



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE  
RIOBAMBA Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA: LINEA BASE”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:**

**INGENIERO QUIMICO**

**PRESENTADO POR:**

**SEGUNDO JAVIER REINO MOYÓN**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2013**

Agradezco a Dios por guiar mis pasos y llevarme a alcanzar mis metas y objetivos.

A mi familia que con su incondicional apoyo permanente supieron ser un soporte en todo momento de mi vida.

A la Doctora Gina Alvarez quien con su aporte de conocimientos, experiencia y esfuerzo ha sido el mayor apoyo para la culminación de este trabajo de investigación.

Al consorcio CESA-AVSF y EMAPAR por su colaboración y dedicación para la realización de este proyecto.

Al Dr. Robert Cazar, al Dr. Raúl Valverde Director y Miembro del Tribunal de Tesis, por su aporte para la finalización del trabajo de tesis.

A mis padres quienes han sido un pilar fundamental en todo momento de mi vida y me han apoyado para que pueda salir adelante y poder superarme cada día más.

**NOMBRE**

**FECHA**

**FIRMA**

Dr. Silvio Álvarez  
**DACANO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS**

.....

.....

Ing. Mario Villares  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

.....

.....

Dr. Robert Cazar  
**DIRECTOR DE TESIS**

.....

.....

Dr. Raúl Valverde  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

.....

Sr. Carlos Rodríguez  
**DIRECTOR DEL CENTRO  
DE DOCUMENTACION**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

.....

**“Yo SEGUNDO JAVIER REINO MOYÓN, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”**

.....

**Segundo Javier Reino Moyón**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
$\mu\text{S/cm}$	MicroSiems por centímetro
m	Metros
mg/L	Miligramos por litro
$\text{SO}_4^{2-}$	Sulfato
$\text{O}_2$	Oxígeno
<b>DBO</b>	<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>
ppm	Partes por millón
$\text{Na}^+$	Sodio
$\text{K}^+$	Potasio
$\text{Ca}^{2+}$	Calcio
$\text{Mg}^{2+}$	Magnesio
Cl <sup>-</sup>	Cloruro
$\text{HCO}_3^-$	Bicarbonato
$\text{CO}_3^{2-}$	Carbonato
$\text{NO}_3^-$	Nitrato
$\text{B}^{3+}$	Boro
$\text{Br}^-$	Bromuro
$\text{PO}_4^{3-}$	Fosfato
Mn	Manganeso
Si	Sílice
$\text{Zr}^{2+}$	Circón

<b>Cu<sup>+</sup></b>	Cobre
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	Hierro
<b>As</b>	Arsénico
<b>Ba<sup>2+</sup></b>	Bario
<b>Cd<sup>2+</sup></b>	Cadmio
<b>Pb</b>	Plomo
<b>F<sup>-</sup></b>	Fluoruros
<b>Se</b>	Selenio
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gas carbónico
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Gas sulfhídrico
<b>cm</b>	Centímetros
<b>L/s</b>	Litros por segundo
<b>0/00</b>	Tanto por mil
<b><sup>2</sup>H</b>	Deuterio
<b><sup>18</sup>O</b>	Oxígeno 18
<b>EMAPAR</b>	Empresa pública Municipal de la ciudad de Riobamba
<b>GADP</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial
<b>ONGs</b>	Organismos no gubernamentales
<b>AVSF</b>	Agrónomos Veterinarios Sin Fronteras
<b>CESA</b>	Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>STD</b>	Sólidos totales disueltos
<b>mV</b>	Mili voltios

<b>C14</b>	Carbono 14
<b>BaCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de bario
<b>BaCl<sub>2</sub></b>	Cloruro de bario
<b>BaSO<sub>4</sub></b>	Sulfato de bario
<b>C</b>	Carbono
<b>L</b>	Litros
<b>g/mol</b>	Gramos por mol
<b>g</b>	Gramos
<b>NaOH</b>	Hidroxido de sodio
<b>10N</b>	10 Normal
<b>mL</b>	Mililitros
<b>aAP</b>	Años antes del presente
<b>DAE</b>	Depósito de Avalancha de Escombros
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetros cuadrados



## INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	I
SUMARY.....	II
INTRODUCCIÓN.....	III
JUSTIFICACIÓN.....	VI
OBJETIVOS:.....	VII
HIPOTESIS.....	VII

### CAPITULO 1

<b>1 MARCO TEORICO .....</b>	<b>1</b>
1.1 EL CICLO HIDROLOGICO.....	1
1.2 AGUA SUBTERRANEA .....	1
1.2.1 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL SUBSUELO.....	2
1.3 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	2
1.3.1 SIGNIFICADO .....	2
1.3.2 AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA AL ABASTECIMIENTO HUMANO .	3
1.3.3 AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA AL RIEGO.....	3
1.3.4 COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS .....	3
1.3.4.1 Características físicas.....	4
1.3.4.2 Constituyentes iónicos principales y secundarios .....	5
1.3.5 CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.....	6
1.3.5.1 Natural .....	6
1.3.5.2 Artificial.....	6
1.3.5.3 Artificial urbana .....	6
1.3.5.4 Artificial rural .....	7
1.3.5.5 Artificial inducida .....	7
1.4 ACUÍFERO.....	7
1.4.1 ESTRUCTURA.....	7
1.4.1.1 Zona no saturada o zona vadosa .....	7
1.4.1.2 Superficie Freática .....	8
1.4.1.3 Zona Saturada .....	8
1.4.2 TIPOS DE ACUIFEROS .....	8

1.4.2.1	Según las características de las rocas.....	8
1.4.2.2	Según las características litológicas.....	8
1.4.2.3	Según el tipo de huecos .....	9
1.4.2.4	Según la presión hidrostática .....	9
1.4.3	RECARGA.....	12
1.4.4	TRÁNSITO .....	14
1.4.5	DESCARGA .....	14
1.4.5.1	Sobreexplotación .....	15
1.4.6	FORMAS DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	16
1.5	VARIACIÓN DE NIVELES Y ABATIMIENTO EN LOS POZOS.....	17
1.5.1	EL NIVEL ESTÁTICO .....	17
1.5.2	EL NIVEL DINÁMICO .....	17
1.5.3	ABATIMIENTO .....	18
1.6	DATACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEA.....	19
1.6.1	DATACIÓN POR RADIOCARBONO.....	20
1.6.1.1	Carbono 14.....	21
1.6.1.2	Deuterio .....	22

## **CAPITULO 2**

2	PARTE EXPERIMENTAL .....	<b>23</b>
2.1	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	23
2.1.1	CONTACTO CON INSTITUCIONES DE APOYO.....	23
2.1.2	CONTACTO CON PERSONAS CLAVES .....	24
2.2	INVENTARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	24
2.2.1	PUNTOS UBICADOS Y ANALIZADOS .....	25
2.2.1.1	Pozos de Llio .....	25
2.2.1.2	Vertientes de San Pablo .....	29
2.2.1.3	Pozo de la Ciudadela Balboa .....	30
2.2.1.4	Pozo El Carmen .....	31
2.2.1.5	Pozo de Langos.....	32
2.2.1.6	Pozo de Chingazo Alto .....	32
2.2.1.7	Pozo de San Gabriel.....	33

2.2.1.8	Pozos de la ESPOCH.....	34
2.2.1.9	Pozo El Pedregal.....	35
2.2.1.10	Pozo Shuyo .....	35
2.2.1.11	Pozo El Estadio.....	36
2.2.1.12	Pozo El Pinar .....	36
2.2.1.13	Pozo de La Brigada Galápagos .....	37
2.2.1.14	Pozo de La UNACH .....	37
2.2.1.15	Pozo Huerta.....	38
2.2.1.16	Pozo Servidores .....	38
2.2.1.17	Pozo 21 de Abril .....	39
2.2.1.18	Pozo María Auxiliadora.....	39
2.2.1.19	Pozo Las Abras .....	40
2.2.1.20	Pozo de la ciudadela 24 de Mayo .....	40
2.2.1.21	Pozo de Lican.....	40
2.2.1.22	Pozo San Martin de Veranillo.....	40
2.2.1.23	Pozo Liribamba.....	41
2.2.1.24	Pozo de Tipines San Juan .....	41
2.2.1.25	Pozo de Galtés San Juan .....	41
2.2.1.26	Pozo Sector San Antonio .....	41
2.2.1.27	Pozo Cumandá .....	42
2.2.1.28	Vertiente Los Elenes .....	42
2.2.1.29	Vertiente Quimiag.....	43
2.2.1.30	Quebrada Santa Bárbara (Guazlan) .....	43
2.2.1.31	Quebrada Colorada .....	43
2.2.1.32	Pozo La Merced .....	43
2.2.1.33	Pozo Parque Centenario.....	44
2.2.1.34	Vertientes de Almorzana Poggio .....	44
2.2.1.35	Lagunas sector vía a Guano .....	45
2.2.1.36	Rio Guano sector los Elenes .....	46
2.2.1.37	Vertientes del sector de San Gerardo.....	47
2.2.1.38	Vertiente Carrizal Carcelén .....	48
2.2.1.39	Vertientes del sector de la UNACH.....	49
2.2.1.40	Vertientes del sector de Santa Fe de Galán.....	50
2.2.1.41	Vertientes del sector de Cubijes .....	52

2.2.1.42	Vertientes de Pantaño .....	54
2.2.1.43	Vertiente en el sector de San Luis .....	55
2.2.1.44	Vertientes del Sector de San Isidro .....	55
2.2.1.45	Lagunas y Vertientes del sector de Urbina .....	56
2.2.1.46	Vertiente de Pulingui .....	58
2.2.1.47	Vertiente del sector Santiago de Quito .....	58
2.2.1.48	Vertientes cercanas al Chimborazo.....	59
2.3	DATACIÓN DE LOS ACUÍFEROS .....	60
2.3.1	MEDICIÓN DE 14C .....	60
2.3.2	CÁLCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA MUESTRA .....	61
2.3.3	MATERIALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MUESTRA .....	63
2.3.4	PROCEDIMIENTO:.....	63
2.3.5	ANÁLISIS EN CADA UNO DE LOS PUNTOS.....	65
2.3.5.1	Punto 1: Pozo de Llio # 5 .....	65
2.3.5.2	Punto 2: Vertientes San Pablo .....	66
2.3.5.3	Sitio 3: Pozo de Yaruquies-El Estadio.....	68
2.3.5.4	Sitio 4: Remanentes del sector delos Elenes .....	69

### **CAPITULO 3**

<b>3</b>	<b>ANALISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
3.1	RESULTADOS DEL INVENTARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	71
3.1.1	POZOS PERFORADOS.....	72
3.1.1.1	Pozos no operativos .....	73
3.1.1.2	Pozos operativos .....	74
3.1.2	VERTIENTES .....	81
3.1.3	LAGUNAS .....	87
3.1.4	RIO GUANO SECTOR LOS ELENES .....	91
3.2	RESULTADOS DE LA HIDROGEOLOGIA DEL CHIMBORAZO .....	93
3.2.1	EL VOLCAN CHIMBORAZO .....	94
3.2.2	HISTORIA DEL CHIMBORAZO .....	95
3.2.2.1	Rocas en la zona de estudio e implicaciones hidrogeológicas .....	96
3.2.3	HIDROGRAFÍA DE LA ZONA .....	98

3.2.3.1	Clima de la zona .....	98
3.2.4	MODELACIÓN .....	98
3.3	RESULTADOS DEL ANALISIS DE ISOTOPOS ESTABLES.....	99
3.4	RESULTADOS DE C 14.....	101
3.5	RESULTADO DE LA HIPÓTESIS .....	102

## **CAPITULO 4**

<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	103
4.2	RECOMENDACIONES .....	105
	BIBLIOGRAFIA.....	106

ANEXOS

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. VARIACION DE pH EN POZOS OPERATIVOS.....	76
Ilustración 2.VARIACION DE CONDUCTIVIDAD EN POZOS OPERATIVOS.....	77
Ilustración 3. VARIACION DE ALCALINIDAD EN POZOS OPERATIVOS.....	79
Ilustración 4. RELACION ENTRE EL pH y LA ALCALINIDAD DE POZOS OPERATIVOS .....	80
Ilustración 5. RELACION ENTRE LA CONDUCTIVIDAD, ALCALINIDAD Y PROFUNDIDAD DE LOS POZOS OPERATIVOS .....	80
Ilustración 6.VARIACIONES DE TEMPERATURA .....	81
Ilustración 7. VARIACION DE pH EN VERTIENTES .....	84
Ilustración 8. VARIACION DE CONDUCTIVIDAD EN VERTIENTES .....	85
Ilustración 9.VARIACION DE TEMPERATURA EN VERTIENTES .....	86
Ilustración 10.VARIACION DE ALCALINIDAD EN VERTIENTES .....	86
Ilustración 11.VARIACION DEL pH EN LAGUNAS.....	88
Ilustración 12. VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD EN LAGUNAS.....	89
Ilustración 13. RELACION pH Y CONDUCTIVIDAD EN LAGUNAS .....	89
Ilustración 14.VARIACION DE TEMPERATURA EN LAGUNAS .....	90
Ilustración 15.VARIACION DE ALCALINIDAD EN LAGUNAS .....	90
Ilustración 16.RELACION DE ALCALINIDAD ENTRE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS .....	91
Ilustración 17. RELACION DE CONDUCTIVIDAD ENTRE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS .....	93

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	25
Tabla 2.VOLUMEN A RECOGER Y NECESIDAD DE <b>BaCl<sub>2</sub></b> PARA LOS LUGARES SELECCIONADOS .....	63
Tabla 3.POZOS PERFORADOS .....	72
Tabla 4.COMPOSICION QUIMICA, TEMPERATURA Y PROFUNDIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS .....	75
Tabla 5.COMPOSICION QUIMICA Y TEMPERATURA DE LAS VERTIENTES ..	83
Tabla 6. COMPOSICION QUIMICA Y TEMPERATURA DE LAS LAGUNAS .....	88
Tabla 7. RESULTADOS DE ANALISIS DE ISOTOPOS ESTABLES .....	99
Tabla 8. RESULTADOS DE C13 Y C14 .....	101
Tabla 9. EDADES CORREGIDAS .....	101

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. ACTIVIDADES QUE PROVOCAN CONTAMINACIÓN EN EL AGUA SUBTERRANEA .....	6
Figura 2.ACUIFEROS LIBRES.....	10
Figura 3. ACUIFEROS CONFINADOS.....	11
Figura 4. ACUIFEROS SEMICONFINADOS .....	11
Figura 5. RELACION ENTRE ACUIFEROS .....	12
Figura 6. FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA.....	13
Figura 7. CONO DE ABATIMIENTO .....	19
Figura 8. LINEA METEORICA MUNDIAL.....	22
Figura 9. FUENTES DE AGUA ENCONTRADAS .....	71
Figura 10. POZOS OPERATIVOS Y NO OPERATIVOS.....	73
Figura 11. VERTIENTES ENCONTRADAS.....	82
Figura 12. LAGUNAS ENCONTRADAS .....	87
Figura 13. CONDUCTIVIDADES DE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS .....	92
Figura 14. VOLCANISMO ACTIVO DE LOS ANDES.....	94
Figura 15. BASAMIENTO DEL VOLCAN CHIMBORAZO .....	95
Figura 16. HISTORIA ERUPTIVA DEL CHIMBORAZO.....	96
Figura 17. DEUTERIO VS OXIGENO 18 .....	100
Figura 18. CARBONO 13 VS CARBONO 14 .....	101



## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	111
ANEXO 2.....	112
ANEXO 3.....	113
ANEXO 4.....	114
ANEXO 5.....	115
ANEXO 6.....	119

## RESUMEN

Estudio de las aguas subterráneas de la ciudad de Riobamba y sus zonas de influencia: línea base, se realizó para establecer el tipo de acuíferos, en donde se sitúan, que características químicas tienen, cuantos y de qué tipo son. Esta investigación es necesaria porque la ciudad de Riobamba depende exclusivamente de estas fuentes.

La metodología de trabajo consistió en análisis de campo y de laboratorio para establecer la ubicación de cada fuente y la composición química de las aguas. Para determinar la edad y la zona de recarga de los acuíferos se estudió la hidrogeología del volcán Chimborazo a través de investigaciones previas. Con el apoyo de la Université Montpellier II de Francia, se realizó la determinación de Deuterio y Carbono 14.

Se encontró un total de 37 Pozos, 23 operativos y 15 no operativos, 27 vertientes, 5 usadas para consumo doméstico y el resto para riego y 8 lagunas de uso ecológico. Las formaciones geológicas del volcán Chimborazo que posibilitan la formación de acuíferos están entre los 3500-4000m y 3200-3500 m de altura son: La formación del Cisarán, Rocas del Chimborazo I y II, Deposito de avalancha de escombros, Glaciaciones y Morrenas.

Se concluye por la composición que existen 3 tipos de acuíferos, sus aguas son fósiles y no se recargan.

Se recomienda mejorar el conocimiento sobre la geología, la geometría y la hidrodinámica de los acuíferos, estudiar los otros recursos potenciales y limitar las pérdidas de agua.

## **SUMMARY**

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial y el aumento del nivel de vida promueven un incremento de la demanda de agua dulce, sin embargo los suministros de agua son limitados y se cierne sobre ellos la amenaza de la contaminación, reduciendo la posibilidad de uso de este recurso. Para evitar una crisis por escases del agua, muchos países deben realizar estrategias tales como: conservar agua, reducir la contaminación, regular el suministro y la demanda y detener el crecimiento de la población.

El número de habitantes continúa aumentando rápidamente, pero la tierra no tiene ahora más agua que 2.000 años atrás, cuando estaba habitada por menos del 3% de la población actual.<sup>1</sup> La demanda creciente de agua para la agricultura de regadío, el consumo doméstico (municipal) y la industria está imponiendo una dura competencia por la adjudicación de escasos recursos hídricos a las diversas zonas y tipos de uso.

La condición actual en algunas regiones del planeta como son algunos países del África y de América del sur, tiene serios problemas de abastecimiento para cubrir las necesidades de la población, esto ha llevado a la constante búsqueda de fuentes de abastecimiento sin resultados positivos, lo que provoca una situación de miseria, hambre y enfermedades limitando el desarrollo de estas regiones. Hoy día 31 países, habitados por menos del 8% de la población mundial, se ven frente a un déficit crónico de agua dulce. Pero para el año 2025 se prevé que 48 países enfrentarán este déficit, que afectarán a más de 2.800 millones de habitantes —35% de la población mundial proyectada.<sup>1</sup>

El uso excesivo y la contaminación de los suministros de agua también están provocando serios daños al ambiente y presentan crecientes riesgos a numerosas especies biológicas.

El escenario actual de una alta presión sobre el recurso hídrico ha llevado a los Municipios a la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, es ahí en donde las fuentes de agua subterránea se vuelven de gran importancia para el abastecimiento de estas nuevas demandas. Las aguas subterráneas son la posibilidad más rentable puesto

---

<sup>1</sup> Minería y crisis del agua  
09/10/11 Por IV Minga Global por la Madre Tierra

que son aguas de una condición de menor o exentas de contaminación, aguas de composición estables que requieren escaso tratamiento y por lo general son de amplia disponibilidad en algunos sectores.

Este recurso es más abundante que las aguas superficiales, pero como no se ve, no se conoce, menciona Napoleón Burbano, director de hidrogeología del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

En el mundo, solo el 3% de agua es dulce, pero de este valor el 30% son aguas subterráneas, mientras que el 1% se ubican en lagos o ríos, y el 69% está en los glaciares.<sup>2</sup> De las aguas subterráneas que se pueden utilizar, estas no son de fácil acceso ni localización, por lo tanto no han sido muy explotadas y esto significa que hay una reserva importante de este recurso.

Según el INAMHI, en Ecuador el aprovechamiento de este líquido ha aumentado en los últimos 20 años por el crecimiento poblacional y la degradación de aguas superficiales, pero aún se carece de estudios precisos sobre su utilización.

Burbano manifiesta que bajo el territorio ecuatoriano existen varios acuíferos que están siendo aprovechados y otros que aún no han sido utilizados. Además, hay zonas en las que solo disponen de agua subterránea para abastecer a la población y entre los más explotados se destacan los costeros.

Tulcán, Ibarra, Ambato, Riobamba, Guaranda, Latacunga, Quito, Machala, Huaquillas, Arenillas y Milagro son algunas de las ciudades que han perforado pozos o captado de vertientes el recurso hídrico.

En la zona de Babahoyo, Naranjito y El Triunfo existe un acuífero potencial de un millón de metros cúbicos al día que abastece a Guayaquil, Milagro y Yaguachi.

La ciudad de Riobamba tiene como fuentes exclusivas de abastecimiento del agua potable, diferentes acuíferos de aguas subterráneas constituidos por los pozos de Llio y San Pablo ubicados fuera de los límites de la ciudad y diferentes pozos en sectores dentro de la ciudad como son Yaruquies, Las Abras, Servidores, La Politécnica, entre otros, los mismos que abastecen las necesidades de la población urbana y rural del Cantón.

---

<sup>2</sup> Planeta. Aguas subterráneas son alternativa de consumo  
Domingo, 11 de Diciembre de 2011

Al ser el agua un recurso insustituible y básico para el sostenimiento de la vida y desarrollo de la población, es necesario tener control sobre el manejo o gestión del mismo, ello implica necesariamente tener conocimiento cierto sobre la condición de cantidad, calidad y disponibilidad del agua, sin embargo actualmente se tiene un conocimiento muy limitado sobre el origen, condición y capacidad de los acuíferos que se encuentran en explotación. La falta de conocimiento sobre las aguas subterráneas que abastecen a Riobamba, provocan un escenario de alta vulnerabilidad, puesto que dependemos exclusivamente de la disponibilidad de estos acuíferos, por tanto resulta más que evidente la necesidad de caracterizar y entender su funcionamiento.

## JUSTIFICACIÓN

De acuerdo al último Censo poblacional, la ciudad de Riobamba tiene 225.741 habitantes,<sup>3</sup> el abastecimiento de agua potable para esta población esta administrado por la empresa pública EMAPAR. La fuente de abastecimiento de agua para toda la ciudad la constituyen aguas subterráneas ubicadas tanto en la zona de Riobamba como de Guano.

Los administradores del sistema de agua potable, no tienen un conocimiento cierto de las características geológicas de los acuíferos, de las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas ni de la cantidad, por lo tanto se establecerá mecanismos de cooperación con la finalidad de generar información relacionada con los parámetros fisicoquímicos del recurso hídrico subterráneo captado para el consumo humano, y los niveles freáticos; para poder definir un modelo conceptual del funcionamiento de los acuíferos en las formaciones ubicadas dentro del perímetro de la ciudad de Riobamba y el sector de Guano.

Para lograr este objetivo se ha establecido un convenio de cooperación interinstitucional entre EMAPAR consorcio CESA AVSF y la ESPOCH el mismo que a través de la elaboración de la presente tesis de grado buscar dar respuesta a estas inquietudes.

Estos conocimientos permitirán potenciar el manejo de los recursos de agua subterránea y la racionalización técnica de la explotación de los acuíferos que sirven para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Riobamba, Además esta investigación servirá como una herramienta de planificación para el gobierno local, el mismo que contara con la información necesaria para buscar alternativas de abastecimiento futuro.

---

<sup>3</sup> INEC Censo Poblacional 2010

## **OBJETIVOS:**

### **GENERAL:**

- ✓ Realizar el estudio de las aguas subterráneas de la ciudad de Riobamba y sus zonas de influencia.

### **ESPECÍFICOS:**

- ✓ Realizar un estudio de línea base que permita describir las características físicas y químicas de las aguas subterráneas
- ✓ Establecer la hidrogeología del volcán Chimborazo.
- ✓ Generar un modelo de la posible infiltración de las aguas subterráneas.
- ✓ Determinar si el agua corresponde a una o varias formaciones acuíferas.
- ✓ Establecer si las formaciones acuíferas captadas para el consumo humano tienen o no recarga, sobre la base del análisis de la datación del agua mediante ensayos de Carbono 14.

## **HIPOTESIS**

- ✓ Los pozos que abastecen de agua potable a la ciudad de Riobamba pertenecen a un solo acuífero y son acuíferos de recarga.



# CAPITULO 1

## 1 MARCO TEORICO

### 1.1 EL CICLO HIDROLOGICO

El concepto de ciclo hidrológico lleva consigo el movimiento o transferencia de las masas de agua, de un sitio a otro y de un estado a otro. El movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera El Sol, que proporciona la energía para elevar el agua del suelo al evaporarla y la segunda, la gravedad que hace que el agua condensada precipite y que una vez sobre la superficie se desplace hacia las zonas más bajas.

Si suponemos que el ciclo se inicia cuando una parte del vapor de agua de la atmósfera se condensa y da origen a precipitaciones en forma de lluvia o nieve. No toda la precipitación alcanza la superficie de la tierra, una parte se vuelve a evaporar en su caída y otra parte es retenida por intercepción por la vegetación y luego es evaporada.

Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en charcos (almacenamiento superficial) y en su mayoría vuelve a la atmósfera en forma de vapor. Otra parte circula por la superficie, la cual más tarde desembocan en ríos (escurrimiento superficial), esta agua irá a parar a lagos o al mar, luego será evaporada.

Por último, hay una parte significativa de la precipitación que penetra bajo la superficie del terreno (infiltración), esta viaja a través de los poros o fisuras del terreno hacia mayores profundidades. Esta parte representa aproximadamente una tercera parte de la precipitación.<sup>7</sup>

### 1.2 AGUA SUBTERRANEA

Las aguas subterráneas son las que se encuentran bajo la superficie del terreno o dentro de los poros o fracturas de las rocas, o dentro de las masas de regolito; en zonas húmedas a metros de profundidad, en desiertos a cientos de metros.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> CICLO HIDROLOGICO., <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

<sup>8</sup> AGUAS SUBTERRANEAS., <http://es.scribd.com/doc/10893549/AGUAS-SUBTERRANEAS-Trabajo-de-Geologia>

### **1.2.1 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL SUBSUELO**

En casi todas las formaciones geológicas existe una parte superficial cuyos poros no están habitualmente saturados de agua, y otra parte inferior que está totalmente saturada. Una buena parte de la infiltración no desciende hasta la zona saturada sino que se queda en la zona no saturada (zona de humedad del suelo) en donde vuelve a la atmósfera por transpiración de las plantas o simplemente por evaporación, a estos dos fenómenos en conjunto se les suele llamar evapotranspiración.

El movimiento del agua a través del subsuelo es algunas veces denominado infiltración o percolación, se caracteriza por su extraordinaria lentitud y se debe fundamentalmente a la acción gravitatoria.<sup>9</sup>

### **1.3 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

Desde el punto de vista hidrogeológico la calidad del agua subterránea es tan importante como la cantidad explotable. La disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente de la calidad físico química, biológica y radiológica.

La calidad del agua es definida por su composición y por el conocimiento de los efectos que pueden causar sus constituyentes. El conjunto de todos los elementos que la componen permiten establecer patrones de calidad de agua, clasificándola así de acuerdo con los límites establecidos y los usos para la que es apta (humano, agrícola, industrial, o abrevadero de ganado).<sup>10</sup>

#### **1.3.1 SIGNIFICADO**

El agua subterránea es mundialmente importante para el consumo humano, y los cambios en su calidad pueden tener serias consecuencias. También es importante para el sustento de hábitats y para el mantenimiento de la calidad del flujo base que alimenta los ríos.

---

<sup>9</sup> DISTRIBUCION DEL AGUA EN EL SUBSUELO., <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

<sup>10</sup> CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA., Appelo, C. A. J. & D. Postma, 1993. Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam: Balkema.

Berger, A. R. & W. J. Iams (eds), 1996. Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems. Rotterdam: A. A. Balkema.

Hem, J. D., 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U. S. Geological Survey Water Supply Paper 2254.

WHO, 1993. Guidelines for drinking water quality. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

La composición química del agua subterránea es una medida de su conveniencia como fuente de abastecimiento para consumo humano y animal, para irrigación, para la industria y otros propósitos.

También influye en la salud y el funcionamiento de ecosistemas, por lo que es importante para detectar variaciones y dar las alertas tempranas de cambios en su calidad, tanto en sistemas naturales como en los resultantes de contaminación.<sup>11</sup>

### **1.3.2 AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA AL ABASTECIMIENTO HUMANO**

El agua destinada para el consumo humano, debe presentar características físicas, químicas y biológicas, que no perjudiquen la salud del ser humano. Para ello se establecen normas de potabilidad, donde se indican las concentraciones máximas aceptables y máximas admitidas.

La calidad del agua subterránea destinada al uso humano está regulada según la legislación Nacional de cada país, en nuestro caso los criterios de calidad para el uso de aguas subterráneas están establecidos en el TULAS libro 6 tabla 5 “Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25%) y materia orgánica entre (0-10%)”. ANEXO 6

### **1.3.3 AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA AL RIEGO**

La aptitud del agua subterránea destinada para la actividad agrícola varía según el cultivo, pero generalmente debe contener pocos cloruros, sulfatos y los nitratos no deben superar el límite de potabilidad establecido. Además existen otros factores que influyen en la aptitud del agua para el riego como la permeabilidad, calidad del suelo y el sistema de riego.

### **1.3.4 COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS**

Conocer los componentes disueltos o en otras formas del agua subterránea es una de las características más importantes a determinar. La presencia y concentración de determinados compuestos hace que el agua subterránea se diferencie de otras. Los procesos y factores que influyen en la evolución de la calidad de las aguas subterráneas pueden ser intrínsecos o extrínsecos al acuífero.

