

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO “CUNCHIBAMBA”, AMBATO - TUNGURAHUA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO

Hernán Sebastián Bombón Chico

hernan.bombon@epn.edu.ec

Director: Lester Joel Pérez Lozada, M.Sc.

lperezec@hotmail.com

Codirectora: Ximena de las Mercedes Díaz Reinoso, Ph.D.

ximena.diaz@epn.edu.ec

Quito, agosto 2018

DECLARACIÓN

Yo Hernán Sebastián Bombón Chico declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

HERNÁN SEBASTIÁN BOMBÓN CHICO

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del proyecto de investigación sobre el tema ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO “CUNCHIBAMBA”, AMBATO – TUNGURAHUA, del Sr. Hernán Sebastián Bombón Chico, estudiante de la Carrera de Ingeniería Geológica, de la Escuela Politécnica Nacional, considero que este trabajo reúne los requisitos y méritos para ser sometido a la evaluación del TRIBUNAL EXAMINADOR designado por la máxima autoridad de la Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos.

Ing. Lester Pérez, M.Sc.

DIRECTOR DE PROYECTO

PhD. Ximena Díaz

**CODIRECTOR DE
PROYECTO**

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme sabiduría y fortaleza durante toda mi carrera universitaria.

A mi abuelito, mi padre y hermanos por todo el cariño, apoyo incondicional y confianza depositada en mí.

A mi madre y mi hermano José Enrique por ayudarme de todas las maneras posibles en la elaboración de este trabajo y por animarme siempre a conseguir mis objetivos.

A mis directores de Tesis Msc Lester Pérez y PhD Ximena Díaz por ayudarme en la ejecución de este proyecto, por sus consejos y por sus valiosas enseñanzas, les quedo eternamente agradecido.

A los docentes de la Poli especialmente al PhD Pedro Reyes, la PhD Carolina Bernal y la Ingeniera María José Hernández por compartirme su conocimiento acerca de la geología en un ambiente de respeto, cordialidad y confianza.

A los técnicos del INAMHI, Ingenieros Javier Roura y Estefanía Proaño, por su ayuda y por su disposición a colaborar en la elaboración de este proyecto.

A mis amigos Sebastián, Daniel, Mau y Shirley por su ayuda y por su amistad sincera.

A mis amigos y compañeros de la Escuela Politécnica Nacional, por todos los buenos momentos que pasamos durante nuestra vida universitaria.

DEDICATORIA

Dedicado con mucho cariño a
Mi Padre Hernán,
Mis hermanos Diego, Edison y José Enrique.
En especial a la persona más importante en mi vida
Mi Madre Yolanda Jimena.

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4. FACTIBILIDAD.....	6
1.5. VARIABLES.....	6
1.5.1. DEPENDIENTE.....	6
1.5.2. INDEPENDIENTE.....	6
1.5.3. INTERVINIENTE.....	7
1.6. ALCANCE.....	7
1.7. METODOLOGÍA.....	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. DATOS BÁSICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO Y METEREOLÓGÍA.....	9
2.1. UBICACIÓN.....	9
2.2. ÁREA DE EVALUACIÓN.....	10
2.3. ACCESO.....	11
2.4. HIDROGRAFÍA.....	11
2.5. VEGETACIÓN.....	11
2.6. SUELOS.....	13
2.7. USO ACTUAL DEL SUELO.....	14
2.8. OROGRAFÍA.....	16
2.9. CLIMA.....	16
2.10. RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO.....	18
2.11. RÉGIMEN TÉRMICO.....	21
2.12. OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA.....	23
2.12.1. OFERTA HÍDRICA.....	23
2.12.2. DEMANDA HÍDRICA.....	24
CAPÍTULO 3.....	27
3. MARCO GEOLÓGICO.....	27

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL	27
3.1.1. CORDILLERA REAL	27
3.1.2. CORDILLERA OCCIDENTAL	27
3.1.3. VALLE INTERANDINO	28
3.2. TECTÓNICA.....	29
3.3. GEOMORFOLOGÍA	33
3.4. ESTRATIGRAFÍA.....	35
3.4.1. BASAMENTO	36
3.4.2. FORMACIÓN PISAYAMBO - PLIOCENO (MPLP)	36
3.4.3. FORMACIÓN LATACUNGA	36
3.4.4. FORMACIÓN CANGAHUA - PLEISTOCENO/HOLOCENO (QC)	38
3.4.5. FORMACIÓN VOLCÁNICO SAGOATOA – PLIOCENO/PLEISTOCENO (VD).....	38
3.4.6. DEPÓSITOS ALUVIALES (DA), DEPÓSITOS COLUVIALES (DC), DEPÓSITOS LAHARÍTICOS (DH) – HOLOCENO.....	39
3.5. GEOLOGÍA LOCAL	43
3.5.1. VOLCÁNICOS DEL SAGOATOA Y UNAMUNCHO	43
3.5.2. FORMACIÓN LATACUNGA	44
3.5.3. FORMACIÓN CANGAHUA	50
3.5.4. DEPÓSITOS SUPERFICIALES.....	50
3.6. MAPA GEOLÓGICO	50
CAPÍTULO 4.....	52
4. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA.....	52
4.1. BALANCE HÍDRICO	53
4.2. HIDROGEOLOGÍA	61
4.3. LEVANTAMIENTO HIGROGEOLÓGICO	63
4.4. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	63
4.4.1. COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LOS MATERIALES VOLCÁNICOS	63
4.4.2. POROSIDAD Y PERMEABILIDAD	63
4.4.3. FRACTURACIÓN	64
4.4.4. UNIDADES LITOPERMEABLES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	65
4.4.5. UNIDADES LITOLÓGICAS PERMEABLES POR POROSIDAD INTERGRANULAR.....	65
4.4.6. UNIDADES LITOLÓGICAS PERMEABLES POR FRACTURACIÓN....	66
4.5. MAPA DE LITOPERMEABILIDAD	67
4.6. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	69
4.7. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	70
4.7.1. PERFIL GEOELÉCTRICO N°1 (SEV1)	72
4.7.2. PERFIL GEOELÉCTRICO N°2 (SEV2-SEV3).....	74
4.7.3. PERFIL GEOELÉCTRICO N°3 (SEV4-SEV5).....	76
4.7.4. RESULTADOS	79
4.8. SONDEOS DE INVESTIGACIÓN Y RECONOCIMIENTO	80
4.8.1. LITOLOGÍA DE LOS POZOS DE INVESTIGACIÓN.....	80

4.9 ACUÍFERO DE VOLCANOSEDIMENTOS, PIROCLASTOS Y DEPÓSITOS ALUVIALES “CUNCHIBAMBA”	84
CAPÍTULO 5	86
5. HIDROGEOQUÍMICA	86
5.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	86
5.2. MUESTREO Y RESULTADOS QUÍMICOS DEL AGUA DE LOS POZOS PROFUNDOS Y VERTIENTES	87
5.3. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO CUNCHIBAMBA	89
5.3.1. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS FÍSICOS	89
5.3.2. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS QUÍMICOS	90
CAPÍTULO 6	99
6. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO	99
6.1. ORÍGEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	99
6.2 ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA	101
6.2.1 RECARGA	101
6.2.2 DESCARGA	103
6.3 CARACTERIZACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES	105
6.3.1. ACTIVIDAD AGRÍCOLA	108
6.3.2. CANAL DE RIEGO LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO	109
6.3.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “CUNCHIBAMBA”	111
6.4 VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO	112
6.4.1 INTRODUCCIÓN	112
6.4.2 MÉTODO GODS	113
6.4.3 MÉTODO AVI	119
6.4.3 RESULTADOS	123
CAPÍTULO 7	124
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
7.1. CONCLUSIONES	124
7.2. RECOMENDACIONES	128
Referencias	129
ANEXOS	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estaciones Meteorológicas. Fuente (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).	17
Tabla 2 Precipitaciones Medias Mensuales. Fuente (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).	19
Tabla 3 Demanda Hídrica para la parroquia de Cunchibamba	25
Tabla 4 Resultados del Balance Hídrico	55
Tabla 5 Balance Hídrico de la Estación Rumipamba (M0004). Fuente (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).	60
Tabla 6 Resultados de Balance Hídrico. Elaborado por Sebastián Bombón.	60
Tabla 7 Unidades Litopermeables de la Zona de Estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.	65
Tabla 8 Inventario de Pozos y Vertientes (EMAPA, 2016).	69
Tabla 9 Tabla de Ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales. Fuente (C.T.A, 2014).	70
Tabla 10 Ubicación de los Pozos Profundos (EMAPA, 2016).	80
Tabla 11 Resultados del Análisis Físico-Químico del Agua de los Pozos profundos.	88
Tabla 12 Tabla de Clasificación Wilcox para riego (INAMHI, Balance Hídrico de varias localidades ecuatorianas, 2005).	95
Tabla 13 Parámetros permisibles de calidad de agua para Consumo Humano y Uso Doméstico que para su potabilización requieren desinfección.	97
Tabla 14 Contaminantes comunes del agua. Modificado de (Foster et al., 2002).	105
Tabla 15 Rangos de Vulnerabilidad del método GODS.	114
Tabla 16 Vulnerabilidad según el método AVI. Fuente (Stempvoort, 1992).	120
Tabla 17 Conductividad Hidráulica de distintos tipos de rocas. Tomado de FAO (2000).	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación del Acuífero Cunchibamba (zona de estudio). Elaborado por Sebastián Bombón.....	10
Figura 2	Mapa de cobertura Vegetal Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	12
Figura 3	Mapa de Textura del Suelo Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	14
Figura 4	Cobertura de Uso del Suelo Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	15
Figura 5	Diagrama de los resultados de las precipitaciones medias mensuales.....	19
Figura 6	Mapa de Isoyetas Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	20
Figura 7	Mapa de Isotermas Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	22
Figura 8	Diagrama de Demanda Hídrica para la Parroquia Cunchibamba.....	26
Figura 9	Modelo Tectónico (esquema de half ramp y full ramp) del Valle Interandino (Winkler, 2005).	29
Figura 10	Estructuras cuaternarias de la cuenca Latacunga-Ambato: 1. Basamento Cordillerano Pre-Pliocénico. 2. Rocas Magmáticas cuaternarias. 3. Deslizamientos. 4. Abanicos. 5. Depósitos Plio-cuaternarios de la Depresión Interandina. 6. Falla Reversa. 7. Flexura. 8. Anticlinal. 9. Sinclinal. Fuente (Lavenu A. , 1995).....	31
Figura 11	Mapa de Actividad Sísmica Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	32
Figura 12	Falla Normal la cual corta los estratos de la Fm. Latacunga, vista desde la carretera Cunchibamba-Píllaro. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	33
Figura 13	Mapa Geomorfológico Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	35
Figura 14	Mapa Geológico de la zona de estudio con 2 cortes utilizados para la elaboración de Perfiles Geológicos.	40
Figura 15	Perfil A-B realizado en la zona de estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.	41
Figura 16	Perfil C-D realizado en la zona de estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.	41
Figura 17	Columna Estratigráfica de la zona de estudio (DGGM, 1978).....	42
Figura 18	Afloramiento de Andesita proveniente del Sagoatoa, sector Pucarumí en Cunchibamba. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.....	44
Figura 19	Roca Volcánica extrusiva de composición andesítica con abundante plagioclasa, proveniente del Sagoatoa, sector Pucarumí en Cunchibamba. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.....	44
Figura 20	Columna Estratigráfica de la formación Latacunga (300 m de espesor) a la altura de la zona de estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.	46
Figura 21	Se puede apreciar la disposición de los estratos que componen la formación Latacunga. Foto tomada en la vía Izamba-Quillán La playa por Sebastián Bombón.	47
Figura 22	Identificación de las unidades que conforman la Formación Latacunga. Fotografía tomada en la carretera Izamba-Quillán La Playa por Sebastián Bombón.	47

Figura 23	Se aprecia piedra pómez, litología de la unidad Chalupas, foto tomada a pocos metros de la Panamericana Norte, sector Cunchibamba por Sebastián Bombón.	48
Figura 24	Material de tipo efusivo con vesículas y líticos de origen volcánico (toba), litología de la unidad Latacunga. Foto tomada en el sector de Cunchibamba a pocos metros del río Cutuchi por Sebastián Bombón.....	48
Figura 25	Se aprecia material fluvial de origen volcánico, con clastos de pómez de color rosáceo perteneciente a la Unidad Chalupas; este material es grano decreciente y aflora en las cercanías del río Cutuchi, cerca al sector de Quillán Playas, en la vía Izamba- Quillán. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	49
Figura 26	Se muestra lavas fracturadas asociadas a la facie volcánica de la Formación Latacunga. Fotografía tomada en la carretera Cunchibamba-San Andrés por Sebastián Bombón.	49
Figura 27	Mapa Geológico Acuífero Cunchibamba (DGGM, 1978).	51
Figura 28	Diagrama de Reporte de Datos del Balance Hídrico para la subcuenca del río Cutuchi.	55
Figura 29	Mapa de Balance Hídrico para la subcuenca del río Cutuchi aplicando el método de Holdridge. Elaborado por Sebastián Bombón.....	56
Figura 30	Mapa de ubicación de concesiones mineras presentes en la zona de estudio. Modificado de catastro minero ARCOM. Elaborado por Sebastián Bombón.	58
Figura 31	Balance Hídrico de la Estación Rumipamba.	60
Figura 32	Mapa Unidad Hidrogeológica Latacunga – Ambato (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).	62
Figura 33	Mapa de Litopermeabilidad Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	68
Figura 34	Mapa de Ubicación de los SEVs	70
Figura 35	Resistividad Eléctrica. Fuente (C.T.A, 2014).....	73
Figura 36	Curva de Resistividad eléctrica del SEV1.	73
Figura 37	Perfil Geoeléctrico N°1 (SEV.1 - Dirección Aproximada: W-E). Sector San José de Unamuncho. Fuente (Agroindustrial, 2014). Elaborado por Sebastián Bombón.	74
Figura 38	Curva de Resistividad eléctrica del SEV2.	75
Figura 39	Curva de Resistividad eléctrica del SEV3.	76
Figura 40	Perfil Geoeléctrico N°2 (SEV.2-SEV.3 - Dirección Aproximada: W-E). Sector: San José de Unamuncho. Fuente (C.T.A, 2014). Elaborado por Sebastián Bombón.	76
Figura 41	Curva de Resistividad eléctrica del SEV4.	78
Figura 42	Curva de Resistividad eléctrica SEV5.	78
Figura 43	Perfil Geoeléctrico N°3 (SEV.4-SEV.5 - Dirección Aproximada: W-E). Sector: San José de Unamuncho. Fuente (C.T.A, 2014). Elaborado por Sebastián Bombón.	78
Figura 44	Perfil litológico del pozo EMPz001 (EMAPA, 2016).	82
Figura 45	Perfil litológico del pozo EMPz002 (EMAPA, 2016).	84
Figura 46	Diagrama de Piper para el agua de los pozos profundos y vertientes. Elaborado por Sebastián Bombón.....	91
Figura 47	Diagrama de Stiff para el agua de los pozos y vertientes. Elaborado por Sebastián Bombón.	91

Figura 48 Mapa de Tipo de Agua del Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	92
Figura 49 Diagrama de Schoeller Berkloff para las muestras de agua. Elaborado por Sebastián Bombón.	93
Figura 50 Diagrama para Clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954).....	94
Figura 51 Diagrama Wilcox log, el cual relaciona valores de Conductividad Eléctrica y la Relación de Adsorción del Sodio (SAR).	95
Figura 52 Diagrama de Wilcox el cual relaciona el porcentaje de Sodio con la Conductividad Eléctrica. Elaborado por Sebastián Bombón.	95
Figura 53 Diagrama de Riverside. Elaborado por Sebastián Bombón.	96
Figura 54 Mapa de Zonas de Recarga del Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.	102
Figura 55 Vertiente Huapante (V001). Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.	103
Figura 56 Vertiente Huapante (V001), en donde se aprecia zonas con exceso de humedad con presencia de hierro de acuerdo a la tonalidad de la pared rocosa.). Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.....	103
Figura 57 Vertiente Quillán La Playa (V002). Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.	104
Figura 58 Vertiente Quillán La playa (V002), aflorando en un tipo de suelo hidromórfico (con exceso de humedad) y contenido de materia orgánica. Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.....	104
Figura 59 Mapa de Ubicación de Posibles Fuentes de Contaminación del Acuífero Cunchibamba.	107
Figura 60 Distribución del Riego del Canal Latacunga-Salcedo-Ambato para la parroquia de Cunchibamba. Tomado de Cunchibamba (2015).....	109
Figura 61 Esquema del método GODS. Fuente Foster et al., (2002).....	115
Figura 62 Mapa de Vulnerabilidad del Acuífero Cunchibamba aplicando el método GODS. Elaborado por Sebastián Bombón.	118
Figura 63 Mapa de Vulnerabilidad a la Contaminación del Acuífero Cunchibamba aplicando el método AVI. Elaborado por Sebastián Bombón.	122
Figura 64 Prueba de bombeo realizada por EMAPA en el barrio San Vicente. Fuente (EMAPA, 2016).	168
Figura 65 Estación de bombeo en construcción Cunchibamba (Barrio San Pablo). Fotografía tomada por Sebastián Bombón.....	168
Figura 66 Pozo San Vicente. fotografía tomada por Sebastián Bombón.	169
Figura 67 Formación Latacunga, facie sedimentaria (arenas) sector Huapante, cerca al río Cutuchi. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	169
Figura 68 Formación Latacunga, facie sedimentaria contacto entre arenas y conglomerado (carretera Izamba – Quillán la Playa). Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.	170
Figura 69 Medida del caudal del río Cutuchi mediante un aforo, utilizando la técnica de flotadores. Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.	170
Figura 70 Toma de muestra de vertiente sector Huapante. Fotografía tomada por Shirley Jiménez.	171
Figura 71 Unidad Chalupas, compuesta por piedra pómez, sector Cunchibamba a pocos metros de Panamericana Norte. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	171
Figura 72 Intensa Actividad Agrícola en la Parroquia de Cunchibamba.....	172

Figura 73 Granjas Avícolas en Cunchibamba. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	173
Figura 74 Ganadería. Se observa a vacas pastando en el flanco del río Cutuchi. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	173
Figura 75 Minería de materiales para la construcción en el río Cutuchi. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	174
Figura 76 Mina de áridos y pétreos. Sector Huapante. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.	174

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I Datos Pluviométricos (INAMHI, 2016).....	132
Anexo II Datos Térmicos (INAMHI, 2016)	140
Anexo III Balance Hídrico de la Estación Ambato La Granja (M0028) (INAMHI, 2005)	147
Anexo IV Inventario de puntos de agua de la Unidad Hidrogeológica Latacunga – Ambato (INAMHI, 2016)	148
Anexo V Reinterpretación Geofísica con los datos de los SEVs (C.T.A, 2014).....	152
Anexo VI Resultados del Análisis Físico - Químico de las muestras de agua.....	160
Anexo VII Resultados del Análisis Físico-Químico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Cunchibamba” (posible fuente de contaminación)....	165
Anexo VIII Aplicación del Método AVI para determinar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero “Cunchibamba”	166
Anexo IX Registro Fotográfico.....	168

RESUMEN

La información lograda en el presente trabajo encierra un completo y sostenido análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Cunchibamba – Ambato –Tungurahua mediante la aplicación de índices de vulnerabilidad, mismos que requieren de parámetros intrínsecos del acuífero, más no parámetros externos como posibles contaminantes.

Esta investigación comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la recopilación bibliográfica que incluyen datos geofísicos de la zona de estudio, revisión cartográfica hasta la interpretación de datos físico químicos del agua logrados mediante análisis de laboratorio, mismos que permitirán determinar el tipo y la calidad del agua, elaboración de mapas temáticos, correlaciones y análisis de los resultados que permiten integrar todas las variables en un modelo de litopermeabilidad final. Se realiza un estudio meteorológico el cual comprende el régimen pluviométrico, térmico y la determinación del balance hídrico de la subcuenca del río Cutuchi, abarcando también el acuífero Cunchibamba (zona de estudio). Se llevó a cabo también un análisis geológico con el fin de explicar la génesis del acuífero, es oportuno mencionar la revisión sistemática de la geomorfología, tectónica y la estratigrafía de la zona de estudio. Caracterización de las diferentes unidades hidrogeológicas mediante su grado de permeabilidad, incluye un inventario de puntos de agua, así como información de dos perforaciones entregadas por EMAPA y de sondeos eléctricos verticales.

