D	mg/L	0,82	1,5	Menor a 1,4	±7%

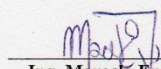
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 1 y 2 Tulas.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCION  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**