---

<sup>11</sup> SIGNIFICADO, <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=e1%20agua%20subterranea.dmQ>

En principio, el agua subterránea tiende a aumentar las concentraciones de sustancias disueltas a medida que se infiltra y aumenta su recorrido en los distintos acuíferos.

Además de otros factores que interfieren en la composición del agua, como clima, composición del agua de recarga, tiempo de contacto del agua con el medio físico, etc. Además de la contaminación causada por el hombre.

#### **1.3.4.1 Características físicas**

##### **1.3.4.1.1 Temperatura**

Poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar. En profundidad depende del gradiente geotérmico, que aumenta 1°C cada 30m de profundidad.

##### **1.3.4.1.2 Conductividad eléctrica**

Es la medida de la facilidad de un agua para conducir la corriente eléctrica y su valor aumenta con las sales disueltas en forma de iones. En aguas subterráneas los valores de conductividad son variados, van desde valores muy bajos hasta muy altos en función de la permeabilidad. Su unidad es  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y este parámetro aumenta con la temperatura.

##### **1.3.4.1.3 Color**

Es el resultado de las sustancias disueltas en agua, principalmente provenientes de la disolución de la materia orgánica.

##### **1.3.4.1.4 Olor y sabor**

Están íntimamente relacionados entre sí y frecuentemente lo que se llama “gusto” es realmente percibido como olor. Son parámetros subjetivos, pero en general se puede decir que aguas con más de 300 mg/l de cloruros tienen sabor salado, con más de 400 mg/l de  $\text{SO}_4^{2-}$  tienen sabor salado y amargo, etc.

##### **1.3.4.1.5 Turbidez**

Es la dificultad del agua para transmitir la luz y se debe a la presencia de sólidos en suspensión (limos, arcillas, materia orgánica, etc.) que dificultan el pasaje de la luz.

##### **1.3.4.1.6 pH**

Es la medida de la concentración de hidrogeniones del agua o de la solución, estando controlado por las reacciones químicas y por el equilibrio entre los iones presentes. En agua subterránea varía entre 6,5 y 8,5.

#### **1.3.4.1.7 Demanda química de oxígeno (DQO)**

Mide la capacidad de un agua de consumir oxígeno durante procesos químicos. Los valores comunes en las aguas subterráneas se sitúan de 1 a 5 mg/l de O<sub>2</sub>.

#### **1.3.4.1.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es la medida de la cantidad de oxígeno necesario para consumir la materia orgánica contenida en el agua mediante procesos biológicos aeróbicos. Es una medida importante de la contaminación del agua y debe referirse a un cierto tiempo (24 horas, 5 días). Valores superiores a 1 ppm de O<sub>2</sub> indican contaminación.

#### **1.3.4.2 Constituyentes iónicos principales y secundarios**

La gran mayoría de las sustancias disueltas en agua subterránea se encuentran en estado iónico. En el agua subterránea los cationes y los aniones fundamentales son los siguientes:

##### **1.3.4.2.1 Cationes**

Sodio (Na<sup>+</sup>), Potasio (K<sup>+</sup>), Calcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnesio (Mg<sup>2+</sup>).

##### **1.3.4.2.2 Aniones**

Cloruro (Cl<sup>-</sup>), Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>3-</sup>) Carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

El potasio, el nitrato y el carbonato suelen considerarse dentro de los iones fundamentales aunque sus concentraciones sean pequeñas.

##### **1.3.4.2.3 Los constituyentes minoritarios**

Se encuentran en concentraciones inferiores al 1% en relación a los iones fundamentales. Algunos de estos constituyentes son: Boro (B<sup>3+</sup>), Bromuro (Br<sup>-</sup>), Compuestos fenólicos, Fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), Manganeseo (Mn), Sílice (Si), Circón (Zr<sup>2+</sup>), y Cobre (Cu<sup>+</sup>), Hierro (Fe<sup>2+</sup>).

##### **1.3.4.2.4 Constituyentes tóxicos y carcinógenos**

Se encuentra el Arsénico (As), Bario (Ba<sup>2+</sup>), Cadmio (Cd<sup>2+</sup>), Plomo (Pb), Fluoruros (F<sup>-</sup>), y Selenio (Se).

##### **1.3.4.2.5 Gases disueltos en el agua**

Los principales son el oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>), Gas Carbónico (CO<sub>2</sub>) y el Gas Sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).

### 1.3.5 CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La contaminación es la alteración de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua por la acción de procesos naturales o artificiales que producen resultados indeseables. La contaminación puede ser natural o artificial y ésta última directa o inducida (Auge, 2006).



**Figura 1. ACTIVIDADES QUE PROVOCAN CONTAMINACIÓN EN EL AGUA SUBTERRANEA**

(<http://www.cebra.com.uy/presponsable/adjuntos/2012/11/Manual-de-agua-subterranea-bajo.pdf>)

#### 1.3.5.1 Natural

Es la producida por contacto con formaciones sedimentarias marinas y salinas o por yacimientos metalíferos, radioactivos y/o petrolíferos. En estos casos se incorpora al agua subterránea, las sustancias que integran estas formaciones.

#### 1.3.5.2 Artificial

Es la más común y se la puede clasificar de acuerdo al sitio donde se produce (urbana y rural) o a la actividad que la genera (doméstica, industrial, agropecuaria)

#### 1.3.5.3 Artificial urbana

Se genera por vertidos domésticos, perdidas en redes cloacales, lixiviados de vertederos, lixiviados de la industria, etc.

#### **1.3.5.4 Artificial rural**

Se genera debido al empleo indiscriminado de agroquímicos, a causa de efluentes no tratados de tambos, corrales, etc.

#### **1.3.5.5 Artificial inducida**

Se genera por salinización de un acuífero, debido a una sobreexplotación de pozos en áreas costeras.

La contaminación del agua subterránea es más difícil de detectar que la del agua superficial debido a que no está visible, provocando mayor duración del contaminante en el medio, una vez detectada es posible que haya afectado a una gran proporción del acuífero. Una vez que se determina la contaminación del agua, se debe identificar la fuente de contaminación y por lo tanto el contaminante, su movilidad, su toxicidad y su persistencia.<sup>12</sup>

### **1.4 ACUÍFERO**

Este concepto es fundamental para comprender la dinámica de las aguas subterráneas, y se refiere a aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros o grietas, lo cual hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para cubrir sus necesidades (Custodio & Llamas, 1983).

Del latín aqua= agua y fero=llevar; los acuíferos en general deben poseer dos cualidades, la de almacenar y la de transmitir el agua. Por eso en el estudio del movimiento de las aguas subterráneas se establecen dos parámetros fundamentales como son la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.

Con estos dos parámetros y utilizando cierto tipo de ecuaciones, es posible predecir el comportamiento hidráulico del flujo subterráneo.<sup>13</sup>

#### **1.4.1 ESTRUCTURA**

##### **1.4.1.1 Zona no saturada o zona vadosa**

Algunos de los poros entre las partículas están llenos de aire y otros de agua. Se distinguen tres sub-zonas distintas:

---

<sup>12</sup> CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA. CARACTERISTICAS FISICAS. CONTAMINACION  
<http://www.cebra.com.uy/presponsable/adjuntos/2012/11/Manual-de-agua-subterranea-bajo.pdf>

<sup>13</sup> ACUIFERO., <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

- ✓ Área de evapotranspiración o zona edáficas: Zona de penetración de las raíces de la planta. De espesor variable dependiendo de la vegetación y la pendiente (5-10 cm en el suelo desnudo y 3-4 m en los suelos con vegetación). El agua en este área se denomina “agua adhesiva” o “agua hydroscópica”
- ✓ Área Intermedia
- ✓ Área Capilar: Esta zona está fuertemente influenciado por los fenómenos de capilaridad y por la fluctuación del nivel freático. Variable espesor dependiendo del tamaño de grano y la porosidad.

#### **1.4.1.2 Superficie Freática**

La superficie determina el nivel de las aguas subterráneas. Si el acuífero no está confinado, a la superficie freática también se le llama 'superficie piezométrica' y está en equilibrio con la atmósfera.

#### **1.4.1.3 Zona Saturada**

Todos los poros entre las partículas están llenos de agua<sup>14</sup>

### **1.4.2 TIPOS DE ACUIFEROS**

#### **1.4.2.1 Según las características de las rocas**

##### **1.4.2.1.1 Acuífugo**

No posee capacidad de circulación ni de retención de agua

##### **1.4.2.1.2 Acuícludo**

Contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite

##### **1.4.2.1.3 Acuíardo**

Contiene agua y la transmite muy lentamente

#### **1.4.2.2 Según las características litológicas**

##### **1.4.2.2.1 Detríticos**

Los acuíferos detríticos son aquellos en los que el agua circula a través de los poros (huecos) que existen entre los granos de un volumen de arena y grava. Este tipo de acuíferos son característicos en zonas cercanas a montañas compuestas por granitos y rocas similares.

---

<sup>14</sup> ESTRUCTURA.,

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf)



#### **1.4.2.2 Carbonatados**

Los acuíferos carbonatados están constituidos por los materiales calizos y dolomíticos, se tratan de acuíferos en los que la fisuración y disolución dan lugar a valores generalmente altos de la permeabilidad.

#### **1.4.2.3 Según el tipo de huecos**

##### **1.4.2.3.1 Porosos**

En los que el agua circula a través de sus poros o espacios existentes entre los granos del terreno. Buen ejemplo de ellos son las arenas, areniscas y toscas o calcarenitas que cortan los sondeos, en los primeros 50 a 150 m de profundidad, en la zona central del campo.

##### **1.4.2.3.2 Karstico**

Los acuíferos kársticos presentan, por un lado, características comunes a la red hidrográfica superficial (drenaje organizado, heterogéneo, debido a procesos de karstificación) y, por otro, características propias de los acuíferos porosos (en la matriz rocosa no o escasamente karstificada).

Es decir, y en términos generales, los acuíferos kársticos presentan a la vez una función transmisiva, que gobierna el flujo, y una función capacitiva, que gobierna el almacenamiento.

Lo específico del acuífero kárstico es su heterogeneidad organizada los huecos, y el propio flujo, se van jerarquizando, por efecto del proceso evolutivo de la karstificación, desde la superficie hasta la surgencia.

##### **1.4.2.3.3 Fisurado**

Donde la circulación del agua se produce por fisuras, grietas y oquedades del terreno. Es el caso de las calias y Dolomias de Sierra de Gádor.

Las captaciones en estos acuíferos suelen tener mayores rendimientos que en los anteriores.

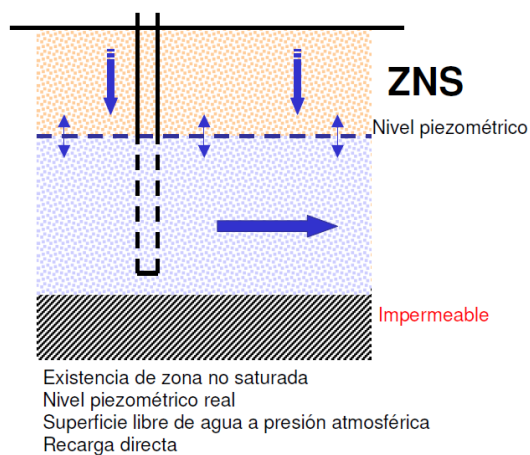
#### **1.4.2.4 Según la presión hidrostática**

##### **1.4.2.4.1 Acuíferos libres**

También llamados no confinados o freáticos. En ellos existe una superficie libre y real del agua encerrada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica.

El nivel freático define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie piezométrica.

Su posición no es fija sino que varía en función de las épocas secas o lluviosas. Si perforamos total o parcialmente la formación acuífera, la superficie obtenida por los niveles de agua de cada pozo forman una superficie real: superficie freática o piezométrica, que coinciden.



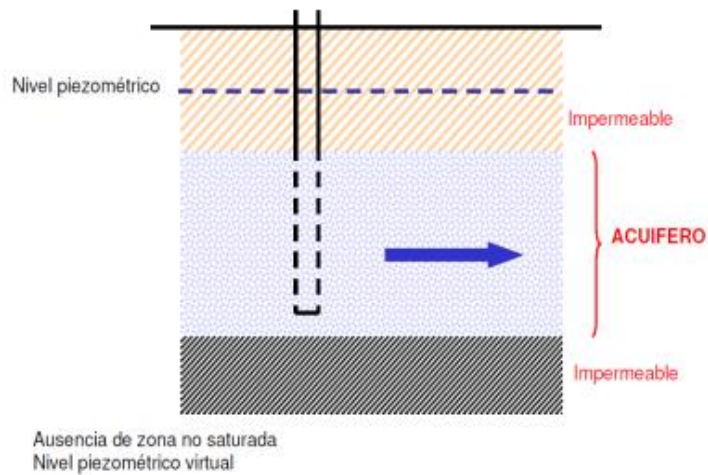
**Figura 2. ACUIFEROS LIBRES**

(<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH08.pdf>)

#### 1.4.2.4.2 Acuíferos confinados

También llamados cautivos, a presión o en carga. El agua está sometida a una presión superior a la atmosférica y ocupa totalmente los poros o huecos de la formación geológica, saturándola totalmente. No existe zona no saturada. Si perforamos, el nivel de agua asciende hasta situarse en una determinada posición que coincide con el nivel de saturación del acuífero en el área de recarga.

Si la topografía es tal que la boca del pozo está por debajo del nivel del agua, el pozo es surgente o artésiano; si no es así el nivel del agua ascenderá hasta el nivel correspondiente, pero no será surgente. La superficie piezométrica es una superficie ideal resultante de unir todos los niveles en diferentes perforaciones que capten el acuífero.

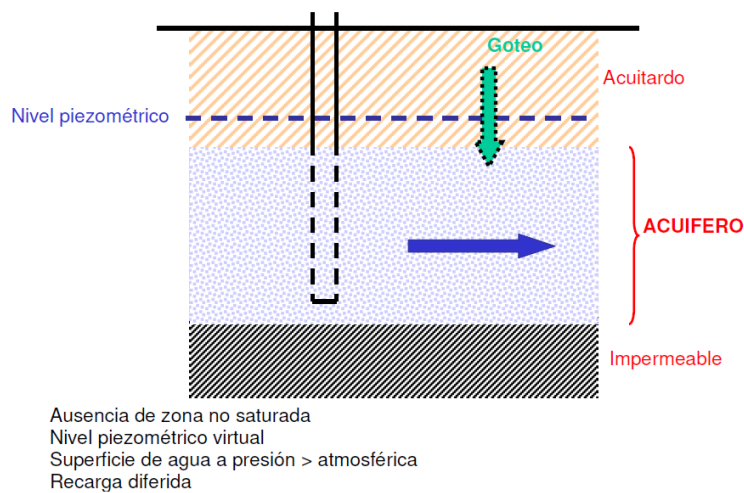


**Figura 3. ACUIFEROS CONFINADOS**

(<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH08.pdf>)

- ✓ **Acuíferos semiconfinados:** El muro y/o techo no son totalmente impermeables sino que son acuitardos y permiten la filtración vertical del agua y, por tanto, puede recibir recarga o perder agua a través del techo o de la base. Este flujo vertical sólo es posible si existe una diferencia de potencial entre ambos niveles.

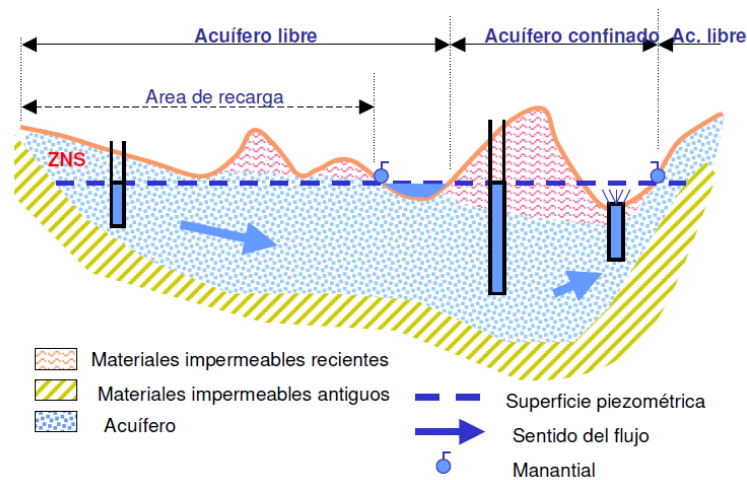
Un mismo acuífero puede ser libre, cautivo y semicautivo según sectores.



**Figura 4. ACUIFEROS SEMICONFINADOS**

(<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH08.pdf>)

- ✓ **Acuíferos colgados:** Se producen ocasionalmente cuando, por efecto de una fuerte recarga, asciende el nivel freático quedando retenida una porción de agua por un nivel inferior impermeable.



**Figura 5. RELACION ENTRE ACUIFEROS**

(<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH08.pdf>)

### 1.4.3 RECARGA

El agua del suelo se renueva en general por procesos activos de recarga desde la superficie. La renovación se produce lentamente cuando la comparamos con la de los depósitos superficiales, como los lagos, y los cursos de agua. El tiempo de residencia (el periodo necesario para renovar por completo un depósito a su tasa de renovación normal) es muy largo. En algunos casos la renovación está interrumpida por la impermeabilidad de las formaciones geológicas superiores (acuitardos), o por circunstancias climáticas sobrevenidas de aridez.

En ciertos casos se habla de acuíferos fósiles, estos son bolsones de agua subterránea, formados en épocas geológicas pasadas, y que, a causa de variaciones climáticas ya no tienen actualmente recarga.

El agua de las precipitaciones (lluvia, nieve) puede tener distintos destinos una vez alcanza el suelo. Se reparte en tres fracciones. Se llama escorrentía a la parte que se desliza por la superficie del terreno, primero como arroyada difusa y luego como agua encauzada, formando arroyos y ríos.

Otra parte del agua se evapora desde las capas superficiales del suelo o pasa a la atmósfera con la transpiración de los organismos, especialmente las plantas; nos referimos a esta parte como evapotranspiración. Por último, otra parte se infiltra en el terreno y pasa a ser agua subterránea.

La proporción de infiltración respecto al total de las precipitaciones depende de varios factores:

- La litología (la naturaleza del material geológico que aflora en la superficie) influye a través de su permeabilidad, la cual depende de la porosidad, del diaclasamiento (agrietamiento) y de la mineralogía del sustrato. Por ejemplo, los minerales arcillosos se hidratan fácilmente, hinchándose siempre en algún grado, lo que da lugar a una reducción de la porosidad que termina por hacer al sustrato impermeable.
- Otro factor desfavorable para la infiltración es una pendiente marcada.
- La presencia de vegetación densa influye de forma compleja, porque reduce el agua que llega al suelo (interceptación), pero extiende en el tiempo el efecto de las precipitaciones, desprendiendo poco a poco el agua que moja el follaje, reduciendo así la fracción de escorrentía y aumentando la de infiltración.

Otro efecto favorable de la vegetación tiene que ver con las raíces, especialmente las raíces densas y superficiales de muchas plantas herbáceas, y con la formación de suelo, generalmente más permeable que la mayoría de las rocas frescas.



**Figura 6. FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA**  
 ([http://www.atsdr.cdc.gov/es/general/agua/es\\_groundwater2.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/general/agua/es_groundwater2.html))

La velocidad a la que el agua se mueve depende del volumen de los intersticios (porosidad) y del grado de intercomunicación entre ellos. Los dos principales parámetros de que depende la permeabilidad. Los acuíferos suelen ser materiales sedimentarios de grano relativamente grueso (gravas, arenas, limos, etc.). Si los poros son suficientemente amplios, una parte del agua circula libremente a través de ellos

impulsada por la gravedad, pero otra queda fijada por las fuerzas de la capilaridad y otras motivadas por interacciones entre ella y las moléculas minerales.

En algunas situaciones especiales se ha logrado la recarga artificial de los acuíferos, pero este no es un procedimiento generalizado, y no siempre es posible. Antes de poder plantearse la conveniencia de proponer la recarga artificial de un acuífero es necesario tener un conocimiento muy profundo y detallado de la hidrogeología de la región donde se encuentra el acuífero en cuestión por un lado y por otro disponer del volumen de agua necesario para tal operación.

#### **1.4.4 TRÁNSITO**

Uno de ellos es el flujo hipodérmico o "interflujo" es aquel que circula de modo somero y rápido por ciertas formaciones permeables de escasa profundidad, por lo general, ligada a alveos fluviales (acuíferos subálveos); que proceden de una rápida infiltración, una alta velocidad de transmisión (conductividad hidráulica), y un retorno hacia el cauce superficial. Por lo que estos flujos más intervienen en el balance neto de las aguas superficiales (o de escorrentía superficial) que en las aguas subterráneas donde sólo interviene como balance transitorio.

De este modo, estos flujos suelen ir ligados al propio flujo en el río, dándose a veces al río el nombre de cauce intermitente, ya que lo que se observa en el río es que este tiene tramos con agua y tramos secos.

Como medio transitorio, también puede citarse el flujo ligado a hábitats húmedos, tipo criptohumedal, donde el agua, por debajo del circuito hipodérmico, ya circula propiamente por la zona saturada de un acuífero, y pertenece, por tanto, al balance neto de las aguas subterráneas, en diferencia al interflujo, de balance de escorrentía superficial. Este tránsito favorece el mantenimiento de las plantas denominadas "freatófilas", que son capaces de succionar las capas saturadas más someras de los acuíferos, como agua extra a la captada del suelo del exterior.

#### **1.4.5 DESCARGA**

El agua subterránea mana (brota) de forma natural en distintas clases de surgencias en las laderas (manantiales) y a veces en fondos del relieve, siempre allí donde el nivel freático intercepta la superficie. Cuando no hay surgencias naturales, al agua subterránea se puede acceder a través de pozos, perforaciones que llegan hasta el

acuífero y se llenan parcialmente con el agua subterránea, siempre por debajo del nivel freático, en el que provoca además una depresión local. El agua se puede extraer por medio de bombas.

El agua también se desplaza a través del suelo, normalmente siguiendo una dirección paralela a la del drenaje superficial, y esto resulta en una descarga subterránea al mar que no es observada en la superficie, pero que puede tener importancia en el mantenimiento de los ecosistemas marinos.

#### **1.4.5.1 Sobreexplotación**

Los pozos se pueden secar si el nivel freático cae por debajo de su profundidad inicial, lo que ocurre ocasionalmente en años de sequía, y por las mismas razones pueden secar los manantiales. El régimen de recarga puede alterarse por otras causas, como la reforestación, que favorece la infiltración frente a la escorrentía, pero aún más favorece la evaporación, o por la extensión de pavimentos impermeables, como ocurre en zonas urbanas e industriales.

El descenso del nivel freático medio se produce siempre que hay una extracción continuada de agua en el acuífero. Sin embargo este descenso no significa que el acuífero esté sobreexplotado. Normalmente lo que sucede es que el nivel freático busca una nueva cota de equilibrio en que se estabiliza.

La sobreexplotación se produce cuando las extracciones totales de agua superan a la recarga. En algunas partes del mundo la ampliación de los regadíos y de otras actividades que consumen agua se ha hecho a costa de acuíferos cuya recarga es lenta o casi nula. Esto ha tenido algunas consecuencias negativas como el secado de manantiales y zonas húmedas o la intrusión salina en acuíferos costeros. En algunos casos la sobreexplotación ha favorecido la intrusión de agua salina por la proximidad de la costa, provocando la salinización del agua e indirectamente la de los suelos agrícolas.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> RECARGA, TRANSITO, DESCARGA, SOBREEXPLOTACION;  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_subterr%C3%A1nea](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterr%C3%A1nea)

#### **1.4.6 FORMAS DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Se refiere a toda instalación que permita poner a disposición de uso el agua contenida en los acuíferos. Por ejemplo, los pozos son perforaciones verticales de forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que la profundidad.

El agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo de tipo radial. Los drenes o galerías que se refieren a perforaciones o instalaciones horizontales de sección más o menos circular y con una longitud mucho mayor que el diámetro. El agua penetra a lo largo de la obra creando un flujo aproximadamente paralelo y horizontal.

Captaciones de manantiales corresponde a obras civiles que pretenden proteger la salida de agua subterránea procedente de un acuífero, este tipo de obra es muy común especialmente en acueductos rurales.

Los pozos representan también otro tipo de obra muy común para extraer agua subterránea, para ello se requiere de un dispositivo mecánico que extraiga el agua, generalmente se emplea la bomba sumergible.

Cuando se inicia el bombeo en un pozo, se produce un descenso en el nivel del agua y se forma un cono de influencia el cual va extendiéndose de forma que la cantidad de agua obtenida a consecuencia del descenso de nivel iguale a la extraída por el pozo.

Una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener un cierto volumen de agua de una formación acuífera concreta, para satisfacer una determinada demanda.

La elección del tipo de captación vendrá condicionada en esencia por los siguientes factores:

- ✓ Características hidrogeológicas del sector.
- ✓ Características hidrodinámicas de los materiales acuíferos que se pretenda captar.
- ✓ Volumen de agua requerido.
- ✓ Distribución temporal de la demanda.
- ✓ Coste de las instalaciones de explotación y mantenimiento de la captación.

En definitiva se trata de conseguir un equilibrio entre los aspectos técnicos y económicos.



Las modalidades que puede presentar una obra de captación son fundamentalmente las siguientes:

- ✓ Galerías
- ✓ Zanjas drenantes
- ✓ Pozos excavados
- ✓ Sondeos
- ✓ Pozos con drenes radiales<sup>16</sup>

## **1.5 VARIACIÓN DE NIVELES Y ABATIMIENTO EN LOS POZOS**

Los pozos perforados se caracterizan por la mecanización casi completa de su perforación. Presentan diámetros relativamente reducidos, entre 40 - 80 cm.

El método de perforación se determina generalmente en función de la profundidad a alcanzar, el diámetro necesario y la naturaleza del terreno.

La naturaleza de los terrenos atravesados o condiciones de funcionamiento del pozo, pueden aconsejar o incluso exigir el revestimiento de las paredes del mismo.

Los pozos perforados son aquellos en los cuales la excavación se hace por medio de taladros rotatorios, ya sean manuales o impulsados por fuerza motriz. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

En un pozo existen dos niveles especiales:

### **1.5.1 EL NIVEL ESTÁTICO**

Es el nivel en que se encuentra el agua cuando no se ha iniciado extracción de agua.

### **1.5.2 EL NIVEL DINÁMICO**

Cuando se inicia el bombeo el nivel del agua comienza a bajar según la rapidez de bombeo hasta que después de un tiempo el nivel se detiene, la rapidez de llenado del pozo se equilibra con la del bombeo y esta nueva profundidad o punto es el nivel dinámico.

---

<sup>16</sup>FORMAS DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.,  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

Para diferentes caudales (L/s) habrán diferentes niveles dinámicos, y la unión de todos estos diferentes niveles dinámicos vs caudal originan una curva llamada Curva de aforo del pozo.

Esta curva es muy importante porque se conoce cuanto rinde el pozo para determinado caudal requerido y la profundidad a la que se debe instalar la bomba, para evitar que se quede sin agua.

Generalmente la bomba se ubica mínimo 5 metros más abajo del nivel dinámico

### **1.5.3 ABATIMIENTO**

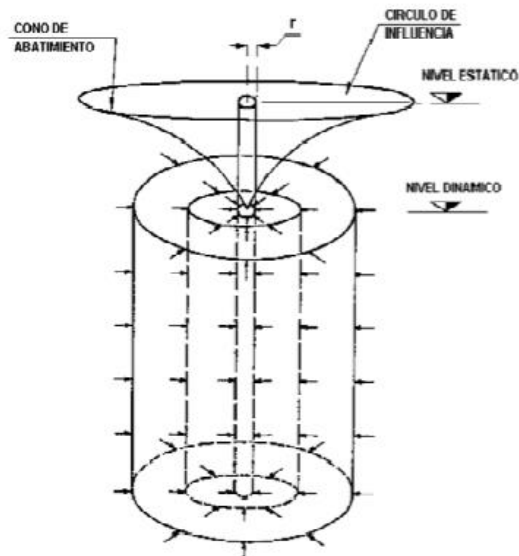
El abatimiento en un pozo es el descenso que experimenta el nivel de agua cuando se está bombeando o cuando el pozo fluye naturalmente. El abatimiento es la diferencia, medida en metros entre el nivel estático y el nivel dinámico. Este representa la carga, en metros de agua que produce el flujo desde el acuífero hacia el pozo y el caudal que se está extrayendo.

El abatimiento es un parámetro importante en el diseño de pozos, sobre todo si se conoce que de acuerdo con las características del acuífero el valor de la componente turbulenta del abatimiento es significativo.

Se calcula también para realizar la curva característica del pozo funcionando por bombeo, la cual es la representación gráfica de la relación entre caudales extraídos y abatimientos producidos en el pozo para condiciones de equilibrio. Estas representaciones se denominan curvas características y pueden mostrar relaciones caudal-caudal específico o caudal-abatimiento específico.

La eficiencia de un pozo de bombeo, es la relación existente entre el abatimiento que se produce en la cara del pozo y el que se produce dentro de la camisa del pozo, debido a la resistencia adicional que introduce la estructura del pozo.

El abatimiento es una función de las propiedades del acuífero (conductividad hidráulica,  $k$ ) y las características del pozo incluyendo su construcción.