El área de estudio mediante la aplicación de los índices de vulnerabilidad GODS Y AVI, determina mediante el primer método una vulnerabilidad muy baja y baja del acuífero, mientras que el segundo método muestra tres rangos de vulnerabilidad así: extremadamente alta, muy alta y extremadamente baja. Por lo tanto, de acuerdo a lo establecido en los índices de vulnerabilidad, se sugiere precautelar la calidad del agua del acuífero ya que la misma es explotada para el consumo humano en el sector de Cunchibamba y podría tener un impacto altamente peligroso hacia la población y medio ambiente.

Palabras clave: Litopermeabilidad, índice de vulnerabilidad GODS, índice de vulnerabilidad AVI, balance hídrico.

ABSTRACT

Contamination of aquifers in Ecuador requires an analysis of different factors and a sustained vulnerability analysis due to the contamination of the Cunchibamba Aquifer in Ambato applying vulnerability indexes methods.

The investigation begins from a bibliographic review including: geophysical data, cartography, and the interpretation of the physiochemical water data obtained through laboratory analysis to determine the type and quality of water, correlations and analysis of the results allow integrating all the variables in a final Lithopermeability model.

A meteorological study was realized including pluviometric regime, thermal regime and the determination of the water balance of Cutuchi River Sub-Basin, also covering the Cunchibamba aquifer. Besides a geological analysis in order to explain the origin of the aquifer; it is appropriate to mention the systematic review of the geomorphology, tectonics and stratigraphy of the study area.

For the characterization of the different hydrogeological units through permeability levels, an inventory of water points is included as well as information of two perforations by EMAPA and vertical electric soundings.

Through the application of GODS and AVI vulnerability indexes was determined with the first method a very low vulnerability of the aquifer, while the second method shows three vulnerability ranges: extremely high, very high and extremely low. Therefore, according the vulnerability indexes, it is suggested to protect the water quality of the aquifer since it is used for human consumption in Cunchibamba and it could have a highly dangerous impact on the population and the environment.

Key words: Lithopermeability, GOD vulnerability index, AVI vulnerability index, water balance.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El estudio fue desarrollado analizando la Hidrogeología del acuífero Cunchibamba (zona de estudio), ubicado en las inmediaciones de la parroquia rural de Cunchibamba del Cantón Ambato en la Provincia de Tungurahua, realizando perfiles estratigráficos en la zona de estudio, una caracterización de las unidades hidrogeológicas de acuerdo a su grado de permeabilidad, una caracterización hidrogeoquímica mediante análisis físico-químicos, en donde se determinó la calidad del agua, además se identificaron zonas de recarga, descarga y posibles fuentes contaminantes, finalmente se aplicaron métodos para determinar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Cunchibamba.

Según la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, “Artículo 118.- Corresponsabilidad en la conservación del agua subterránea. Los sistemas comunitarios, juntas de agua potable, juntas de riego y los usuarios del agua son corresponsables con el Estado en la protección, conservación y manejo del agua subterránea”. Por lo dicho en la Ley todo análisis que favorezca al estudio, conservación y manejo de aguas subterráneas dentro del país es de importancia para garantizar el bienestar de la población.

En la provincia de Tungurahua existen varias épocas del año en las que se evidencia un déficit hídrico, de acuerdo al balance hídrico de la cuenca del Río Pastaza y que independientemente de las captaciones de agua apenas existen posibilidades ciertas de incrementar la disponibilidad de agua en las fuentes; como resultado de este problema hídrico se reducen las oportunidades de generar y obtener recursos económicos en actividades productivas tales como la agricultura y ganadería principalmente. Este inconveniente podría acarrear otro problema como la emigración de la población hacia las zonas urbanas debido a condiciones desfavorables como la falta de agua.

A medida que se intensifica el uso de los recursos hídricos, el incremento de la actividad humana se refleja en los cambios cualitativos y cuantitativos de los parámetros característicos de los recursos hídricos y en los procesos de formación

de la escorrentía, por lo que aumenta la necesidad de proteger tales recursos, tanto de su agotamiento como de su contaminación (Galárraga, 2004).

En la ciudad de Ambato existe un déficit hídrico debido a que la evaporación real anual, alcanza a 2605.35 milímetros, provocando un déficit de agua durante todos los meses del año, lo cual causa que esta región se considere como una zona seca, con lo cual los procesos erosivos en el sector se agudizan. La precipitación es relativamente baja en relación a otras zonas de la provincia de Tungurahua, correspondiendo a un régimen seco, con evaporaciones mayores que las precipitaciones y temperaturas moderadas. Los vientos tienen una dirección Este, la velocidad media de los vientos es de 14 metros por segundo (m/s), registrándose velocidades máximas de hasta 20 m/s (agosto) y mínimas de 6,3 m/s. El déficit hídrico anual de la zona asciende aproximadamente a los 1 913.35 mm (Ambato, 2015).

La parroquia Cunchibamba del Cantón Ambato al igual que otras parroquias rurales como Santa Rosa y Augusto Martínez, son parroquias con menos del 50% de servicio de agua potable por red pública, abasteciéndose de diferentes fuentes como ríos, acequias, canales o vertientes en su gran mayoría (Ambato, 2015).

Siendo Ambato una ciudad con problemas de recursos hídricos, las autoridades locales del GAD Ambato así como del GAD Provincial de Tungurahua, han recurrido a extraer agua subterránea, así mismo este estudio aportará con datos de sondeos eléctricos verticales, hidrogeoquímica y geología, los cuales podrán ser utilizados para futuras exploraciones hidrogeológicas en la zona de estudio y áreas aledañas al norte de Ambato, además se obtendrá información sobre calidad de agua del acuífero Cunchibamba y posibles fuentes de contaminación. Finalmente, mediante correlaciones de litopermeabilidad y litoestratigráficos se tendrá más información acerca de la geología de la zona norte del cantón Ambato y de manera regional será un aporte para el estudio geológico del Valle Interandino que hasta el momento es escaso.

La ciudad de Ambato está ubicada en una zona de alto riesgo sísmico. En el supuesto de que en algún momento se produzca una gran erupción del Volcán Tungurahua, el cantón se vería afectado por la caída de ceniza (siendo remota la caída de elementos piroclásticos), cuya peligrosidad está en función del volumen del

material arrojado, intensidad y duración de la erupción, rumbo y velocidad del viento, distancia hasta el punto de emisión y del tamaño, densidad y temperatura del material que cae (Ambato, 2015). Con lo que se agravaría aún más el problema de déficit hídrico que posee Ambato; por ese motivo estudios hidrogeológicos adicionales que se realicen en Ambato, serán de beneficio para futuros planes de prevención y de cuidado de los recursos hídricos en caso de un eventual desastre natural.

En la zona de estudio, además, se realizan actividades comerciales como son la agricultura, ganadería, industria entre otras y siendo la escasez hídrica uno de los mayores problemas en la zona de estudio, lo cual causa que la población de Cunchibamba y los sectores aledaños no posean agua potable para su consumo. Por lo que la EMAPA-A realizó la perforación de dos pozos profundos para la captación de agua subterránea ubicados en dos barrios de la parroquia de Cunchibamba denominados San Pablo Cunchibamba y San Vicente Culapachán del cantón Ambato (EMAPA, 2016).

Con lo expuesto anteriormente, se debe indicar que este estudio expondrá un modelo hidrogeológico enfocado a la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Cunchibamba identificando sus posibles fuentes contaminantes.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Tungurahua es una de las provincias del país que tiene un déficit hídrico, en ese contexto se analiza información cartográfica relacionada a déficit hídrico y sequías obtenida del Ministerio del Ambiente (MAE) y del Instituto Espacial Ecuatoriano IEE (ex CLIRSEN), e información de probabilidades de lluvias bajo la normal del INAMHI. Además, el análisis incluye información reportada por la Secretaría de Gestión de Riesgos referente a: precipitación promedio por regiones y estadísticas de eventos adversos (Riesgos, 2014).

De acuerdo a lo indicado en el Balance Hídrico de Varias Localidades Ecuatorianas (INAMHI, 2005), se manifiesta que la estación meteorológica Ambato la Granja (M028), la cual está cerca de la zona de estudio, registra clima seco sin exceso de

agua, mesotérmico, templado cálido, presenta una deficiencia hídrica durante todo el año, con una temperatura media anual que se ubica en los 16.2 °C.

Una de las alternativas para reducir la problemática del déficit hídrico en el Cantón Ambato, es realizar un estudio Hidrogeológico en el sector de Cunchibamba, ya que la evidencia proporcionada por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA, 2016), indica que la zona investigada tiene potencial hídrico; razón por la cual el estudio se ha enfocado a la caracterización hidrogeológica del acuífero, así como a la vulnerabilidad del mismo ante posibles agentes contaminantes, con lo que se podría mejorar la calidad de vida de la población y por otra parte se caracterizará hidrogeoquímicamente el acuífero, con lo que se dotará de información para que se mejore la producción agrícola, la cual es una de las actividades principales de la parroquia de Cunchibamba y del Cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

Para aplicar índices de vulnerabilidad en el acuífero, se necesitan parámetros propios. El método GODS caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de parámetros como: grado de confinamiento hidráulico, ocurrencia del sustrato suprayacente, distancia al agua determinada, superficie topográfica (Foster y Hirata, 1988), mientras que el método AVI consiste en cuantificar la vulnerabilidad natural de un acuífero por medio de la resistencia hidráulica vertical (C_T) al pasar los flujos de agua por diferentes estratos de suelos que sobreyacen el acuífero (Stempvoort, 1992).

Los resultados que se obtengan a partir de este estudio, a través de datos proporcionados por SENAGUA, INAMHI, EMAPA-A, serán analizados con los métodos indicados anteriormente para determinar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero, se considera que la información generada en este documento será de gran utilidad para que las autoridades pertinentes tomen acción para ayudar a la población, principalmente del norte de Ambato, ya que actualmente el agua es explotada del acuífero a través de dos pozos profundos, y dota de agua a moradores de la Parroquia de Cunchibamba y parte del sector de Unamuncho, ya que se encuentra en construcción una estación de bombeo en la cercanía a uno de los pozos profundos perforados por la EMAPA-A. El agua subterránea tiene un

caudal aproximado de 15 litros por segundo y abastecerá a la comunidad por un tiempo estimado de 30 años (EMAPA, 2016).

Es importante realizar el análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero ya que en la zona de estudio se realizan actividades agrícolas, ganaderas, industriales entre otras, que van a tener su efecto en la calidad del agua subterránea, existe también una planta de tratamiento de aguas residuales en el sector que básicamente sirve de desfogue de desechos humanos (desagüe), también existe la presencia de gasolineras, letrinas, granjas avícolas y el paso del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato, los cuales podrían ser potenciales fuentes contaminantes del agua subterránea presente en la zona de estudio.

Cunchibamba, es una zona con déficit hídrico, al igual que otras zonas de la provincia de Tungurahua (Galárraga, 2004), el estudio del acuífero aportará en el cuidado de los recursos hídricos que se encuentran dentro del Cantón Ambato. Adicionalmente, se contribuirá como elemento de consulta para futuras investigaciones geológicas e hidrogeológicas que se realicen en el sector norte del Cantón Ambato.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un Análisis de la Vulnerabilidad a la Contaminación del Acuífero Cunchibamba e identificar posibles fuentes contaminantes en el sector norte del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, caracterizándolo hidrogeológica e hidrogeoquímicamente.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un aporte técnico en el análisis del recurso hídrico subterráneo en la parroquia de Cunchibamba que servirá para proteger el recurso y su calidad.
- Realizar el Balance Hídrico regional de la subcuenca del río Cutuchi ubicada entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua con los datos que se obtendrán con el presente estudio.
- Determinar la estratigrafía de la zona de estudio mediante análisis de campo y geofísica.
- Analizar el tipo y la calidad del agua del acuífero.

- Realizar mapas temáticos (Geomorfológico, Zonas de Recarga, Litopermeabilidad, Geológico, Isotermas, Isoyetas, Balance Hídrico y Vulnerabilidad) con la finalidad de caracterizar al Acuífero hidrogeológica e hidrogeoquímicamente.
- Identificar zonas de recarga y descarga de la zona de estudio que servirán como memoria técnica para futuros estudios hidrogeológicos de la zona de Ambato.
- Contemplar la Vulnerabilidad del acuífero mediante los métodos GOD-S y AVI, identificando posibles zonas o agentes de riesgo a la contaminación.

1.4. FACTIBILIDAD

Gracias a estudios previos sobre aguas subterráneas y niveles freáticos que se encuentran dentro del Cantón Ambato proporcionados por entidades como INAMHI, GAD AMBATO, EMAPA – AMBATO, Gobierno provincial de Tungurahua, se va a llevar acabo el presente estudio.

Cabe recalcar que la información que se tiene sobre hidrogeología, es escaza no solo en la Provincia de Tungurahua sino a nivel Nacional, ya que el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), desaparecieron y con ellos la mayor parte de información generada también desapareció, con lo que se hace imprescindible realizar estudios sobre recursos hídricos en este caso enfocados a vulnerabilidad de agua subterránea.

1.5. VARIABLES

1.5.1. DEPENDIENTE

- El agua es el recurso natural más importante para el ser humano, sin agua no existiría la vida.
- Obtención de vulnerabilidad del Acuífero Cunchibamba e identificación de posibles fuentes contaminantes.
- Recursos económicos y financieros

1.5.2. INDEPENDIENTE

- Análisis de muestras de pozos de agua subterránea y vertientes para caracterización hidrogeoquímica del acuífero.

- Caracterización Hidrogeológica del acuífero.

1.5.3. INTERVINIENTE

- La población es el actor principal beneficiario del recurso hídrico subterráneo tanto para su consumo, así como para actividades productivas.

1.6. ALCANCE

Realizar el balance hídrico regional el cual abarca al acuífero, un estudio geológico de campo, elaborar el perfil estratigráfico de la zona de estudio, así como también mapas temáticos, caracterizar el acuífero mediante hidrogeología e hidrogeoquímica, determinar zonas de recarga y descarga. Analizar la vulnerabilidad del acuífero e identificar posibles fuentes contaminantes y su posible afectación en la calidad del agua.

1.7. METODOLOGÍA

Se recopiló toda la información disponible sobre agua subterránea en el Cantón Ambato, así como también datos cartográficos, meteorológicos, geológicos e hidrogeológicos, que sirvieron para la realización de este proyecto.

Se realizó un estudio meteorológico con datos de estaciones pluviométricas, climatológicas ordinarias, principales, aeronáuticas y agro meteorológicas cercanas a la zona de estudio y proporcionados por el INAMHI, con el fin de ayudar a comprender de mejor manera las condiciones en cuanto a precipitaciones, temperaturas, caudal, escurrimiento y evapotranspiración de la zona de estudio.

Toda la información meteorológica como precipitaciones y temperatura fueron tabuladas y posteriormente proyectadas en el programa ArcGIS, información con la cual se determinó el Balance Hídrico de la subcuenca Río Cutuchi abarcando la zona del presente estudio.

Se realizó trabajo de campo para encontrar nuevos datos geomorfológicos o estructurales y para corroborar la existencia de formaciones con potencial acuífero.

Se realizó la caracterización hidrogeológica, además se elaboró un mapa de litopermeabilidad mediante parámetros litológicos, tablas de referencia y análisis de campo, con la finalidad de determinar las características intrínsecas de cada unidad hidrogeológica.

Se elaboró una reinterpretación de datos sobre sondajes eléctricos verticales obtenidos mediante investigación bibliográfica y ubicada en la zona de estudio. Para esta reinterpretación se utilizó el software IPI2win.

Se hizo una recopilación de datos, así como un muestreo del agua de pozos y vertientes con la finalidad de obtener un análisis hidrogeoquímico del agua del acuífero el mismo que fue analizado en laboratorios de la EMAPA y el INAMHI, para posteriormente ser proyectado mediante el software Diagrammes.

Complementariamente, se analizó el tipo de agua del acuífero mediante el análisis de datos hidrogeoquímicos, además se identificaron posibles zonas de recarga.

Para la elaboración de mapas de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero, se utilizaron datos tanto geológicos como hidrogeológicos, además de parámetros propios del terreno. Para esto se utilizaron índices de Vulnerabilidad como los métodos: GODS y AVI. Adicionalmente se identificaron posibles fuentes contaminantes que puedan afectar la calidad del agua del acuífero.

Finalmente, toda la cartografía realizada en este proyecto se elaboró en el programa ArcGIS.

CAPÍTULO 2

2. DATOS BÁSICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO Y METEOROLOGÍA

2.1. UBICACIÓN

El acuífero “Cunchibamba” se encuentra ubicado en las inmediaciones de la parroquia rural de Cunchibamba del Cantón Ambato, provincia de Tungurahua, está limitado con la Provincia de Cotopaxi, la altitud es de 2680 m.s.n.m, por el centro de la Parroquia cruza la vía Panamericana Norte con cuatro carriles, desde el centro de la ciudad de Ambato se tiene una distancia aproximada de 15 km (Cunchibamba, 2015).

Adicionalmente se cuenta con una vía de primer orden de entrada al Oriente de la Provincia de Tungurahua, a los Cantones de Píllaro, Patate, Baños y hacia la Amazonía. Los límites de la Parroquia son por el Norte la Provincia de Cotopaxi, parroquia de Antonio José Holguín; Sur: Parroquia de Unamuncho, Este: Río Cutuchi, Parroquia Panzaleo, Cantón Píllaro y Oeste: Augusto N. Martínez, Canal de riego Latacunga Salcedo-Ambato. La parroquia cuenta con 9 barrios dentro de los cuales se encuentran San Pablo y San Vicente (Ambato, 2015).

Para este estudio se evaluará la vulnerabilidad del acuífero mediante información proporcionada por la EMAPA- Ambato de dos pozos profundos ubicados en los barrios San Vicente Culapachán cuyas coordenadas son: 769.744 S y 9873.308 W, a una cota de 2613 msnm y San Pablo Cunchibamba cuyas coordenadas son: 766.702 S y 9873.657,6 W, a una cota de 2686 msnm.

2.2. ÁREA DE EVALUACIÓN

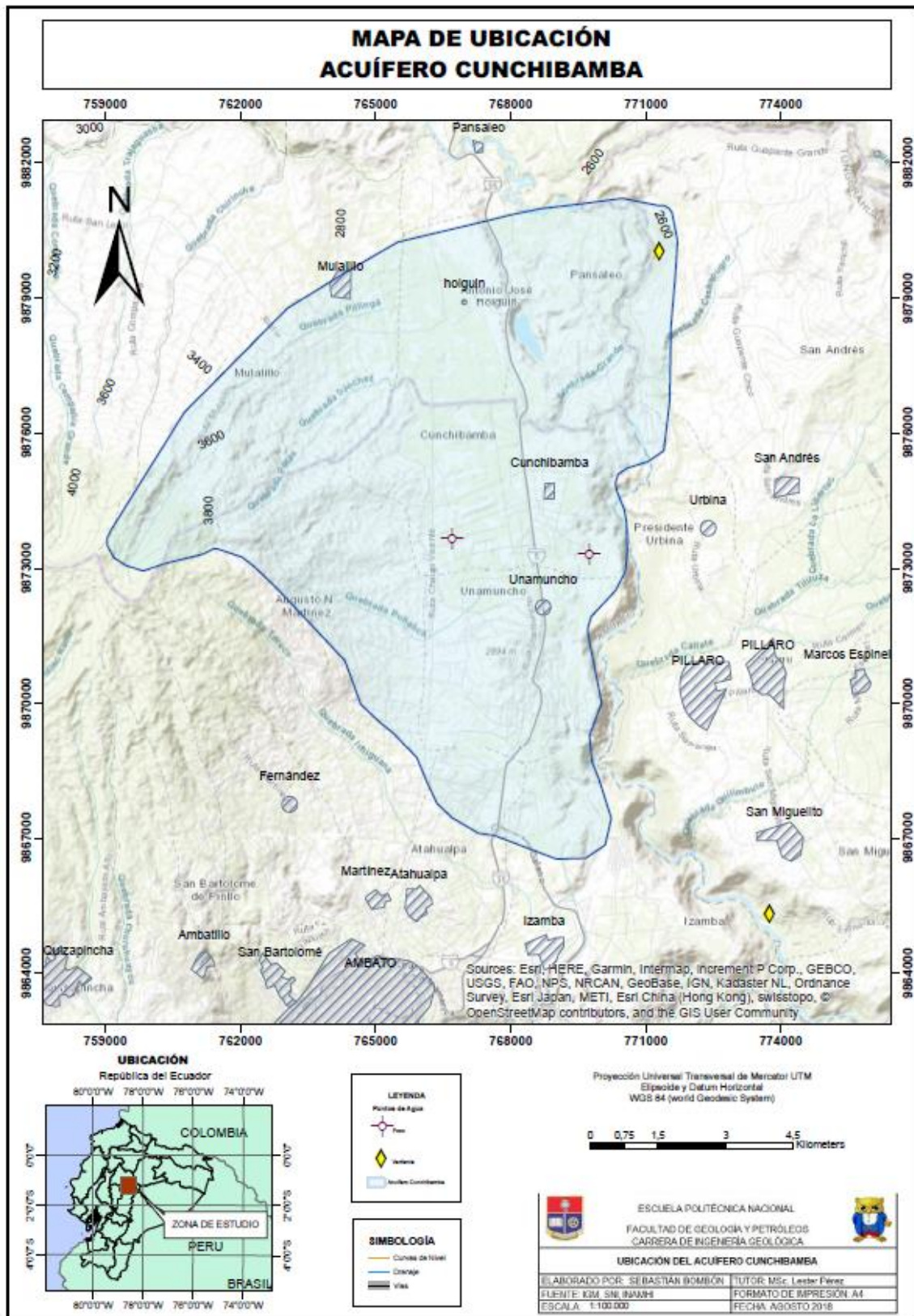


Figura 1 Mapa de ubicación del Acuífero Cunchibamba (zona de estudio). Elaborado por Sebastián Bombón.