**Figura 7. CONO DE ABATIMIENTO**

([http://hidraulica.umich.mx/laboratorio/images/man\\_pdf/80/p8\\_2.pdf](http://hidraulica.umich.mx/laboratorio/images/man_pdf/80/p8_2.pdf))

Al efectuarse la extracción del agua de un pozo de bombeo, ocurre un abatimiento de la superficie libre del agua dentro del ademe, deteniéndose hasta que ocurra el equilibrio con la aportación de los mantos acuíferos. En el subsuelo que rodea al pozo, debido al escurrimiento de agua hacia el mismo se provoca una depresión cónica denominada “cono de abatimiento”, cuya influencia se deja sentir según el caudal extraído y la clase de material que rodea al pozo.<sup>17</sup>

## 1.6 DATACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEA

Los isótopos de un elemento químico son las variedades en las que se suelen presentar sus átomos. Los isótopos radiactivos han encontrado numerosas aplicaciones en la hidrología. El tritio y el carbono 14 son muy utilizados como "instrumentos de datación".

Los ensayos en la atmósfera de bombas de fusión nuclear efectuados en los años cincuenta y principios de los sesenta liberaron grandes cantidades de tritio artificial a la atmósfera y con ello a la hidrosfera. La observación de este impulso de tritio transitorio en el ciclo del agua motivó numerosos estudios hidrológicos a escala mundial.

Este tritio procedente de los ensayos de bombas nucleares se convirtió en un eficaz indicador de aguas jóvenes en los sistemas de aguas subterráneas y en un útil trazador

<sup>17</sup>VARIACION DE NIVELES Y ABATIMIENTO DE LOS POZOS

[http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Memoria/Captaciones/Tipos\\_Pozos.asp](http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Memoria/Captaciones/Tipos_Pozos.asp)

para determinar la tasa de recarga de los acuíferos, particularmente en regiones áridas y semiáridas.

Pese a la complejidad de la geoquímica del carbono en los sistemas de aguas subterráneas, tanto el carbono 14 natural como el artificial se convirtieron en un instrumento muy utilizado para evaluar las edades de las aguas subterráneas del orden de unos cuantos miles a unas cuantas decenas de miles de años. Por ejemplo, el radiocarbono permitió evaluar, por primera vez, la edad de grandes reservas de agua subterránea almacenadas bajo el Sahara.

Existen aplicaciones de otros radioisótopos para la datación del agua como son el cloro 36 y el yodo 129. Con el cloro 36 se estimó que las edades del agua subterránea de grandes cuencas sedimentarias, como la Gran Cuenca Artesiana de Australia. Las mediciones de yodo 129 en formaciones de agua profundas asociadas a yacimientos de petróleo ayudan a aclarar el origen y la edad de estas aguas.

La estimación de la edad de las aguas subterráneas tiene repercusiones directas en la explotación de los recursos de aguas subterráneas: la ausencia de tritio y las bajas concentraciones de radiocarbono indican que el referido acuífero no se está recargando en la actualidad.<sup>18</sup>

### **1.6.1 DATACIÓN POR RADIOCARBONO**

La datación por radiocarbono de aguas subterráneas puede dar indicaciones en cuanto a cuando el agua fue sacada fuera del contacto con la atmósfera, es decir, cuando pasó a ser subterránea.

Mediante la extracción de los carbonatos de agua para datación, las mediciones pueden proporcionar información en la recarga de los depósitos subterráneos así como sobre las direcciones de flujo y de las tasas. Esto es válido para muestras de 10 años a 40.000 años de edad.

El agua superficial y el agua de la lluvia que se infiltran en el suelo contienen pequeñas cantidades de dióxido de carbono extraído del aire. Saliendo de la atmósfera, el agua entra en contacto con el aire del suelo, donde la presión parcial del dióxido de carbono generado por la vegetación (raíz-respiración) es mucho mayor. El contenido de

---

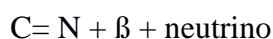
<sup>18</sup> DATACION DE LOS ACUIFEROS., <http://es.scribd.com/doc/52564915/Datacion-con-carbono-14>

radiocarbono de estas fuentes es el denominado nivel "moderno" y es el utilizado para referencia en los cálculos de edad.<sup>19</sup>

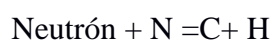
#### 1.6.1.1 Carbono 14

Existen en la naturaleza tres isótopos del carbono el carbono 12, carbono 13 y el carbono 14. Casi el 99 % del CO<sub>2</sub> atmosférico es del tipo que contiene el carbono ligero carbono 12. Una pequeña parte, el 1,1 % del CO<sub>2</sub>, es algo más pesado, ya que contiene carbono 13. Y finalmente existe también en la atmósfera, en muy pequeña proporción, un tipo de CO<sub>2</sub> que contiene carbono 14, que es radiactivo e inestable.

El carbono 14 tiene la particularidad de que es un isótopo inestable, que poco a poco va transmutándose en nitrógeno 14 y desaparece según la reacción:



En compensación de esta pérdida, nuevos átomos de carbono 14 se forman continuamente en la atmósfera como producto del choque de neutrones cósmicos sobre otros átomos atmosféricos de nitrógeno:



Estos neutrones son parte de la radiación cósmica galáctica que tras atravesar el Sistema Solar llega a la atmósfera terrestre. Los choques de los rayos cósmicos con los átomos de N14 y, por lo tanto, la producción de carbono 14, es máxima a unos 15 km de altura. Rápidamente los átomos de carbono 14 así formados se oxidan a CO<sub>2</sub> y se difunden y se mezclan por toda la atmósfera con el resto del CO<sub>2</sub>. Los procesos de desintegración y de formación de carbono 14 se compensan de tal forma que la concentración de carbono 14 en la atmósfera es "más o menos" constante.

Gradualmente y de acuerdo al período de semidesintegración del C 14 (5.730 años), la concentración de ese isótopo disminuirá debido al decaimiento radiactivo. Si se mide la cantidad de carbono 14 remanente en la muestra en estudio, se puede determinar el tiempo transcurrido desde la muerte de ese organismo hasta el presente.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> DATACION POR RADIOCARBONO., <http://www.radiocarbon.com/espanol/aguas-subterranas-carbono-datacion.htm>

<sup>20</sup> CARBONO 14., [http://www.dsi.uclm.es/personal/MiguelFGraciani/mikicurri/Docencia/Bioinformatica/web\\_BIO/Docuementacion/Trabajos/Carbono%2014/Carbono\\_14.pdf](http://www.dsi.uclm.es/personal/MiguelFGraciani/mikicurri/Docencia/Bioinformatica/web_BIO/Docuementacion/Trabajos/Carbono%2014/Carbono_14.pdf)

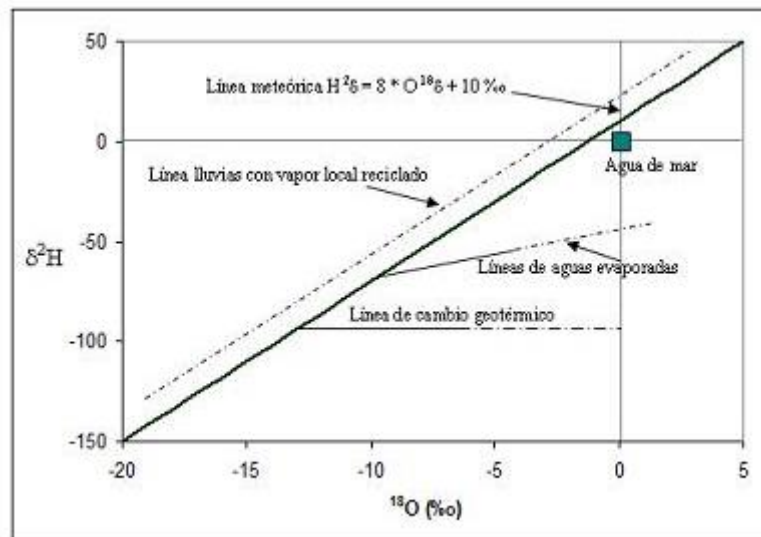
### 1.6.1.2 Deuterio

Es utilizado como trazador de origen de las aguas subterráneas. Su contenido depende de varios factores y procesos:

- ✓ La historia del agua
- ✓ Las condiciones de las precipitaciones
- ✓ Los factores geológicos (distancia del océano, latitud, longitud)
- ✓ Los factores climáticos (temperatura, grado de condensación de la masa nubosa)
- ✓ Los procesos de precipitación, evaporación, procesos geotermales, metamórficos
- ✓ La actividad humana

Su contenido se expresa como desviación en ‰ respecto al punto SMOW y/o la recta de las precipitaciones la cual se presenta a la relación:<sup>21</sup>

$$d^2H = 8 d^{18O} + 10 \quad (\text{La recta Mundial según Craig, 1961})$$



**Figura 8. LINEA METEORICA MUNDIAL**

(<http://arcgisaguasubterranea.files.wordpress.com/2010/10/figura-2.jpg>)

<sup>21</sup>DEUTERIO., <http://www2.ing.puc.cl/ich/DIHA%203.0/Seminarios/Pruszkowska%20-%2016%20agosto.pdf>

## **CAPITULO 2**

### **2 PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

##### **2.1.1 CONTACTO CON INSTITUCIONES DE APOYO**

Se hizo un análisis referente a cuáles son las instituciones públicas, privadas y comunitarias que tienen injerencia en el manejo y uso de las aguas subterráneas, identificándose como actores fundamentales ha:

EMAPAR, Empresa pública Municipal de la ciudad de Riobamba que provee de agua potable a la ciudad, exclusivamente de la explotación de aguas subterráneas.

GADP, Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial que en su afán de dotar de servicios a los sectores rurales que no tienen abastecimiento municipal de agua, han promovido la perforación de pozos para cumplir con este objetivo.

Como entidades privadas se tienen el conocimiento de que existen instituciones como: ESPOCH, UNACH, BRIGADA BLINDADA GALAPAGOS, CIUDADELAS, entre otras que abastecen sus necesidades de uso en función de las aguas subterráneas con un manejo propio.

En cuanto a los sectores comunitarios se ha identificado que tienen estrecha colaboración de organismos no gubernamentales (ONGs), quienes a través de su actividad de apoyo han construido pozos de abastecimiento de agua subterránea para el consumo.

Una vez identificados los organismos que tienen injerencia en las aguas subterráneas se buscó hacer acercamientos con los sectores más visibles, llegándose a concretar el apoyo de: AVSF-CESA y EMAPAR quienes en convenio con la ESPOCH, son los responsables de la ejecución de este proyecto.

Con el grupo de trabajo se realizaron reuniones informativas para la ejecución de la propuesta contando con el apoyo de un equipo de técnicos de las instituciones involucradas además de que se asumieron responsabilidades logísticas y económicas por cada una de las instituciones.

### **2.1.2 CONTACTO CON PERSONAS CLAVES**

En cada uno de los sitios de monitores, se buscó el apoyo de personas que conocían las zonas quienes aportaron con información a más de dar acceso a los lugares de trabajo.

## **2.2 INVENTARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

El inventario de las aguas subterráneas tiene que ver con la elaboración de la línea base de este recurso, para ello se inició con la obtención de información secundaria, partiendo de las zonas donde ya existía explotación, como son los pozos perforados por el CONSEJO PROVINCIAL, el MUNICIPIO DE RIOBAMBA y los pozos de instituciones particulares, de algunos de estos ya se cuentan con información respecto a la explotación, funcionamiento y química del agua.

Además en busca de nuevos afloramientos se dividió la zona de estudio en subsectores correspondientes a:

- ✓ Calpi-San Juan
- ✓ San Andrés-San Isidro
- ✓ Santa Fé de Galán
- ✓ Guano-Los Elenes
- ✓ Riobamba-Yaruquies
- ✓ San Gerardo –Cubijies
- ✓ San Luis-Pantaño

Se recorrieron estos sectores en busca de lagunas, afloramientos y aguas superficiales y se estableció la ubicación geográfica de cada uno de los puntos a través de la utilización de un GPS y se determinaron las características físico-químicas básicas del agua in situ como son:

- ✓ pH
- ✓ Conductividad.
- ✓ Salinidad
- ✓ Temperatura
- ✓ Alcalinidad
- ✓ Sólidos Totales Disueltos
- ✓ Potencial redox



Para estas determinaciones se utilizó el equipo multiparámetros y la determinación de alcalinidad por volumetría. Las diferentes técnicas y métodos para estos análisis son:

**Tabla 1. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

<b>DETERMINACIONES</b>	<b>METODO</b>	<b>METODO*</b>
pH	Potenciométrico	4500-B
Conductividad	Potenciométrico	2510-B
Temperatura	Física	2550-B
Salinidad	Potenciométrico	2520-B
Sólidos Totales Disueltos	Potenciométrico	2540-C
Potencial redox	Potenciométrico	2580-B
Alcalinidad	Volumétrico	2340-C

*(STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (18th ed.) American Journal of Public Health and the Nations Health)*

### **2.2.1 Puntos ubicados y analizados**

Cada uno de los puntos ubicados, que constituyen el inventario de aguas subterráneas dentro de la zona de estudio de Riobamba y Guano fue sometido a un trabajo de campo y de laboratorio para generar la información necesaria propuesta para este inventario.

A continuación se desarrolla la información de cada uno de los puntos, trabajo realizado por el tesista y el equipo de apoyo.

#### **2.2.1.1 Pozos de Llio**

Llio está situado en el cantón Guano, es una zona que ha sido ampliamente explotada, cuenta con 7 pozos perforados los cuales pertenecen a EMAPAR y proveen de agua potable a la ciudad de Riobamba con un caudal aproximado de 250 L/s, el estado de los diferentes pozos es variable y serán detallados a continuación:

##### **2.2.1.1.1 Pozos que no encuentran en operación**

###### **Pozo # 1**

En funcionamiento tenía un caudal aproximado de 28 L/s.

<b>FECHA DE CONSTRUCCION</b>	<b>PRUFUNDIDAD (m)</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>	<b>ESTADO</b>
01/07/1981	54	754485	9827333	3134	Bomba dañada

### Pozo # 3

En funcionamiento tenía un caudal aproximado de 28 L/s.

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
1982	55	754402	9826914	3123	Seco desde el año 2010

### 2.2.1.1.2 Pozos en operación

#### Pozo # 2



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
01/06/1981	55	754387	9827227	3137	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	6.29	Cloruros	12.8
Conductividad (µs/cm)	438	Dureza	240
Temperatura (°C)	12.7	Magnesio	40.8
Salinidad (‰)	2	Sulfatos	34.5
STD (mg/L)	211	Nitratos	1.92
Potencial redox (mV)	48.5		
Alcalinidad (mg/L)	196		

Fuente: AVSF-CESA

**Pozo # 4**



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
01/08/1981	48	754393	9826914	3121	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	6.6	Cloruros	12.8
Conductividad (µs/cm)	456	Dureza	240
Temperatura (°C)	13.3	Magnesio	36.9
Salinidad (‰)	0.2	Sulfatos	30.267
STD (mg/L)	222	Nitratos	2.36
Potencial redox (mV)	29.3		
Alcalinidad (mg/L)	188		

Fuente: AVSF-CESA

**Pozo #5**



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDA D (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2010	142	754449	9827230	3131	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	6.43	Cloruros	12.8
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	547	Dureza	280
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	11.6	Magnesio	44.7
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.3	Sulfatos	30
STD (mg/L)	265	Nitratos	4.2
Potencial redox (mV)	-61.9	Calcio	38.4
Alcalinidad (mg/L)	340		

Fuente: AVSF-CESA

### Pozo #6



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2009	61	754411	9827120	3122	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	6.28	Cloruros	12.8
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	469	Dureza	336
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	11.8	Magnesio	62.2
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.2	Nitratos	4
STD (mg/L)	304.85		
Potencial redox (mV)	50.3		
Alcalinidad (mg/L)	224		

Fuente: AVSF-CESA

## Pozo #7



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
1982	39	754484	9827027	3123	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	6.43	Cloruros	11.3
Conductividad (µs/cm)	425	Dureza	232
Temperatura (°C)	13	Magnesio	36.9
Salinidad (‰)	0.2	Sulfatos	30.267
STD (mg/L)	205	Nitratos	2.36
Potencial redox (mV)	39.5		
Alcalinidad (mg/L)	188		

Fuente: AVSF-CESA

### 2.2.1.2 Vertientes de San Pablo

Las vertientes de San Pablo están situado en el cantón Guano, aquí se encuentran ubicados dos pozos surgentes que pertenecen a EMAPAR y proveen de agua potable a la ciudad de Riobamba con un caudal aproximado de 256 L/s, el estado de los diferentes pozos es variable y serán detallados a continuación:

#### Vertiente San Pablo #1

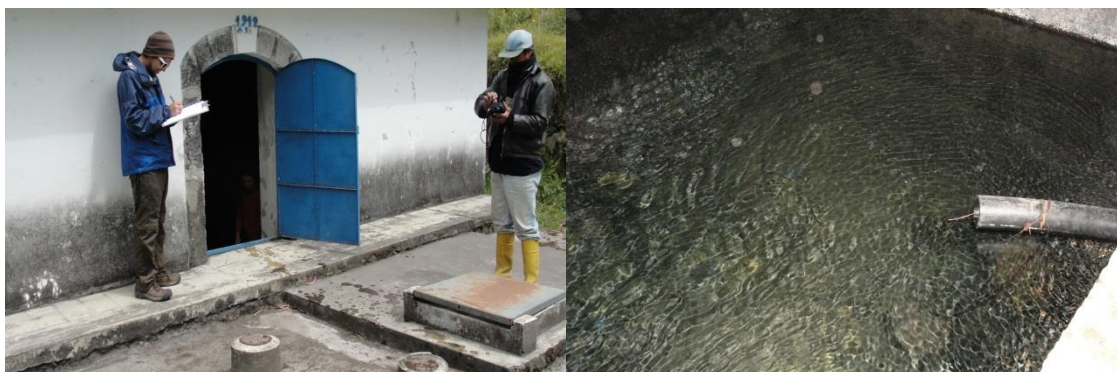


FECHA DE CONSTRUCCION	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
1912	753960	9827473	3139	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	6.21	Cloruros	12.76
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	393	Dureza	232
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	13.5	Magnesio	35
Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.2	Sulfatos	34.692
STD (mg/L)	189.4	Nitratos	2.36
Potencial redox (mV)	52.6		
Alcalinidad (mg/L)	200		

Fuente: AVSF-CESA

### Vertiente San Pablo #2



FECHA DE CONSTRUCCION	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
1912	753952	9827172	3143	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	5.78	Cloruros	14.2
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	383	Dureza	192
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	10.9	Calcio	32
Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.3	Magnesio	27.2
STD (mg/L)	184.6	Sulfatos	58
Potencial redox (mV)	76.8	Nitratos	2.8
Alcalinidad (mg/L)	220		

Fuente: AVSF-CESA

#### 2.2.1.3 Pozo de la Ciudadela Balboa

Se encuentra ubicado en el cantón Guano y pertenece a la ciudadela Ciudad Balboa, fue construido para satisfacer las necesidades de la ciudadela.



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2012	200	758420	9819623	2899	En construcción

#### 2.2.1.4 Pozo El Carmen

Se encuentra ubicado en el cantón Guano, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL, es un pozo perforado que cuenta con 4 revestimientos, se encuentra en funcionamiento y provee de agua potable a 6 comunidades, 265 familias, 1325 personas. La bomba es prendida solo 7 horas al día, el agua es tratada con cloro antes de ser enviada a los hogares. Tiene un Caudal: 5.66 L/s, Nivel estático: 145.4 m y Nivel Dinámico: 161.96 m.



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2007	244	758420	9819623	2899	Operativo

<b>DATOS DE CAMPO</b>	<b>VALOR</b>
pH	6.94
Conductividad (µs/cm)	1288
Temperatura (°C)	17.7
Salinidad (‰)	0.6
STD (mg/L)	636
Potencial redox (mV)	9.6
Alcalinidad (mg/L)	439.2

### 2.2.1.5 Pozo de Langos

Se encuentra ubicado en el cantón Guano, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL, es un pozo perforado que cuenta con 4 revestimientos, se encuentra en funcionamiento y provee de agua potable a 3 comunidades, 320 familias, 1600 personas. La bomba es prendida solo 4 horas al día, el agua es tratada con cloro antes de ser enviada a los hogares. Tiene un caudal de 1.47 L/s, éste es bajo debido a que el diámetro de la tubería es baja, Nivel estático: 116 m y Nivel Dinámico: 206.2 m

<b>FECHA DE CONSTRUCCION</b>	<b>PRUFUNDI DAD (m)</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>	<b>ESTADO</b>
2008	258	759946	9821740	2638	Operativo

<b>DATOS DE CAMPO</b>	<b>VALOR</b>
pH	6.21
Conductividad (µs/cm)	2001
Temperatura (°C)	20.6
Salinidad (‰)	0.6
STD (mg/L)	1009
Potencial redox (mV)	53.7
Alcalinidad (mg/L)	619.76

### 2.2.1.6 Pozo de Chingazo Alto

Este pozo se encuentra en el cantón Guano, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL, es un pozo perforado que cuenta con 3 revestimientos, se encuentra en funcionamiento y provee de agua potable a 180 familias, 900 personas. La bomba es prendida solo 8 horas al día de lunes a viernes, el agua no recibe ningún tratamiento antes de ser enviada a los hogares. Tiene un Caudal: 3.46 L/s, Nivel estático: 99.9 m y Nivel Dinámico: 111.1 m.

<b>FECHA DE CONSTRUCCION</b>	<b>PRUFUNDI DAD (m)</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>	<b>ESTADO</b>
01/07/2006	227	768776	9821784	2720	Operativo



DATOS DE CAMPO	VALOR
pH	7.78
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1094
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	20
Salinidad ( $^{\circ}/1000$ )	0.5
STD (mg/L)	534
Potencial redox (mV)	-41
Alcalinidad (mg/L)	463.6

### 2.2.1.7 Pozo de San Gabriel

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en el sector de San Antonio del aeropuerto, pertenece a EMAPAR, es un pozo perforado que se encuentra en funcionamiento y que provee de agua potable a la ciudad de Riobamba. Tiene un caudal aproximado de 17.6 L/s, el nivel estático es de 55.82 m y el nivel dinámico es de 81.05 m.



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2006	170	761378	9817726	2804	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	7.58	Cloruros	18.4
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1691	Dureza	824
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.1	Magnesio	122.5
Salinidad ( $^{\circ}/1000$ )	0.8	Sulfatos	608.9
STD (mg/L)	833	Nitratos	2.96
Potencial redox (mV)	-29		
Alcalinidad (mg/L)	280.6		

Fuente: AVSF-CESA

## 2.2.1.8 Pozos de la ESPOCH

### Pozo de La Politécnica #1



LONGITUD	PRUFUNDIDAD (m)	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
757705	188	9817078	2844	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	7.41	Cloruros	32.6
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1276	Dureza	600
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18	Magnesio	2.8
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.6	Sulfatos	276.12
STD (mg/L)	632	Nitratos	3.68
Potencial redox (mV)	-18.4		
Alcalinidad (mg/L)	460		

Fuente: AVSF-CESA

### Pozo de La Politécnica #2



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
1985	159	758079	9816383	2823	Bomba dañada

### 2.2.1.9 Pozo El Pedregal

Pozo ubicado en el cantón Riobamba, pertenece a EMAPAR, cuando estaba en funcionamiento tenía un caudal de 8 L/s.



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
1985	158	758543	9815957	2817	Bomba dañada

### 2.2.1.10 Pozo Shuyo

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, se encuentra ubicado en el sector de Yaruquies, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL.



FECHA DE CONSTRUCCION	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2005	758947	9812997	2817	Nunca funcionó

### 2.2.1.11 Pozo El Estadio

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, se encuentra ubicado en el sector de Yaruquies, pertenece a EMAPAR. Tiene un Caudal: 30 L/s y se explotan 4 y un Nivel dinámico: 63.5 m



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2011	200	758994	9813514	2815	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	7.19	Cloruros	82.2
Conductividad (µs/cm)	1723	Dureza	456
Temperatura (°C)	24.2	Calcio	60.8
Salinidad (‰)	0.9	Magnesio	73.9
STD (mg/L)	861	Sulfatos	273
Potencial redox (mV)	-5.5	Nitratos	2.4
Alcalinidad (mg/L)	500		

Fuente: AVSF-CESA

### 2.2.1.12 Pozo El Pinar

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, se encuentra ubicado en el sector el Pinar, pertenece a la ciudadela el Pinar, provee de agua potable solo a la ciudadela que tiene una población de 1500 personas aproximadamente. La ciudadela no paga servicio de agua a EMAPAR.



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2002	170	758148	9817775	2849	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	6.95	Cloruros	21.27
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1144	Dureza	340
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	13.5	Magnesio	116.6
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.6	Sulfatos	238.95
STD (mg/L)	564	Nitratos	3.08
Potencial redox (mV)	9.2		
Alcalinidad (mg/L)	380		

Fuente: AVSF-CESA

### 2.2.1.13 Pozo de La Brigada Galápagos

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, se encuentra ubicado en la Brigada Blindada Galápagos para sus necesidades. Tiene un Caudal: 8.33 L/s

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
10/06/2003	200	760979	9816928	2833	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	7.49	Cloruros	17
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1516	Dureza	712
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.7	Magnesio	38.9
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.8	Sulfatos	327.5
STD (mg/L)	754	Nitratos	3.04
Potencial redox (mV)	-23.3		
Alcalinidad (mg/L)	231.8		

Fuente: AVSF-CESA

### 2.2.1.14 Pozo de La UNACH

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, pertenece a la UNACH, es un pozo perforado que cuenta con 2 revestimientos. Este pozo es usado para consumo humano y riego. La bomba es prendida de 2-3 horas al día para llenar las cisternas. Durante la construcción del pozo, se profundizó el pozo ya que se pasó por un estrato de arcilla de casi 20 metros lo que significa que puede existir un acuífero más profundo. Tiene un Caudal: 43.81 L/s, Nivel estático: 145.4 m y Nivel dinámico: 161.96 m

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2005	175	762222	9816966	2803	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	7.66	Cloruros	14.2
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	673	Dureza	184
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.1	Magnesio	21.4
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.3	Sulfatos	47.96
STD (mg/L)	328	Nitratos	2.6
Potencial redox (mV)	-33.3		
Alcalinidad (mg/L)	330		

Fuente: AVSF-CESA

### 2.2.1.15 Pozo Huerta

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, pertenece a EMAPAR, es un pozo perforado que cuenta con 4 revestimientos, en el momento se encuentra en reparación ya que la bomba esta quemada.

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2004 Diciembre	219	758498	9815993	2821	Bomba dañada

### 2.2.1.16 Pozo Servidores

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, pertenece a EMAPAR, tiene un estrato de arena fina y arcilla de 99 a 104 m de profundidad. Tiene un Caudal: 43.81 L/s, Nivel estático: 38.30 m y Nivel dinámico: 70 m.



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
Noviembre 2004	190	759022	9816459	2822	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR	DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)	VALOR
pH	7.6	Cloruros	32.6
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1114	Dureza	448
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.3	Magnesio	4
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.5	Sulfatos	3.12
STD (mg/L)	549	Nitratos	3.52
Potencial redox (mV)	-29.9		
Alcalinidad (mg/L)	460		

Fuente: AVSF-CESA

### 2.2.1.17 Pozo 21 de Abril

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en la ciudadela 21 de abril, pertenece a EMAPAR, es un pozo perforado que cuenta con 3 revestimientos, el nivel estático del agua es de 7 metros. Al momento el pozo no se encuentra en funcionamiento debido a que fue mal construido y no se puede reparar y usar el pozo por problemas administrativos.



FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
01/07/2006	120	762580	9817459	2797	Sin funcionamiento

### 2.2.1.18 Pozo María Auxiliadora

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en el sector de Santa Cruz, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL, es un pozo perforado que cuenta con 1 revestimiento. Tiene un Caudal: 3.83 L/s, Nivel estático: 50.93 m y Nivel dinámico: 106.75 m.

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
24/10/2006	252	760519	9812818	2777	Sin funcionamiento

### 2.2.1.19 Pozo Las Abras

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en el sector de San Antonio, pertenece a EMAPAR, es un pozo perforado que tiene un caudal de 19 L/s. Este pozo fue visitado el 04/07/2012 y se espera la entrega final de la obra a EMAPAR en un lapso de 2 meses. Caudal: 19 L/s

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)
01/12/2006	170	761874	9817955	2800

### 2.2.1.20 Pozo de la ciudadela 24 de Mayo

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en la ciudadela 24 de mayo, pertenece a EMAPAR, es un pozo perforado, originalmente a 1200 metros, pero fue abandonado a 91.44 metros de profundidad por escasas de agua. El Pozo entrara en funcionamiento a finales del 2012

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)
Febrero 2004	204	757618	9817881	2859

### 2.2.1.21 Pozo de Lican

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en Lican, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL. Tiene un Caudal: 18.15 L/s, Nivel estático: 49.53 m y Nivel dinámico: 71.46 m.

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)
01/04/2006	240	757432	9819172	2895

### 2.2.1.22 Pozo San Martín de Veranillo

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en el sector de San Martín de Veranillo, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL, es un pozo perforado que cuenta con 2 revestimientos. Este pozo sirve a 3 comunidades, 380 familias, 900 personas. El agua es tratada con cloro antes de ser enviada a los hogares. La bomba es prendida 12 horas al día. Tiene un Caudal: 5.88L/s, Nivel estático: 44.06 m y Nivel dinámico: 52.59 m.