2.3. ACCESO

La zona de estudio abarca toda la parroquia de Cunchibamba y una parte de la parroquia de Unamuncho al norte de la ciudad de Ambato. Se puede ingresar a la parroquia siguiendo la Panamericana Norte, y para llegar a los pozos profundos que perforó la EMAPA se llega a los barrios de San Pablo de Cunchibamba y San Vicente de Culapachán ubicados al oeste y este del centro parroquial respectivamente.

2.4. HIDROGRAFÍA

La parroquia se encuentra dentro de la demarcación territorial de la subcuenca río Cutuchi; tiene influencia directa del Canal de riego Latacunga Salcedo Ambato, este canal está ubicado en la cabecera de los barrios de Pucarumí y San Pablo, situación que permite que la Parroquia sea abastecida y el agua es utilizada para riego en agricultura (Cunchibamba, 2015).

Al Este también limita con el río Cutuchi (límite parroquial con Panzaleo, Provincia de Cotopaxi), y el río Culapachán (límite entre la parroquia de Cunchibamba y el cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua) (Cunchibamba, 2015).

La distancia desde las fuentes de agua hasta los barrios va desde los 5 hasta los 50 kilómetros (EMAPA, 2016).

Cabe destacar que Cunchibamba no cuenta con cuerpos de agua superficiales como lagos, pero existe agua subterránea dentro de los límites territoriales de la parroquia la cual será objeto de estudio para este proyecto de investigación.

2.5. VEGETACIÓN

Vegetación Seca Interandina: La vegetación en esta zona se caracteriza por ser arbustiva, espinosa, xerofítica, poco densa y con alturas de hasta 4 m, pero en algunos sitios protegidos o de difícil acceso se encuentra un bosque mejor desarrollado, con un dosel de hasta 8 m de altura. Sin embargo, la diversidad de especies arbóreas es baja. Las familias Fabaceae y Mimosaceae dominan y las especies características son: *Acacia macracantha*, *Croton wagneri*, *Caesalpinia*

2.6. SUELOS

La mayor parte de la superficie de la parroquia Cunchibamba presenta una planicie con leves variaciones geográficas con pendientes menores al 10 %, a lo largo del río Culapachán existen fuertes pendientes que forman las zonas de quebrada con pendiente mayor al 45%. Debido a que no existen variaciones latitudinales considerables, no hay una diversidad de pisos ecológicos.

Los suelos son arcillosos en las partes bajas mientras que en las partes altas el suelo se caracteriza por ser Cangahua (Fig. 3) y en toda la zona de la parroquia a manera general existe una gran influencia del monocultivo, por lo que se corre el riesgo de deterioro del tipo de suelo, además uno de los problemas más peligrosos es la contaminación del suelo por infiltración de agua de mala calidad, así como también por el uso de fertilizantes químicos utilizados para cultivo (Cunchibamba, 2015).

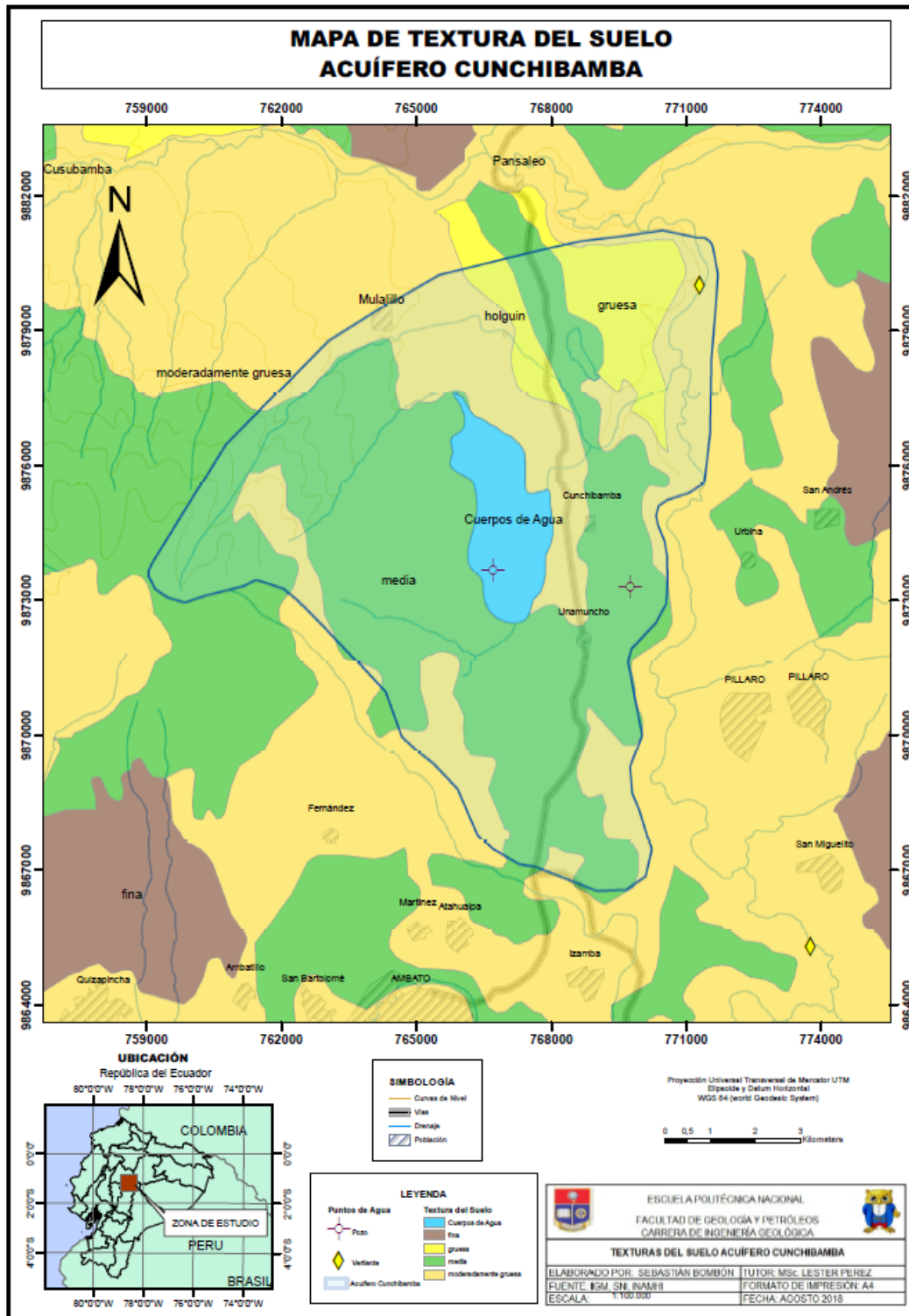


Figura 3 Mapa de Textura del Suelo Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

2.7. USO ACTUAL DEL SUELO

El suelo de la parroquia es rico en materia orgánica, en su mayoría es utilizado para actividades agrícolas y ganaderas, el poco abastecimiento del recurso hídrico ha

limitado los asentamientos humanos dentro de Cunchibamba y zonas aledañas (Cunchibamba, 2015). (Fig. 4).

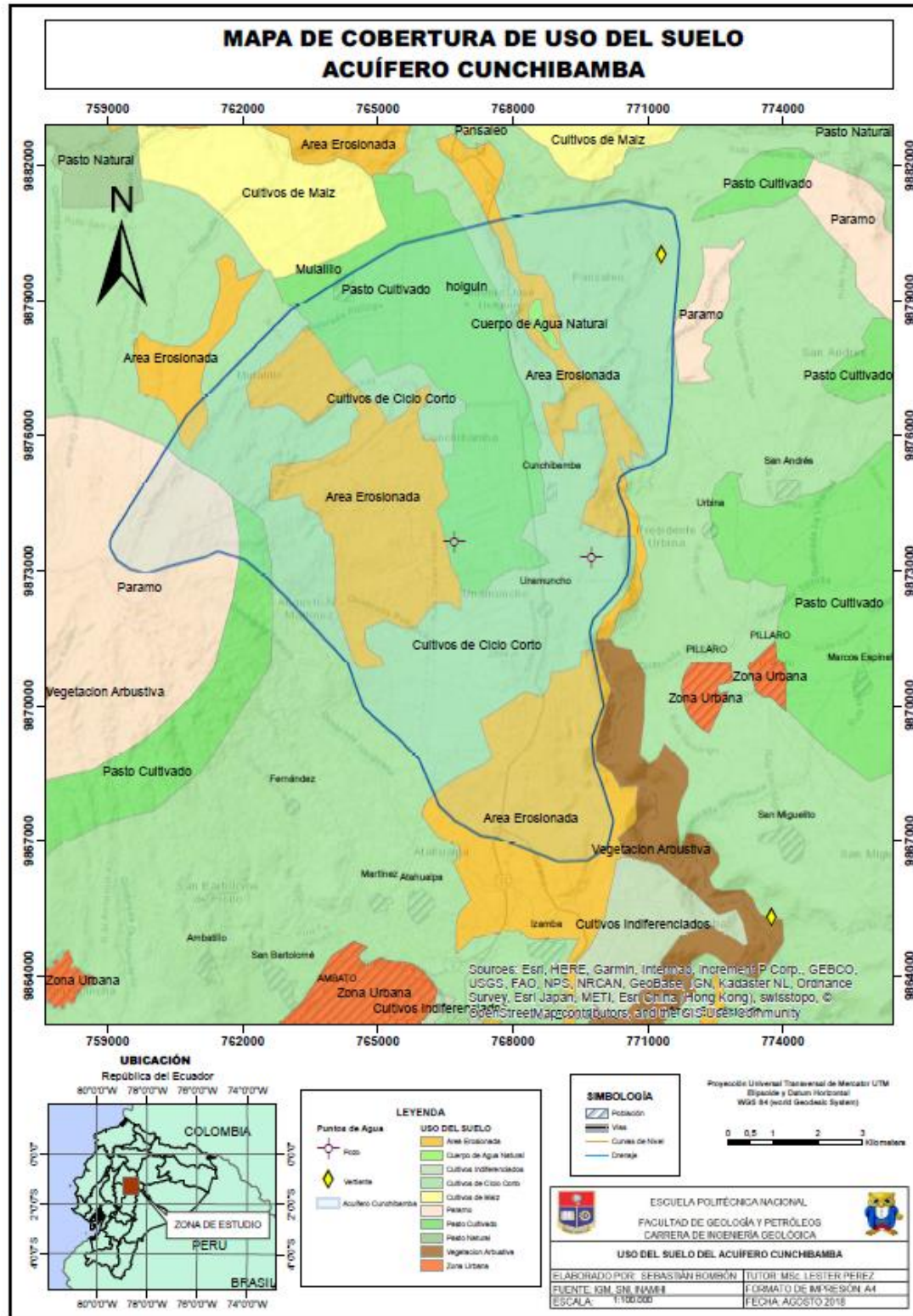


Figura 4 Cobertura de Uso del Suelo Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

2.8. OROGRAFÍA

El cantón Ambato se encuentra dentro de la cordillera Occidental, ésta abarca más de la mitad de la superficie del cantón. Además de ocupar una parte del Callejón Interandino. Dentro de los paisajes que se aprecian en la superficie de la cordillera Occidental están presentes extensiones de terreno denominadas “Sierra” la cual presenta una topografía irregular y un relieve muy fragmentado, además de que en ciertas zonas de la sierra baja existen fuertes pendientes (Ambato, 2015).

Mientras que la zona del cantón que se encuentra dentro del Callejón Interandino (zona de estudio) se caracteriza por poseer vertientes naturales (del río Culapachán), las cuales poseen un relieve muy irregular con fuertes pendientes en su mayoría. Se caracteriza además por poseer altiplanicies las cuales tienen un relieve plano es el caso de las planicies altas de Pasa, Tisaleo y Ambatillo. Presenta también planicies sedimentarias de Izamba y Cevallos (Ambato, 2015).

A manera general la orografía del cantón Ambato es muy accidentada así lo demuestra su topografía irregular, la cual limita la existencia de extensos valles. En cuanto a hidrografía, los ríos poseen poco caudal, siendo el río Ambato el más representativo y en la zona norte el río Cutuchi (Ambato, 2015).

El déficit hídrico anual de la zona asciende aproximadamente a los 1913.35 milímetros (Ambato, 2015).

2.9. CLIMA

El clima es el conjunto de procesos meteorológicos como la temperatura, humedad y precipitaciones que tienen incidencia en la atmosfera, durante un cierto periodo de tiempo. Los factores que influyen en las condiciones climáticas en el Ecuador son: la latitud, la altitud, la presencia del océano Pacífico y las corrientes marinas (Pourrut, 1983).

Para poder caracterizar el clima de la zona de estudio, así como también a nivel regional más concretamente entre las provincias de Tungurahua y Cotopaxi, se procedió a recopilar información histórica de estaciones meteorológicas que se

encuentran ubicadas en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo y que son administradas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI.

Para el presente estudio se han tomado en cuenta 16 estaciones meteorológicas que se encuentran ubicadas dentro de la Cuenca Hidrográfica del Río Pastaza, subcuencas de los ríos Cutuchi y Ambato, en donde se encuentra el acuífero Cunchibamba. A continuación, se detalla la información de las estaciones meteorológicas utilizadas en este proyecto, en la siguiente tabla:

Tabla 1 Estaciones Meteorológicas. Fuente (*INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016*).

ESTACIONES METEOROLÓGICAS							
CODIGO	NOMBRE	TIPO	COORDENADAS (WGS 84)		ALTITUD	PERIODO	INSTITUCION
			UTM - X	UTM - Y	m.s.n.m		
M0028	AMBATO - GRANJA	CP	764477	9861718	2680	1980-1992	INAMHI
M0066	AMBATO - AEROPUERTO	AR	769923	9865679	2515	1980-1998	FAE
M1069	CALAMACA	CP	742705	9858860	3402	1988-2015	INAMHI
M1066	COTOPILALO	CO	755744	9924042	3250	1988-2015	INAMHI
M0220	AGOYAN EN LA PRESA	CP	792809	9850258	1648	1982-1993	INAMHI
M0029	BAÑOS	CP	787081	9845684	1695	1980-2015	INAMHI
M0064	LATACUNGA AEROPUERTO	AR	765133	9898593	2785	1980-1998	FAE
M0128	PEDRO FERMÍN CEVALLOS	CO	765394	9850377	2910	1980-2015	INAMHI
M0122	PILALÓ	CO	722882	9895271	2504	1980-2015	INAMHI
M0127	PÍLLARO	CO	772342	9870622	2793	1980-2014	INAMHI
M0120	COTOPAXI	CO	768957	9930674	3510	1980-2014	INAMHI
M0126	PATATE	CO	776958	9869605	2220	1980-2015	INAMHI
M0258	QUEROCHACA	CP	768915	9845119	2865	1986-2016	INAMHI
M0124	SAN JUAN LA MANÁ	CO	694990	9898296	215	1980-2015	INAMHI
M1130	SHIRY XII	CO	750064	9794992	3025	2008-2015	INAMHI
M0004	RUMIPAMBA	AP	767702	9887161	2685	1980-2016	UCE

2.10. RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO

La precipitación es uno de los parámetros del ciclo hidrológico, este factor pluvial se mide en milímetros, y la lámina anual promedio de precipitaciones es una magnitud que mide aportes fluviales como la lluvia, huracanes, frentes fríos entre otros, cada uno de estos parámetros posee características propias dependiendo de la zona en donde se los mida (Gutiérrez, 2015).

En Ecuador las precipitaciones a la cual se refiere el régimen pluviométrico están sometida a cambios debido a la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical), ésta causa que los vientos que vienen de oeste a este, penetren en la región con bajas presiones que favorecen la formación de nubes, generando un período lluvioso o invernal. La ZCIT es la principal causante de la variación del régimen pluviométrico en el transcurso de los meses en el Ecuador (Serrano y Zuleta, 2012).

Para el cálculo de las isolíneas de precipitación (isoyetas), se consideró el área total de las subcuencas del Río Cutuchi y el Río Ambato, las cuales se encuentran dentro de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, respectivamente. En vista de que para realizar una comparación de vulnerabilidad entre el agua subterránea que existe en el cantón Ambato, es importante conocer el aporte de las subcuencas mencionadas anteriormente, ya que en un sector de la subcuenca del Río Cutuchi se encuentra ubicado el acuífero Cunchibamba, motivo de la presente investigación.

Para este estudio se han tomado en cuenta 14 de las 16 estaciones meteorológicas ubicadas a lo largo de la Cuenca Hidrográfica del Río Pastaza entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua; se han excluido dos: San Juan La Maná (M0124) y Shiry XII (M1130), ya que en ambos casos estas se encuentran lejos de la subcuenca del Río Cutuchi y en el caso de la primera es parte de la Cuenca hidrográfica del Guayas, de tal manera que los datos de estas estaciones no son óptimos para poder calcular el Balance Hídrico, pero tienen un aporte valioso para poder realizar el mapa de Isoyetas, el resto de estaciones están detalladas anteriormente, las cuales son proximales o tienen algún nivel de influencia al acuífero Cunchibamba y a los pozos y vertientes existentes en el cantón Ambato, esta información es proporcionada por el Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

A continuación, se presenta la tabla con la información de las precipitaciones medias mensuales en los períodos antes mencionados de las estaciones meteorológicas (Ver tabla 2):

Tabla 2 Precipitaciones Medias Mensuales. Fuente (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
M0220	75,56	133,71	86,93	152,34	202,48	233,5	167,29	134,55	142,31	101,8	78,65	76,09	1585,21
M0029	81,05	84,91	101,01	125,76	153,84	195,71	181,01	140,75	124,96	95,75	82,82	99,27	1466,84
M0128	28,32	42,15	47,04	63,6	64,79	56,44	43,34	33,65	33,35	42,94	41,5	32,51	529,64
M0127	34,64	58,86	54,38	67,32	63,95	48,01	33,69	28,03	35,97	52,99	51,9	45,39	575,13
M0066	35,11	48,48	50,34	52,91	52,68	32,24	24,76	25,47	26,29	60,89	46,68	37,51	493,34
M0120	98,87	112,66	122,58	148,69	115,73	65,11	46,69	36,57	64,26	111,77	97,25	117,85	1138,13
M0064	32,31	55,48	61,32	68,38	50,36	15,94	12,21	10,31	27,39	56,58	51,39	40,71	482,38
M0126	41,41	53,42	49,42	68,63	73,72	74,14	55,92	47,16	41,04	45,16	38,53	37,01	625,55
M1069	62,77	73,02	79,22	86,8	70,43	69,59	47,47	31,55	42,02	50,22	56,97	62,28	732,32
M0004	47,25	54,16	60,95	69,49	53,37	28,41	17,21	15,11	30,4	49,7	63,11	54,67	543,82
M0258	32,84	47,79	54,55	67,73	64,33	72,54	55,6	40,52	34,24	43,17	45,29	37,02	595,61
M1066	67,97	78,89	88,06	102,02	77,76	32,81	18,2	11,22	41,23	67,34	71,18	72,13	728,82
M0122	207,83	280,11	257,28	219,67	82,16	29,52	13,97	11,59	35,96	81,72	65,76	123,34	1408,89
M0028	21,56	37,36	43,23	61,59	64,03	24,12	26,01	20,6	28,6	50,29	39,21	37,4	454
CUENCA ESTUDIO	61,96	82,93	85,62	96,78	84,97	69,86	53,1	41,93	50,57	65,02	59,3	62,37	814,43

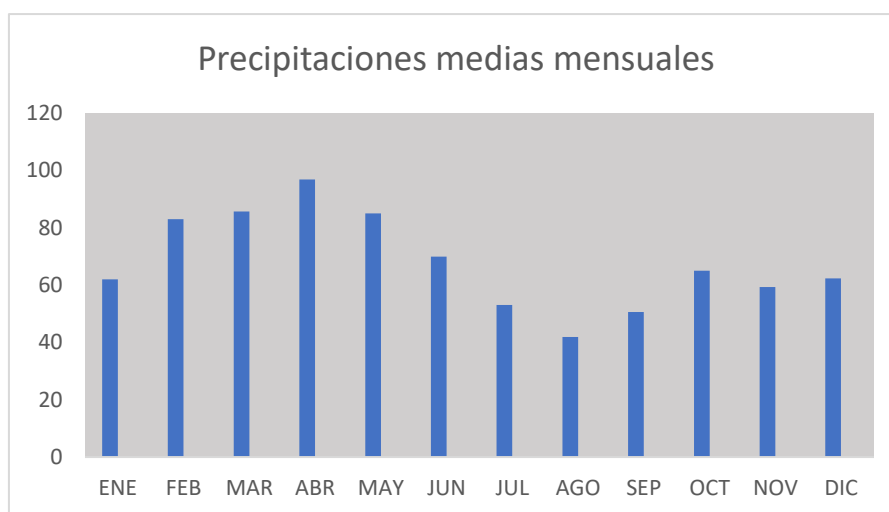


Figura 5 Diagrama de los resultados de las precipitaciones medias mensuales.

El Mapa de Isoyetas se realizó con datos proporcionados por el INAMHI, estos son medidas de precipitación media anual, las series de datos son datos tienen un período de 35 años en la mayoría de las estaciones que se han utilizado en este estudio. En el mapa las isolíneas se encuentran cada 500 milímetros, situación que permite determinar el valor de precipitación de forma regional, con lo cual se facilita la identificación de zonas con un alto régimen de lluvia, así como de zonas secas.

Se puede apreciar que en la zona de estudio existe un bajo nivel de precipitaciones que van de 500 a 600 milímetros aproximadamente, lo cual sugiere que es una zona más bien seca, en comparación a otras zonas ubicadas dentro de las provincias de Tungurahua y Cotopaxi. En la cuenca del río Cutuchi el valor de la precipitación media sube debido a que hay zonas de páramo, y zonas montañosas altas en donde la precipitación es mayor.

2.11. RÉGIMEN TÉRMICO

El régimen térmico se refiere a la temperatura y ésta varía dependiendo el lugar en donde es medida.

La meteorología utilizada para medir la temperatura utiliza algunas variables basadas en aspectos térmicos. Estas variables pueden ser subdivididas en medidas primarias y secundarias. La temperatura primaria se refiere exclusivamente a la temperatura del aire en el instante, medida a una altitud fija. Las secundarias se determinan usando series de tiempo (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).

Para el análisis de este parámetro, se consideraron series de datos de estaciones meteorológicas proximales a la zona de estudio y que están dentro de la cuenca hidrográfica del río Pastaza, mismos que fueron facilitados por el INAMHI. Estos datos de manera similar a los de precipitación media son tomados de las series históricas de las estaciones meteorológicas detalladas anteriormente y servirán de base para la determinación del Balance Hídrico. (Fig. 7)

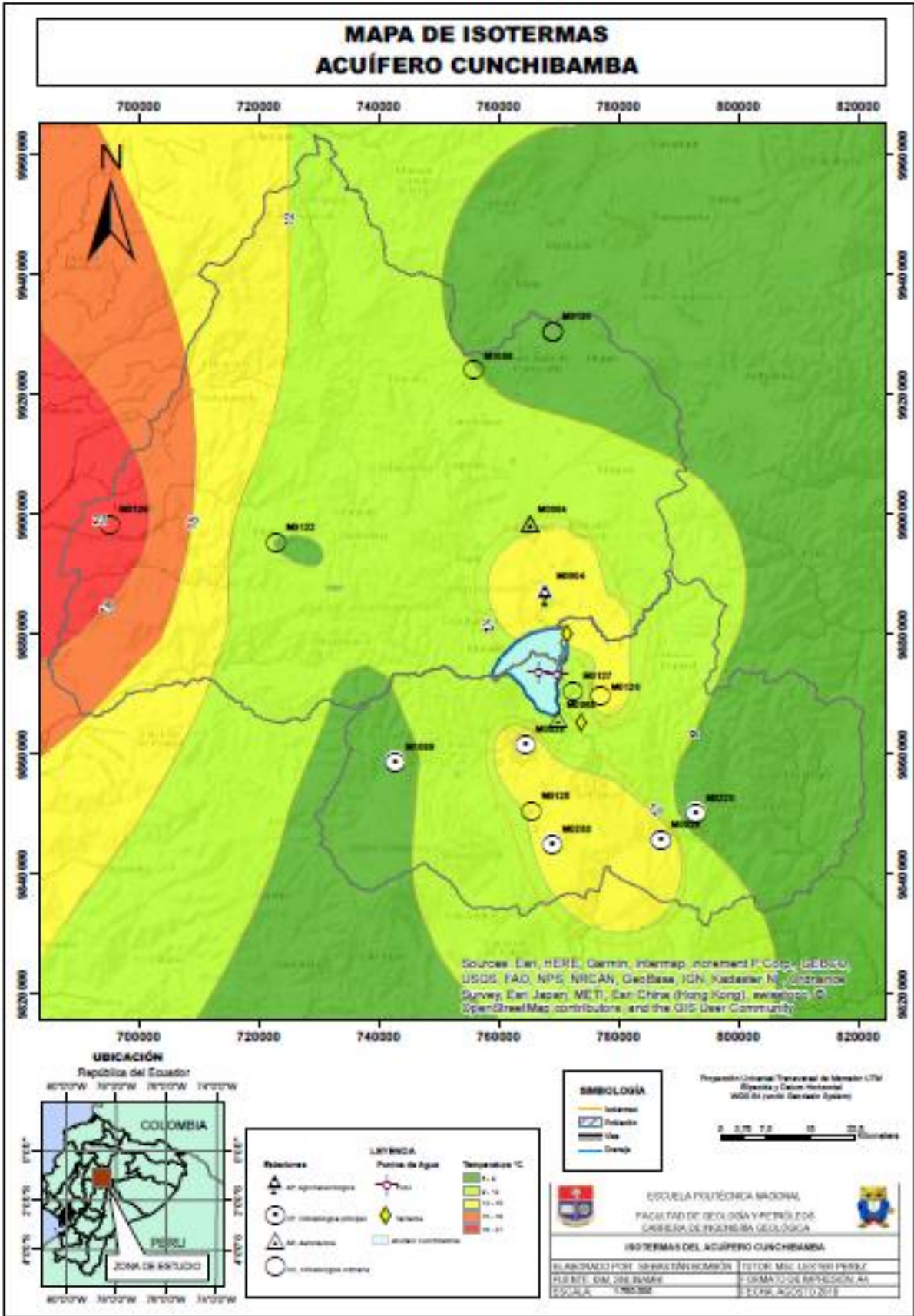


Figura 7 Mapa de Isothermas Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

En el mapa de Isotermas (líneas de igual temperatura), que indican la temperatura a la que se encuentra un determinado sector. En el caso de este estudio las isotermas serán evaluadas cada 3 grados y la unidad de medida será el grado centígrado (°C). Se puede observar en el mapa que en la zona de interés existe un régimen térmico en un rango que va de 10 a 13 °C, una temperatura menor al ambiente la cual es de 18°. La temperatura mostrada en el mapa para la cuenca del Rio Cutuchi se ajusta bien a la temperatura existente en la sierra ecuatoriana y en el Valle Interandino, la cual es de un nivel templado a frío.

2.12. OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA

2.12.1. OFERTA HÍDRICA

El Cantón Ambato tiene una problemática que afecta a casi toda la población que es la escasez hídrica, debido a que por la topografía accidentada propia del cantón carece de ríos, siendo el río Ambato el único cause que atraviesa la ciudad, además de que constituye la unidad hidrográfica del río Ambato, cuya longitud aproximada es de 26.6 km, río de bajo caudal ya que sus afluentes principales en todo su conjunto contribuyen con apenas 1.7 m³/seg. La escasez de caudal se debe a la falta de precipitación que se indicó en la Fig. 6, mapa de isoyetas y posiblemente a la utilización excesiva de las aguas del Rio Ambato en diferentes canales y acequias.

El único drenaje cercano al área de estudio es el rio Cutuchi, el cual no tiene un manejo ambiental, razón por la cual sus aguas no pueden ser utilizadas para consumo humano. La gente del sector del norte de la ciudad de Ambato específicamente las parroquias de Unamuncho y Cunchibamba (zona de estudio), carece de agua potable y utilizan las aguas del Canal Latacunga-Salcedo-Ambato exclusivamente para la agricultura.

Esto ha causado de que, en distintas zonas de la ciudad, como las parroquias ubicadas al norte antes mencionadas y Picaihua al sur, sean afectadas al no tener agua para consumo humano y tampoco para realizar actividades tales como la agricultura, la cual es una actividad productiva que subsiste la mayor parte de la población de los sectores mencionados (Ambato, 2015).

Precisamente por la problemática señalada se han puesto en marcha estudios hidrogeológicos en zonas de la ciudad con potencial hídrico realizados por la EMAPA-Ambato; se tiene información sobre pozos exploratorios para extraer agua subterránea y poder solucionar en parte la escasez hídrica que adolece la ciudad de Ambato; las zonas con potencial hídrico son los situados al norte Cunchibamba y al sureste Picaihua.

2.12.2. DEMANDA HÍDRICA

La Demanda Hídrica corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas) expresado en millones de metros cúbicos (Corponariño, 2015).

En la parroquia de Cunchibamba para la demanda hídrica y según Cunchibamba (2015) se han tomado en cuenta diversos factores entre los cuales están: demanda para consumo humano, demanda para el sector servicios (escuelas, centros de salud), demanda para el sector industrial y demanda para uso agropecuario.

En cuanto a la demanda para consumo humano y uso doméstico se tiene un consumo de: 100 litros por persona por día y en la parroquia hay 4475 personas según INEC (2010), de esta manera se estaría demandando 447500 litros de agua por día.

Volumen anual = 163'337.500 litros por año

La demanda para el sector servicios (escuelas, centros de salud): viene generada por el número de establecimientos por tipo de servicio brindado, multiplicado por el factor de consumo por tipo de servicio. Según Cunchibamba (2015) existen dos unidades educativas con un total de 973 estudiantes, además existe un Subcentro de Salud Pública al que acuden 46,56% de la población total en caso de enfermedad, es decir aproximadamente 2084 personas. Si se suma la cantidad aproximada de las personas que reciben este tipo de servicios hay un total de 3057 personas.

$$V = \text{Número total de personas} \times \text{caudal diario}$$

$$V = 3057 \times 100$$

$$V = 305700 \text{ litros por día}$$

Volumen anual = 111'580.500 litros por año.

Para la demanda hídrica con respecto al sector industrial se va a realizar una operación análoga a la anterior en donde van a intervenir la cantidad de locales comerciales multiplicados por el factor de consumo.

$$V = \text{Número de locales comerciales} \times \text{caudal diario}$$

$$V = 1176 \times 100$$

$$V = 117600 \text{ litros por día}$$

Volumen anual = 42'924.000 litros anuales

La demanda de agua para uso agropecuario viene dada por la precipitación que existe en la parroquia según su área, ésta viene expresada en milímetros y es equivalente a 1 litro por metro cuadrado de superficie. Según Cunchibamba (2015) la precipitación media en la parroquia es de 500 a 1000 mm, y la superficie de la parroquia que es ocupada principalmente para uso agropecuario es de 800 hectáreas; considerando un valor promedio de precipitación anual a Cunchibamba de 750 mm anuales, en relación con la superficie de la parroquia, se tendría que el Volumen anual es de 750 litros anuales y esto sumado al caudal que ofrece el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato se tiene un valor de 964,55 litros anuales, a este valor se lo multiplica por el número de hectáreas transformadas a metros cuadrados obteniendo un valor de 7716'400.000 litros anuales.

Tabla 3 Demanda Hídrica para la parroquia de Cunchibamba

Demanda de Agua	Volumen Anual (litros)	Porcentaje (%)
Demanda de agua para consumo y uso doméstico	163337500	2,03
Demanda de agua para el sector servicios	111580500	1,4
Demanda de agua para el sector industria	42924000	0,53
Demanda de agua para uso agropecuario	7716400000	96,04
Total	8034242000	100



Figura 8 Diagrama de Demanda Hídrica para la Parroquia Cunchibamba.

De lo observado en la figura 8, se puede decir que la parroquia de Cunchibamba tiene una demanda hídrica muy alta para uso agropecuario ya que es una de las actividades principales que se practican en la parroquia, la figura 8 se ajusta bien a la realidad de la parroquia y zonas aledañas ya que la población carece de agua potable, y la zona de estudio registra precipitaciones bajas a lo largo del año, según lo que indica en la estación meteorológica la Granja (ver Anexo III).

CAPÍTULO 3

3. MARCO GEOLÓGICO

La información geológica ha sido recopilada de la DGGM (1978), además de bibliografía y análisis de campo en puntos estratégicos de la zona de estudio realizado en varias jornadas entre los meses de abril y mayo.

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

3.1.1. CORDILLERA REAL

Según Aspden et al., (1992), la Cordillera Real está constituida por cinco terrenos litotectónicos: Guamote, Alao, Loja, Salado y Zamora. Estos terrenos se disponen de oeste a este y están separados por fallas regionales: Falla Peltectec, Frente Baños, Falla Llanganates, Falla Cosanga-Méndez; Los terrenos están constituidos principalmente por rocas metamórficas del Paleozoico-Cretácico Inferior e intruidas por granitos tipo S Triásico Superior y tipo I Jurásico (Litherland et al., 1994).

3.1.2. CORDILLERA OCCIDENTAL

Según Vallejo (2007), el basamento de la Cordillera Occidental es de origen volcánico (formación Pallatanga y unidad San Juan), compuesto por rocas máficas y ultramáficas con afinidad de plateau oceánico. Estos bloques alóctonos oceánicos se acumularon en el margen de la placa Sudamericana durante el Cretácico.

Aunque no existen suficientes evidencias por parte de otros autores de que el arco Macuchi se acrecionó durante el Eoceno Tardío, este se encuentra actualmente entre los bloques Piñón y Pallatanga, mismos que se acrecionaron en el Cretácico Superior (Vallejo, 2007).

El Bloque Pallatanga se encuentra limitado hacia el oeste por la zona de corte Chimbo Toachi y hacia el este por la Falla Calacalí-Pujilí-Pallatanga, la cual es visible en tierras altas de la Cordillera Occidental y se trata de una zona de sutura, además se extiende a través del basamento del Valle Interandino (Hughes et al., 2002). Las rocas del terreno Pallatanga incluyen: formaciones volcánicas y sedimentarias (Vallejo, 2007), además de estar relacionadas genéticamente con el plateau oceánico Caribe-Colombia (Spikings et al., 2005).

El terreno Macuchi comprende solo a la unidad litoestratigráfica Macuchi, la cual es localizada al oeste de la falla Chimbo-Toachi. Las rocas de este terreno son predominantemente volcanosedimentarias, aunque también están presentes pillow lavas e intrusiones de diabasa, pero en menor cantidad (Hughes et al., 2002). Según la evidencia radiométrica y bioestratigráfica que se muestra en Spikings et al., (2005), se concluye que el terreno Macuchi se originó durante el Paleoceno-Eoceno Tardío y se trata de un arco de isla intraoceánico alóctono que se acrecionó al continente en el Eoceno.

3.1.3. VALLE INTERANDINO

El Valle Interandino o región interandina se define como una depresión topográfica, ubicada entre la Cordillera Real y la Cordillera Occidental se extiende de norte a sur en Ecuador. Los límites estructuras del callejón interandino son fallas reactivadas, las cuales formaron eventos acrecionales después de 140 Ma a lo largo del margen continental (Winkler, 2005).

El Valle Interandino se compone de algunas cuencas como: la del Chota, Quito-San Antonio-Guayllabamba, Ambato-Latacunga y Alausí-Riobamba. Las cuencas Ambato-Latacunga y Riobamba-Alausí, se formaron con una tendencia hacia el sur. Estas cuencas contenían abanicos aluviales, fluviales, lacustres y depósitos volcánicos contemporáneos. Existió además una deformación transpresiva sinsedimentaria que fue dominante en el desarrollo de las cuencas, además se produjeron fallas normales durante periodos cortos de compresión (Winkler, 2005).

Según Lavenu (1992), reconoce cuatro formaciones recientes del Plioceno estratificadas sobre las rocas volcánicas de la cuenca Ambato-Latacunga, los estratos de la cuenca se acuñaban hacia la Cordillera Occidental al oeste. En cuanto a las formaciones volcánicas hay enigmas.

Las formaciones locales Pisayambo y Alausí, son equivalentes en el tiempo a las formaciones Turi y Tarqui pertenecientes a la cuenca de Cuenca en el sur (Steinmann, 1999). La formación Latacunga se caracteriza por tener origen volcánico, compuesta principalmente por lahares, flujos de lava, brechas volcánicas y depósitos fluviales en la parte superior (Lavenu A. , 1995).

La cuenca Ambato-Latacunga está limitada por fallas: la falla de Pisayambo hacia el este y hacia el Oeste la falla de la Victoria. Ambas fallas representan un segmento del sistema de fallas Peltectec y Pallatanga-Pujilí-Calacalí respectivamente. La evidencia estratigráfica y sinsedimentaria revelan que entre los 1,85 y 1,2 Ma ocurrió una deformación compresiva (Lavenu A. , 1995).

Se hace referencia especialmente al Valle Interandino, el cual alberga a la cuenca Ambato-Latacunga en la parte central, ya que la zona de estudio se encuentra en sus inmediaciones.

Para comprender de mejor manera la formación del Valle Interandino Winkler (2005), establece un modelo tectónico de media rampa “half ramp” al norte y “full ramp” hacia el sur, modelo obtenido como resultado de un régimen tectónico transpresivo, durante un periodo de exhumación alta hace 6-5 Ma (Fig. 9). Este modelo estuvo limitado por fallas inversas, las cuales propiciaron la exhumación de las cordilleras en los bordes del valle.

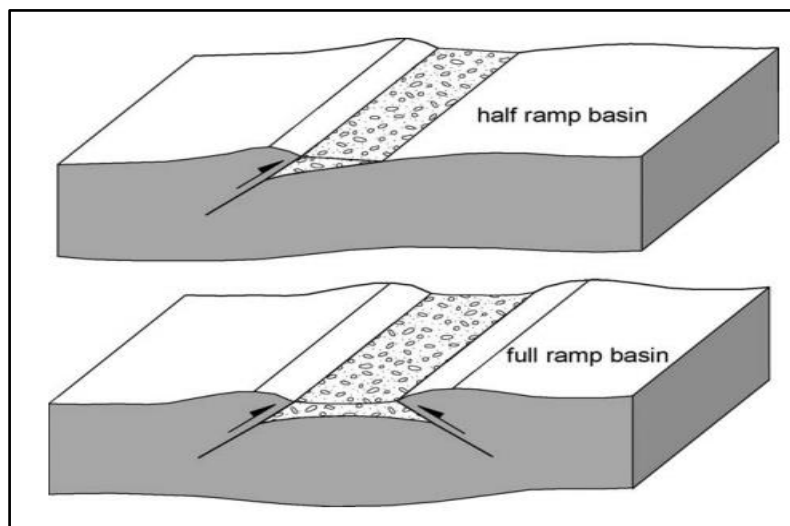


Figura 9 Modelo Tectónico (esquema de half ramp y full ramp) del Valle Interandino (Winkler, 2005).

3.2. TECTÓNICA

Dentro del esquema estructural general del Ecuador, el sistema andino tiene una orientación general NNE-SSW, dirección correspondiente a la evolución

geosedimentaria y geotectónica durante las diferentes eras geológicas (Dávila, 1990).