FECHA DE CONSTRUCCION	PRUFUNDIDAD (m)	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2007	214	764096	9816447	2780	Operativo



<b>DATOS DE CAMPO</b>	<b>VALOR</b>
pH	7.54
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	797
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.4
Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.4
STD (mg/L)	389
Potencial redox (mV)	-26.9
Alcalinidad (mg/L)	280.6

#### **2.2.1.23 Pozo Liribamba**

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en el sector de Liribamba, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL, es un pozo perforado que cuenta con 4 revestimientos. El pozo se encuentra perforado y se tienen los diseños. Tiene un Caudal: 7.33 L/s, Nivel estático: 87.26 m y Nivel dinámico: 96.26 m.

<b>FECHA DE CONSTRUCCION</b>	<b>PRUFUNDIDAD (m)</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>
22/08/2008	252	756684	9817300	2875

#### **2.2.1.24 Pozo de Tipines San Juan**

Este pozo se encuentra ubicado en sector de San Juan y pertenece al CONSEJO PROVINCIAL. Al momento existe una falla en el panel de control y por lo tanto no se encuentra en funcionamiento.

#### **2.2.1.25 Pozo de Galtes San Juan**

Este pozo se encuentra ubicado en sector de San Juan, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL.

<b>FECHA DE CONSTRUCCION</b>	<b>PRUFUNDIDAD (m)</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>
01/09/2008	100	746692	9818958

#### **2.2.1.26 Pozo Sector San Antonio**

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está ubicado en el sector de San Antonio vía a Baños.

<b>FECHA DE CONSTRUCCION</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>	<b>ESTADO</b>
01/09/2008	763390	9817554	2746	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR
pH	7.8
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1142
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.3

### 2.2.1.27 Pozo Cumandá

Este pozo pertenece al cantón Riobamba, está situado en el sector de Cumandá San Antonio, pertenece al CONSEJO PROVINCIAL. Este pozo sirve a 5 comunidades, 400 familias, 200 personas. El agua es tratada con cloro antes de ser enviada a los hogares. La bomba trabaja de 11 a 12 horas al día. Tiene un Caudal: 5.55 /s, Nivel estático: 45 m y Nivel dinámico: 56 m.

FECHA DE CONSTRUCCION	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)	ESTADO
2009	763132	9817174	2776	Operativo

DATOS DE CAMPO	VALOR
pH	8.18
Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	589
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.3
Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.3
STD (mg/L)	285
Potencial redox (mV)	-64.4
Alcalinidad (mg/L)	2.6/0.05

### 2.2.1.28 Vertiente Los Elenes

Ubicada cerca del complejo Los Elenes



<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>
758994	9813514	2815

<b>DATOS DE CAMPO</b>	<b>VALOR</b>	<b>DETERMINACIONES DE LABORATORIO (mg/L)</b>	<b>VALOR</b>
pH	6.54	Cloruros	41.1
Conductividad (µs/cm)	1711	Dureza	664
Temperatura (°C)	22.3	Calcio	76.8
Salinidad (‰)	0.8	Magnesio	114.5
STD (mg/L)	854	Sulfatos	300.9
Potencial redox (mV)	-34.1	Nitratos	2.4
Alcalinidad (mg/L)	460		

Fuente: AVSF-CESA

### 2.2.1.29 Vertiente Quimiag

<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>	<b>DATOS DE CAMPO</b>	<b>VALOR</b>
769295	9816142	2575	pH	7.5
			Conductividad (µs/cm)	441
			Temperatura (°C)	15.7

### 2.2.1.30 Quebrada Santa Bárbara (Guazlan)

<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>	<b>DATOS DE CAMPO</b>	<b>VALOR</b>
761540	9808692	2715	pH	8.6
			Conductividad (µs/cm)	1177
			Temperatura (°C)	18

### 2.2.1.31 Quebrada Colorada

<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>
762947	9807070	2694

### 2.2.1.32 Pozo La Merced

Es un pozo perforado que pertenece al CONSEJOPROVINCIAL

<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>
753308	9795075	3167

### 2.2.1.33 Pozo Parque Centenario

LONGITUD	LATITUD	ALTURA (msnm)
759458	9817011	2814

### 2.2.1.34 Vertientes de Almorzana Poggio

Estas vertientes se encuentran vía a Guaranda en el Arenal, separadas una de otra a 100 metros aproximados, su composición química muy similar.

#### 2.2.1.34.1 Vertiente 1

La de mayor caudal



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	739800	pH	7.19
Latitud	9831599	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	244
Altura	4050	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	10.1
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.2
		STD (mg/L)	116.7
		Potencial redox (mV)	-4.8
		Alcalinidad (mg/L)	134.2

#### 2.2.1.34.2 Vertiente 2



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	739800	pH	7.12
Latitud	9831599	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	257
Altura	4050	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	12.8
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.1
		STD (mg/L)	123.3
		Potencial redox (mV)	-1.0
		Alcalinidad (mg/L)	146.4

### 2.2.1.35 Lagunas sector vía a Guano

#### 2.2.1.35.1 Laguna de Patagpala



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	763280	pH	7.96
Latitud	9819801	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	2460
Altura	2778	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.5
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	1.3
		STD (mg/L)	1246
		Potencial redox (mV)	-51.5
		Alcalinidad (mg/L)	305

#### 2.2.1.35.2 Laguna Valle Hermoso



### Laguna de amplia extensión

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	763261	pH	8.15
Latitud	9821016	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	2400
Altura	2770	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	20
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	1.2
		STD (mg/L)	1216
		Potencial redox (mV)	-63.1
		Alcalinidad (mg/L)	219.6

### 2.2.1.35.3 Laguna San Gregorio Jesús del Gran Poder



Vertiente muy pequeña y en sus alrededores se está usando para el pasto de animales.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	764414	pH	8.15
Latitud	9820674	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	2210
Altura	2708	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.5
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	1.2
		STD (mg/L)	1117
		Potencial redox (mV)	-62.9
		Alcalinidad (mg/L)	305

### 2.2.1.36 Rio Guano sector los Elenes



Esta muestra fue tomada bajo en el puente de los Elenes, a este rio convergen las diferentes vertientes de agua que están situadas cerca del mismo.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	766065	pH	8.23
Latitud	9821038	Conductividad (µs/cm)	1025
Altura	2605	Temperatura (°C)	19.2
		Salinidad (‰)	0.5
		STD (mg/L)	502
		Potencial redox (mV)	-67.5
		Alcalinidad (mg/L)	536.8

### 2.2.1.37 Vertientes del sector de San Gerardo

#### 2.2.1.37.1 Vertiente entrada a San Gerardo



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	764865	pH	7.27
Latitud	9818421	Conductividad (µs/cm)	995
Altura	2705	Temperatura (°C)	18
		Salinidad (‰)	0.5
		STD (mg/L)	488
		Potencial redox (mV)	-69.6
		Alcalinidad (mg/L)	372.1

#### 2.2.1.37.2 Pozo Gallipoguo



El agua de este pozo es utilizada para consumo doméstico.

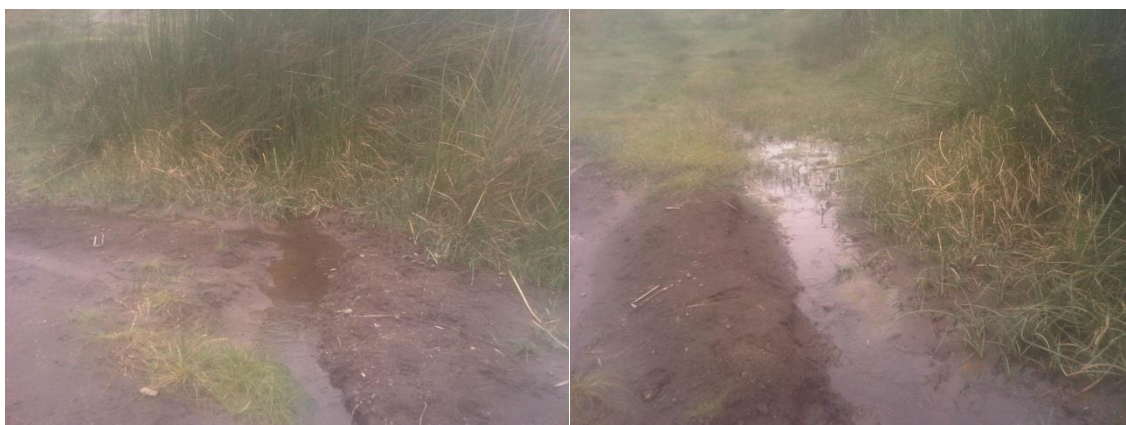
DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO		VALOR
Longitud	766424	pH		7.23
Latitud	9818872	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		1142
Altura	2618	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		20.3
		Salinidad ( $\text{‰}$ )		0.6
		STD (mg/L)		563
		Potencial redox (mV)		-68.2
		Alcalinidad (mg/L)		378.2

### 2.2.1.37.3 Vertiente de la zona baja de San Gerardo



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO		VALOR
Longitud	766650	pH		7.62
Latitud	9818912	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		1675
Altura	2613	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		20.8
		Salinidad ( $\text{‰}$ )		0.8
		STD (mg/L)		836
		Potencial redox (mV)		-91.9
		Alcalinidad (mg/L)		536.8

### 2.2.1.38 Vertiente Carrizal Carcelén



Vertiente pequeña



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	767823	pH	7.20
Latitud	9819905	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1131
Altura	2572	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	16
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.8
		STD (mg/L)	558
		Potencial redox (mV)	-71.4
		Alcalinidad (mg/L)	414.8

### 2.2.1.39 Vertientes del sector de la UNACH

#### 2.2.1.39.1 Pozo cercano a la laguna



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	762756	pH	8.14
Latitud	9817292	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	674
Altura	2776	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.3
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.3
		STD (mg/L)	329
		Potencial redox (mV)	-79.9
		Alcalinidad (mg/L)	427

#### 2.2.1.39.2 Laguna de atrás de la UNACH



Laguna muy deteriorada.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	762617	pH	7.98
Latitud	9817300	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	843
Altura	2772	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	16
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.4
		STD (mg/L)	413
		Potencial redox (mV)	-53.5
		Alcalinidad (mg/L)	549

## 2.2.1.40 Vertientes del sector de Santa Fe de Galán

### 2.2.1.40.1 Laguna de Yanacocha



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	769359	pH	6.89
Latitud	9834017	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	152.1
Altura	3631	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	15.5
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.1
		STD (mg/L)	73.1
		Potencial redox (mV)	12.7
		Alcalinidad (mg/L)	97.6

### 2.2.1.40.2 Quebrada de Quillotoro



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	764140	pH	6.8
Latitud	9832887	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	153
Altura	3886	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	14
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.1
		STD (mg/L)	72.9
		Potencial redox (mV)	-24.3
		Alcalinidad (mg/L)	103.7

### 2.2.1.40.3 Zona de acopio la Ciénega



De este sector el agua recolectada es usada para consumo doméstico pero está muy expuesta a la contaminación.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	764140	pH	7.15
Latitud	9832883	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	212
Altura	3877	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	12.4
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.1
		STD (mg/L)	101.6
		Potencial redox (mV)	-58.5
		Alcalinidad (mg/L)	134.2

### 2.2.1.40.4 Laguna parte superior



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	765551	pH	6.87
Latitud	9833089	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	44.2
Altura	3954	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	14
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.2
		STD (mg/L)	20.7
		Potencial redox (mV)	-45.6
		Alcalinidad (mg/L)	24.4

### 2.2.1.41 Vertientes del sector de Cubijies

#### 2.2.1.41.1 Vertiente entre La Calera y Cubijies



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	767626	pH	6.8
Latitud	9818816	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1554
Altura	2555	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.8
		STD (mg/L)	774
		Potencial redox (mV)	-54.5
		Alcalinidad (mg/L)	402.6

#### 2.2.1.41.2 Vertiente de la Calera



Ubicada en el Sector el Socorro, Barrio El Ejido, esta vertiente tiene un caudal grande y muy cerca se encontró una vertiente pequeña y se consideró que tenía la misma

procedencia. Esta laguna ha sido modificada como una fuente de acopio del agua que va a ser utilizada por la empresa contratista FOPECA.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	767644	pH	7.22
Latitud	9818696	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1558
Altura	2562	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.8
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.8
		STD (mg/L)	776
		Potencial redox (mV)	-66.8
		Alcalinidad (mg/L)	402.6

### 2.2.1.41.3 Vertiente Barrio La Cruz



El agua de esta vertiente es utilizada para lavar.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	768455	pH	7.26
Latitud	9817916	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1478
Altura	2525	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.4
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.7
		STD (mg/L)	734
		Potencial redox (mV)	-81.2
		Alcalinidad (mg/L)	597.8

## 2.2.1.42 Vertientes de Pantaño

### 2.2.1.42.1 Vertiente del puente de Pantaño



Esta vertiente se encuentra a un lado del río.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO		VALOR
Longitud	764525	pH		7.18
Latitud	9810144	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		755
Altura	2620	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		15
		Salinidad ( $\text{‰}$ )		0.4
		STD (mg/L)		368
		Potencial redox (mV)		-12
		Alcalinidad (mg/L)		414.8

### 2.2.1.42.2 Vertiente de la propiedad de la familia Falconi



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO		VALOR
Longitud	765042	pH		7.04
Latitud	9809974	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		1716
Altura	2600	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		19.2
		Salinidad ( $\text{‰}$ )		0.9
		STD (mg/L)		858
		Potencial redox (mV)		-68.3
		Alcalinidad (mg/L)		512.4

### 2.2.1.43 Vertiente en el sector de San Luis



Esta vertiente se encuentra ubicada en el barrio El Tejar

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	763053	pH	7.51
Latitud	9810397	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1251
Altura	2640	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.6
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.6
		STD (mg/L)	618
		Potencial redox (mV)	-21
		Alcalinidad (mg/L)	451.4

### 2.2.1.44 Vertientes del Sector de San Isidro

#### 2.2.1.44.1 Tanque de captación



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	757493	pH	6.6
Latitud	9825675	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1025
Altura	3040	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	17
		Salinidad ( $^{\circ}/_{00}$ )	0.5
		STD (mg/L)	503
		Potencial redox (mV)	-35.4
		Alcalinidad (mg/L)	744.2

### 2.2.1.44.2 Vertiente del sector

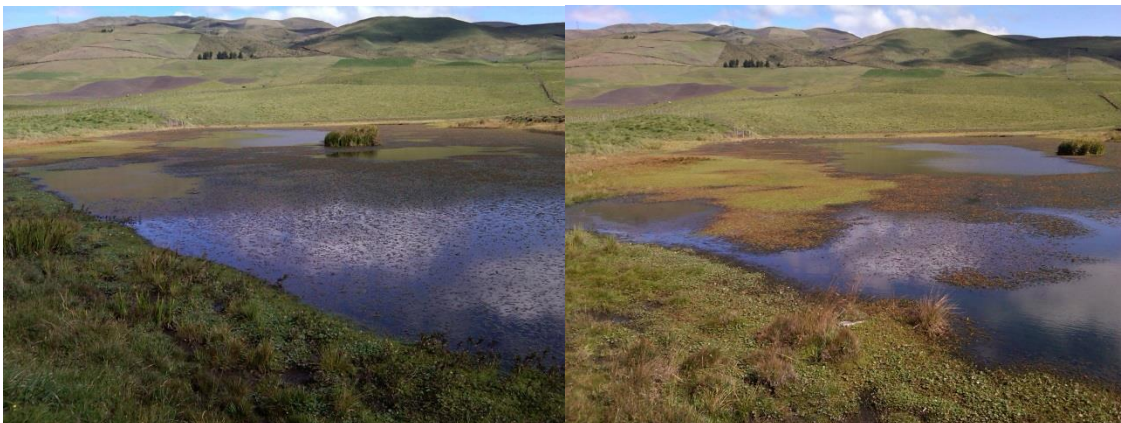


Ubicada a unos 100 metros mas abajo del tanque de captacion aproximadamente.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO		VALOR
Longitud	757860	pH		6.5
Latitud	9825431	Conductividad (µs/cm)		1020
Altura	3020	Temperatura (°C)		15.4
		Salinidad (‰)		0.5
		STD (mg/L)		501
		Potencial redox (mV)		-41.5
		Alcalinidad (mg/L)		732

### 2.2.1.45 Lagunas y Vertientes del sector de Urbina

#### 2.2.1.45.1 Laguna de Urbina #1



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO		VALOR
Longitud	756227	pH		8.5
Latitud	9836340	Conductividad (µs/cm)		152.6
Altura	3598	Temperatura (°C)		19.4
		Salinidad (‰)		0
		STD (mg/L)		72
		Potencial redox (mV)		-161.7
		Alcalinidad (mg/L)		134.2



### 2.2.1.45.2 Laguna de Urbina #2



Agua muy contaminada.

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	755419	pH	7.9
Latitud	9833877	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	303
Altura	3580	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	17.4
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.1
		STD (mg/L)	145.5
		Potencial redox (mV)	-127.8
		Alcalinidad (mg/L)	183

### 2.2.1.45.3 Vertientes del Puente de la Andaluza



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	752249	pH	6.23
Latitud	9829866	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	430
Altura	3332	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	9.3
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0
		STD (mg/L)	208
		Potencial redox (mV)	-7.4
		Alcalinidad (mg/L)	219.6

## 2.2.1.46 Vertiente de Pulingui

### 2.2.1.46.1 Vertiente el Acán



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	749131	pH	6.3
Latitud	9828156	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	396
Altura	3409	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	11.8
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.2
		STD (mg/L)	190.1
		Potencial redox (mV)	-22.9
		Alcalinidad (mg/L)	268.4

### 2.2.1.47 Vertiente del sector Santiago de Quito



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	750253	pH	7.19
Latitud	9804414	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	625
Altura	3307	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	13.7
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.3
		STD (mg/L)	304
		Potencial redox (mV)	-4.9
		Alcalinidad (mg/L)	488

## 2.2.1.48 Vertientes cercanas al Chimborazo

### 2.2.1.48.1 Vertiente de los colibríes



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	740752	pH	6.26
Latitud	9832213	Conductividad (µs/cm)	362
Altura	4003	Temperatura (°C)	9.8
		Salinidad (‰)	0.2
		STD (mg/L)	172.9
		Potencial redox (mV)	49.5
		Alcalinidad (mg/L)	170.8

### 2.2.1.48.2 Vertiente los colibríes 2



DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	
Longitud	740030	pH	6.22
Latitud	9831653	Conductividad (µs/cm)	241
Altura	3967	Temperatura (°C)	7.8
		Salinidad (‰)	0.2
		STD (mg/L)	115.6
		Potencial redox (mV)	49.5
		Alcalinidad (mg/L)	183

### 2.2.1.48.3 Vertiente Guabu Santa Teresita



Sector llamado El Poguio

DATOS DE GPS		DATOS DE CAMPO	VALOR
Longitud	746511	pH	7.22
Latitud	9822684	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	583
Altura	3331	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	13.7
		Salinidad ( $\text{‰}$ )	0.3
		STD (mg/L)	283
		Potencial redox (mV)	-6.7
		Alcalinidad (mg/L)	317.2

## 2.3 DATACIÓN DE LOS ACUÍFEROS

Para identificar el tipo de acuíferos existentes en la zona de estudio se realizó la datación del agua de los mismos a través de isotopos con el método de carbono 14, estudio que se realizó en el instituto francés Université Montpellier II como parte del aporte del convenio institucional con CESA-AVSF.

Para cumplir este objetivo se procedió a la preparación química de las muestras a enviarse con la colaboración de la Ing. Carla Mancianti Doctorando del instituto francés IDR

### 2.3.1 MEDICIÓN DE $^{14}\text{C}$

Para el proceso de datación se requiere que las muestras contengan entre 3 y 4 gramos de carbono, el carbono presente en el agua, proveniente de carbonatos o bicarbonatos se precipitan en forma de  $\text{BaCO}_3$ , para ello se emplea el  $\text{BaCl}_2$ . Se debe tomar en cuenta que la presencia de sulfatos en el agua también precipitará como  $\text{BaSO}_4$ , por lo tanto habrá un consumo adicional de  $\text{BaCl}_2$ .

Los puntos que se tomaron en cuenta para este análisis son aquellos que dotan de agua potable a la ciudad de Riobamba y que son gestionados por la Empresa Municipal de

Agua Potable, quienes tienen el interés fundamental de establecer si estos acuíferos son: acuíferos de recarga o confinados y son:

- ✓ Pozo de Llio #5
- ✓ Pozo de San pablo
- ✓ Pozo de Yaruquies El Estadio

Otro punto de interés representó las vertientes del Sector Los Elenes debido a que se encuentra rodeada por una cantidad considerable de humedales y se encuentran en una falla geológica.

Cada una de las muestras tiene un contenido diferente tanto en Carbonatos como en Sulfatos y el cálculo a realizarse es propio para cada una de las muestras.

### 2.3.2 Cálculos para la preparación de la muestra

Para la preparación de la muestra se debe realizar los siguientes cálculos y se va a tomar como ejemplo el **Pozo de Llio #5**:

En base a los análisis químicos de la muestra se tienen los siguientes resultados:

Cantidad de  $CO_3^{-2}$ : 377.4 mg/L

Cantidad de  $SO_4^{-2}$ : 16 mg/L

Primero se debe calcular la cantidad de agua a recoger de acuerdo a los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{ccc} CO_3^{-2} & C & \\ 60 & 12 & \frac{12}{60} = 0.2 \end{array}$$

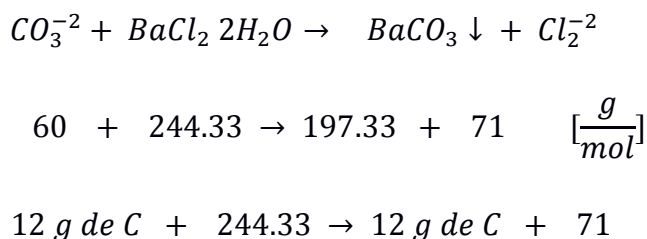
De la relación se dice que el 20 % es Carbono en el  $CO_3^{-2}$  entonces:

$$377.4 \text{ mg/L de } CO_3^{-2} \times 0.2 = 75.48 \frac{\text{mg C}}{\text{L}} \rightarrow 0.07548 \text{ g C/L}$$

$$\frac{0.07548 \text{ g C} \rightarrow 1 \text{ L}}{4 \text{ g C} \rightarrow x =} \quad x = \frac{1 \text{ L} \times 4 \text{ g C}}{0.07548 \text{ g C}} = 53 \text{ L}$$

El volumen mínimo necesaria para asegurar los 4 gramos de C es de 53 L de acuerdo al cálculo establecido, por lo tanto para efectos de la realización práctica del trabajo se tomarán 60 L.

El cálculo de la cantidad de  $BaCl_2$  necesario para precipitar el carbono existente en los 60 litros de muestra se realizan las siguientes ecuaciones:



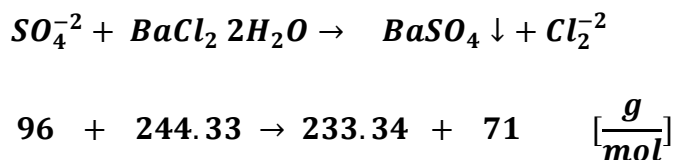
La estequiometría de la reacción establece que existe una relación molar de 1:1 por tanto la cantidad de  $BaCl_2$  necesaria para precipitar una mol de Carbono será una mol.

$$12 \text{ g C} \rightarrow 244 \text{ g de } BaCl_2 \quad x = \frac{244.33 \text{ g de } BaCl_2}{12 \text{ g C}} \times 4 \text{ g C}$$

$$4 \text{ g C} \rightarrow x = \quad x = 81.33 \text{ g de } BaCl_2 \quad (1)$$

Para precipitar 4 g de C (para la datación) se requiere: 81.33 g de  $BaCl_2$

Los  $SO_4^{-2}$  presentes en la muestra también van a consumir el  $BaCl_2$ , por tanto se considerara el consumo de los mismos de acuerdo a la siguiente ecuación:



Se toma en cuenta el valor de  $SO_4^{-2}$  de los análisis:

$$\frac{16 \text{ mg } SO_4^{-2}}{x =} \rightarrow \frac{1 \text{ L}}{60 \text{ L}}$$

$$x = \frac{60 \text{ L} \times 16 \text{ mg } SO_4^{-2}}{1 \text{ L}} = 960 \text{ mg } SO_4^{-2} \rightarrow 0.96 \text{ g } SO_4^{-2}$$

Retomando la ecuación de los  $SO_4^{-2}$  podemos decir que

$$96 \text{ g } SO_4^{-2} \rightarrow 244.33 \text{ g de } BaCl_2 \quad x = \frac{244.33 \text{ g de } BaCl_2}{96 \text{ g } SO_4^{-2}} \times 0.96 \text{ g } SO_4^{-2}$$

$$0.96 \text{ g } SO_4^{-2} \rightarrow x = \quad x = 2.44 \text{ g de } BaCl_2 \quad (2)$$

Finalmente la cantidad de  $BaCl_2$  necesaria para precipitar los  $SO_4^{-2}$  y  $CO_3^{-2}$  existentes en la muestra de agua corresponde a la suma de los valores obtenidos en las ecuaciones (1) y (2)

$$x = 81.33 \text{ g de } BaCl_2$$

$$x = 2.44 \text{ g de } BaCl_2$$

La cantidad total necesaria de  $BaCl_2$  para el agua del pozo 5 de Llio, a este valor es 83.77 g, es recomendable aumentar a este valor un 15% obteniendo un valor final de: 96.34 g, que asegure la precipitación de los 2 componentes en los 60 L de muestra.

De la misma forma se realiza el cálculo de la necesidad de  $BaCl_2$  y del volumen a recoger de cada una de las muestras consideradas para el estudio en base a los resultados del contenido de carbonatos y sulfatos de cada una de las muestras cuyo cuadro se presenta a continuación.

**Tabla 2.** VOLUMEN A RECOGER Y NECESIDAD DE  $BaCl_2$  PARA LOS LUGARES SELECCIONADOS

LUGAR	$CO_3^{-2}$ (mg/L)	$SO_4^{-2}$ (mg/L)	VOLUMEN (L)	CANTIDAD DE $BaCl_2$ (g)
Llio	377.4	16	60	105
San Pablo	168.15	33.5	120	96
Yaruquies	598.95	336.5	40	132
Los Elenes	424.5	387.95	60	150

Fuente: Javier Reino

La precipitación de los Carbonatos y Sulfatos como sales de Bario, se da en un pH alcalino mayor a 10.5 por lo tanto la preparación de las muestras requiere la adición de NaOH para alcanzar esta condición.

### 2.3.3 Materiales para la preparación de la muestra

- ✓ Tanques plásticos
- ✓ Hidróxido de sodio (NaOH) 10N
- ✓ Cloruro de Bario di hidratado ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ )
- ✓ 2 mangueras flexibles transparentes
- ✓ Frascos de 5 litros
- ✓ Frascos de 1 ½ litros o 1 L

### 2.3.4 Procedimiento:

- ✓ Enjuagar los tanques de con el agua de la que se requiere la muestra.
- ✓ Llenar los tanques después del enjuague, dejando una cabeza de aire para facilitar la mezcla de los reactivos añadidos.

- ✓ Colocar en los tanques el NaOH 10 N a razón de 2mL por cada Litro de muestra para subir el pH a un valor mínimo de 10.5. Agitar los tanques para se mezcle el agua con el reactivo.
- ✓ Añadir en los tanques la cantidad de BaCl<sub>2</sub> calculada para que precipiten el carbonato y sulfato de bario. Agitar los tanques para mezclar el reactivo en el agua. En un principio el agua se enturbiará en un color blanco.
- ✓ Una vez terminado este procedimiento, se debe dejar reposar la muestra por lo menos 2 días, hasta ver que en el fondo se deposite el polvo blanco y el agua sobrenadante esté cristalina.
- ✓ Se realizará la reducción de volumen, mediante la extracción por sifonación con la ayuda de las mangueras transparentes.

CUIDAR de que la manguera NO TOQUE el precipitado. Si se lo toca y éste se levanta, hay que esperar de nuevo que la muestra se estabilice y el agua vuelva a ser cristalina.

- ✓ Una vez que se ha extraído la mayor cantidad posible de líquido sobrenadante sin afectar el precipitado, se agita la muestra con la intención de levantar el precipitado y esta mezcla se la pasa a otro recipiente de un volumen menor.
- ✓ Este procedimiento de reducción de volumen se lo repetirá hasta que la muestra quede en un frasco de 1 L o 1 ½ L.

La utilización de recipientes transparentes facilita el proceso de drenaje en la concentración del precipitado.

### **Limpieza de los tanques:**

Una vez que se vacíen los tanques grandes, hay que lavarlos porque el BaCO<sub>3</sub> se incrusta y daña el material.

Se recomienda primero enjuagarlos con agua potable, varias veces, unas 7 u 8 veces, luego, poner un poco de ácido concentrado (se puede usar cualquier ácido), este enjuague se hace una sola vez y por último se coloca agua destilada para terminar el proceso de limpieza.

- ✓ Es de vital importancia tomar datos de conductividad, pH, temperatura ambiente, temperatura del agua y potencial redox con ayuda del conductivímetro y potenciómetro.



- ✓ Se tomará una muestra en un frasco plástico de 50 ml que tiene tapón y tapa para análisis de isótopos estables.

En esta muestra se debe procurar NO dejar aire en la botella y conservarla en un lugar frío y oscuro. Estará etiquetada con el nombre del pozo y la fecha.

### 2.3.5 Análisis en cada uno de los puntos

En el trabajo de campo se realiza la determinación de los parámetros in situ que son: pH, Conductividad, Temperatura, Salinidad, Potencial Redox y Solidos Totales Disueltos. Además se toma una muestra para el trabajo en el laboratorio en el que se determinaron los siguientes parámetros: Na, K, Cloruros Dureza, Calcio, Magnesio, Alcalinidad, Bicarbonatos, Sulfatos y Nitratos.