Según Alvarado (1996), la tectónica en la zona desde Latacunga a Riobamba está dominada por un período de compresión de hace aproximadamente 1,2 Ma, identificado por un fallamiento inverso y plegamientos los cuales presentan una dirección N-S.

Dávila (1990), menciona tres tipos de fallas o sistemas los cuales son: Sistema Longitudinal, Sistema Noroccidental y Sistema Nororiental.

El Sistema Longitudinal evidenciado en la zona de estudio y según Hall et al., (1980) existen fallas en sentido N-S las cuales cortan capas jóvenes, estas fallas según estos autores son de tipo normal.

El Sistema Noroccidental tiene un rumbo sinistral en dirección NW-SE, este sistema según Hall et al., (1980), contiene estructuras de desgarre y desplazamientos sinestrales kilométricos.

El Sistema Nororiental según Hall et al., (1980) se ha interpretado como un sistema de tipo dextral con dirección NE-SW.

En la zona montañosa se distinguen tres juegos de discontinuidades con orientaciones noroeste-sureste, noreste-suroeste y un tercer juego de menor intensidad de dirección preferencial este-oeste.

En el mapa geológico de la zona de Ambato estas discontinuidades han sido esquematizadas como inferidas sobre formaciones cuaternarias. La mayoría de las fallas o discontinuidades están relacionadas con el actual drenaje. Lavenu (1994), muestra las principales estructuras cuaternarias de la cuenca Latacunga-Ambato, las cuales se muestran a continuación:

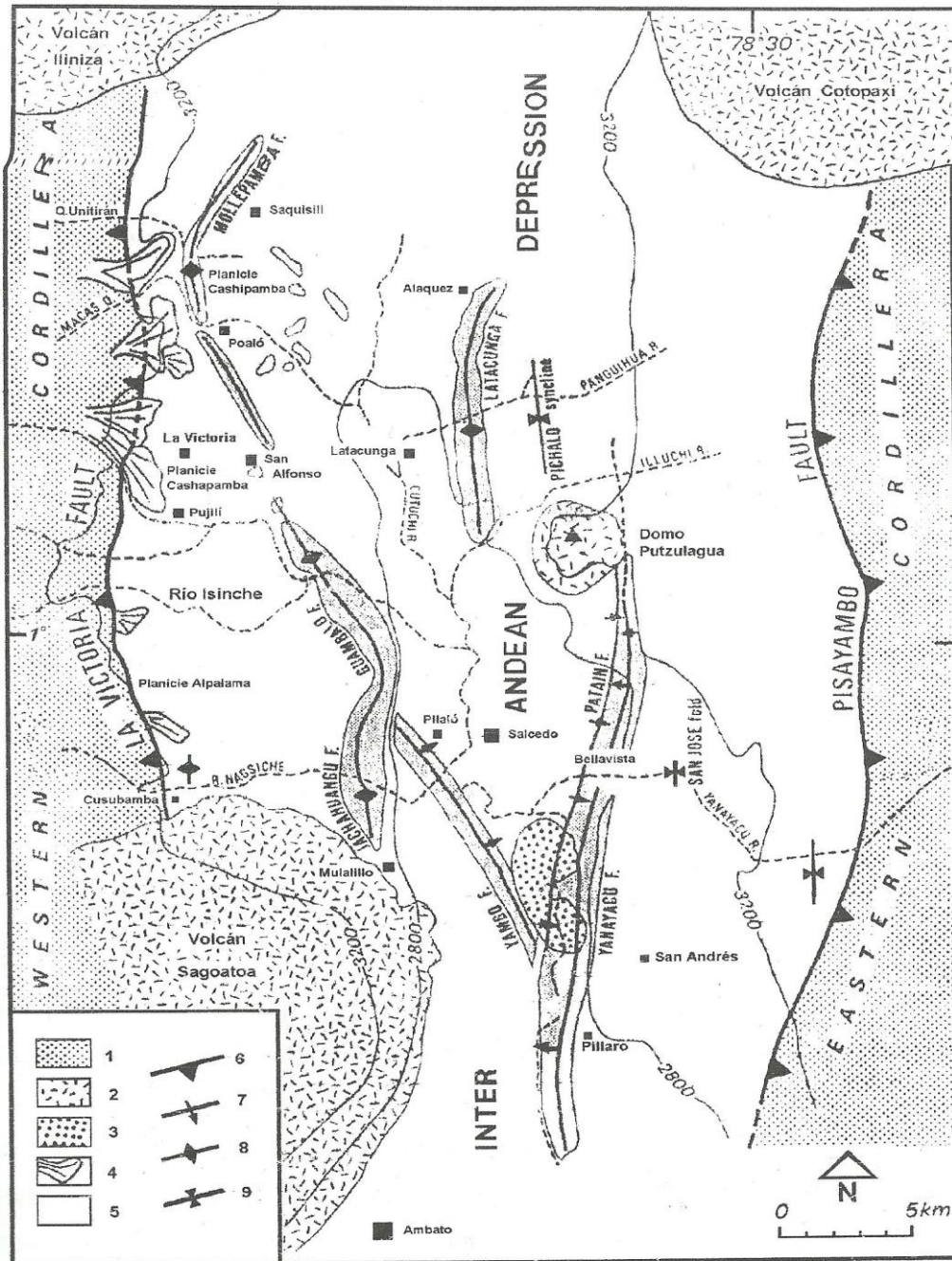


Figura 10 Estructuras cuaternarias de la cuenca Latacunga-Ambato: 1. Basamento Cordillerano Pre-Pliocénico. 2. Rocas Magmáticas cuaternarias. 3. Deslizamientos. 4. Abanicos. 5. Depósitos Plio-cuaternarios de la Depresión Interandina. 6. Falla Inversa. 7. Flexura. 8. Anticlinal. 9. Sinclinal. Fuente (Laveno A., 1995).

Una prueba de la existencia de los sistemas de fallas mencionados anteriormente es la intensa actividad sísmica registrada entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua y monitoreada por el Instituto Geofísico. Lo cual sugiere que la zona de estudio es un sector sísmicamente activo así lo demuestra el Mapa de Actividad Sísmica (Fig. 11).

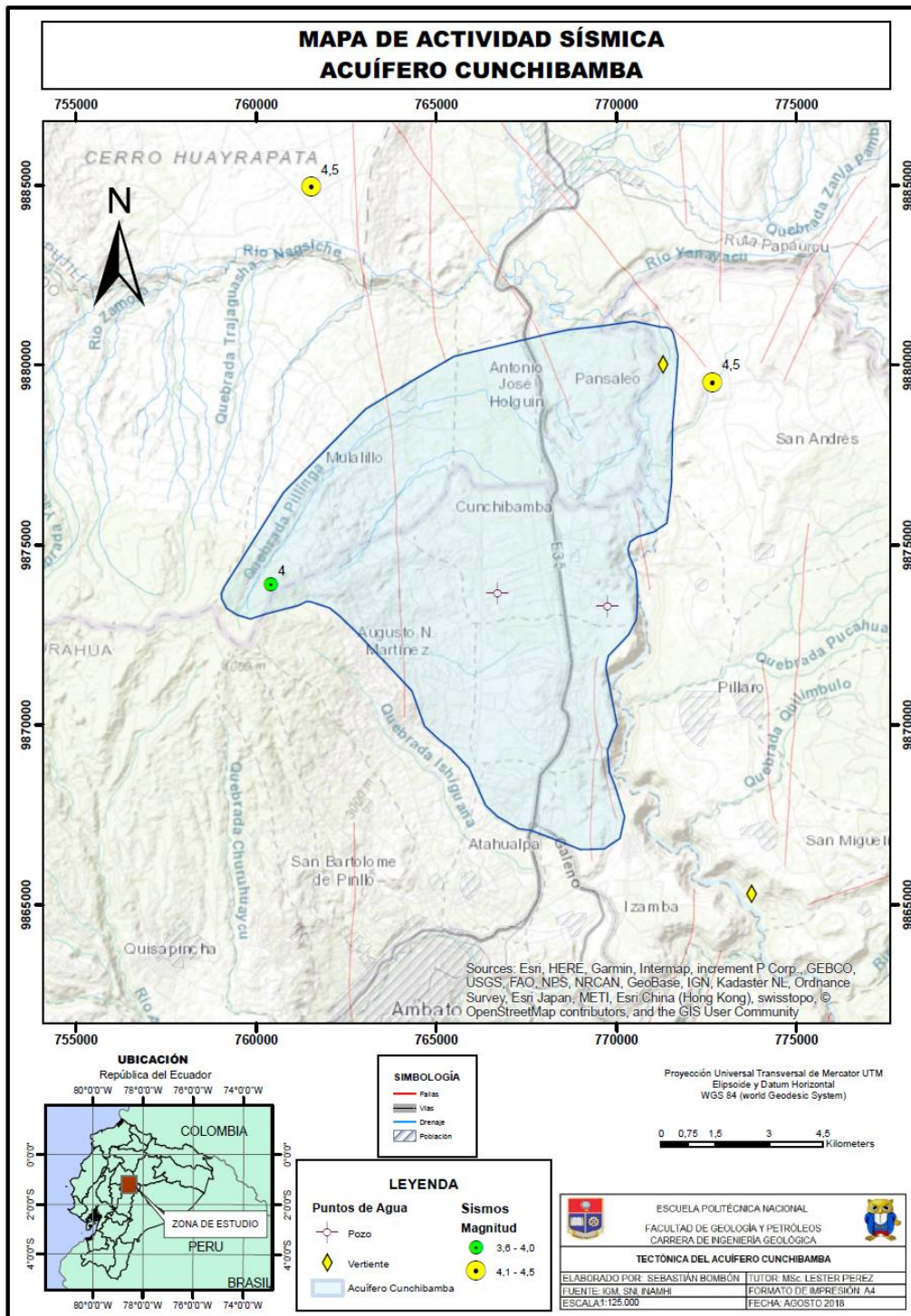


Figura 11 Mapa de Actividad Sísmica Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

En la zona de estudio se puede observar una falla normal con orientación aproximada N-S; esta falla es la más evidente en el sector de estudio y se la puede observar desde la vía Cunchibamba-Píllaro la cual es una zona de escarpe. El resto de fallas son inferidas por la DGGM (1978) y no se las puede visualizar en campo.



Figura 12 Falla Normal la cual corta los estratos de la Fm. Latacunga, vista desde la carretera Cunchibamba-Píllaro. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.

3.3. GEOMORFOLOGÍA

La morfología en toda la superficie del Valle Interandino está controlada tectónicamente (Hall et al., 1980). Según Dávila (1990), el intenso volcanismo que ocurrió en el Cuaternario afectó a toda el área, ya que flujos piroclásticos con espesores considerables suavizan la topografía y esconden rasgos estructurales anteriores a este volcanismo.

El material volcánico en su mayor parte es poco consolidado, por lo que al encontrarse afectado por fallas se derrumba con facilidad escondiendo la traza de las fallas, haciendo muy difícil reconocerlas en el campo.

La zona de estudio se encuentra en la parte central del Valle interandino entre las estribaciones de las Cordilleras Real y Occidental, las mismas pueden reconocerse en cuchillas y colinas redondeadas con orientación N-S (Dávila, 1990). El principal drenaje es el río Cutuchi el cual fluye de norte a sur y en la zona de estudio aguas abajo, el paso de este río forma un profundo cañón cuyas paredes pueden tener hasta 540 metros de altura aproximadamente.

Los procesos de rellenado de la subcuenca del Río Cutuchi son predominantemente de tipo volcánico, caracterizado por proyecciones piroclásticas (ceniza, lapilli, escorias) y flujos de lava (Dávila, 1990).

Los procesos de sedimentación y erosión del río Cutuchi han originado un engarganamiento en su curso medio e inferior y la consecuente formación de diferentes niveles de terrazas aluviales (Dávila, 1990).

A continuación, se va a detallar las diferentes estructuras que se aprecian en la zona de estudio (Fig. 13).

- **Valles Interandinos:** Son depresiones tectónicas que se caracterizan por separar sistemas montañosos o cordilleras.
- **Cuerpo de Agua:** Son masas de agua las cuales pueden encontrarse a nivel superficial o subterráneo.
- **Superficies de Aplanamiento:** Hacen referencia a terrenos llanos, afectados por agentes erosivos.
- **Colinas medianas:** Son cadenas montañosas que no alcanzan una altitud considerable.
- **Vertientes Cóncavas y Convexas:** Las vertientes son zonas en donde el nivel freático coincide con la superficie, y estas se diferencian en la ubicación que tengan en una ladera dependiendo si están en zonas de escarpe, zonas de talud o zonas basales de la ladera.
- **Relieve Escarpado:** Hace referencia a cadenas montañosas accidentadas en sus picos debido a efectos erosivos.

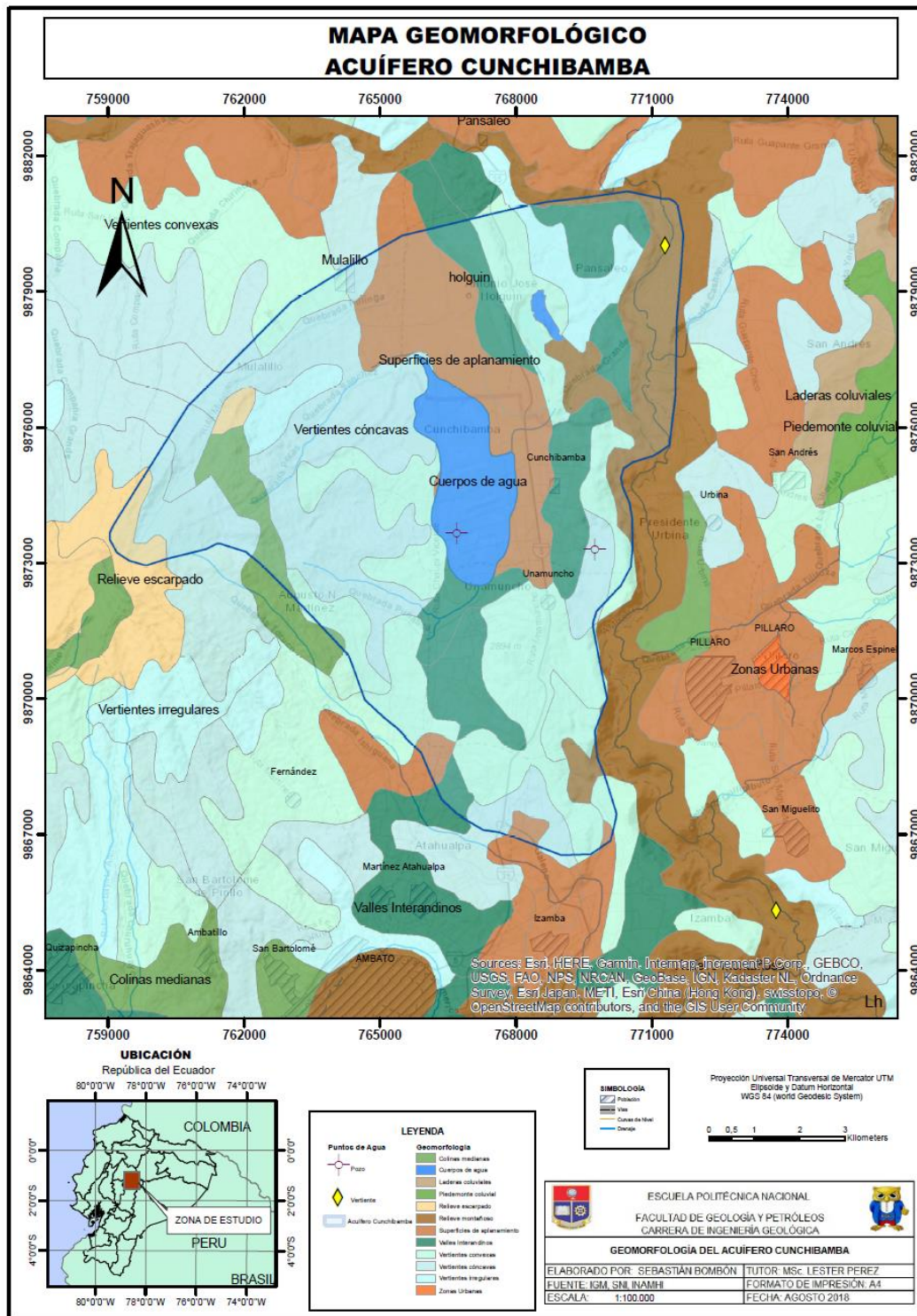


Figura 13 Mapa Geomorfológico Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

3.4. ESTRATIGRAFÍA

Las diferentes formaciones que según DGGM (1978), se disponen en la zona de estudio, son descritas a continuación:

3.4.1. BASAMENTO

Según Taco (2000), el basamento de la cuenca está formado por un núcleo metamórfico contemporáneo al periodo Cretácico, el cual no es posible de observar en el terreno, ya que no existen quebradas ni cortes lo suficientemente profundos para poder observar este núcleo. Se considera verídica esta información ya que estudios de las Cordilleras Real y Occidental coinciden con lo antes mencionado.

3.4.2. FORMACIÓN PISAYAMBO - Plioceno (MPIp)

Según Hall et al., (1991), esta formación tiene una composición andesítica y basalto andesítica. Estas rocas muy posiblemente están sobre las rocas metamórficas de la Cordillera Real de la Unidad Loja hacia el este y hacia el oeste sobre rocas metamórficas de la Unidad Pallatanga (Litherland et al., 1994).

La formación Pisayambo corresponde a una gran cobertura volcánica que se ha formado por post-plegamiento y es anterior a la formación de la depresión interandina (Taco, 2000).

Esta formación aflora en las partes altas de los flancos del callejón Interandino y en las zonas inferiores de los cañones de los ríos Yanayacu, Cutuchi Ambato y Patate (DGGM, 1978). Su espesor probablemente sobrepasa a los 2000 metros y su edad es del Plioceno (Baldock, 1982).

Aunque según Dávila (1990), existen dataciones realizadas por el método K/Ar las cuales dan una edad miocénica a la formación Pisayambo.

3.4.3. FORMACIÓN LATACUNGA

Esta formación es el terreno plano que llena la cuenca Latacunga-Ambato (Bristow et al., 1977), según Beate (1985) el flujo piroclástico Chalupas constituye en su totalidad a la formación Latacunga, sin considerar los sedimentos fluvio lacustre de origen volcánico que están debajo del flujo.

Dávila (1990), divide la formación Latacunga en diferentes unidades: unidad Latacunga, unidad Pilaló de San Andrés-Nagsiche, unidad Yanayacu y unidad

Chalupas. En la zona de estudio se pueden visualizar dos de estas unidades las cuales son la unidad Latacunga y la Unidad Chalupas.

a) Unidad Latacunga - Pleistoceno (PL)

La unidad Latacunga está subdividida en dos facies, una de origen volcánico a la base y otra sedimentaria en la parte superior, separadas por una zona en la cual existió una depositación transicional. Según Dávila (1990), la facie volcánica data del Mioceno Superior a Plioceno, y la parte sedimentaria es del Pleistoceno.

La Facie sedimentaria según análisis de campo se la propone como una intercalación limo arenosa y material efusivo de tipo lava con vesículas además se observa en forma de lentes material conglomerático con matriz arenosa, este tipo de material también se encuentra en la parte baja hacia los flancos del río Cutuchi.

La Facie volcánica se compone lavas grises y brechas rojizas de composición basalto andesítica, estas lavas tienen espesores que van de 1 a 30 metros aproximadamente y se encuentran diaclasadas se las puede encontrar en la zona de estudio en la parte media a inferior. Una característica importante es que bajo esta facie volcánica se pueden encontrar depósitos piroclásticos compuestos por lapilli de pómez de color anaranjado (Dávila, 1990).

b) Unidad Chalupas - Pleistoceno (Qx)

Según Beate (1985), el flujo piroclástico Chalupas de 2000 km² está en discordancia angular sobre la unidad Latacunga, esta unidad limita hacia la base por un paleosuelo que en la zona de estudio aparece como arenas negras, el cual indicaría un hiato en la actividad volcánica y al tope limita con sedimentos retrabajados y Cangahua.

Esta unidad según Dávila (1990), está compuesta por fragmentos de pómez poroso, redondeado y con vesiculación superficial el cual alcanza el 15% del volumen del depósito. Estos fragmentos se encuentran dentro de una matriz de polvo volcánico muy fino el cual contiene vidrio volcánico, esta matriz comprende el 70 a 80% del volumen del depósito. Según Beate (1985), también se reporta la presencia de líticos en una porción del 5 al 10% de origen volcánico.

La parte basal está compuesta por lapilli de pómez, la parte media se trata de un flujo piroclástico el cual es la más conocida y de más volumen conocida del evento Chalupas y la parte superior consta de capas de poco espesor (decimétricas) de ceniza fina, lapilli de pómez y líticos (Dávila, 1990).

Según Beate (2006), la edad para la Ignimbrita de Chalupas es de 210 a 211 mil años, correspondiente al Pleistoceno.

3.4.4. FORMACIÓN CANGAHUA - PLEISTOCENO/HOLOCENO (QC)

Se trata de una formación superficial la cual cubre la una gran superficie del norte del país (Hall et al., 1996). El origen de esta formación no está bien definido, pero varios autores de publicaciones sobre el Valle Interandino consideran que es producto de un retrabajamiento posiblemente de la unidad chalupas la cual la subyace (Dávila, 1990). Corresponde a ceniza volcánica y según Dávila (1990), se trata de areniscas tobáceas y depósitos piroclásticos derivados del volcanismo pleistocénico y holocénico presente.

3.4.5. FORMACIÓN VOLCÁNICO SAGOATOA – PLIOCENO/PLEISTOCENO (VD)

En la zona de estudio este material aflora en las parroquias de Unamuncho en el sector de Culapachán y en Cunchibamba en Pucarumí, según Dávila (1990), se trata de un flujo de lava de composición basáltica a andesítica y textura porfirítica con contenido de fenocristales de Plagioclasa dentro de una matriz pilotaxítica a traquítica. Estos flujos de lava están acompañados por una serie de piroclastos y lahares.

Estos flujos están asociados al volcán Sagoatoa, dada la cercanía que se encuentran del mismo, de igual manera según DGGM (1978), existe un cono piroclástico parásito el cual aflora en Unamuncho que tiene similares características a el flujo mencionado antes.

Según Dávila (1990), la potencia de los volcánicos Sagoatoa posiblemente llegue a los 500 metros y su edad es comparable a la serie volcánica de la unidad Latacunga la cual data del Plio-pleistoceno.

3.4.6. DEPÓSITOS ALUVIALES (Da), DEPÓSITOS COLUVIALES (Dc), DEPÓSITOS LAHARÍTICOS (Dh) – HOLOCENO

Según DGGM (1978), estos depósitos corresponden al Holoceno y Dávila (1990), sugiere que tienen proveniencia de los volcanes existentes y que además han sufrido erosión glacial.

Estos depósitos son generalmente flujos de lodo, pero en algunas ocasiones son depositados bajo influencia lacustre, en la zona de estudio se presentan como limos arenosos de composición tobácea. Mothes (1991), asocia dentro de los depósitos holocénicos a material laharítico proveniente del Cotopaxi y que a seguido el cause agua abajo del rio Cutuchi. Según Dávila (1990), las condiciones necesarias para que estos volcanosedimentos puedan depositarse, es que existente gran cantidad de agua en un corto período de tiempo.

Los depósitos aluviales con incorporación de material laharítico presentan buena porosidad y alta permeabilidad por lo que pueden almacenar agua en forma de lentes. Además, son suelos muy fértiles para la agricultura, así es el caso de la zona de estudio.

Para poder comprender de mejor manera la geología del acuífero, se realizó dos cortes en el mapa geológico del mismo, para poder realizar posteriormente perfiles geológicos y una columna estratigráfica. Estos cortes tienen la denominación: (A-B) y (C-D) (ver Fig. 14).

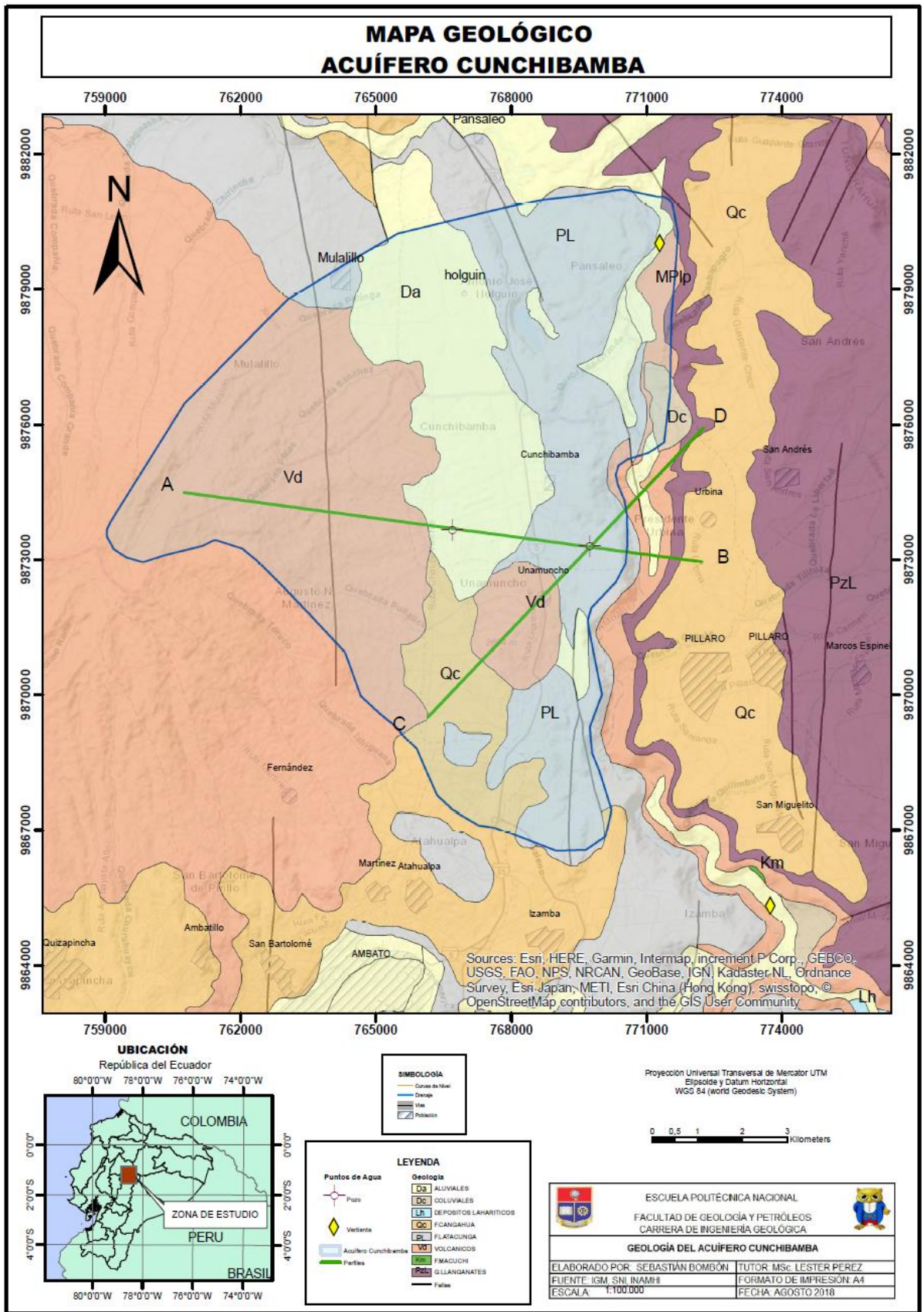


Figura 14 Mapa Geológico de la zona de estudio con 2 cortes utilizados para la elaboración de Perfiles Geológicos.

Perfil A-B

Escala Horizontal: 1:50.000

Escala Vertical: 1: 14.300

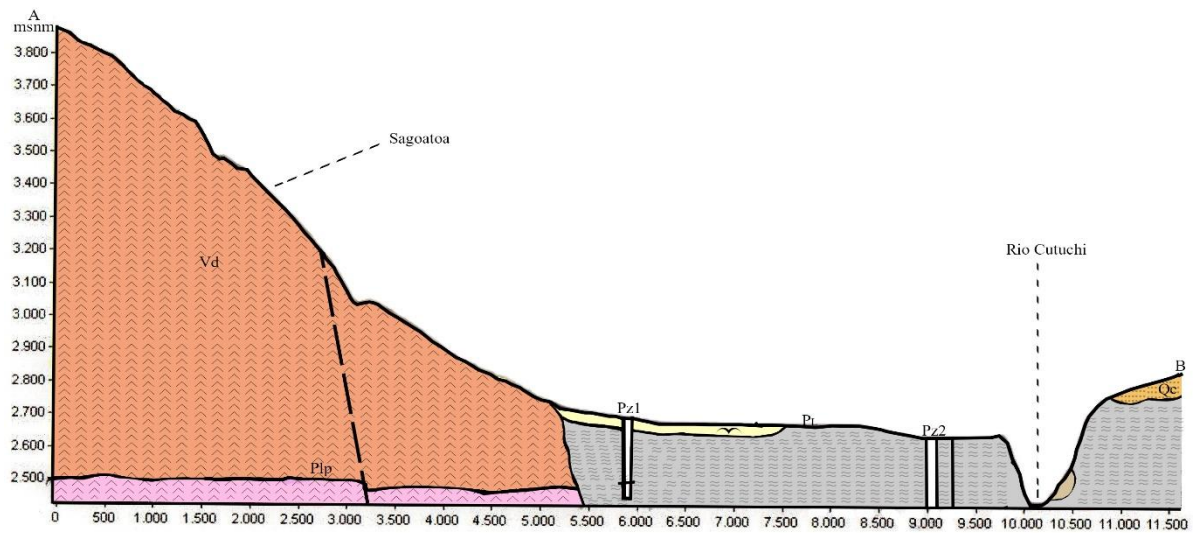


Figura 15 Perfil A-B realizado en la zona de estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.

Perfil C-D

Escala Horizontal: 1: 41.700

Escala Vertical: 1: 4.000

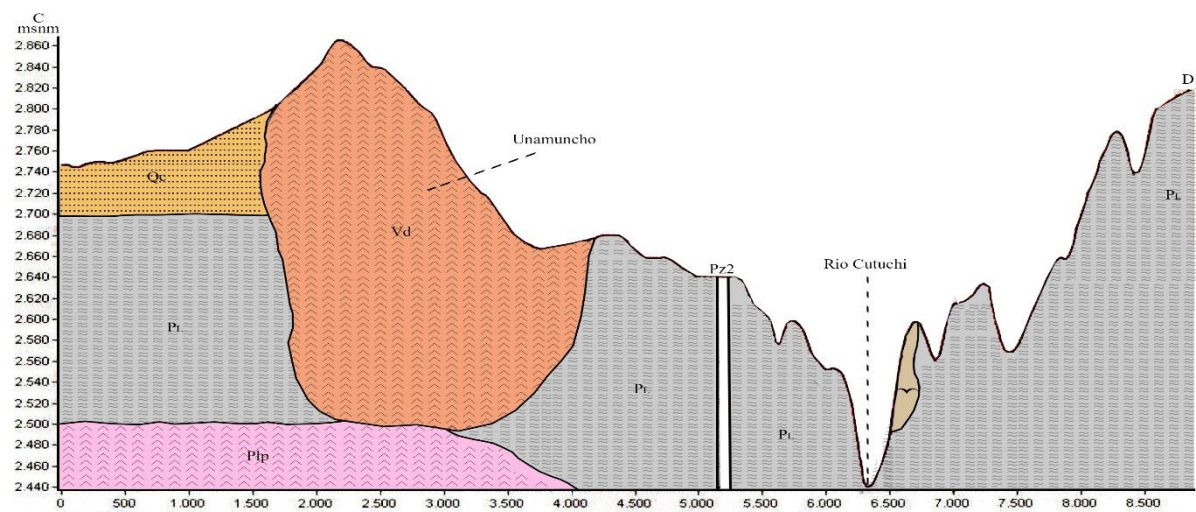


Figura 16 Perfil C-D realizado en la zona de estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.

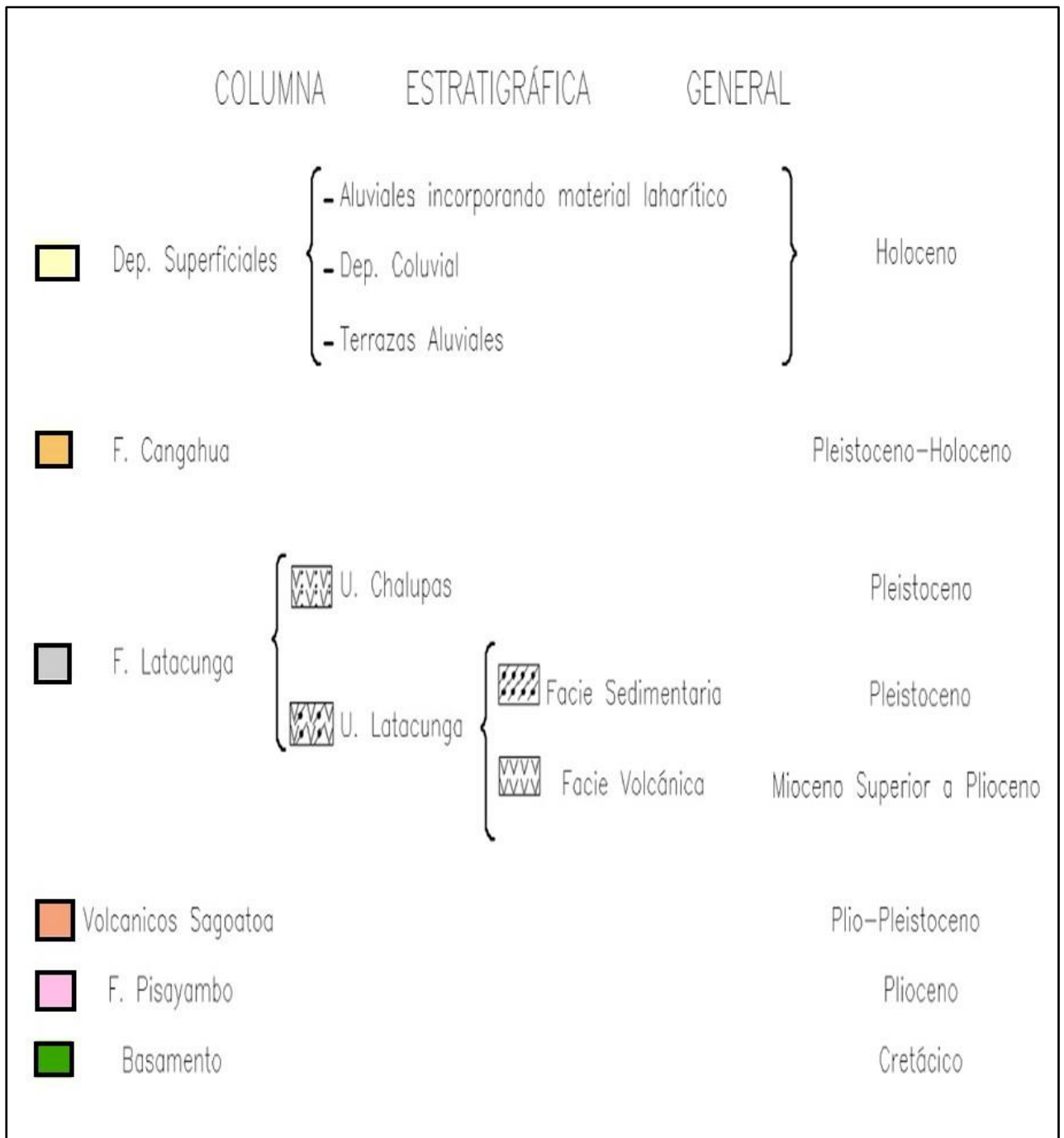


Figura 17 Columna Estratigráfica de la zona de estudio (DGGM, 1978).

3.5. GEOLOGÍA LOCAL

El acuífero “Cunchibamba”, se encuentra localizado en la parroquia de Cunchibamba, en la microcuenca del río Cutuchi situada en la parte central del Valle Interandino.

En este subcapítulo se exploran las características geológicas y litológicas de la zona de estudio, para poder comprender los diferentes parámetros que interactúan intrínsecamente en el acuífero. Con este objetivo se ha realizado un estudio de campo en donde se hizo un mapeo geológico en el área de estudio, así como también se constataron parámetros litológicos, estructurales e hidrogeológicos de la zona, utilizando información otorgada por la DGGM (1978), Instituto Geográfico Militar (IGM), Sistema Nacional de Información Senplades (SNI).

La zona de estudio está compuesta principalmente por formaciones de origen volcánico y volcanosedimentario las cuales a su vez se componen de: piedra pómez, tobas, depósitos aluviales con incorporación de material laharítico, coluviales, andesitas fracturadas, ceniza re TRABAJADA “Cangahua” y una potente franja de volcanosedimentos. A modo general se puede decir que la zona de estudio está cubierta por estratos volcanosedimentarios que se han ido depositando de acuerdo a la topografía del sector. Entre las Formaciones encontradas en la salida de campo en la zona de estudio se tiene:

3.5.1. VOLCÁNICOS DEL SAGOATOA Y UNAMUNCHO

Los volcánicos provenientes del Sagoatoa datan del Plioceno y ocupan una gran superficie en la parte Occidental del Valle Interandino, en la zona de estudio se pueden evidenciar en la parroquia rural de Unamuncho, así como también en el sector de Pucarumí perteneciente a Cunchibamba; el material volcánico comprende de tobas las cuales tienen aspecto vesiculado en gran cantidad y en pequeños afloramientos de andesita piroxénica con abundante plagioclasa.



Figura 18 Afloramiento de Andesita proveniente del Sagoatoa, sector Pucarumí en Cunchibamba. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.

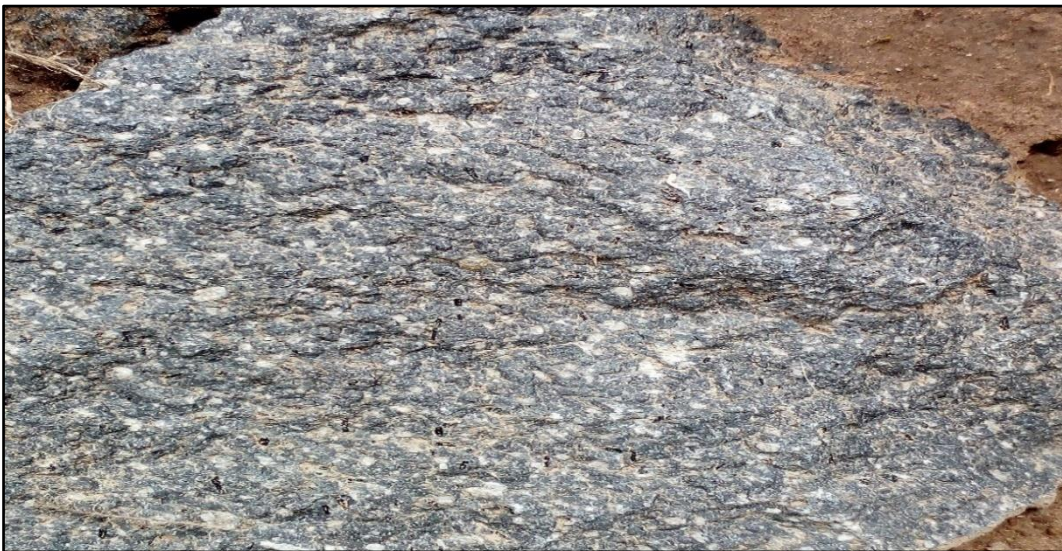


Figura 19 Roca Volcánica extrusiva de composición andesítica con abundante plagioclasa, proveniente del Sagoatoa, sector Pucarumí en Cunchibamba. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.

3.5.2. FORMACIÓN LATACUNGA

Esta formación data del Plioceno al Pleistoceno según Lavenu (1996), mediante análisis e interpretación de campo se llegó a caracterizar a esta formación de la siguiente manera: en la parte superior aflora un potente flujo piroclástico el cual contiene fragmentos de pómez redondeados de color gris a rosáceo en una matriz de polvo volcánico al cual Beate (1985), denomina como flujo piroclástico Chalupas; subyaciendo a este flujo se observa un depósito de materiales limo arenosos

intercalados con arenas de tamaño de grano medio a grueso con poca arcilla, arenas negras y conglomerados en una matriz arenosa. Esta secuencia no es uniforme y aflora solo en ciertos sectores de la zona de estudio, debajo de estos estratos se observa una serie de arenas finas hacia la parte superior, conforme se descende estas arenas presentan líticas de composición volcánica. En las partes más proximales al río Cutuchi se observa conglomerados con estratificación gradada y clastos de origen volcánico en una matriz arenosa típicos de ambientes fluviales. Toda esta serie se asemeja a la subdivisión de la formación Latacunga que Dávila (1990), propone como "Unidad Latacunga, facie sedimentaria".