Este procedimiento se realizó en cada uno de los puntos ya establecidos cuyo detalle para cada punto se encuentra a continuación.

#### 2.3.5.1 Punto 1: Pozo de Llio # 5

En el lugar existen 7 pozos perforados, y se realizó la toma de muestras y el análisis in situ en el pozo número 5 ya que es el más representativo por tener el mayor caudal que es de 89.77 L/s. La profundidad del pozo es de 160 metros.



#### Resultados de los análisis in situ

pH	Conductividad (uS/cm)	Temperatura (°C)	STD (mg/L)	Salinidad /1000	P. redox (mV)	Alcalinidad (mg/L)
6.43	547	11.6	265	0.3	61.9	340

### Resultados de los análisis en el laboratorio ESPOCH

Todos estos resultados se encuentran en mg/L

Cloruros	Dureza	Calcio	Magnesio	Alcalinidad	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
12.8	280	38.4	44.7	340	408	30	4.2

### Resultados de los análisis en el laboratorio CESTTA

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Cloro residual	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
13.95	2.62	5.31	19.76	< 0.1	238	14	< 2.3

Todos estos resultados se encuentran en mg/L

Para el proceso de precipitación se dejó reposar la muestra por 24 horas y se observó que no había presencia de precipitado por lo que se adicionó una pequeña cantidad de NaOH extra, para subir el pH y se dejó reposar la muestra, al segundo día con la aparición de precipitado ya se pudo drenar el agua a un envase de 6 litros y se dejó la muestra en reposo un día más, obteniéndose un volumen final aproximado de 250 mL de precipitado compacto.



#### 2.3.5.2 Punto 2: Vertientes San Pablo

La vertiente de San Pablo es la primera fuente que fue explotada para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Riobamba.



### Resultados de los análisis in situ

pH	Conductividad (uS/cm)	Temperatura (°C)	STD (mg/L)	Salinidad /1000	P. redox (mV)	Alcalinidad (mg/L)
5.78	383	10.9	184.6	0.3	76.9	220

### Resultados de los análisis en el laboratorio ESPOCH

Cloruros	Dureza	Calcio	Magnesio	Alcalinidad	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
14.2	192	32	27.2	220	264	58	2.8

*Todos estos resultados se encuentran en mg/L*

### Resultados de los análisis en el laboratorio CESTTA

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Cloro residual	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
5.47	9.06	6.81	32.16	< 0.1	139	31	< 2.3

*Todos estos resultados se encuentran en mg/L*

Para el proceso de precipitación se dejó reposar la muestra por 24 horas y se observó que no había presencia de precipitado por lo que se adicionó una pequeña cantidad de NaOH extra, para subir el pH y se dejó reposar la muestra, al segundo día con la aparición de precipitado ya se pudo drenar el agua a 3 envase de 6 litros y se dejó la muestra en reposo un día más, obteniéndose un volumen final aproximado de 500 mL de precipitado compacto.



### 2.3.5.3 Sitio 3: Pozo de Yaruquies-El Estadio

Este pozo ubicado en el sector de Yaruquies, tiene un caudal de 30 l/s.



#### Resultados de los análisis in situ

pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	STD (mg/L)	Salinidad /1000	P. redox (mV)	Alcalinidad (mg/L)
7.19	1723	24.2	861	0.9	-5.5	500

#### Resultados de los análisis en el laboratorio ESPOCH

Cloruros	Dureza	Calcio	Magnesio	Alcalinidad	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
82.2	456	60.8	73.9	500	600	273	2.4

*Todos estos resultados se encuentran en mg/L*

#### Resultados de los análisis en el laboratorio CESTTA

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Cloro residual	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
190.2	17.24	35.43	18.11	< 0.1	379	400	5.16

*Todos estos resultados se encuentran en mg/L*

Para el proceso de precipitación se dejó reposar la muestra por 24 horas y se observó la presencia de precipitado, se procedió a drenar el agua en dos envase de 6 litros y nuevamente se dejó en reposo por 24 horas más y se obtuvo una botella de 6 litros, se dejó en reposo las 24 horas finales obteniéndose un volumen final aproximado de 1 litro y medio de precipitado compacto.



#### 2.3.5.4 Sitio 4: Remanentes del sector delos Elenes

Esta muestra se la tomó cerca del complejo “los Elenes” y es un afloramiento, además en este lugar existe una gran variedad de humedales que pueden ser reconocidos por la presencia de vegetación característica.



#### Resultados de los análisis in situ

pH	Conductividad (uS/cm)	Temperatura (°C)	STD (mg/L)	Salinidad /1000	P. redox (mV)	Alcalinidad (mg/L)
6.54	1711	22.3	854	0.8	34.1	460

## Resultados de los análisis en el laboratorio ESPOCH

Cloruros	Dureza	Calcio	Magnesio	Alcalinidad	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
41.1	664	76.8	114.5	460	552	300.9	2.4

*Todos estos resultados se encuentran en mg/L*

## Resultados de los análisis en el laboratorio

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Cloro residual	Bicarbonatos	Sulfatos	Nitratos
138.72	8.76	24.15	15.73	< 0.1	297	475	< 2.3

*Todos estos resultados se encuentran en mg/L*

Para el proceso de precipitación se dejó reposar la muestra por 24 horas y se observó la presencia de precipitado, se procedió a drenar el agua en dos envase de 6 litros y nuevamente se dejó en reposo por 24 horas más y se obtuvo una botella de 6 litros, se dejó en reposo las 24 horas finales obteniéndose un volumen final aproximado de 2 litro de precipitado compacto.



## CAPITULO 3

### 3 ANALISIS Y RESULTADOS

#### 3.1 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

En el proceso de inventario de aguas subterráneas en las zonas de Riobamba y Guano realizadas en la presente investigación durante el periodo de septiembre 2012 a enero 2013 encontramos las siguientes formaciones:

- ✓ Pozos excavados, algunos de forma artesanal y otras excavaciones técnicas.
- ✓ Aguas subterráneas cuyo nivel freático ha alcanzado el nivel superficial (vertientes)
- ✓ Lagunas, algunas que se alimentan de aguas subterráneas y/o escurrimientos de aguas superficiales



**Figura 9. FUENTES DE AGUA ENCONTRADAS**

Fuente: Javier Reino

### 3.1.1 POZOS PERFORADOS

Se localizaron un total de 37 Pozos detallados a continuación:

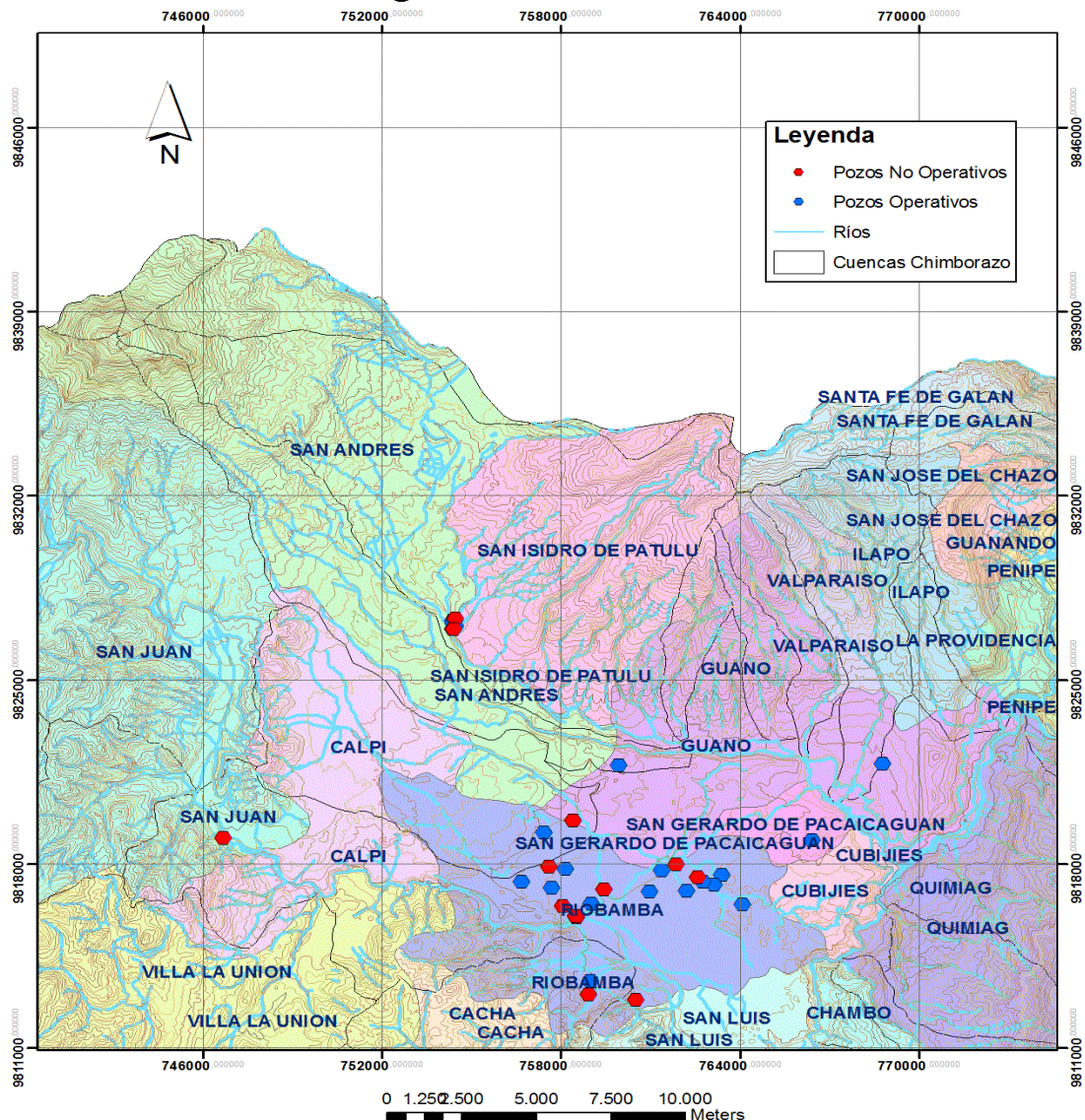
**Tabla 3. POZOS PERFORADOS**

<b>OPERATIVOS</b>	<b>NO OPERATIVOS</b>
Pozo de Llio # 2	Pozo de Llio # 1
Pozo de Llio # 4	Pozo de Llio # 3
Pozo de Llio # 5	Pozo de la Ciudadela Balboa
Pozo de Llio # 6	Pozo de La Politécnica #2
Pozo de Llio # 7	Pozo El Pedregal
Pozo El Carmen	Pozo Shuyo
Pozo de Langos	Pozo Huerta
Pozo de Chingazo Alto	Pozo 21 de Abril
Pozo de San Gabriel	Pozo María Auxiliadora
Pozo de La Politécnica #1	Pozo Las Abras
Pozo El Estadio	Pozo de la ciudadela 24 de Mayo
Pozo El Pinar	Pozo de Tipines San Juan
Pozo de La Brigada Galápagos	Pozo de Galtes San Juan
Pozo de La UNACH	Pozo La Merced
Pozo Servidores	Pozo Parque Centenario
Pozo de Lican	
Pozo San Martin de Veranillo	
Pozo Liribamba	
Pozo Sector San Antonio	
Pozo Cumandá	
Pozo Gallipoguo	
Pozo cercano a la laguna de atrás de la UNACH	

Fuente: Javier Reino



# Estudio de Aguas Subterráneas: Pozos



**Figura 10. POZOS OPERATIVOS Y NO OPERATIVOS**

Fuente: Javier Reino

### 3.1.1.1 Pozos no operativos

Se encontraron un total de 15 pozos no operativos, entre ellos los pozos que pertenecen a Instituciones públicas son:

#### **EMAPAR.**

Lllo pozo #1 tiene una profundidad de 87.84 m y en funcionamiento aportaba con un caudal de 28 L/s, este pozo no se encuentra en funcionamiento debido que el eje de la bomba está dañado, tiene un nivel estático que es de 13.6 m.

Llito pozo # 3 en funcionamiento aportaba con un caudal de 48 L/s no se encuentra operando debido a que se secó desde el año 2010., sin que se conozcan las razones técnicas.

Yaruquies pozo del Pedregal, tiene una profundidad de 170 m y en funcionamiento aportaba con un caudal de 8 L/s, no se encuentra operando debido a problemas con la bomba.

Ciudadela Juan Montalvo, pozo Huerta, en operación aportaba con un caudal de 184,57 L/s no se encuentra en funcionamiento debido a que la bomba está dañada.

Pozo 21 de abril no funciona debido a que fue mal construido.

Pozo Las Abras tiene una profundidad de 170 m y un caudal de 19 L/s solo se espera la entrega de este pozo.

Pozo de la ciudadela 24 de mayo nunca se terminó de construir se abandonó a 91.44 m y se debía llegar a una profundidad de 120 m.

### **Gobierno Autónomo provincial**

Pozo Shuyo, pozo María Auxiliadora, estos pozos nunca funcionaron.

Pozos de Tipines y Galtés San Juan no funciona debido a que hay problemas en un panel de control.

Pozo la Merced, este pozo no funciona debido a que no tiene un tanque y la caseta está mal hecha.

### **Entidades particulares**

Pozo Ciudadela Balboa tiene una profundidad de 200 a 250 m y actualmente se encuentra en construcción y será utilizado para satisfacer las necesidades de la ciudadela.

Pozo Politécnica #2, este pozo pertenece a la ESPOCH, tiene una profundidad de 158,7 m y no se encuentra operando debido a que la bomba está en reparación.

Pozo del parque el Centenario no se tiene datos.

#### **3.1.1.2 Pozos operativos**

Los pozos en operación dieron los siguientes resultados de acuerdo a su composición química.

**Tabla 4.** COMPOSICION QUIMICA, TEMPERATURA Y PROFUNDIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS

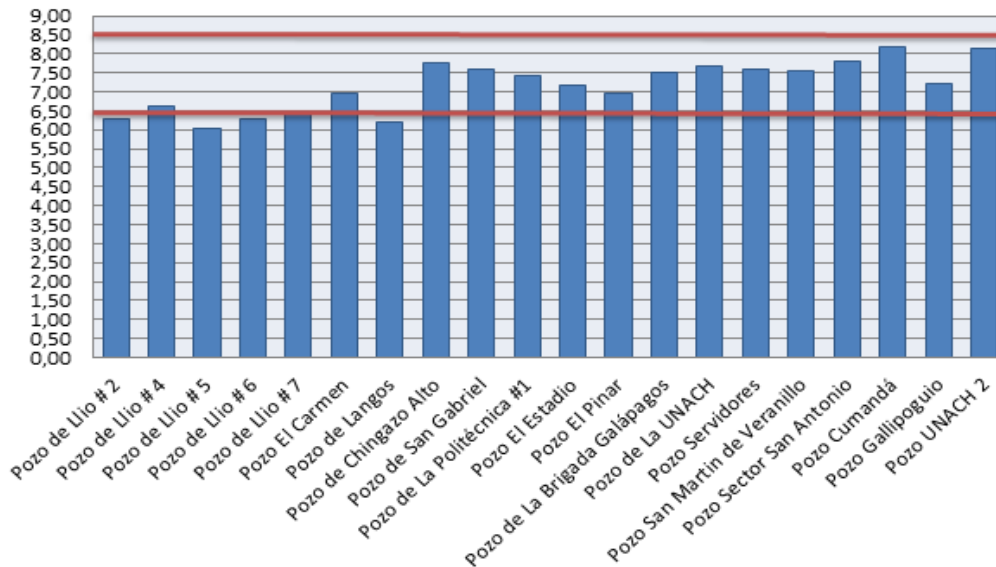
LUGAR	pH	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	STD (mg/L)	Potencial redox (mV)	Alcalinidad (mg/L)	Profundidad
Pozo de Llio # 2	6.29	438	12.7	2	211	48.5	196	57
Pozo de Llio # 4	6.6	456	13.3	0.2	222	29.3	188	49
Pozo de Llio # 5	6.43	547	11.6	0.3	265	-61.9	340	142
Pozo de Llio # 6	6.28	469	11.8	0.2	304.85	50.3	224	61
Pozo de Llio # 7	6.43	425	13	0.2	205	39.5	188	39
Pozo El Carmen	6.94	1288	17.7	0.6	636	9.6	439.2	244
Pozo de Langos	6.21	2001	20.6	0.6	1009	53.7	619.76	258
Pozo de Chingazo Alto	7.78	1094	20	0.5	534	-41	463.6	227
Pozo de San Gabriel	7.58	1691	18.1	0.8	833	-29	280.6	204
Pozo de La Politécnica #1	7.41	1276	18	0.6	632	-18.4	460	188
Pozo El Estadio	7.19	1723	24.2	0.9	861	-5.5	500	200
Pozo El Pinar	6.95	1144	13.5	0.6	564	9.2	380	
Pozo de La Brigada Galápagos	7.49	1516	18.7	0.8	754	-23.3	231.8	200
Pozo de La UNACH	7.66	673	18.1	0.3	328	-33.3	330	175
Pozo Servidores	7.6	1114	19.3	0.5	549	-29.9	460	190
Pozo San Martin de Veranillo	7.54	797	19.4	0.4	389	-26.9	280.6	214
Pozo Sector San Antonio	7.8	1142	19.3				580	160
Pozo Cumandá	8.18	589	19.3	0.3	285	-64.4	317.2	
Pozo Gallipogüio	7.23	1142	20.3	0.6	563	-68.2	378.2	40
Pozo cercano a la laguna de atrás de la UNACH	8.14	674	18.3	0.3	329	-79.9	427	25

Fuente: Javier Reino

De los resultados encontrados los que tienen mayor variabilidad y son objeto de interés son el pH, conductividad, temperatura, alcalinidad y salinidad.

### 3.1.1.2.1 pH

**Ilustración 1. VARIACION DE pH EN POZOS OPERATIVOS**



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 1. se puede identificar que en 15 de los 19 pozos analizados, el valor de pH se encuentra dentro del rango de los límites permisibles para agua de consumo (6.5 a 8.5)<sup>19</sup>, los que tienen un valor por debajo de este rango son los pozos de Llio número 2, 5, 6 y 7, esto se puede deber a su alto contenido de CO<sub>2</sub>.

De acuerdo a la bibliografía se establece que “la cantidad de CO<sub>2</sub> en el agua, en equilibrio con la atmosfera, es aproximadamente 0.5 mg/L; sin embargo, su alta solubilidad en el agua hace que se observen concentraciones muy altas en aguas de mar hasta 5 veces mayor que en la atmosfera; en aguas subterráneas hasta 100 mg/L y en aguas subterráneas muy profundas hasta varios cientos de mg/L. Las aguas superficiales contienen generalmente menos de 20 mg/L de CO<sub>2</sub>”<sup>20</sup>

Según este criterio los pozos más profundos deberían tener un valor de pH menor y un mayor contenido de CO<sub>2</sub>, sin embargo al hacer el cálculo del contenido de CO<sub>2</sub> para un pozo profundo y un pozo menos profundo se tienen los siguientes resultados:

Llio pozo # 1, profundidad =54 m

$$\frac{mg}{L} CO_2 = \frac{10^{-pH} \left( alcalinidad \frac{mg}{L} \right) * 44}{2,08 \times 10^{-5}}$$

<sup>19</sup> Norma INEN 1108 para agua de consumo doméstico

<sup>20</sup> ROJAS. J; Calidad del agua; Editorial Escuela colombiana de ingeniería; Colombia 2002; pg. 84-85

$$\frac{mg}{L} CO_2 = \frac{10^{-6.29} \left(196 \frac{mg}{L}\right) * 44}{2,08 \times 10^{-5}}$$

$$\frac{mg}{L} CO_2 = 212.64$$

Pozo San Gabriel, profundidad =170 m

$$\frac{mg}{L} CO_2 = \frac{10^{-pH} \left(\text{alcalinidad} \frac{mg}{L}\right) * 44}{2,08 \times 10^{-5}}$$

$$\frac{mg}{L} CO_2 = \frac{10^{-7.58} \left(280.6 \frac{mg}{L}\right) * 44}{2,08 \times 10^{-5}}$$

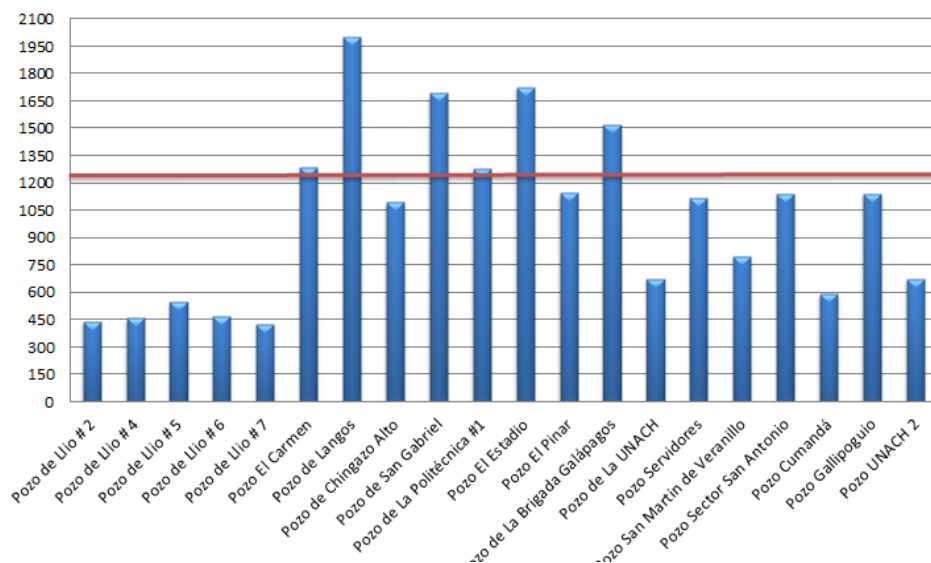
$$\frac{mg}{L} CO_2 = 15.61$$

Los resultados de CO<sub>2</sub> corresponden a valores más elevados en el pozo de Llio respecto al pozo de San Gabriel a pesar de que las profundidades de los mismos son de 54 m y 170 m respectivamente.

De esta manera se demuestra que el valor de pH de los pozos de Llio corresponde a valores bajos por su alto contenido de CO<sub>2</sub>

### 3.1.1.2.2 Conductividad

**Ilustración 2.** VARIACION DE CONDUCTIVIDAD EN POZOS OPERATIVOS



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 2. se puede identificar que los pozos que sobrepasan el nivel permitido de agua de consumo ( $< 1250$ )<sup>21</sup> son el pozo de El Carmen, Langos, San Gabriel, La Politécnica # 1, El Estadio y la Brigada Galápagos.

El contenido elevado de conductividad corresponde a la suma de los minerales disueltos presentes en el agua en estado iónico.

De los resultados obtenidos se puede establecer que hay acuíferos con aguas de mineralización diferente que se pueden clasificar en 3 grupos:

**Conductividades bajas ( $< 650 \mu S/cm$ ):**

- ✓ Los pozos de Llio
- ✓ Pozo de la UNACH 1 y 2
- ✓ Pozo Cumandá

**Conductividades medias ( $650- 1250 \mu S/cm$ ):**

- ✓ Pozo Chingazo Alto
- ✓ Pozo El Pinar
- ✓ Pozo Servidores
- ✓ Pozo San Antonio
- ✓ Pozo Gallipoguo

**Conductividades altas ( $1250-2000 \mu S/cm$ ):**

- ✓ Pozo El Carmen
- ✓ Pozo Langos
- ✓ Pozo San Gabriel
- ✓ Pozo Politécnica 1
- ✓ Pozo El Estadio
- ✓ Pozo Brigada Galápagos

Los pozos del primer grupo de conductividad baja corresponden a pozos de menor profundidad, pozos de Llio promedio 50 m, respecto a los pozos de conductividad media y alta cuya profundidad corresponden a valores superiores a los 150 m.

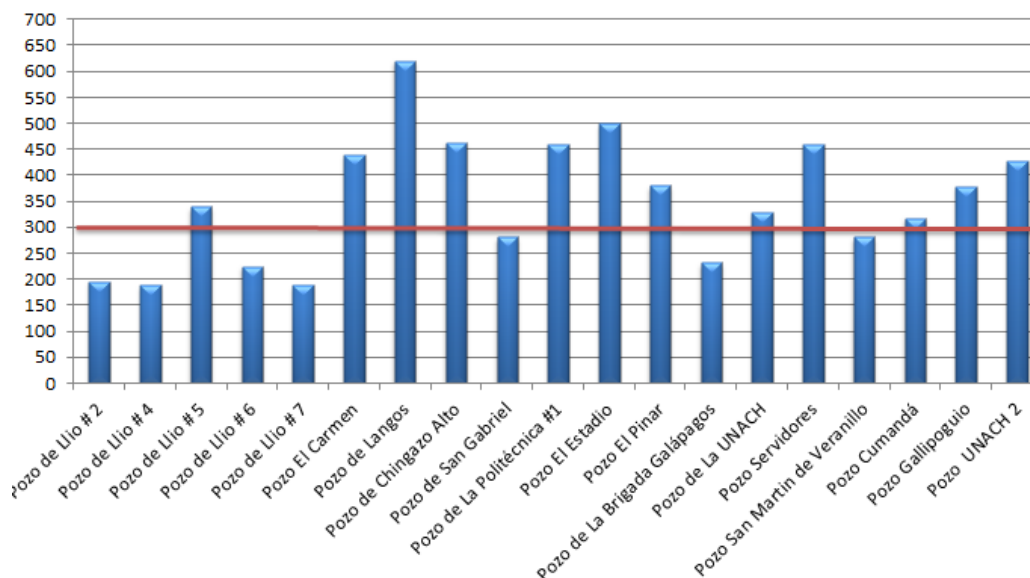
---

<sup>21</sup> Norma INEN 1108 para agua de consumo doméstico

Con este criterio se puede asumir que las aguas de mayor profundidad corresponden a conductividades elevadas porque en el proceso de percolación disuelven mayor cantidad de sustancias minerales.

### 3.1.1.2.3 Alcalinidad

**Ilustración 3.** VARIACION DE ALCALINIDAD EN POZOS OPERATIVOS



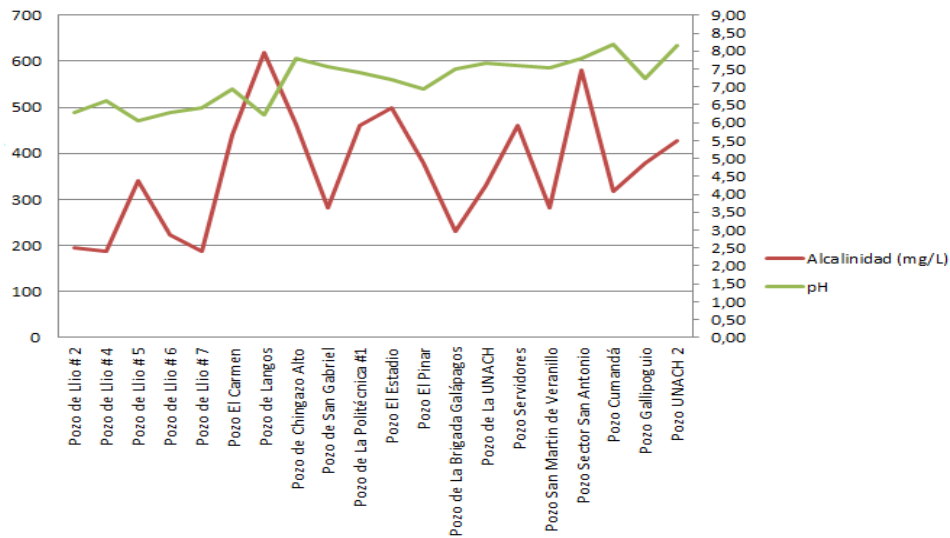
Fuente: Javier Reino

En la ilustración 3. se identifican los pozos que se encuentran dentro del rango de aguas para consumo doméstico (250-300 mg/L)<sup>22</sup>, los pozos de Llio, de pozo de San Gabriel, Brigada Galápagos y San Martín de Veranillo, los demás tienen valores más altos de Alcalinidad.