Así mismo Dávila (1990), propone que la unidad Latacunga tiene una facie volcánica subyaciendo a la facie sedimentaria compuesta por lavas grises y brechas rojizas de composición andesítica a basáltica muy fracturadas con un espesor que varía entre los 0,5 y 20 metros la cual es visible en la zona de estudio en la carretera de Cunchibamba-Píllaro, además esta facie se encuentra aflorando en la vía Ambato-Píllaro sector la Joaquina la cual tiene composición básica a intermedia y presenta una coloración gris a rojiza, y en el sector de Quillán La Playa al sureste de la zona de estudio mostrándose como una serie de lavas con fracturas de composición básica las cuales están en contacto con rocas metamórficas. Se hace mención en este trabajo ya que se realizó un muestreo de agua de una vertiente localizada en el sector. Una peculiaridad de esta facie es que en la zona de estudio se observa que subyaciendo a la misma se encuentran depósitos piroclásticos de lapilli de pómez de color anaranjado. Debajo de esta formación estarían Los volcánicos Pisayambo los cuales según Dávila (1990) datan del Mioceno y según Hall et al., (1991), se trata de lavas de composición basalto andesítica con un espesor de 2000 metros, dicha formación no aparece en la zona de estudio.

En contexto general la litología de esta formación se asemeja a la descrita por Dávila (1990), subdividiéndola en dos unidades: Unidad Chalupas en la parte superior y subyaciendo a ésta la Unidad Latacunga la cual a su vez se subdivide en una facie sedimentaria y una facie volcánica.

Esta formación tiene especial relevancia en este trabajo ya que según información de Taco (2000), se la caracteriza como potencial zona de interés hidrogeológico por

las características intrínsecas de la litología que la compone como buena porosidad y permeabilidad.

En la Fig. 20 se muestra la columna estratigráfica de la formación Latacunga cuya descripción se basa en la disposición de los estratos observados en la zona de estudio en las jornadas de campo.

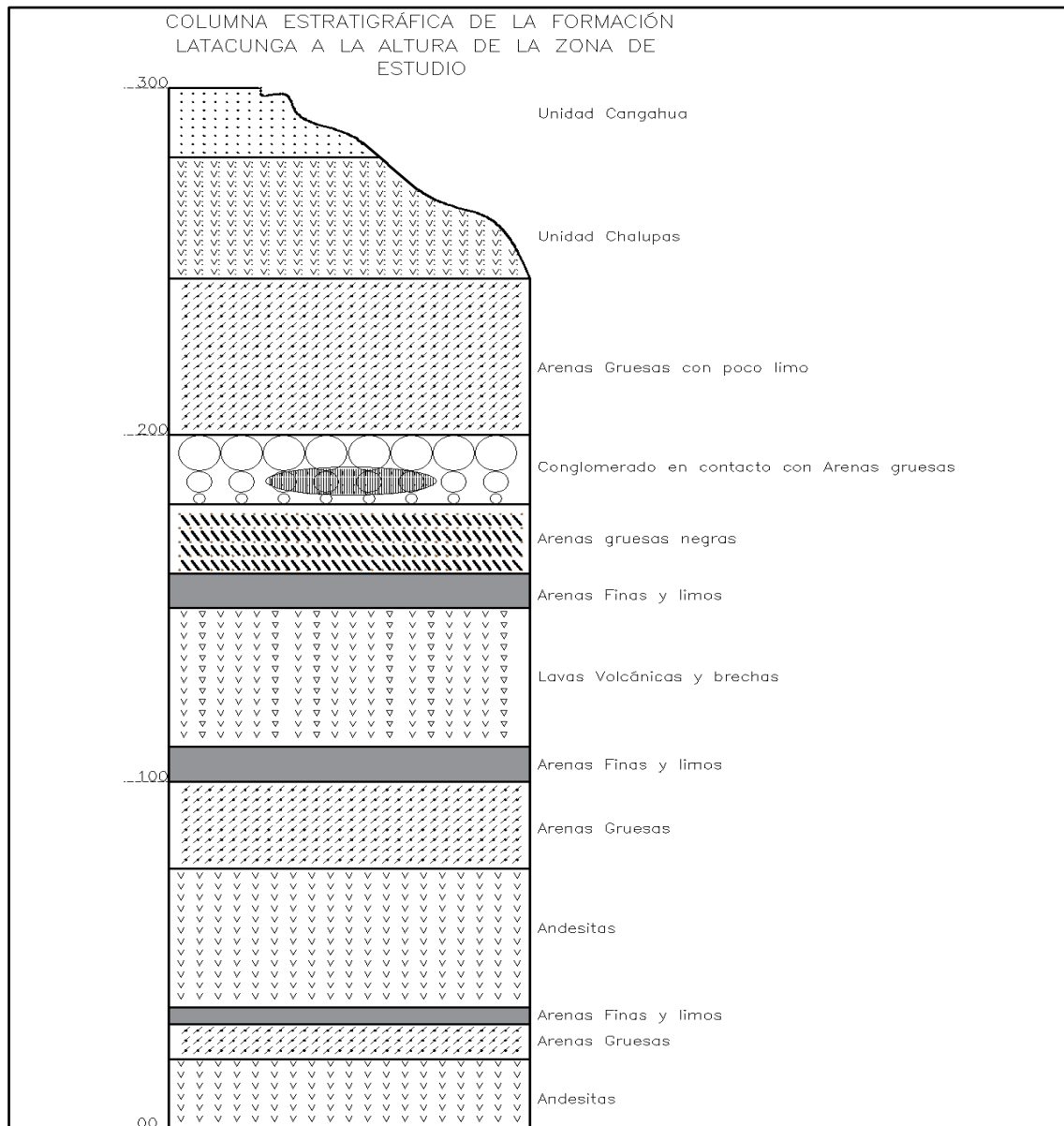


Figura 20 Columna Estratigráfica de la formación Latacunga (300 m de espesor) a la altura de la zona de estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.



Figura 21 Se puede apreciar la disposición de los estratos que componen la formación Latacunga. Foto tomada en la vía Izamba-Quillán La playa por Sebastián Bombón.



Figura 22 Identificación de las unidades que conforman la Formación Latacunga. Fotografía tomada en la carretera Izamba-Quillán La Playa por Sebastián Bombón.



Figura 23 Se aprecia piedra pómez, litología de la unidad Chalupas, foto tomada a pocos metros de la Panamericana Norte, sector Cunchibamba por Sebastián Bombón.



Figura 24 Material de tipo efusivo con vesículas y líticos de origen volcánico (toba), litología de la unidad Latacunga. Foto tomada en el sector de Cunchibamba a pocos metros del río Cutuchi por Sebastián Bombón.



Figura 25 Se aprecia material fluvial de origen volcánico, con clastos de pómez de color rosáceo perteneciente a la Unidad Chalupas; este material es grano decreciente y aflora en las cercanías del río Cutuchi, cerca al sector de Quillán Playas, en la vía Izamba- Quillán. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.



Figura 26 Se muestra lavas fracturadas asociadas a la facie volcánica de la Formación Latacunga. Fotografía tomada en la carretera Cunchibamba-San Andrés por Sebastián Bombón.

3.5.3. FORMACIÓN CANGAHUA

Este material según Lavenu (1995), es posterior a la toba del Chalupas (1,21 Ma), se deposita sobre la formación Latacunga y se trata de ceniza volcánica de color marrón estratificada con una potencia estimada de 10 a 30 metros. En la zona de estudio se la puede identificar al este de la parroquia Unamuncho. Sauer (1955), ubica a los depósitos Cangagua en el Pleistoceno por los fósiles encontrados *Coprinisphaera Ecuadoriensis*, característicos de este período.

3.5.4. DEPÓSITOS SUPERFICIALES

Estos depósitos del Holoceno, tienen relación con el río Cutuchi. Son tierras muy fértiles y utilizadas para el cultivo debido a que su composición incluye a material laharítico. Al Este de la parroquia Cunchibamba en el barrio San Pablo se extiende este tipo de material. Son evidentes en el área de estudio y se presentan como terrenos tipo limo, material deleznable y muy poco compactado. En las zonas cercanas al río Cutuchi se presentan coluviales asociados al Holoceno, y se muestran como una zona de derrumbe debido a prácticas de minería de áridos y pétreos.

3.6. MAPA GEOLÓGICO

El Mapa Geológico que se presenta a continuación representa las diferentes formaciones geológicas encontradas en la zona de estudio, así como estructuras geológicas observadas en campo y mediante la bibliografía cartográfica.

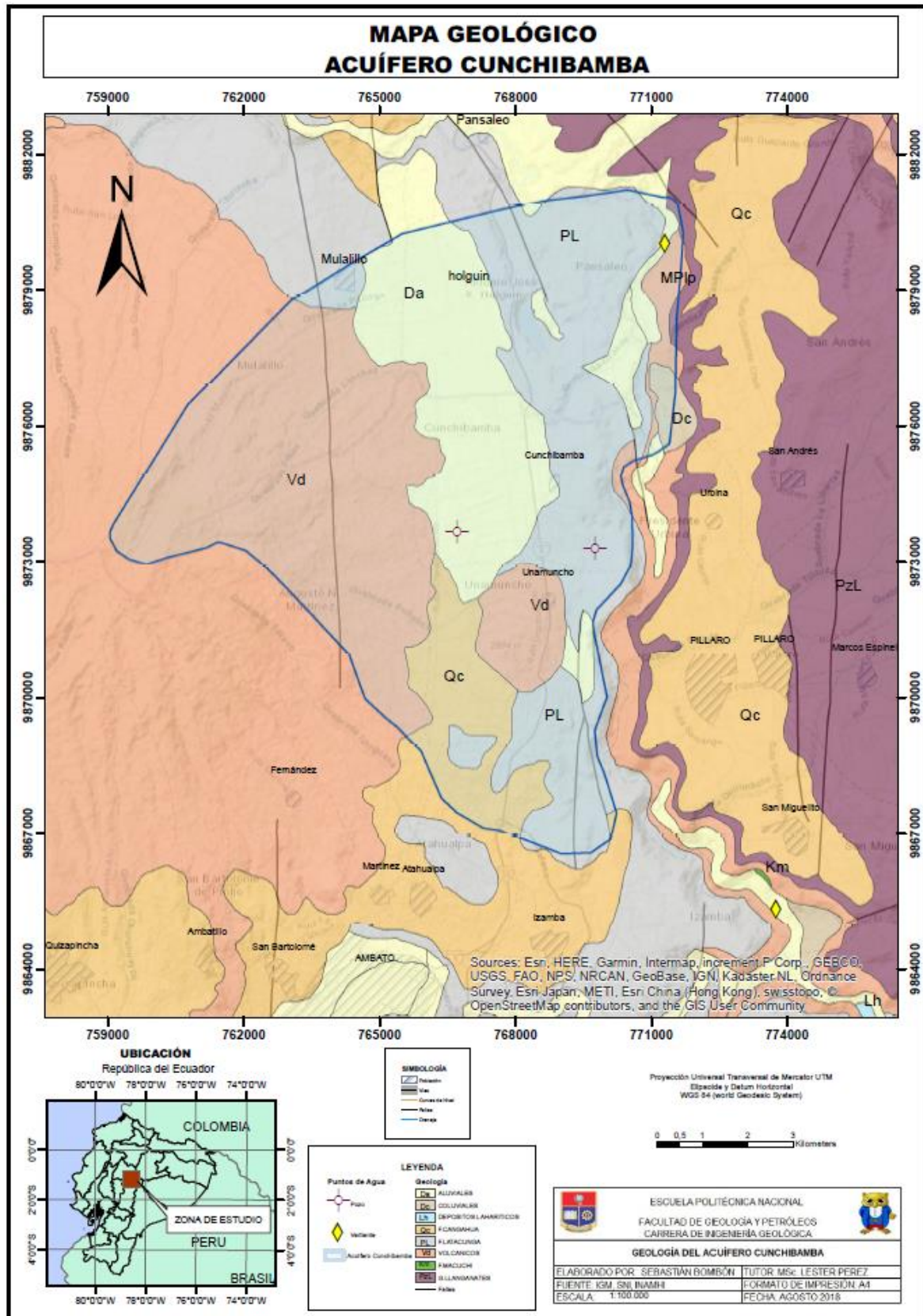


Figura 27 Mapa Geológico Acuífero Cunchibamba (DGGM, 1978).

CAPÍTULO 4

4. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

En el Ecuador existen varios recursos naturales entre ellos el agua, el recurso más importante y sin él no existiría la vida; sin embargo, en los últimos años y por efecto del cambio climático y el mal manejo de las cuencas hidrográficas el recurso ha ido disminuyendo y esto se evidencia por la reducción tanto del caudal de los ríos como de la calidad de agua y el retroceso de los glaciales.

El déficit hídrico, se agudiza en ciertos sectores de nuestro país, principalmente en la zona céntrica del mismo, como se observa en la Fig. 6 (Mapa de Isoyetas). Las lluvias se extienden desde diciembre a mayo y el periodo seco desde junio a noviembre, observándose un patrón de bimodalidad y teniendo exceso de lluvia solo en los meses de abril y noviembre según lo observado en la Fig. 31 Balance Hídrico de la estación Rumipamba (INAMHI, 2005).

La provincia de Tungurahua tiene este problema, situación que imposibilita satisfacer la demanda de este recurso, en ciertas zonas de la provincia.

Por esta razón y debido a la creciente demanda del recurso hídrico, las entidades seccionales han realizado estudios exploratorios de agua subterránea en la provincia y principalmente dentro del cantón Ambato, que servirán para proveer de agua para consumo humano y para las distintas actividades que se realizan en el cantón y la provincia; de ésta manera y en cumplimiento a la Ley de Recurso Hídrico, Usos y Aprovechamiento del Agua, las distintas empresas de agua potable y los GAD's municipales se han visto en la necesidad de proteger tales recursos, tanto de su agotamiento como de su contaminación (Galárraga, 2004).

El déficit hídrico afecta a la población directamente, la cual no posee infraestructura básica de agua potable, y alcantarillado, así como también afecta a la economía del cantón Ambato, particularmente a Cunchibamba, ya que la actividad agrícola es una de las fuentes de subsistencia de la población. Mediante estudios realizados por la EMAPA, relacionados a agua subterránea se ha podido localizar dentro de la zona de estudio el recurso hídrico. Por la importancia de este hallazgo y por la escasa

información hidrogeológica de la zona de Ambato, del centro del país y del Valle Interandino, el estudio de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Cunchibamba es indispensable, ya que servirá para proteger el recurso hídrico escaso.

En este sentido se considera que este trabajo de investigación servirá como memoria técnica para futuros trabajos exploratorios de agua subterránea dentro del cantón Ambato y la provincia de Tungurahua.

4.1. BALANCE HÍDRICO

El Balance Hídrico que se determina para la subcuenca del Río Cutuchi, la cual abarca el área de estudio, requiere parámetros hidrológicos como la Escorrentía (agua que no se infiltra en el suelo), las precipitaciones y la Evapotranspiración Potencial o agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo, se puede tratar de agua procedente de una precipitación reciente en donde el proceso de infiltración acaba de empezar (Custodio et al., 1994).

Para el caso del presente estudio, el Balance Hídrico se realizará para conocer el potencial hídrico existente en la subcuenca del Río Cutuchi y de la zona de estudio.

Se va utilizar la fórmula del Balance Hídrico ya que este análisis se fundamenta en la utilización de ecuaciones en donde se igualan factores como: entradas, salidas, almacenamiento y déficit de agua para períodos multianuales, en el caso particular del presente estudio será de 35 años.

La ecuación del Balance Hídrico se representa de la siguiente manera:

$$P = R + ETP \pm n$$

P: Precipitación media del periodo en mm.

R: Escorrentía media multianual del periodo en mm.

ETP: Evapotranspiración potencial media del periodo en mm.

n: Término de discrepancia (pérdidas).

Esta ecuación es aplicable, ya que los cambios en el almacenamiento para periodos de tiempo largo son considerados insignificantes.

Con todos los datos que se requieren para el cálculo del Balance Hídrico a disposición se procede a calcular el mismo.

En primer lugar, se determinó el Balance Hídrico regional en un área que cubre todo el territorio de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, utilizando el método de Holdridge para el cálculo de la Evapotranspiración potencial quien dice que la ETP es función de la temperatura del aire comprendida entre 0°C y 30°C (biotemperatura), la cual condiciona los procesos de las plantas como la fotosíntesis y la evaporación del agua que ha comenzado a infiltrarse o es contenida por la vegetación (Holdridge, 1959).

La ecuación de Holdridge viene dada de la siguiente manera:

$$ETp = C_{HO}T$$

Siendo,

$$C_{HO} = 58,93 \left(\frac{PUT}{NUT} \right)$$

Donde,

ETp - evapotranspiración potencial, mm *tiempo*⁻¹;

T - temperatura del aire, °C;

PUT - periodo de unidades de tiempo, días;

NUT - número de unidades de tiempo en un año, 366 o 365 días.

Todo este proceso incluyendo los registros de las estaciones meteorológicas de precipitaciones y temperatura, se los plasmó en un mapa utilizando el programa ArcGIS. En el mapa se puede apreciar zonas con: Déficit Hídrico, estabilidad hídrica y exceso hídrico.

Tabla 4 Resultados del Balance Hídrico

Balance Hídrico	Superficie (km2)	Porcentaje (%)
Déficit Hídrico	406,00	18,00
Estabilidad Hídrica	953,00	40,00
Exceso Hídrico	911,00	42,00
Total	2270,00	100,00

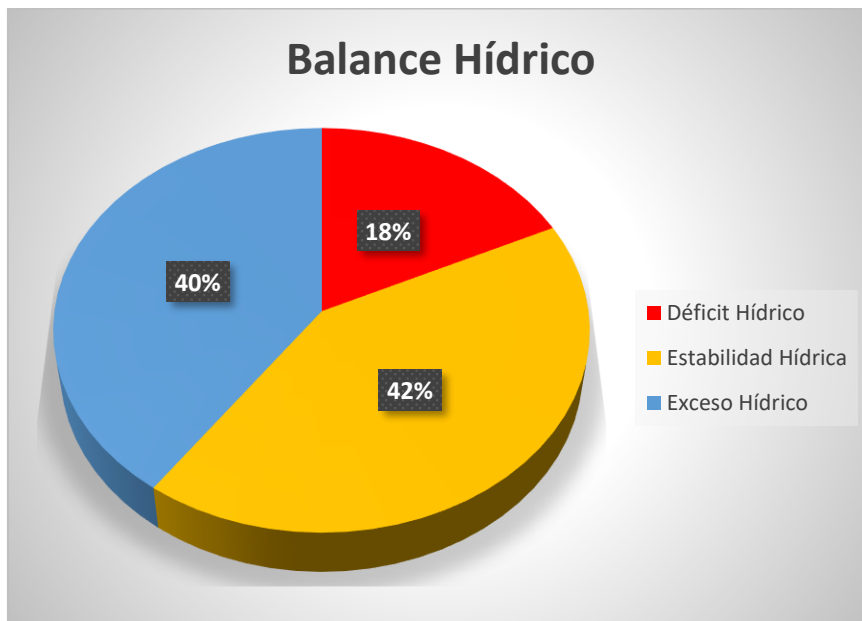


Figura 28 Diagrama de Reporte de Datos del Balance Hídrico para la subcuenca del río Cutuchi.