La alcalinidad en el agua se expresa como CaCO<sub>3</sub>, sin embargo en las muestras analizadas la alcalinidad corresponde a Bicarbonatos porque los valores de pH son menores a 8.3

<sup>22</sup> Norma INEN 1108 para agua de consumo doméstico

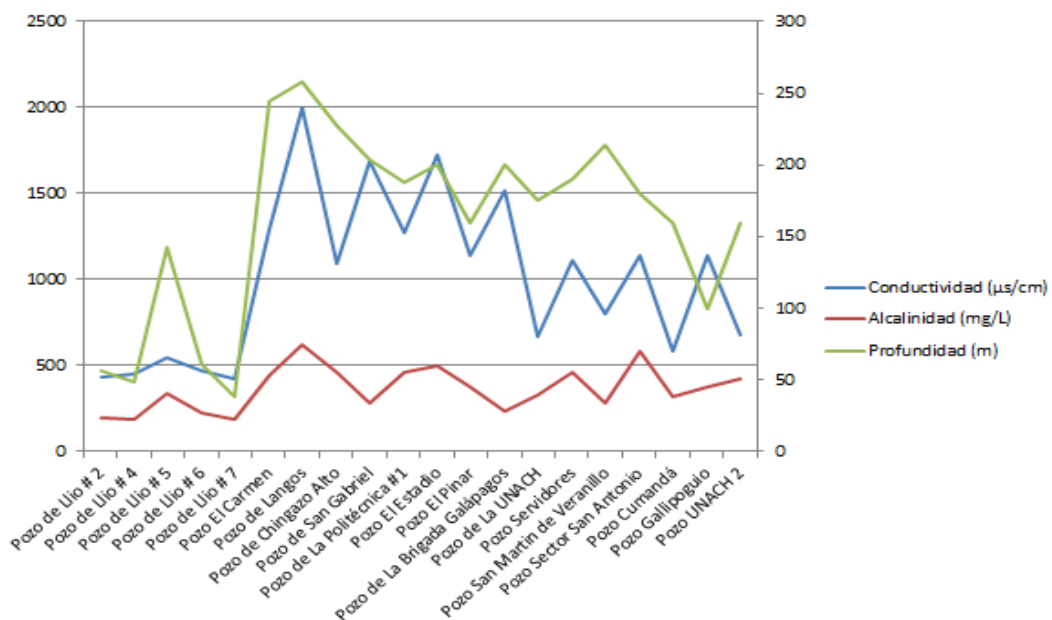
**Ilustración 4. RELACION ENTRE EL pH y LA ALCALINIDAD DE POZOS OPERATIVOS**



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 4. se puede ver que la relación entre el pH y la alcalinidad en una relación inversa; cuando el pH disminuye aumenta el valor de la alcalinidad debido a la disociación de los Bicarbonatos en el agua.

**Ilustración 5. RELACION ENTRE LA CONDUCTIVIDAD, ALCALINIDAD Y PROFUNDIDAD DE LOS POZOS OPERATIVOS**



Fuente: Javier Reino

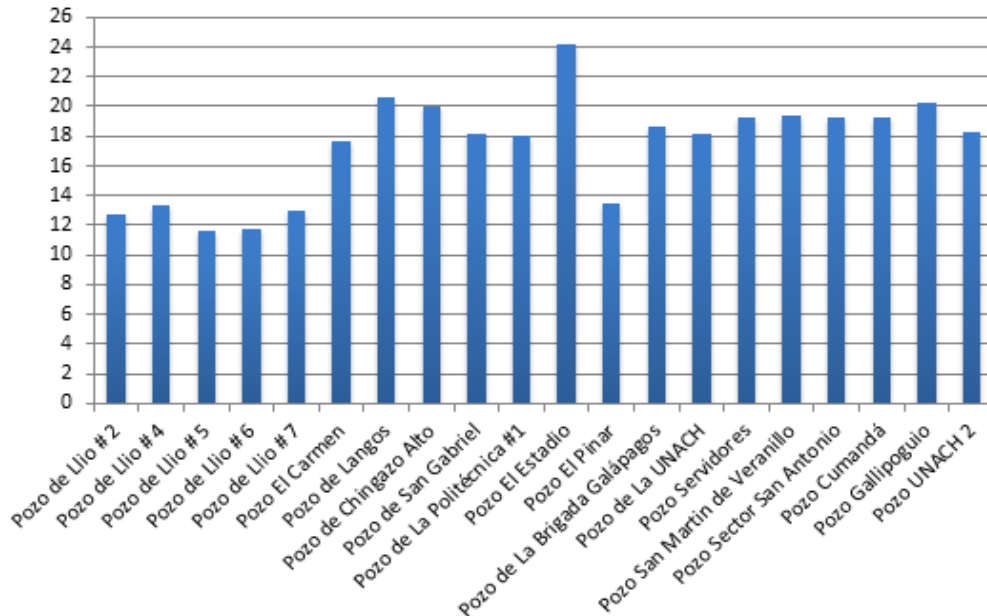
En la ilustración 5. se puede ver la relación directa entre la conductividad, alcalinidad y profundidad, lo que nos indica que a medida que la profundidad de los pozos aumenta también va a aumentar la conductividad debido a que tiene una mayor cantidad de



minerales disueltos por el proceso de dilución de las capas geológicas por las cuales ha atravesado el agua, lo mismo ocurre con la alcalinidad, al atravesar los suelos calcáreos va a aumentar su contenido de carbonatos y por lo tanto sube su valor de alcalinidad.

### 3.1.1.2.4 Temperatura

**Ilustración 6.VARIACIONES DE TEMPERATURA**



Fuente: Javier Reino

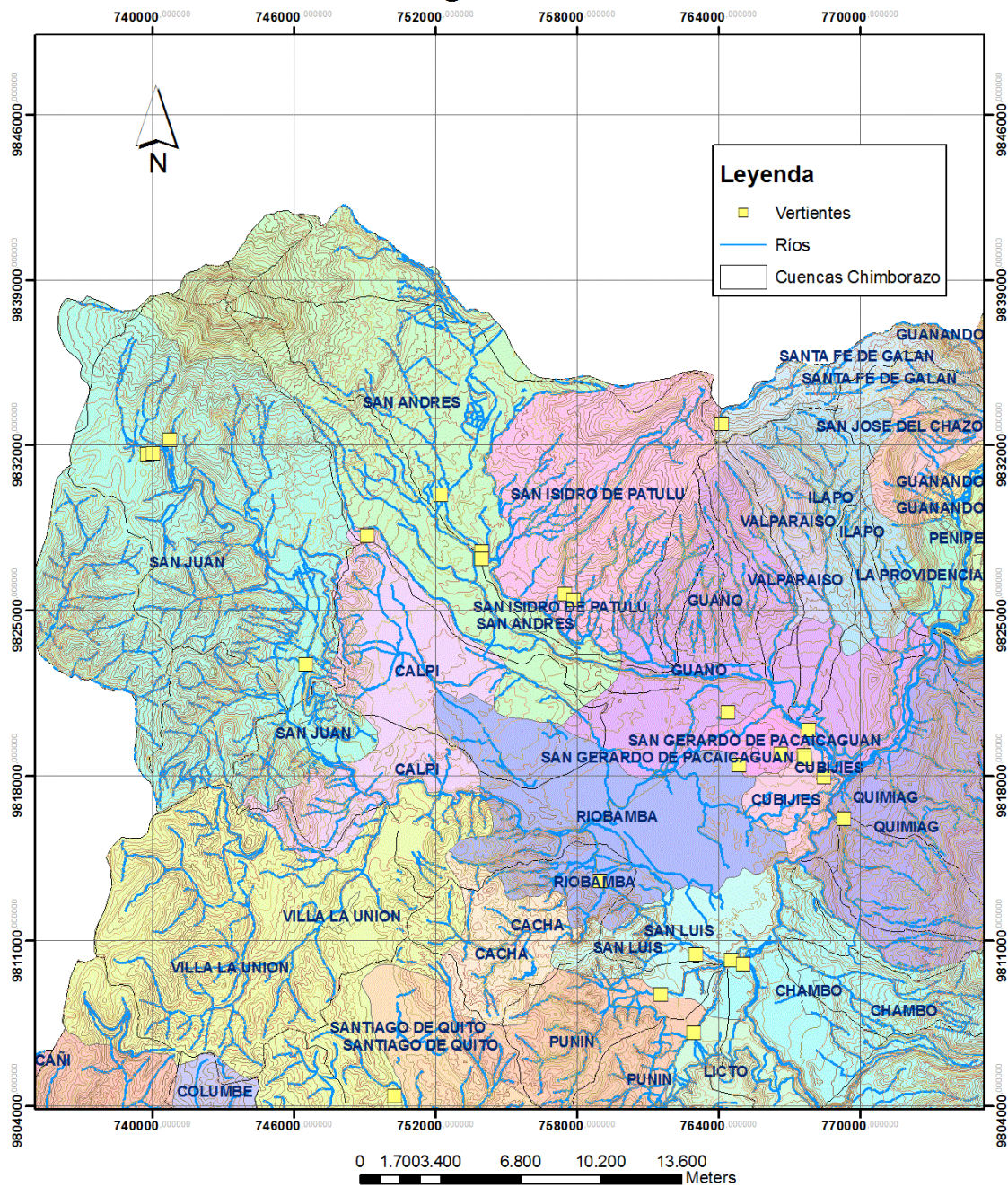
En la ilustración 6. se puede observar dos grupos de pozos, el primero grupo que tiene como valor promedio 12.6 grados y el segundo grupo 19.4 grados. De acuerdo con la teoría, por cada 30 m de profundidad aumenta un grado la temperatura.

Por ejemplo en los pozos de Llio el valor promedio de profundidad esta alrededor de los 48 m con una temperatura del agua de 13 grados en relación al pozo de Langos cuya profundidad es de 258m con una temperatura del agua de 21 grados; la diferencia en profundidad es de 210 m que divididos por 30 m que son la gradiente para el aumento de 1 grado de temperatura, significa que entre un pozo y otro debería existir al menos 7 grados de diferencia.

### 3.1.2 Vertientes

Se localizaron un total de 27 vertientes.

# Estudio de Aguas Subterranas



**Figura 11. VERTIENTES ENCONTRADAS**

Fuente: Javier Reino

A continuación se detalla la composición química más importante de cada una de ellas (pH, conductividad, alcalinidad y temperatura).

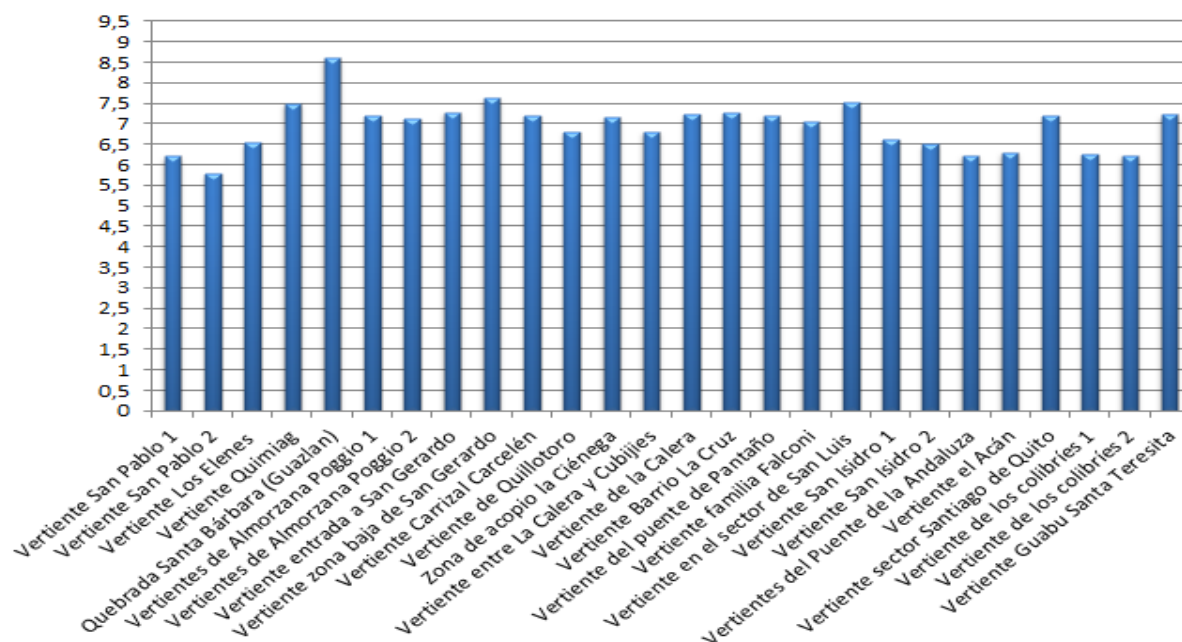
**Tabla 5.COMPOSICION QUIMICA Y TEMPERATURA DE LAS VERTIENTES**

<b>LUGAR</b>	<b>Ph</b>	<b>CONDUCTIVIDAD D (<math>\mu</math>S/cm)</b>	<b>ALCALINIDAD DAD (mg/L)</b>	<b>TEMPERATURA URA (<math>^{\circ}</math>C)</b>
Vertiente San Pablo 1	6.21	393	200	13.5
Vertiente San Pablo 2	5.78	383	220	10.9
Vertiente Los Elenes	6.54	1711	460	22.3
Vertiente Quimiag	7.5	441	200	15.7
Quebrada Santa Bárbara (Guazlan)	8.6	1177	540	18
Vertientes de Almorzana Poggio 1	7.19	244	134.2	10.1
Vertientes de Almorzana Poggio 2	7.12	257	146.4	12.8
Vertiente entrada a San Gerardo	7.27	995	372.1	18
Vertiente zona baja de San Gerardo	7.62	1675	536.8	20.8
Vertiente Carrizal Carcelén	7.20	1131	414.8	16
Vertiente de Quilloto	6.8	153	103.7	14
Zona de acopio la Ciénega	7.15	212	134.2	12.4
Vertiente entre La Calera y Cubijies	6.8	1554	402.6	19
Vertiente de la Calera	7.22	1558	402.6	18.8
Vertiente Barrio La Cruz	7.26	1478	597.8	18.4
Vertiente del puente de Pantaño	7.18	755	414.8	15
Vertiente familia Falconi	7.04	1716	512.4	19.2
Vertiente en el sector de San Luis	7.51	1251	451.4	18.6
Vertiente San Isidro 1	6.6	1025	744.2	17
Vertiente San Isidro 2	6.5	1020	732	15.4
Vertientes del Puente de la Andaluza	6.23	430	219.6	9.3
Vertiente el Acán	6.3	396	268.4	11.8
Vertiente sector Santiago de Quito	7.19	625	488	13.7
Vertiente de los colibríes 1	6.26	362	170.8	9.8
Vertiente de los colibríes 2	6.22	241	183	7.8
Vertiente Guabu Santa Teresita	7.22	583	317.2	13.7

Fuente: Javier Reino

### 3.1.2.1 pH

**Ilustración 7. VARIACION DE pH EN VERTIENTES**



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 7. se puede identificar la variación de pH, que van desde valores 5,78 a 8,6. De estas vertientes las que son usadas para consumo doméstico son: San Pablo 1, 2, San Isidro 1,2 y El Acán, el pH no se encuentra dentro del rango de los límites permisibles para agua de consumo (6.5 a 8.5)<sup>23</sup>, para poder subir el pH se debe someter a un proceso de aireación y de lo que se conoce solo las vertientes de San Pablo pasan por este proceso antes de ser enviadas a la red.

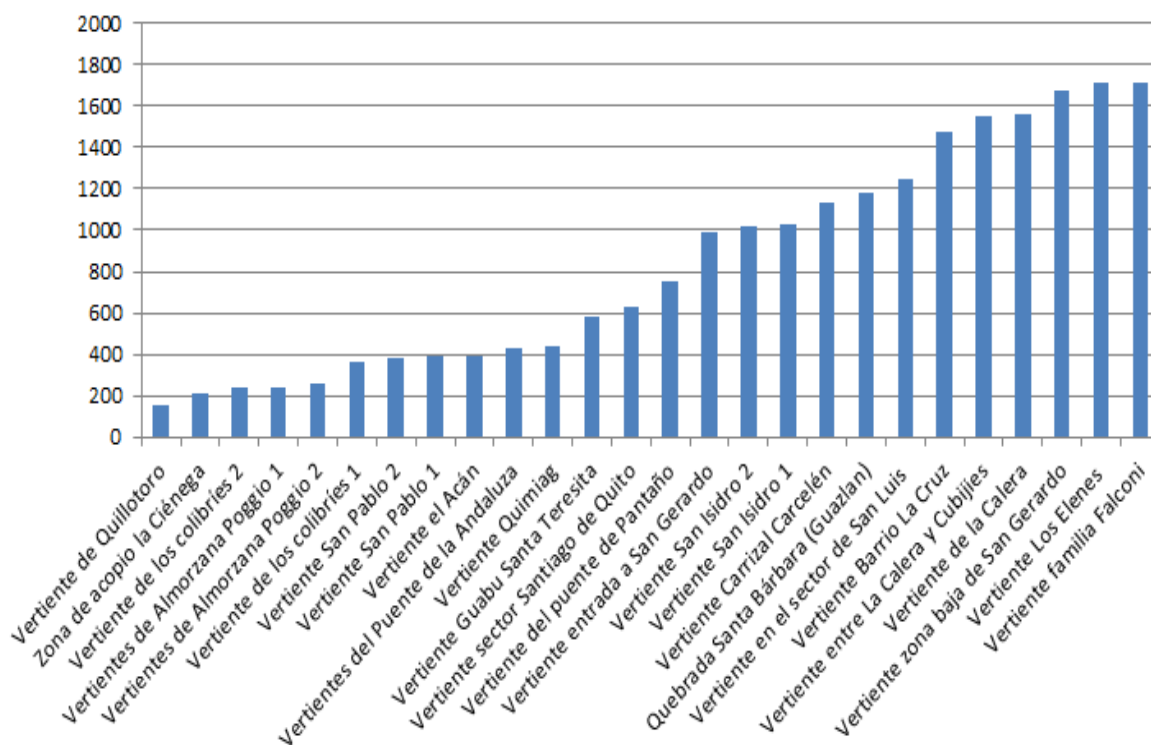
Los valores bajos de pH causan problemas de corrosión en las tuberías.

Las aguas subterráneas corren siempre el riesgo de perder una parte de su gas carbónico disuelto tras la pérdida de presión que sufren al llegar a la superficie del suelo, por lo tanto esta puede ser la razón para que las vertientes encontradas tengan un valor de pH mayor a 7 además nos indica la presencia de carbonatos en el agua contrariamente a lo que pasaba en el agua de los pozos.

<sup>23</sup> Norma INEN 1108 para agua de consumo doméstico

### 3.1.2.2 Conductividad

**Ilustración 8.** VARIACION DE CONDUCTIVIDAD EN VERTIENTES



Fuente: Javier Reino

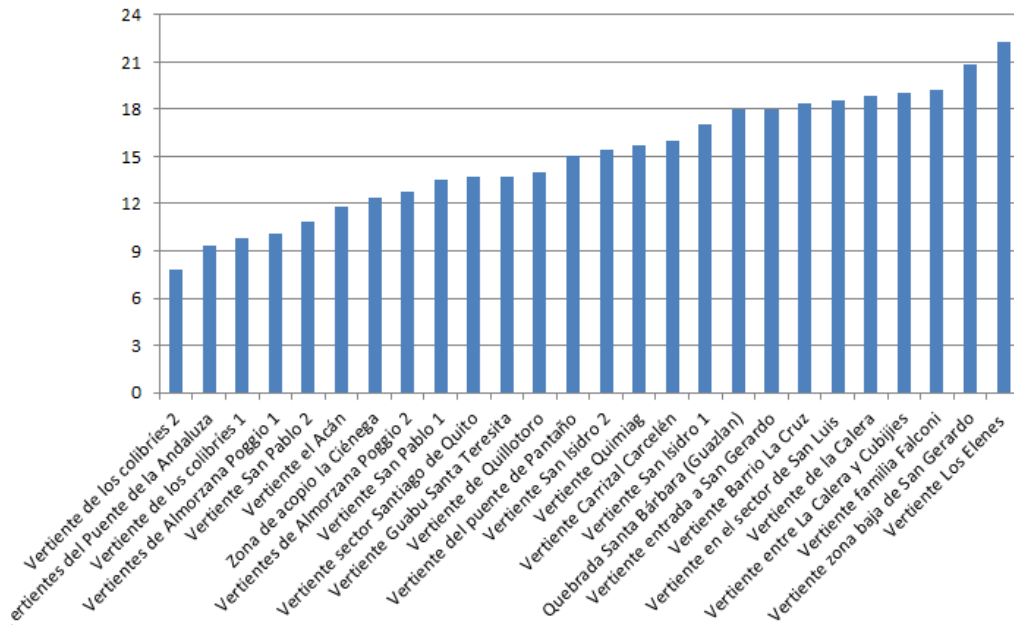
En la ilustración 8. Se ve una amplia variación de la conductividad desde valores bajos de 153 hasta valores muy altos de 1716.

De las 2 primeras vertientes se puede concluir que son aguas de escurrimientos por la forma del terreno o aguas de lluvia, las 4 siguientes tienen una conductividad seguramente por encontrarse cerca del Chimborazo y no habido una percolación intensa del agua.

En general las aguas subterráneas tienen valores de conductividad muy variados, van desde valores muy bajos hasta muy altos en función de la permeabilidad del terreno, es por aquello que se tiene esa forma en la ilustración antes mencionada.

### 3.1.2.3 Temperatura

**Ilustración 9.VARIACION DE TEMPERATURA EN VERTIENTES**

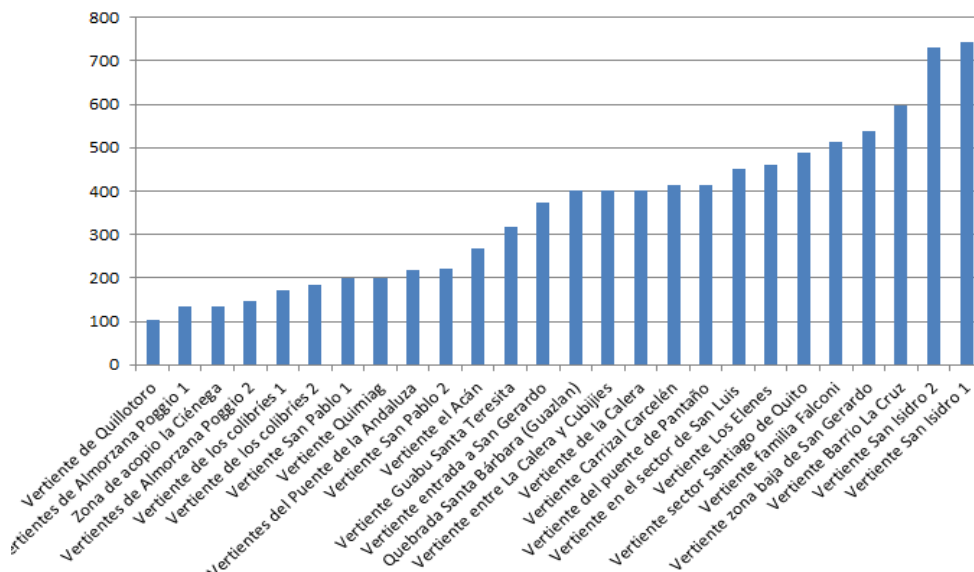


Fuente: Javier Reino

En la ilustración 9. Se puede ver que existe una variación considerable de temperatura que sobrepasa los 10 grados, las vertientes que se encuentran geográficamente cerca del Chimborazo presentan valores de temperatura bajos y a medida que se alejan la temperatura aumenta, se puede pensar que los cambios de temperatura de las vertientes se ven influenciadas por la condición climática externa.

### 3.1.2.4 Alcalinidad

**Ilustración 10.VARIACION DE ALCALINIDAD EN VERTIENTES**



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 10. se puede identificar la variación de alcalinidad en las vertientes encontradas, que van desde valores 103.3 a 744.2

Se pueden clasificar en 3 grupos:

- ✓ Hasta valores de 320: Algunas de estas vertientes (San Pablo 1,2 y El Acán) son usadas para consumo doméstico y se encuentran dentro del valor permitido (< 350).
- ✓ Desde 320- 600: Son vertientes que en su mayoría son usadas para riego
- ✓ Superiores a 600 son las vertientes de San Isidro 1 y 2 que son usadas para consumo doméstico, no se conoce si esta condición afecta a la salud de las personas, pero puede provocar problemas de corrosión en las tuberías.

### 3.1.3 Lagunas

Se localizaron un total de 8 lagunas.



**Figura 12. LAGUNAS ENCONTRADAS**

Fuente: Javier Reino

A continuación se detalla la composición química más importante de cada una de ellas (pH, conductividad, alcalinidad y temperatura).

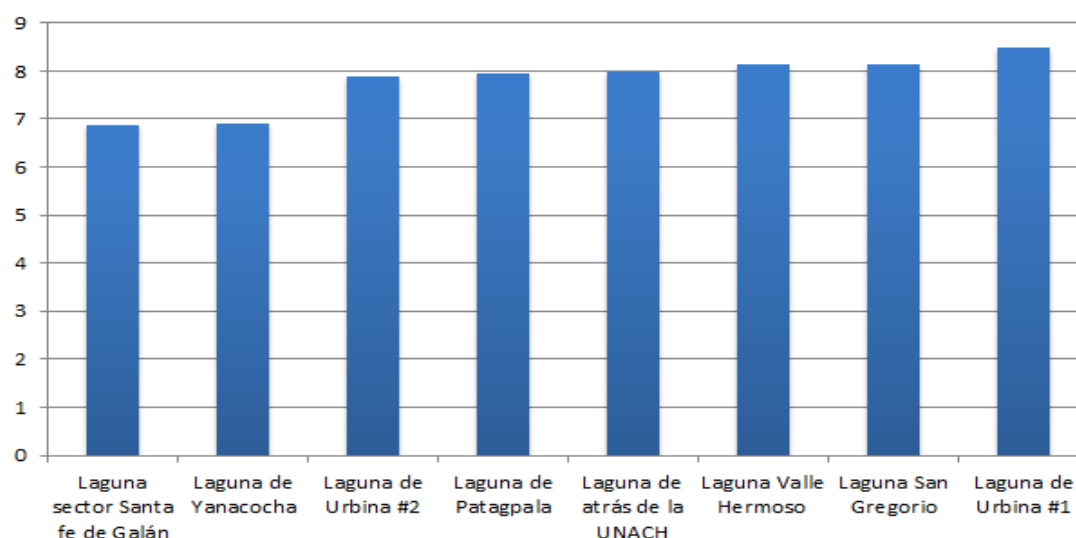
**Tabla 6.** COMPOSICION QUIMICA Y TEMPERATURA DE LAS LAGUNAS

LUGAR	pH	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	ALCALINIDAD (mg/L)	TEMPERATURA (°C)
Laguna de Patagpala	7.96	2460	305	19.5
Laguna Valle Hermoso	8.15	2400	219.6	20
Laguna San Gregorio	8.15	2210	305	19.5
Laguna de atrás de la UNACH	7.98	843	549	16
Laguna de Yanacocha	6.89	152.1	97.6	15.5
Laguna sector Santa fe de Galán	6.87	44.2	24.4	14
Laguna de Urbina #1	8.5	152.6	134.2	19.4
Laguna de Urbina #2	7.9	303	183	17.4

Fuente: Javier Reino

### 3.1.3.1 pH

**Ilustración 11.** VARIACION DEL pH EN LAGUNAS



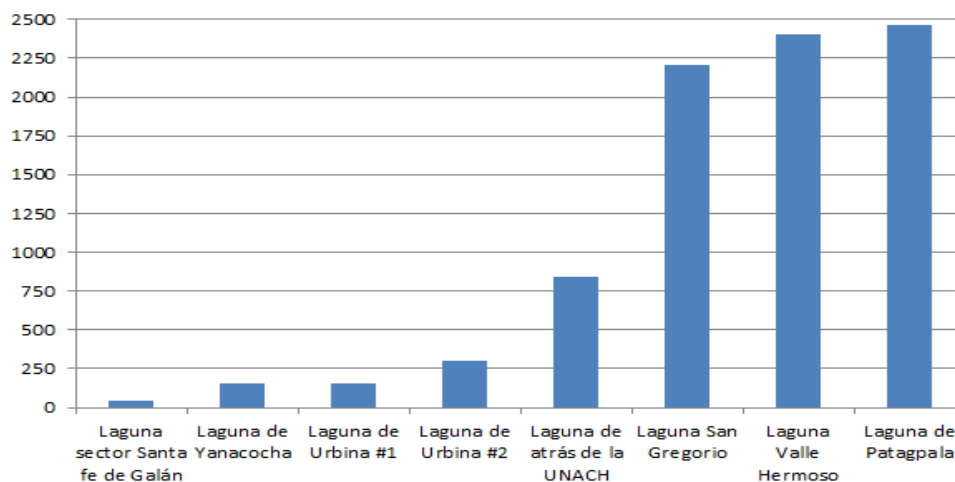
Fuente: Javier Reino

En la ilustración 11. se puede identificar la variación de pH, que van desde valores 6,87 a 8,5. Las lagunas pueden tener un valor de pH variable, éste puede ser ácido (< 7) debido a la cantidad de materia orgánica o puede ser básico (>7) porque son aguas superficiales.



### 3.1.3.2 Conductividad

**Ilustración 12. VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD EN LAGUNAS**

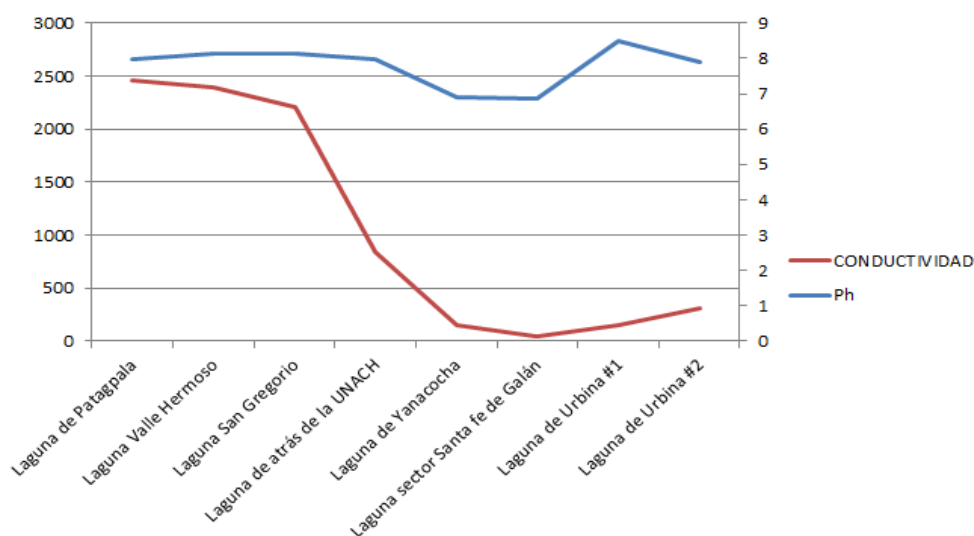


Fuente: Javier Reino

En la ilustración 12. se observa la variación de la conductividad, que va desde 44.2 a 2460. Las lagunas de Santa Fe de Galán, Yanacocha y Urbina 1 y 2 tienen valores bajos lo que nos indica que son lagunas formadas por escurrimientos de agua de lluvia que concuerda con la forma del terreno.

Las lagunas restantes se puede asumir que si son lagunas formadas por aguas subterráneas ya que tienen valores muy altos de conductividad, es importante anotar que estas 4 lagunas se encuentran ubicadas en un mismo sector y posiblemente corresponderían a un mismo origen.

**Ilustración 13. RELACION pH Y CONDUCTIVIDAD EN LAGUNAS**

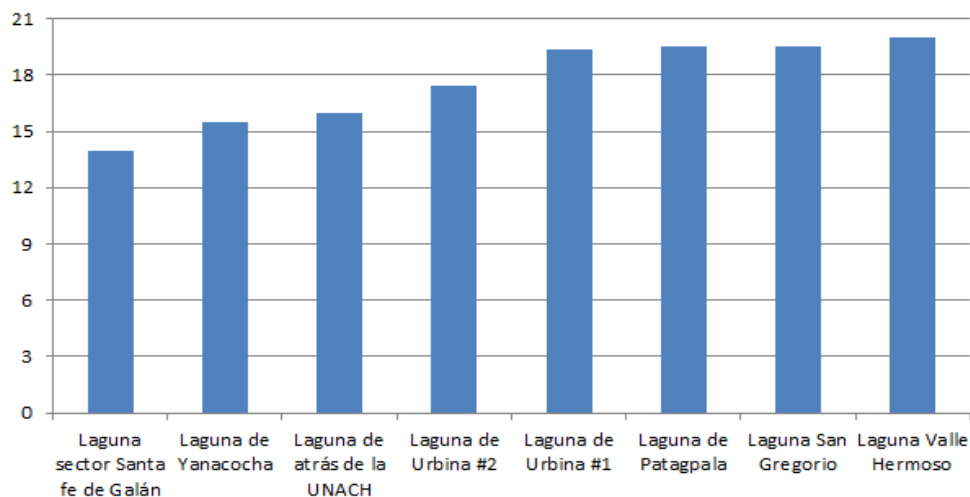


Fuente: Javier Reino

En la ilustración 13. se puede ver que si existe una relación directa entre el pH y la conductividad, la variabilidad de la conductividad es grande y se puede decir que las lagunas que presentan valores bajos de conductividad no provienen de fuentes subterráneas, la variabilidad del pH no es amplia en cambio la conductividad si lo es en función de la naturaleza del agua.

### 3.1.3.3 Temperatura

**Ilustración 14. VARIACION DE TEMPERATURA EN LAGUNAS**

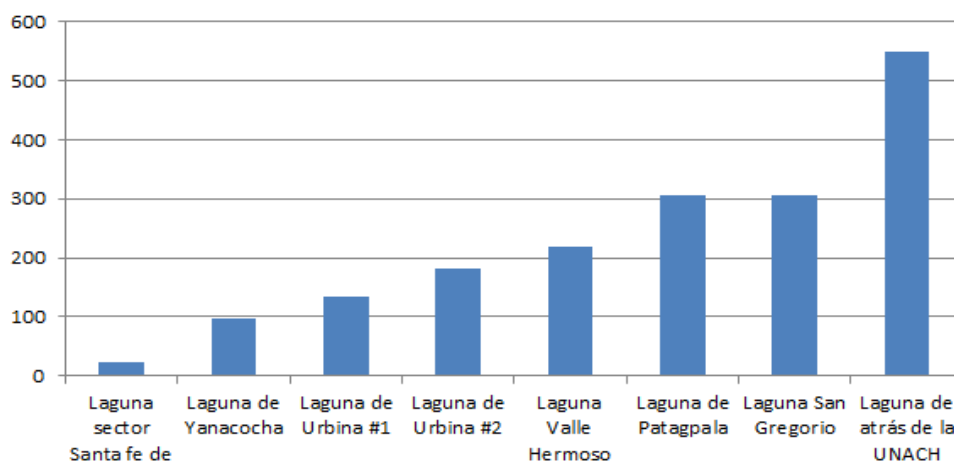


Fuente: Javier Reino

En la ilustración 13. se ve la variación de la temperatura en las lagunas que va desde 14 a 20 grados, se puede pensar que los cambios de temperatura de las lagunas se ven influenciadas por la condición climática externa.

### 3.1.3.4 Alcalinidad

**Ilustración 15. VARIACION DE ALCALINIDAD EN LAGUNAS**



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 15. se puede identificar la variación de alcalinidad en las lagunas encontradas, que van desde valores 24.4 a 549.

Esta diferencia tan amplia sugiere que la naturaleza de las lagunas de menor contenido de alcalinidad corresponden a lagunas formadas por las aguas de lluvia y sus escurrimientos. En cambio la laguna dela UNACH corresponde a un valor alto, que puede dar idea de agua en proceso de mineralización porque estas fuentes se están continuamente secando.

### 3.1.4 Rio Guano sector los Elenes

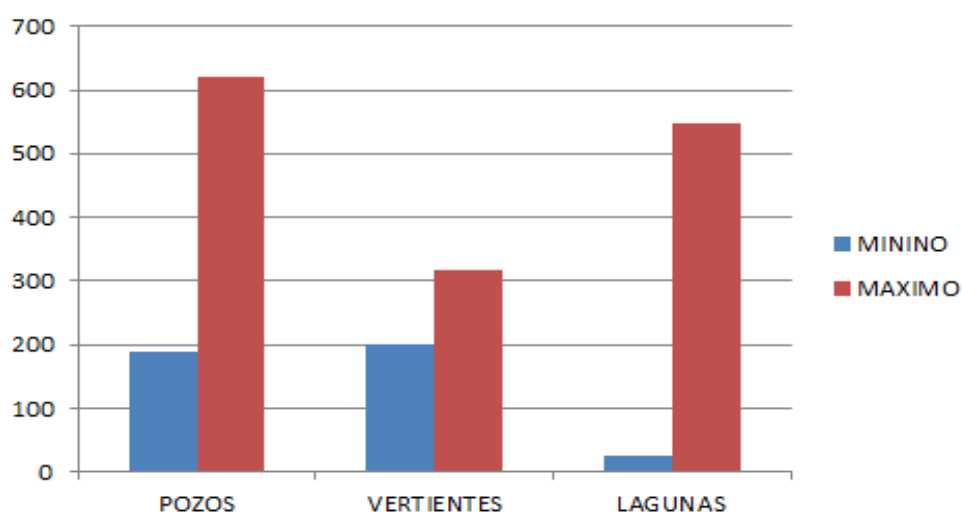
Se tomaron los datos de este punto debido a que al pasar el rio Guano por este sector se alimenta de todas las aguas superficiales a su alrededor.

Con estos datos se puede ver que si se alimenta de aguas subterráneas ya que tiene una conductividad elevada de  $1025 \mu\text{S}/\text{cm}$  y una alcalinidad de  $536.8 \text{ mg}/\text{L}$ , con este valor de alcalinidad se justifica el valor del pH que es de 8.23 e indica la presencia de carbonatos en el agua y el valor de la temperatura de  $19.2$  grados se ve influenciado por la condición climática del lugar.

### 3.1.5 RELACION DE ALCALINIDAD ENTRE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS

Se tomaron los valores máximos y mínimos de estos tres lugares y se obtuvo la siguiente ilustración:

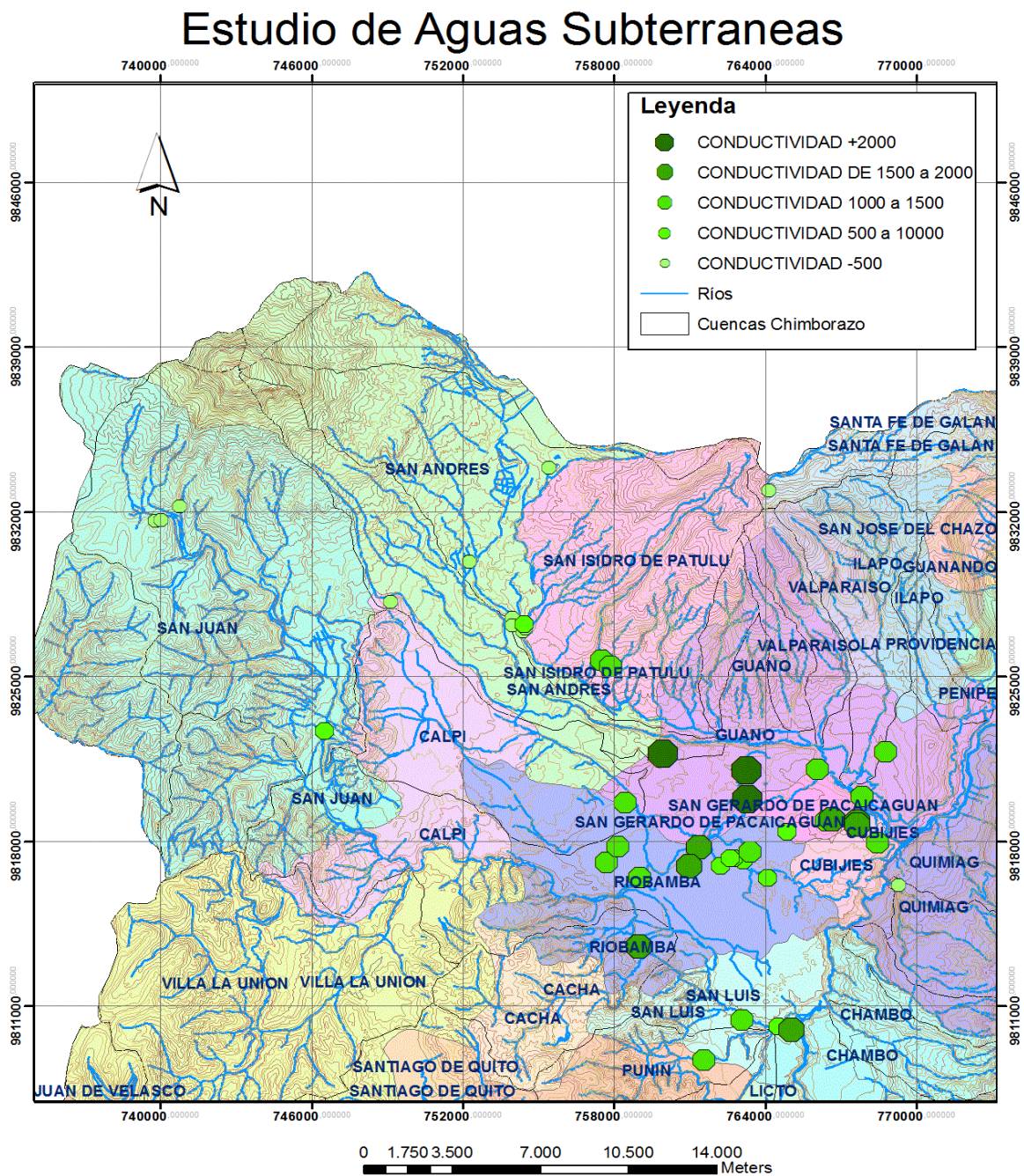
**Ilustración 16.**RELACION DE ALCALINIDAD ENTRE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 15. La relación entre los valores máximos y mínimos de alcalinidad entre los diferentes tipos de fuentes de agua, es indiscutible y más amplia en las lagunas y pozos. Este comportamiento sugiere que existe mayor variabilidad del origen de estas fuentes respecto a las vertientes, que se comportan como aguas cuya composición es menos fluctuante es decir corresponden a aguas subterráneas.

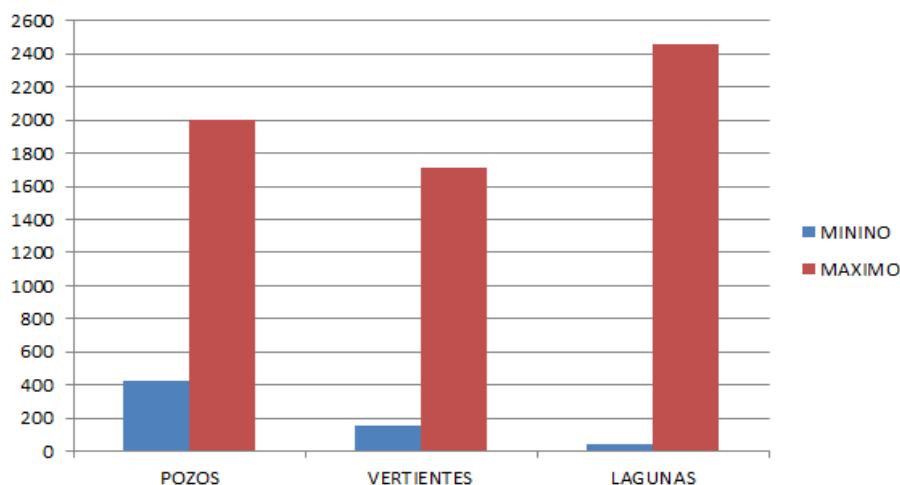
### 3.1.6 RELACION DE CONDUCTIVIDAD ENTRE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS



**Figura 13.** CONDUCTIVIDADES DE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS  
Fuente: Javier Reino

Se tomaron los valores máximos y mínimos de estos tres lugares y se obtuvo la siguiente ilustración:

**Ilustración 17. RELACION DE CONDUCTIVIDAD ENTRE POZOS, VERTIENTES Y LAGUNAS**



Fuente: Javier Reino

En la ilustración 17. La conductividad máxima y mínima entre los diferentes tipos de fuentes de agua, es amplia confirmando el criterio de la diversidad de origen del agua. Con mayor incidencia en las lagunas.

Este comportamiento sugiere que existe mayor variabilidad del origen de estas fuentes respecto a las aguas de pozos, que se comportan como aguas cuya composición es menos fluctuante es decir corresponden a aguas subterráneas.

### 3.2 RESULTADOS DE LA HIDROGEOLOGIA DEL CHIMBORAZO

Para explicar la existencia de los acuíferos en la zona de estudio (Riobamba-Guano), es necesario establecer la geología del volcán Chimborazo como principal fuente de abastecimiento de los acuíferos, es decir, de las aguas subterráneas cuya explotación sirve para dotar de agua de consumo a las poblaciones antes mencionadas.

El recurso del cual nos hemos servido para establecer la Hidrogeología del volcán Chimborazo son los diferentes estudios realizados<sup>24</sup> de los cuales hemos obtenido

<sup>24</sup> **Barba, D. (2006).** Estudio Vulcanológico del Complejo Volcánico Chimborazo. Tesis de la Escuela Politécnica Nacional, Quito (Ecuador)

**INAMHI (2011).** Introducción a la hidrogeología del Ecuador.

**La Frenierre, J. (2010).** Evaluation of Glacier Change on Volcán Chimborazo (Ecuador) 1986 – 2010 as Derived from Landsat TM.

insumos para establecer la posibilidad de la existencia de acuíferos subterráneos y su drenaje.

### 3.2.1 EL VOLCAN CHIMBORAZO

El volcanismo activo de los Andes está dividido en 4 zonas:

- ✓ NVZ: Zona Volcánica Norte
- ✓ NVZ: Zona Volcánica Central\_
- ✓ NVZ: Zona Volcánica Sur
- ✓ NVZ: Zona Volcánica Austral

**Figura 14. VOLCANISMO ACTIVO DE LOS ANDES**



(Yhoper et al. 1984)

El Chimborazo y el Sangay constituyen el límite Sur de la Zona Volcánica Norte.

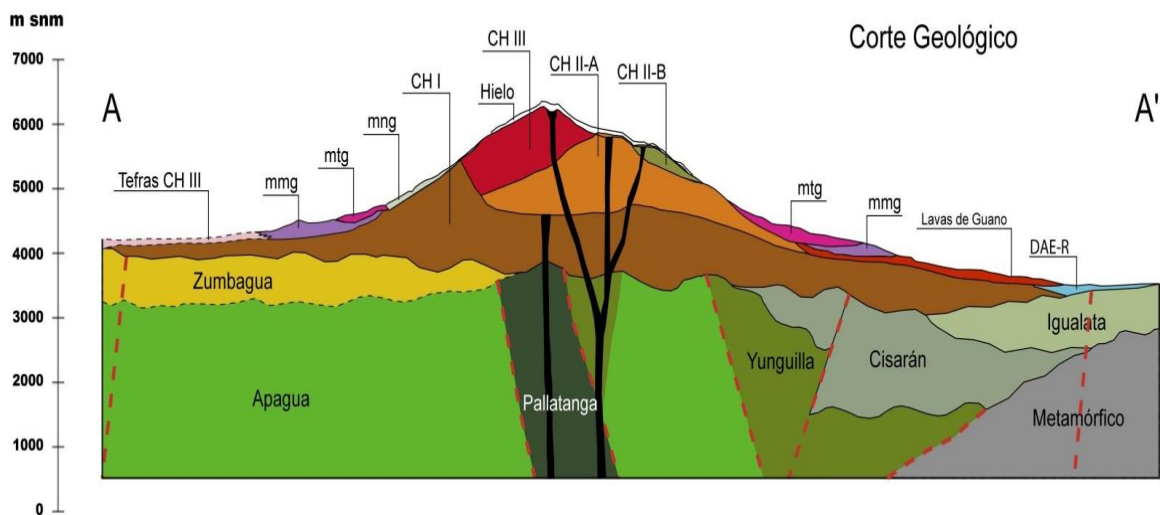
Este volcanismo es el producto del ascenso de los magmas generados por la subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana. Una zona de subducción se crea cuando una placa oceánica pasa debajo de una otra placa.

Al nivel del Ecuador, la subducción se hace a una velocidad de 57 mm/año, mientras que el Bloque Nor-Andino se desplaza de 8 mm/año hacia el Norte.

### 3.2.2 HISTORIA DEL CHIMBORAZO

El basamento del complejo volcánico Chimborazo está constituido por:

- ✓ Rocas sedimentarias en verde (lutitas, calizas, areniscas) del Cretácico–Paleógeno (90 - 40 Ma).
- ✓ Rocas volcánicas en amarillo y gris (lavas, rocas piroclásticas) del Neógeno (17 - 5 Ma).

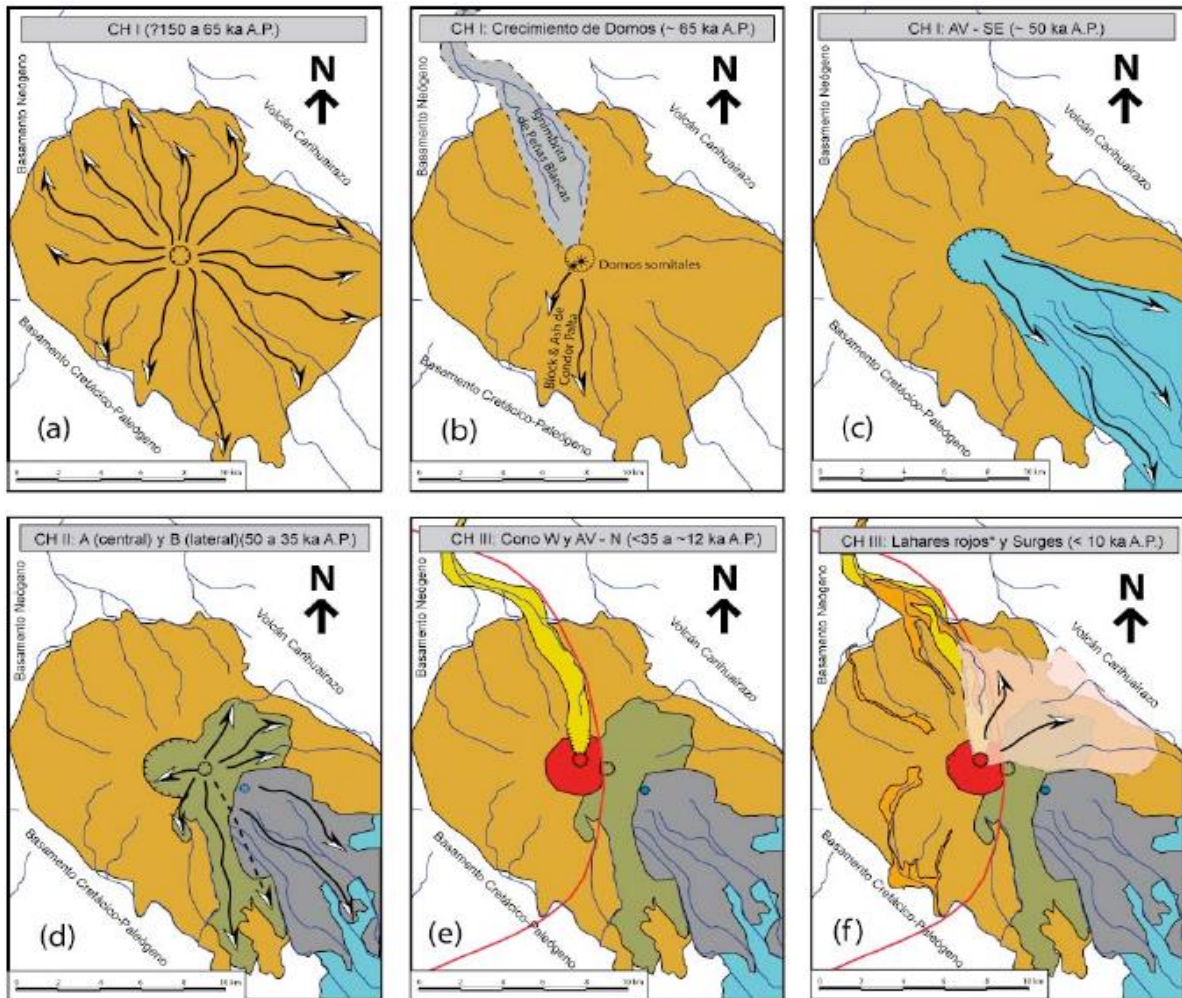


**Figura 15. BASAMIEN TO DEL VOLCAN CHIMBORAZO**  
(Barba, D. (2006). Estudio Vulcanológico del Complejo Volcánico Chimborazo. Tesis de la Escuela Politécnica Nacional, Quito (Ecuador))

La historia eruptiva del Chimborazo se divide en 3 fases:

- ✓ Chimborazo I: 150 000 – 65 000 aAP; afectado hace 50 000 años por el colapso de la parte Este;
- ✓ Chimborazo II: 50 000 – 35 000 aAP;
- ✓ Chimborazo III: 33 000 – 12 000 aAP por las erupciones principales, 8 000 – 1 000 aAP por la última actividad.

La última actividad, que fue representada por 7 eventos explosivos de pequeña magnitud tuvo lugar entre la primera parte del siglo quinto y el fin del siglo séptimo, lo que significa que el Chimborazo es un volcán potencialmente activó.



**Figura 16. HISTORIA ERUPTIVA DEL CHIMBORAZO**  
 (Barba, D. (2006). Estudio Vulcanológico del Complejo Volcánico Chimborazo. Tesis de la Escuela Politécnica Nacional, Quito (Ecuador))

### 3.2.2.1 Rocas en la zona de estudio e implicaciones hidrogeológicas

#### 3.2.2.1.1 Rocas del Cisarán

La formación comprende areniscas tobáceas (areniscas masivas, de grano grueso), cantidades menores de limolitas púrpuras, brechas detríticas (soportadas por material fino) y tobas. El espesor en el cerro Cisarán es mayor a 2000 m.

**Hidrogeología:** Corresponden a las rocas donde hay los acuíferos cerca de Riobamba, con permeabilidades variables según los niveles.

#### 3.2.2.1.2 Rocas del Chimborazo I

Chimborazo I: 150 000 – 65 000 aAP.

- ✓ CH I basal: 150 000 – 100 000 aAP. Lavas andesíticas, espesor de 300m.



- ✓ CH I superior: 100 000 – 65 000 aAP. Lavas andesíticas, espesor total de más de 1 500 m.

La mayor parte presentan una estructura masiva. Se puede observar la profundización de canaletas subverticales.

**Hidrogeología:** Tal vez circulación de agua en fracturas. Podría ser el basamento impermeable de los acuíferos de la parte alta.

### **3.2.2.1.3 Depósito de Avalancha de Escombros**

Colapsó de la parte SE del Chimborazo: 50 000 aAP.

El DAE-R representa un volumen de 8,3 km<sup>3</sup>, y cubre un área de 260 km<sup>2</sup> hasta el río Chambo. El espesor medio es de 30-40m, y de 100m en Guano. El depósito está caracterizado por una facies de bloque y una facies de matriz (mayoría limo-arenosa)

**Hidrogeología:** Fuerte permeabilidad, podría tener una influencia importante sobre los escurrimientos subterráneos.

### **3.2.2.1.4 Rocas del Chimborazo II**

- ✓ Chimborazo II: 50 000 - 35 000 aAP. CH II-A: flujos de lava con estructura masiva algo vesiculada, espesor > 700m.
- ✓ CH II-B: pila de lavas, en el tope remanentes de brechas subglaciares (líticos en ceniza), > 400m.
- ✓ Flujo de Guano: 33 000 aAP. Lavas masivas, a veces bandeamiento, espesor ~ 100m.

**Hidrogeología:** La presencia de las fisuras de las lavas, puede dar lugar a la permeabilidad del agua y formación de acuíferos subterráneos.

### **3.2.2.1.5 Glaciaciones y morrenas**

Chimborazo III: 33 000 - 12 000 aAP, 8 000 - 1 000 aAP

3 grupos de morrenas:

- ✓ Ultimo intervalo glacial máximo: 33 000 - 14 000 aAP, espesor 200-500m;
- ✓ Periodo glacial tardío: 12 000 - 10 000 aAP, 100-300m
- ✓ Periodo neoglacial: 5 000 aAP - actual, 100-200m

**Hidrogeología:** mezcla de material fino a grueso, con fuerte permeabilidad. Posible zona de infiltración de las aguas pluviales y del deshielo de los glaciares.

### **3.2.3 Hidrografía de la zona**

#### **3.2.3.1 Clima de la zona**

En la zona del Chimborazo, los flujos de humedad son aportados por los vientos del Este. Así, las lluvias son mucho más fuertes en la parte Este del volcán, con lluvias de más de 1 600 mm/año, contra sólo 500 mm/año al Oeste.

Las lluvias más fuertes se producen en la zona de las morrenas, dónde podría haber la zona de recarga de los acuíferos de Llio y San Pablo.

La cuenca del río Chambo recibe las aguas del deshielo de los glaciares del Chimborazo. La cuenca de Riobamba entre los ríos Guano y Chimborazo, es relativamente plana y no tiene ríos mayores, lo que podría significar que la mayor parte de las lluvias que caen en esta zona se infiltran en la formación suelta del DAE-R.

El deshielo de los glaciares podría ser un aporte importante para los ríos de la cuenca de Riobamba.

Entre 1986 y 2010, la cobertura glacial pasó de 12,1 a 7,8 km<sup>2</sup>, entonces se redujo un 35%, esta reducción de los glaciares podría afectar los caudales de los ríos en los próximos años.

Los glaciares tienen un papel importante, porque pueden almacenar el agua cuando hay bastante precipitaciones y al contrario el deshielo es más fuerte durante los periodos de sequía y cuando hace más calor.

Entonces los glaciares tienen un papel de regulador de los caudales.

### **3.2.4 Modelación**

De la información recabada es posible tratar de modelar los escurrimientos subterráneos:

- ✓ En la parte alta, las aguas pluviales y del glaciar podrían infiltrarse en las morrenas;
- ✓ Enseguida, podrían circular en la formación DAE-R o por la fracturas de las lavas de Guano, para bajar hasta la cuenca de Riobamba;

- ✓ En esta cuenca, los almacenamientos de agua podrían estar en la formación DAE-R, o más bien en las capas sedimentarias más profundas del Cisarán.

Al Norte de la cuenca de Riobamba, los flujos piroclásticos de volcán Igualata podrían aportar aguas subterráneas también, ya sea al río Guano, o a los acuíferos de la cuenca.

Igualmente al Sur con la formación Cisarán, que podría llevar aguas al río Chimborazo o a los acuíferos.

Si las aguas subterráneas son conectadas con los ríos, estas aguas podrían alimentar los ríos si sus niveles son suficientes, o inversamente los ríos podrían alimentar los acuíferos.

### 3.3 RESULTADOS DEL ANALISIS DE ISOTOPOS ESTABLES

De acuerdo a lo establecido en la parte experimental los puntos a los que se realizó el análisis de isotopos son los siguientes:

- ✓ Pozo de Llio #5
- ✓ Pozo de San pablo
- ✓ Pozo de Yaruquies El Estadio
- ✓ Vertientes del sector Los Elenes

De los resultados obtenidos a través de la Université Montpellier II Francia, respecto al análisis de estos puntos se tienen los siguientes resultados:

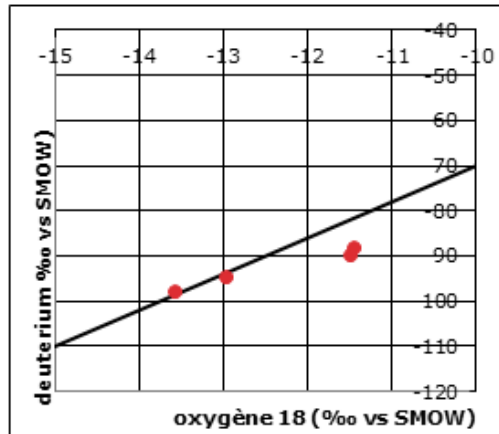
**Tabla 7. RESULTADOS DE ANALISIS DE ISOTOPOS ESTABLES**

			Erreur 0,05‰	Erreur 0,8‰	
	Date prelevt	Sitio	18O (vs SMOW)	2H (vs SMOW)	Exces en deuterium
1	12/11/2012	Pozo Yaruquies	-11,51	-89,8	2,28
2	06/11/2012	Pozo Llio 5	-12,97	-94,6	9,16
3	06/11/2012	Pozo San Pablo	-13,59	-97,7	11,02
4	12/11/2012	Pozo Los Elenes	-11,46	-88,0	3,68

Université Montpellier II Francia

Sitio	14C (%pmc)	13C (vs PDB)	pH	cond.	T°C	Alc
Pozo Yaruquies	65.1 ± 0.4	-10,23	7,42	1634	22,3	460
Pozo Llio 5	31.6 ± 0.3	-8,98	6,56	553	11,6	280
Pozo San Pablo	17.7 ± 0.2	-5,48	5,87	382	10,1	200
Pozo Los Elenes	23.8 ± 0.4	-5,86	6,85	1618	22,1	400

Université Montpellier II Francia



**Figura 17. DEUTERIO VS OXIGENO 18**  
 Université Montpellier II Francia

Del análisis de los resultados se puede desprender los siguientes hallazgos:

Existen 2 tipos de agua y así también 2 tipos de circulación:

- ✓ El primer tipo de agua tiene valores menos enriquecidos en isótopos y corresponden al pozo de Llio #5 y la vertiente de San Pablo 2.

Estas fuentes presentan una conductividad media, exceso en deuterio, correspondiente a la ausencia de procesos después de la infiltración de la lluvia, las temperaturas del agua y las cantidades isotópicas corresponderían a zonas de infiltración superiores a la zona de medición entre 3500 y 4000 metros de altura.

- ✓ El segundo tipo de agua, más enriquecido en isótopos, corresponden a las fuentes de Yaruquies y Los Elenes.

Tienen temperaturas anormales a la zona, promedio 22.2°C (temperatura promedio anual Riobamba 14°C)<sup>25</sup>, por lo tanto se puede pensar que son aguas relacionadas con el geotermalismo, existiendo 2 parámetros que lo confirman: Conductividades fuertes y un exceso de deuterio anormal.

La zona de infiltración correspondería a la zona de medición 3200-3500 m.

Los resultados expuestos determinan que estos dos tipos de circulación podrían ser relacionados con dos acuíferos diferentes.

<sup>25</sup> <https://www.visitaecuador.com/ve/mostrarRegistro.php?idRegistro=512&informacion=3> (15-03-2013)

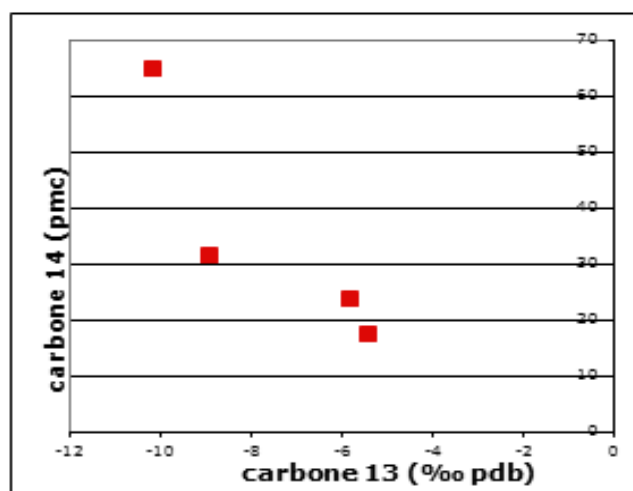
### 3.4 RESULTADOS DE C 14

**Tabla 8.** RESULTADOS DE C13 Y C14

Sitio	14C (%pmc)	13C (vs PDB)	Ph	cond.	T°C	Alc
Pozo Yaruquies	65.1 ± 0.4	-10,23	7,42	1634	22,3	460
Pozo Llio 5	31.6 ± 0.3	-8,98	6,56	553	11,6	280
Pozo San Pablo	17.7 ± 0.2	-5,48	5,87	382	10,1	200
Pozo Los Elenes	23.8 ± 0.4	-5,86	6,85	1618	22,1	400

Université Montpellier II Francia

Con los resultados obtenidos se puede decir que en el pozo de Yaruquies tiene un origen esencialmente biogénico, debido a la gran cantidad de bicarbonatos. Por el contrario los otros puntos son resultantes de una mezcla biogénica y CO<sub>2</sub> profundo.



**Figura 18.** CARBONO 13 VS CARBONO 14

Université Montpellier II Francia

El gráfico 13C vs 14C muestra una relación más o menos lineal hacia un enriquecimiento en 13C; la actividad en 14C es débil con pH más ácidos que Yaruquies lo que amplifica también el fenómeno de edad aparente. Eso significa que estas aguas son menos antiguas que la edad aparente dada por una medición directa de la actividad, pero que globalmente no permite pensar que la circulación es actual o reciente.

**Tabla 9.** EDADES CORREGIDAS

Sitio	Edad (aAP)	Edad corregida
Yaruquies	3300	3100
Llio	9280	8000
San Pablo	14060	8706
Los Elenes	11615	6812

Université Montpellier II Francia

En la tabla 9. se observan las edades aparentes en aAP (años antes presente, descontados a partir de 1950), con modelo de decrecimiento simple y modelo de corrección tipo Gonfiantini con  $13C_{\text{suelo}} = -20\text{‰}$ ,  $T = 15^{\circ}\text{C}$  y  $13C_{\text{fuente CO}_2} = -9\text{‰}$ .

Las edades corregidas de los distintos puntos analizados muestran que el agua es fósil y por ello los acuíferos no se recargan, es decir son acuíferos confinados.

### **3.5 RESULTADO DE LA HIPÓTESIS**

En base a los resultados de deuterio y  $14\text{ C}$  se establece fehacientemente que la hipótesis planteada no representa la realidad, debido a:

- ✓ Los pozos que abastecen de agua potable a la ciudad de Riobamba pertenecen a diferentes acuíferos (3) y
- ✓ Los acuíferos no son de recarga son acuíferos confinados.

## CAPITULO 4

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- ✓ El inventario de aguas subterráneas se lo realizó en la zona de Riobamba y Guano encontrándose un total de 37 pozos, 27 vertientes y 8 lagunas.

De los 37 pozos solo el 59,5% (22 pozos) se encuentran en operación, los restantes están dañados o esperando la entrega de la obra. Los que se encuentran en funcionamiento están ubicados en la zona urbana y periférica de la ciudad de Riobamba y proveen de agua potable a la misma.

Las vertientes están ubicadas un 48% en la microcuenca del río Guano, 18.5% cercanas al Chimborazo y 22% en la zona de Pantaño y San Luis de estas solo 5 son usadas para consumo doméstico y el resto para riego.

Las lagunas se encuentran en su mayoría en la zona de San Gerardo y Guano un 50%, el resto están divididas en Santa fe de Galán y Urbina con un 25% sin tener un uso específico más que Ecológico.

Los pozos y vertientes que tienen un aprovechamiento de uso doméstico y riego son gestionados por entidades públicas (EMAPAR, GAD Provincial, ESPOCH, Brigada Galápagos, UNACH), algunos son privados (Ciudadelas) y otros comunitarios de diferentes sectores.

Según los análisis realizados se encontró que la conductividad de las fuentes encontradas es muy variable, los pozos presentan valores desde 438 a 2000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , la diferencia se debe a la infiltración a través de las diferentes capas geológicas, a medida que la profundidad aumenta se incrementa la conductividad. En las vertientes los valores van de 212 a 1700  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , y en las lagunas de 44 a 2500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , las que tienen valores bajos de 40 a 300  $\mu\text{s}/\text{cm}$  son formadas por escurrimientos de la lluvia debido a la forma del terreno, el resto provienen de aguas subterráneas, Las lagunas que tienen conductividades elevadas están en un proceso de concentración de sales por evaporación de sus aguas.

Respecto a la alcalinidad, los pozos tienen valores de 180 a 620 mg/L, las vertientes de 180-750 mg/L, y las lagunas de 24 a 550 mg/L, existiendo una relación directa con los valores de conductividad.

La temperatura en pozos y vertientes tiene un gradiente de 12 a 14 grados que aumentan en función de la profundidad en los pozos y en las vertientes dependerá de su ubicación y al clima propio de cada lugar. Las lagunas no tienen una gran variabilidad y de igual manera son influenciadas por el clima del lugar.

De acuerdo con los valores de conductividad (altos, medios y bajos) se puede asumir que existen 3 tipos de acuíferos los cuales podrían ser ratificados con los análisis posteriores.

- ✓ Según las formaciones geológicas del volcán Chimborazo se dice que los acuíferos que se encuentran cerca de la ciudad de Riobamba están situados en la formación del Cisarán, los que se encuentran cerca del volcán Chimborazo podrían estar ubicados en las Rocas del Chimborazo I y las formaciones que tienen una influencia importante sobre los escurrimientos subterráneos son el Depósito de Avalancha de Escombros, las Rocas del Chimborazo II y las Glaciaciones y Morrenas.
- ✓ Los escurrimientos subterráneos se dan en la parte alta, las aguas pluviales y del glaciar se infiltran en las morrenas, enseguida circulan en la formación de Depósito de Avalancha de Escombros o por las fracturas de las lavas de Guano, para bajar hasta la cuenca de Riobamba; En esta cuenca, los almacenamientos de agua podrían estar en la formación de Depósito de Avalancha de Escombros o en las capas sedimentarias más profundas del Cisarán.
- ✓ Con el análisis de isótopos estables se identifican 2 tipos de agua y así también 2 tipos de circulación. El primero que corresponderían a Los pozos de Llio y las vertientes de San Pablo con zonas de infiltración entre 3500 y 4000 metros de altura. El segundo tipo de agua corresponde a las fuentes de Yaruquies y Los Elenes con zonas de infiltración entre 3200-3500 m. Determinándose que estos dos tipos de circulación podrían estar relacionados con dos acuíferos diferentes.



- ✓ Según los resultados de C14 de los distintos puntos analizados se puede establecer que las aguas son fósiles y los acuíferos no se recargan sino que son acuíferos confinados.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Mejorar el conocimiento sobre la geología, la geometría y la hidrodinámica de los acuíferos:

- ✓ Precisar las formaciones explotadas, su geometría, y sus propiedades hidrodinámicas.
- ✓ Instalación de una red de piezómetros de monitoreo.
- ✓ Hacer un estudio geoquímico espacial.
- ✓ Realización nuevas pruebas de bombeo (transmisividad).

Estudiar los otros recursos potenciales

Limitar las pérdidas e incitar los ahorros de agua:

- ✓ Mejorar la red de agua potable
- ✓ Limitar el consumo de la ciudad

## **BIBLIOGRAFIA**

1. **AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.**, Calidad y Tratamiento del agua. Manual de suministro de agua comunitaria., 5a ed., Madrid-España., Editorial McGraw-Hill., 2002., Pp. 159-217.
  
2. **ROMERO J.**, Calidad del agua., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2002., Pp. 65-94.
  
3. **STUART A.**, Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministro de agua comunitaria. Gestión de la calidad de las fuentes de aguas subterráneas., s.edt., Madrid-España., 2002., Pp. 159-205.
  
4. **VILLANUEVA M.**, Pozos y Acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo., Madrid-España., Editorial IBERGESA. Pp.

5. **APPELO C.**, Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam-Holanda., 1993.
6. **BERGER A.**, Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems., Rotterdam-Holanda., 1996.
7. **BARBA D.**, Estudio Vulcanológico del Complejo Volcánico Chimborazo., Tesis de la Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador., 206., Pp222.
8. **HEM J.**, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U. S., 1985.
9. **LA FRENIERRE J.**, Evaluation of Glacier Change on Volcán Chimborazo 1986-2010., Riobamba-Ecuador., 2010., As Derived from Landsat TM., Pp. 21

## **INTERNET**

### **1. AGUAS SUBTERRÁNEAS**

<http://es.scribd.com/doc/10893549/AGUAS-SUBTERRANEAS-Trabajo-de-Geologia>  
(12-09-2012)

<http://educasitios.educ.ar/grupo048/?q=node/75>  
(12-09-2012)

<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/quito-tiene-una-gran-reserva-de-agua-subterranea-277821.html>

(15-09-2012)

## **2. CICLO HIDROLÓGICO**

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

(12-09-2012)

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

(12-09-2012)

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

(20-09-2012)

<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH08.pdf>

(20-09-2012)

## **3. ACUÍFEROS**

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf)

(20-09-2012)

[http://aguas.igme.es/igme/publica/libros1\\_HR/libro104/pdf/lib104/cd88\\_005.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/libros1_HR/libro104/pdf/lib104/cd88_005.pdf)

(20-09-2012)

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

(20-09-2012)

[http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6012/mod\\_resource/content/1/Tema\\_03\\_CAPT\\_AGUAS\\_SUB.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6012/mod_resource/content/1/Tema_03_CAPT_AGUAS_SUB.pdf)

(20-09-2012)

<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH24.pdf>

(20-09-2012)

#### **4. NIVELES DE LOS POZOS**

<http://biblioteca2.uclm.es/biblioteca/CECLM/ARTREVISTAS/Sabuco/sabucon2/estudiocantos.pdf>

(20-09-2012)

[http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Memoria/Captaciones/Tipos\\_Pozos.asp](http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Memoria/Captaciones/Tipos_Pozos.asp)

(20-09-2012)

#### **5. DATACIÓN DE LOS ACUÍFEROS**

<http://es.scribd.com/doc/52564915/Datacion-con-carbono-14>

(24-11-2012)

<http://www.christiananswers.net/spanish/q-aig/aig-c007s.html>

(27-11-2012)

[http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull382/Spanish/38205680915\\_es.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull382/Spanish/38205680915_es.pdf)

(28-11-2012)

<http://www.ingeis.uba.ar/default.php?page=isotoposambientales.htm>

(24-11-2012)

<http://books.google.com.ec/books?id=QUNVnOhl09wC&pg=PA523&lpg=PA523&dq=datacion+de+los+acu%C3%ADferos&source=bl&ots=nuryyHXvMC&sig=tfE-IlZpfAHIXEQIyabAQuARYdQ&hl=es&sa=X&ei=JPjuUP-aH4vg8wSf6ID4Bw&ved=0CEcQ6AEwBQ#v=onepage&q=datacion%20de%20los%20acu%C3%ADferos&f=false>

(24-11-2012)

[http://www.mdp.edu.ar/hidrogeologia/images/stories/DETERMINACION\\_DE\\_LA\\_EDAD\\_DEL\\_AGUA\\_EN\\_EL\\_ACUIFERO\\_PAMPEANO\\_EN\\_LA\\_CEQ\\_G.pdf](http://www.mdp.edu.ar/hidrogeologia/images/stories/DETERMINACION_DE_LA_EDAD_DEL_AGUA_EN_EL_ACUIFERO_PAMPEANO_EN_LA_CEQ_G.pdf)

(27-11-2012)

<http://www2.ing.puc.cl/ich/DIHA%203.0/Seminarios/Pruszkowska%20-%2016%20agosto.pdf>

(27-11-2012)

<http://www.radiocarbon.com/espanol/aguas-subterraneas-carbono-datacion.htm>

(27-11-2012)

## ANEXO 1.

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL POZO YARUQUIES EL ESTADIO

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

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	1223
<b>ST:</b>	12 - 0577 ANÁLISIS DE AGUAS
<b>NOMBRE Peticionario:</b>	CESA
<b>Atn.</b>	CESA
<b>Dirección:</b>	Av de los Shyris 30-16
<b>FECHA:</b>	03 de Octubre del 2012
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2012 / 09 / 25 - 11:30
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2012 / 09 / 25 - 09:00
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2012 / 09 / 25 - 2012 / 10 / 03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua de pozo
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-A 1731-12
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	4
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Yaruquies El Estadio
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico-Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Javier Reino
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

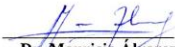
#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Sodio	PEE/LABCESTTA/67 APHA 3030 E, 3111 B	mg/L	190,20	-	-
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500-SO <sub>4</sub> E	mg/L	400	-	±7%
Cloro Residual y Cloro libre	PEE/LABCESTTA/12 APHA 4500-Cl G	mg/L	< 0,1	0,3 - 1,5	±43%
*Bicarbonatos	PEE/LABCESTTA/69 APHA 2330 B	mg/L	379	-	-
*Potasio	PEE/LABCESTTA/38 APHA 3030 B, 3111 E	mg/L	17,24	-	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO <sub>3</sub> A	mg/L	5,16	50	-
*Calcio	PEE/LABCESTTA/36 APHA 3500-Ca D	mg/L	35,43	-	-
*Magnesio	PEE/LABCESTTA/37 APHA 3111 B, 3030 B, E	mg/L	18,11	-	-


#### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Resultados comparados con la NTE INEN 1 108:2011 Agua Potable. Requisitos

#### RESPONSABLES DEL INFORME:

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

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Dra. Nancy Veloz M.**  
**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 1 de 2  
Edición 1

## ANEXO 2.

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL POZO DE LLIO #5

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

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	1223
<b>ST:</b>	12 - 0577 ANÁLISIS DE AGUAS
<b>Nombre Peticionario:</b>	CESA
<b>Atn.</b>	CESA
<b>Dirección:</b>	Av de los Shyris 30-16
<b>FECHA:</b>	03 de Octubre del 2012
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2012 / 09 / 25 - 12:17
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2012 / 09 / 25 - 09:00
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2012 / 09 / 25 - 2012 / 10 / 03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua de pozo
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-A 1728-12
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	1
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Pozo de Llio (5)
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico-Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Javier Reino
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO / NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Sodio	PEE/LABCESTTA/67 APHA 3030 E, 3111 B	mg/L	13,95	-	-
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500-SO <sub>4</sub> E	mg/L	14	-	±27%
Cloro Residual y Cloro libre	PEE/LABCESTTA/12 APHA 4500-Cl G	mg/L	< 0,1	0,3 - 1,5	±43%
*Bicarbonatos	PEE/LABCESTTA/69 APHA 2330 B	mg/L	238	-	-
*Potasio	PEE/LABCESTTA/38 APHA 3030 B, 3111 E	mg/L	2,62	-	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO <sub>3</sub> A	mg/L	< 2,3	50	-
*Calcio	PEE/LABCESTTA/36 APHA 3500-Ca D	mg/L	5,31	-	-
*Magnesio	PEE/LABCESTTA/37 APHA 3111 B, 3030 B, E	mg/L	19,76	-	-

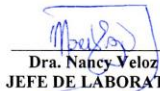
#### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Resultados comparados con la NTE INEN 1 108:2011 Agua Potable. Requisitos

#### RESPONSABLES DEL INFORME:

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

**LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
E INSPECCIÓN  
LAB - CESTTA  
ESPOCH**

  
**Dra. Nancy Veloz M.**  
**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 1 de 2  
Edición 1



## ANEXO 3.

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL POZO DE SAN PABLO

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

**INFORME DE ENSAYO No:** 1223  
**ST:** 12 - 0577 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** CESA  
**Atn.** CESA  
**Dirección:** Av de los Shyris 30-16

**FECHA:** 03 de Octubre del 2012  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2012 / 09 / 25 - 12:17  
**FECHA DE MUESTREO:** 2012 / 09 / 25 - 09:30  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2012 / 09 / 25 - 2012 / 10 / 03  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua de pozo  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-A 1729-12  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 2  
**PUNTO DE MUESTREO:** Pozo de San Pablo  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico-Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Javier Reino  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

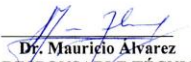
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO / NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Sodio	PEE/LABCESTTA/67 APHA 3030 E, 3111 B	mg/L	5,47	-	-
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500-SO <sub>4</sub> E	mg/L	31	-	±14%
Cloro Residual y Cloro libre	PEE/LABCESTTA/12 APHA 4500-Cl G	mg/L	< 0,1	0,3 - 1,5	±43%
*Bicarbonatos	PEE/LABCESTTA/69 APHA 2330 B	mg/L	139	-	-
*Potasio	PEE/LABCESTTA/38 APHA 3030 B, 3111 E	mg/L	9,06	-	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO <sub>3</sub> A	mg/L	< 2,3	50	-
*Calcio	PEE/LABCESTTA/36 APHA 3500-Ca D	mg/L	6,81	-	-
*Magnesio	PEE/LABCESTTA/37 APHA 3111 B, 3030 B, E	mg/L	32,16	-	-

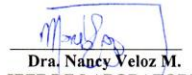
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Resultados comparados con la NTE INEN 1 108:2011 Agua Potable. Requisitos.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

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

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Dra. Nancy Veloz M.**  
**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 1 de 1  
Edición 1

## ANEXO 4.

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA SUPERFICIAL DE LOS ELENES

 <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 ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</b>  <b>ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008</b>
---	--	---

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	1223
<b>ST:</b>	12 – 0577 ANÁLISIS DE AGUAS
<b>Nombre Peticionario:</b>	CESA
<b>Atn.</b>	CESA
<b>Dirección:</b>	Av de los Shyris 30-16
<b>FECHA:</b>	03 de Octubre del 2012
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2012 / 09 / 25 – 12:17
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2012 / 09 / 25 – 10:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2012 / 09 / 25 - 2012 / 10 / 03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Superficial
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-A 1730-12
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	3
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Los Elenes
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico-Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Javier Reino
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C


**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Sodio	PEE/LABCESTTA/67 APHA 3030 E,3111 B	mg/L	138,72	-	-
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500-SO <sub>4</sub> E	mg/L	475	-	±7%
Cloro Residual y Cloro libre	PEE/LABCESTTA/12 APHA 4500-Cl G	mg/L	< 0,1	0,3 – 1,5	±43%
*Bicarbonatos	PEE/LABCESTTA/69 APHA 2330 B	mg/L	297	-	-
*Potasio	PEE/LABCESTTA/38 APHA 3030 B, 3111 E	mg/L	8,76	-	-
*Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO <sub>3</sub> A	mg/L	< 2,3	50	-
*Calcio	PEE/LABCESTTA/36 APHA 3500-Ca D	mg/L	24,15	-	-
*Magnesio	PEE/LABCESTTA/37 APHA 3111 B, 3030 B, E	mg/L	15,73	-	-

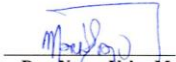
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Resultados comparados con la NTE INEN 1 108:2011 Agua Potable. Requisitos

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Dra. Nancy Veloz M.**  
 JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO 5.

### NORMA INEN 1108 PARA AGUA POTABLE

CDU: 628.1.033  
ICS: 13.060.20



CIU: 4200  
AL 01.06-401

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE. REQUISITOS	NTE INEN 1 108:2011 Cuarta revisión 2011-06
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <b>Agua potable.</b> Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.</p> <p>3.1.2 <b>Agua cruda.</b> Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.</p> <p>3.1.3 <b>Límite máximo permitido.</b> Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).</p> <p>3.1.4 <b>UFC/ml.</b> Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.</p> <p>3.1.5 <b>NMP.</b> Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.</p> <p>3.1.6 <b>mg/l.</b> (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.</p> <p>3.1.7 <b>Microorganismo patógeno.</b> Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.</p> <p>3.1.8 <b>Plaguicidas.</b> Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.</p> <p>3.1.9 <b>Desinfección.</b> Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.</p> <p>3.1.10 <b>Subproductos de desinfección.</b> Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.</p> <p>3.1.11 <b>Cloro residual.</b> Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.</p> <p>3.1.12 <b>Sistema de abastecimiento de agua potable.</b> El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.</p>		

3.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

#### 4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	—	no objetable
Sabor	—	no objetable
<b>Inorgánicas</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsenico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 **
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,008
Niquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Piombo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

\* Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.  
 \* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>214</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>238</sup>Pu.  
 \*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Sr, <sup>137</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>214</sup>Pb.

#### Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP</b>		
Benzo [a]pireno	mg/l	0,0007
<b>Hidrocarburos:</b>		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2-dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2-Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4-Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrotroacético	mg/l	0,2

(Continúa)

## Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacoro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,0003
Carbofunan	mg/l	0,007
Clorpirifos	mg/l	0,03
DOT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropano	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,008
Endrin	mg/l	0,0008
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002

## Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3

## Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:		
• Bromodiclorometano	mg/l	0,06
• Cloroforno	mg/l	0,3
Ácido tricloroacético	mg/l	0,2

## Cianocobinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

## Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales <sup>(1)</sup> :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
Cryptosporidium, número de oocistos/100 litros	Ausencia
Giardia, número de quistes/100 litros	Ausencia

\* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm<sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm<sup>3</sup> ninguno es positivo  
 \*\* < 1 significa que no se observan colonias  
 (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida

(Continúa)

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

6.1.3 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

(Continúa)

ANEXO 6.

TULAS LIBRO VI TABLA 5

**TABLA 5. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica entre (0 - 10,0) %.**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Arsénico (total)	As	µg/l	35
Bario	Ba	µg/l	338
Cadmio	Cd	µg/l	3,2
Cianuro (total)	CN-	µg/l	753
Cobalto	Co	µg/l	60
Cobre	Cu	µg/l	45
Cromo total	Cr	µg/l	16
Molibdeno	Mo	µg/l	153
Mercurio (total)	Hg	µg/l	0,18
Níquel	Ni	µg/l	45
Plomo	Pb	µg/l	45
Zinc	Zn	µg/l	433
<b>Compuestos aromáticos.</b>			
Benceno.	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	µg/l	15
Tolueno.		µg/l	500
Estireno		µg/l	150
Etilbenceno		µg/l	75
Xileno (Suma) <sup>1</sup>		µg/l	35
Fenol		µg/l	1 000
Cresol <sup>2</sup>		µg/l	100
Hidroquinona		µg/l	400
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos.</b>			
Naftaleno		µg/l	35
Fenantreno.		µg/l	2,5
Antraceno		µg/l	2,5
Fluoranteno		µg/l	0,5

Continua...

<sup>1</sup> Sumatoria de las formas: Meta, orto y paraxileno

<sup>2</sup> Sumatoria de las formas: Meta, orto y paracresol.

Continuación...

**TABLA 5. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica entre (0 - 10,0) %.**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Benzo(a)antraceno		µg/l	0,25
Criseno		µg/l	0,026
Benzo(k)fluoranteno		µg/l	0,026
Benzo(a)pireno		µg/l	0,026
Benzo(ghi)perileno		µg/l	0,025
Indenol (1,2,3 cd)		µg/l	0,025
pireno			
<b>Hidrocarburos Clorados.</b>			
Diclorometano		µg/l	500
Triclorometano		µg/l	200
Tetraclorometano		µg/l	5,0
1,1-dicloroetano		µg/l	1 300
1,2-dicloroetano		µg/l	200
1,1,1- tricloroetano		µg/l	275
1,1,2-tricloroetano		µg/l	750
Vinilclorado		µg/l	0,35
Cis-1,2- dicloetano		µg/l	650
Tricloroetano		µg/l	250
Tetracloroetano		µg/l	20
Monoclorobenceno		µg/l	90
Diclorobenceno		µg/l	25
(Suma)			
Triclorobenceno		µg/l	5
(Suma)			
Tetraclorobenceno		µg/l	1,26
(Suma)			
Pentaclorobenceno		µg/l	0,5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,26
Monoclorofenol		µg/l	50
(Suma)			



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Diclorofenol (Suma)		µg/l	15
Triclorofenol (Suma)		µg/l	5
Tetraclorofenol		µg/l	5
Pentaclorofenol		µg/l	1,5
Cloronaftaleno		µg/l	3
PCBs (Suma) <sup>3</sup>		µg/l	0,01

Continua...

Continuación...

**TABLA 5. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica entre (0 - 10,0) %.**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
<b>Pesticidas</b>			
<b>Organoclorados</b>			
DDD, DDE, DDT (Suma) <sup>4</sup>		µg/l	0,005
Drins (Suma) <sup>5</sup>		µg/l	0,05
HCH-Compuestos (Suma) <sup>6</sup>		µg/l	0,5
<b>Carbamatos</b>			
Carbaril		µg/l	0,06
Carbofuran		µg/l	0,06
Maneb		µg/l	0,05
<b>Organonitrogenados</b>			
Atrazina		µg/l	0,05

<sup>3</sup> Suma de Bifenilos Policlorados Totales: Formas PCB 28, 52, 101, 138, 153 Y 180.

<sup>4</sup> Suma de DDD, DDE y DDT.

<sup>5</sup> Suma de Aldrín, Endrín, y Dieldrín.

<sup>6</sup> Suma de los isómeros del Hexaclorociclohexano: alfa, beta, gama.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
<b>Compuestos remanentes</b>			
Ciclohexanos		µg/l	7 500
Ftalatos (Suma) <sup>7</sup>		µg/l	2,75
Hidrocarburos totales de petróleo		µg/l	325
Piridina		µg/l	1,75
Tetrahidrofurano		µg/l	0,75
Tetrahidrotiofeno		µg/l	15

**4.1.3.7** El Ministerio del Ambiente dictará una Subnorma específica como complemento a la presente, referente a aguas subterráneas.