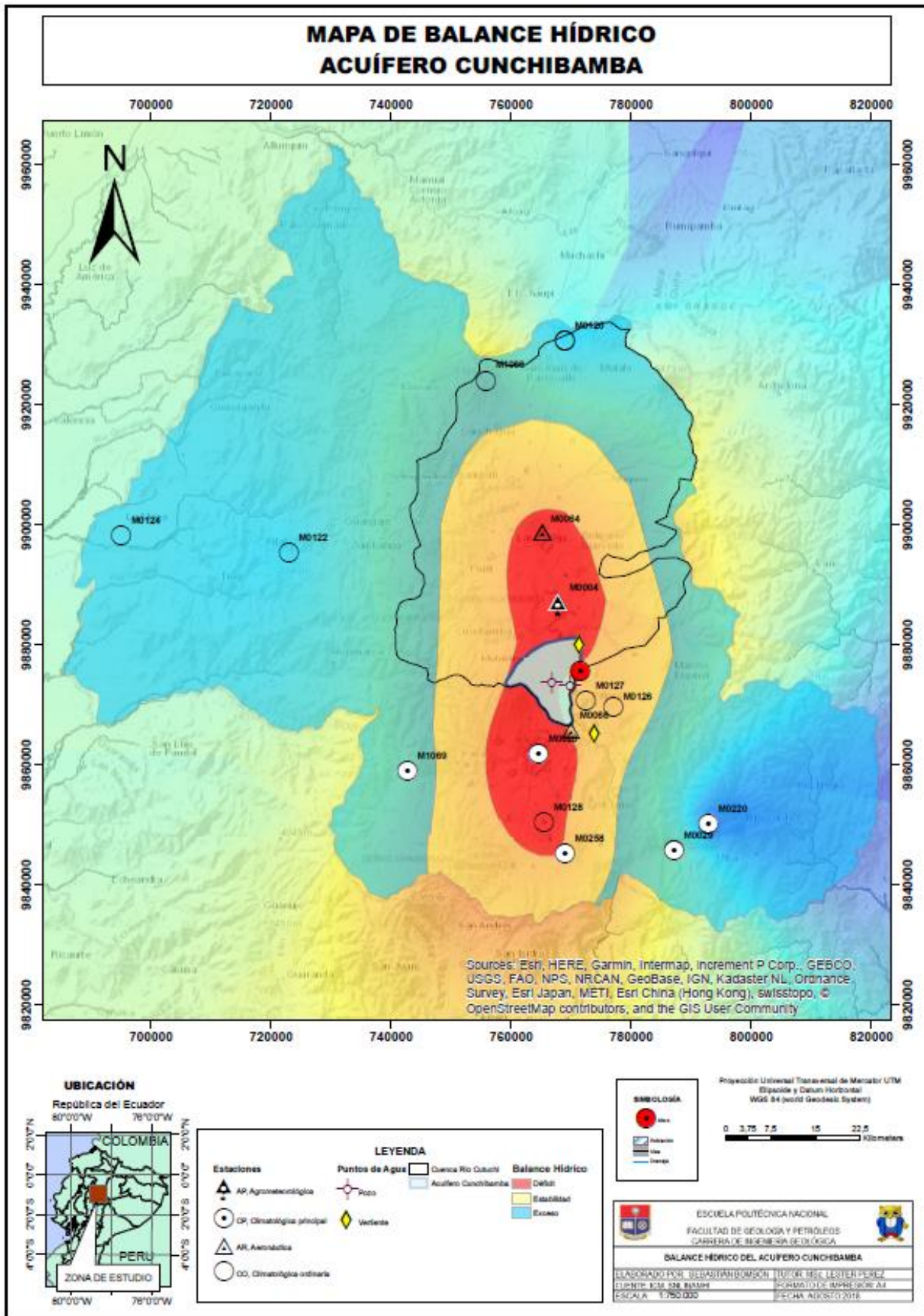


Figura 29 Mapa de Balance Hídrico para la subcuenca del río Cutuchi aplicando el método de Holdridge. Elaborado por Sebastián Bombón.

Para el análisis del Balance Hídrico de la subcuenca del río Cutuchi en el cual, se incluye también el Acuífero Cunchibamba, se procedió a calcular el caudal del río Cutuchi, en la zona más próxima al área de estudio mediante un aforo.

El caudal medido in situ fue de $13,11\text{m}^3/\text{s}$, en el aforo se utilizó la técnica de flotadores para poder determinarlo, el aforo es puntual en la coordenada WGS 84 X: 770835 Y: 9875960, aguas abajo del río Cutuchi, en la zona límite entre Cunchibamba y Píllaro a una altura de 2495 msnm.

El Caudal calculado en el sitio que fue realizado el aforo, varía con relación al caudal que registra la estación hidrológica Cutuchi A.J. Yanayacu (que se encuentra aguas arriba), el cual tiene un valor de $14\text{m}^3/\text{s}$, esto podría deberse a que el agua del río Cutuchi en la zona entre Cunchibamba, Salcedo y Píllaro, estaría siendo aprovechada por concesiones mineras las cuales explotan material pétreo utilizado para la construcción, esta información se obtuvo según el catastro minero de la Agencia de Regulación y Control y Minera (ARCOM) (ver Fig. 30). Es por esa razón que al realizar el aforo puntual en la zona de estudio el caudal es menor al medido por la estación hidrológica aguas arriba.

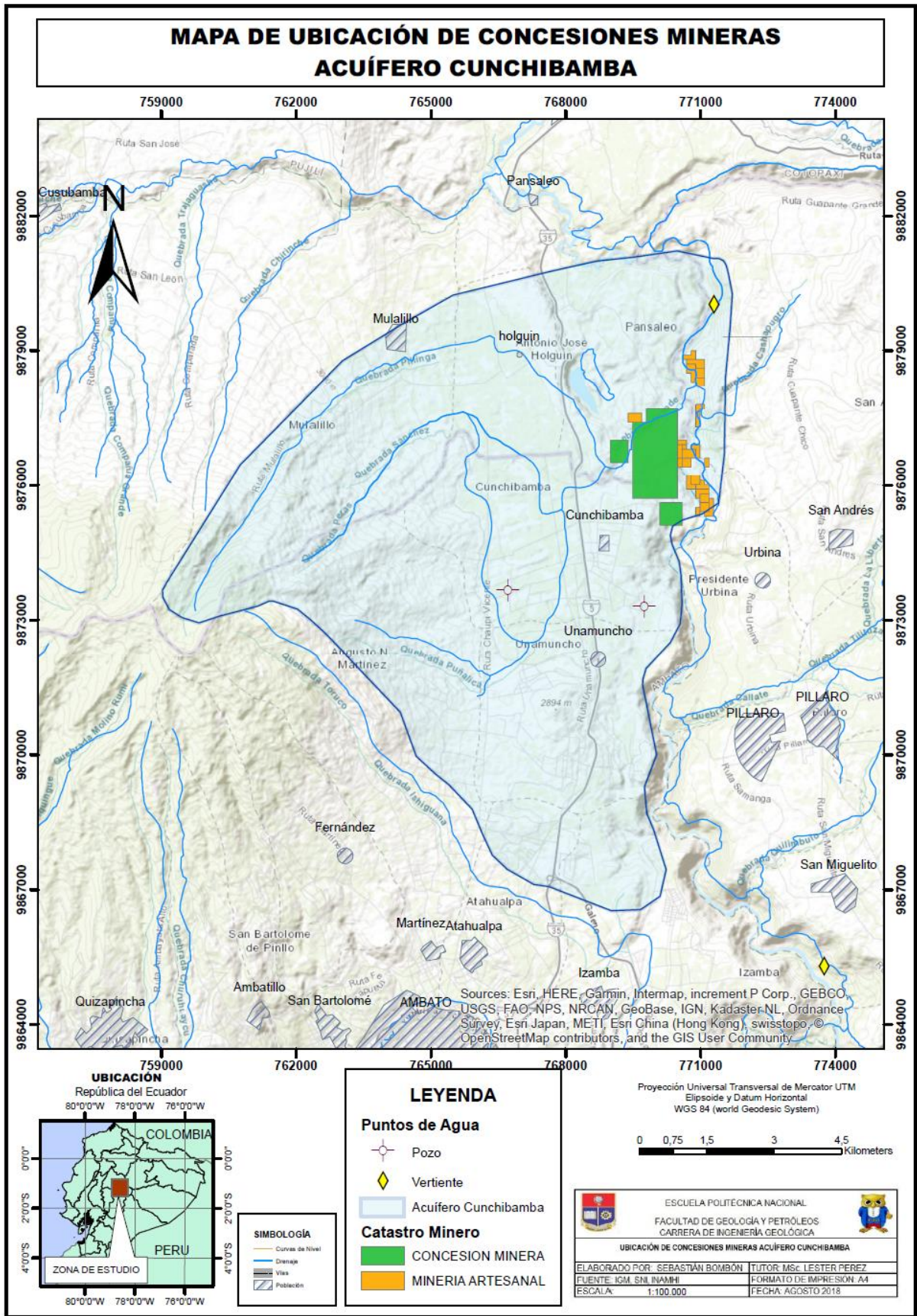


Figura 30 Mapa de ubicación de concesiones mineras presentes en la zona de estudio. Modificado de catastro minero ARCOM. Elaborado por Sebastián Bombón.

El cálculo de la Evapotranspiración potencial, se lo realizará utilizando el método de Thornthwaite, que determina la evapotranspiración potencial en función de la temperatura media, por medio de una relación entre la duración del día y el número de días del mes (Salas, 1988). Este método es el más común en evaluaciones de Balance Hídrico, Climatológicas e Hidrogeológicas.

Thornthwaite primero determina el índice de calor mensual (i) a partir de las temperaturas diarias, monitoreadas por las estaciones meteorológicas, según la fórmula:

$$i = (t/5)^{1,514}$$

Luego se obtiene el índice de calor anual (I), mediante la suma de los 12 valores del índice de calor mensual, para meses de 30 días. A partir de estos datos se obtiene la siguiente fórmula:

$$ETP = 1,6(10^{t/I})^a$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial mensual no corregida en mm/día

t: Temperatura media mensual en °C

I: Índice de calor anual

a: Función compleja de I igual a

$$675 \times 10^{-9}I^3 - 771 \times 10^{-7}I^2 + 1,972 \times 10^{-5}I + 0,49239^3$$

Para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial, tomaremos de referencia a la estación meteorológica Rumipamba, código M0004, debido a que es la estación más cercana al área de estudio. Las series de datos de precipitación y temperatura tienen un rango de 35 años.

Tabla 5 Balance Hídrico de la Estación Rumipamba (M0004). Fuente (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).

BALANCE HIDRICO

ESTACION: **M0004 RUMIPAMBA**

UBICACIÓN	LAT 9887161 LONG 767702 COTA 2685 msnm												Reserva máx:	100
	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	Total
TEMPERATURA	14,7	14,5	14,6	14,1	14,2	13,5	12,9	13,0	13,6	14,5	14,5	14,7	14,7	14,1
ETP corr.	61,5	55,4	61,1	56,3	59,1	53,2	51,6	52,3	53,7	60,9	58,4	61,8	61,5	685,3
PRECIPITACION	47,5	55,4	61,0	69,5	53,4	28,4	17,2	15,1	30,4	49,7	63,1	54,7	47,5	545,3
ETR	47,5	55,4	61,0	56,3	59,1	35,9	17,2	15,1	30,4	49,7	58,4	59,4	47,5	545,3
Déficit	14,1	0,0	0,1	0,0	0,0	17,3	34,4	37,2	23,3	11,2	0,0	2,4	14,1	140,0
Reserva	0,0	0,0	0,0	13,2	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	25,5
Excedentes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Donde se obtiene un valor de Evapotranspiración Potencial igual a 685,3 mm

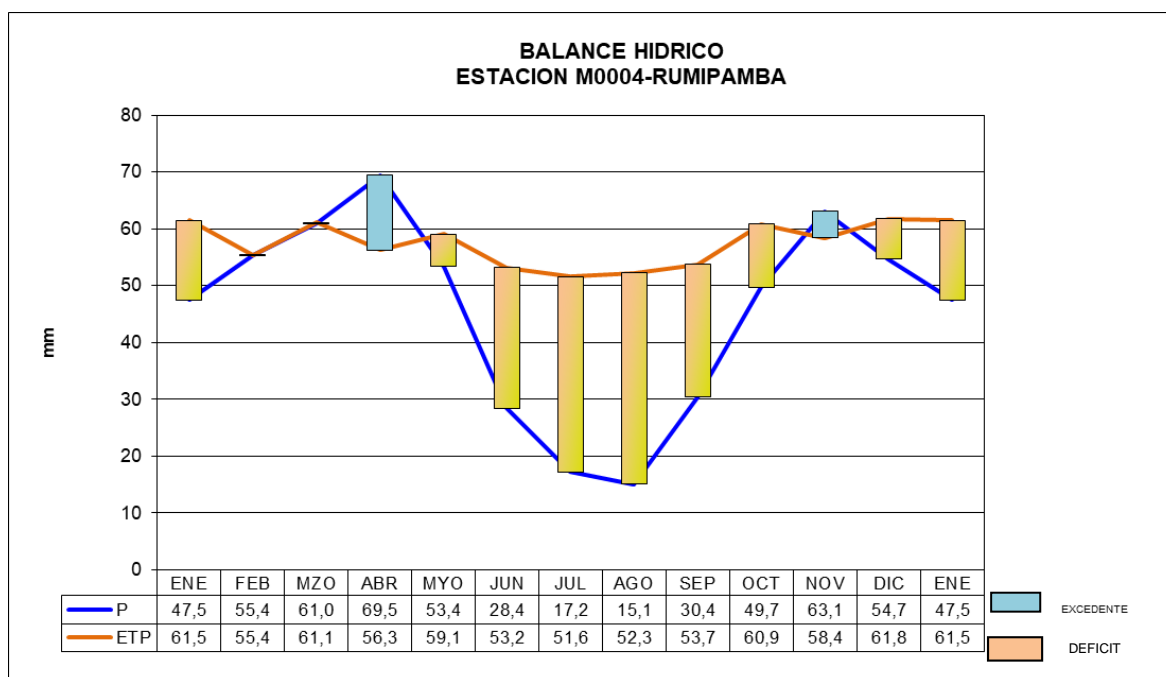


Figura 31 Balance Hídrico de la Estación Rumipamba.

Tabla 6 Resultados de Balance Hídrico. Elaborado por Sebastián Bombón.

NOMBRE ESTACION	CODIGO	CUENCA	LATITUD		LONGITUD	ALTURA	REGISTRO	AREA
			UTM - X	UTM - Y	m.s.n.m.	años	Km2	
AFORO PUNTUAL CUNCHIBAMBA	x	Pastaza	9875960	770835	2495	1980-2015	2270	

Q medio anual	Q específico	Escorrentía	Prec. Med. Subcuenca	Coef. Escu	ETP	P = R + ETP	n	n (%)
m3/s	l/s/km2	mm	mm	%	mm	mm		
13,11	6	182,1	814,43	22	685,3	867,4	-52,97	6,50

Se puede concluir diciendo que el balance hídrico es óptimo, ya que el índice de discrepancia (n) es tolerable y evidencia el déficit hídrico que existe en la zona de estudio.

4.2. HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología es una de las ramas de la geología que se encarga del estudio de agua subterránea, y de las propiedades intrínsecas del recurso hídrico, así como de las características hidrogeológicas de la zona con potencial acuífero. En este estudio se identificará las distintas unidades hidrogeológicas, se realizará el levantamiento hidrogeológico correspondiente del acuífero Cunchibamba, así como también se realizará un inventario de puntos de agua (pozos, vertientes y más lugares que permitan obtener información directa o indirecta del acuífero. En el caso particular de este estudio, debido a la escasez de información obtenida se tomarán en cuenta puntos de agua que se encuentran en sectores proximales a la zona de estudio.

Con la información obtenida se podrán caracterizar las unidades hidrogeológicas diferenciando superficialmente los materiales acuíferos que serán relacionados con la permeabilidad.

La zona de estudio se encuentra en la parte sur de la Unidad Hidrogeológica Ambato-Latacunga, en un área comprendida de 106,11 km² al norte del cantón Ambato la cual abarca las parroquias rurales de Cunchibamba y Unamuncho y parte de la parroquia rural Antonio José Holguín perteneciente al Cantón Salcedo.

La Unidad Hidrogeológica de Latacunga-Ambato se encuentra ubicada en el Valle Interandino, albergando en ella a la superficie total de la provincia de Tungurahua y parte de la Provincia de Cotopaxi. Se extiende por el Norte hasta el Nudo de Tiopullo y al Sur Hasta el Nudo de Igualata, limita de Este a Oeste con las Cordilleras Real y Occidental respectivamente (INAMHI-SGAB, 1992). La Unidad

está presente entre las siguientes coordenadas Latitud (X): 735871 a 790481, Longitud (Y): 9656869 a 9915131, con un área aproximada de 2526 km² (Fig. 32).

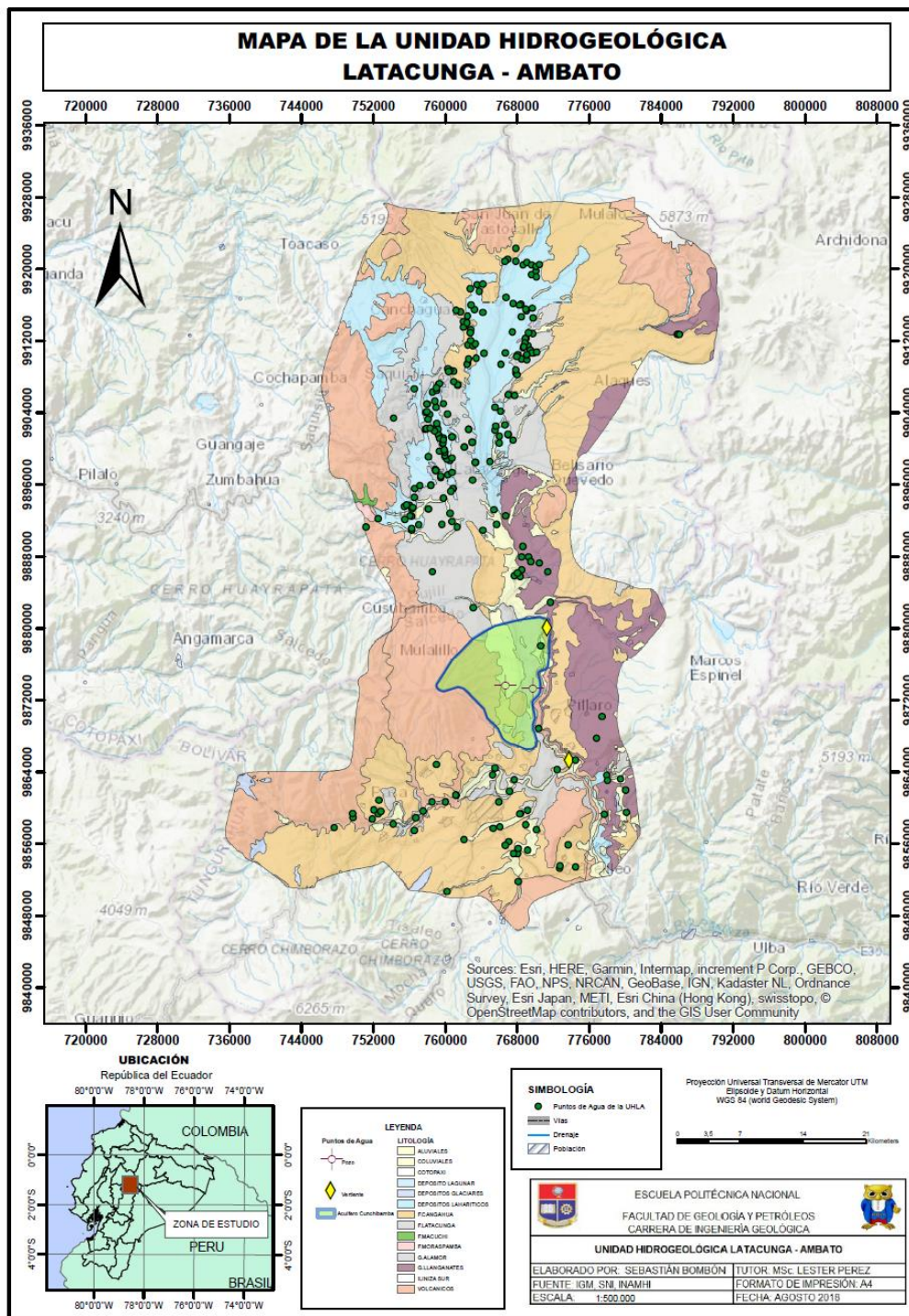


Figura 32 Mapa Unidad Hidrogeológica Latacunga – Ambato (INAMHI, Anuario de estaciones meteorológicas, 2016).

El relieve de la Unidad es irregular, cortado por profundos cañones en los que fluyen ríos, entre los que se destacan el Cutuchi y el Ambato, los cuales aguas abajo forman el río Patate que va hacia el Oriente (INAMHI-SGAB, 1992).

En este capítulo se pone énfasis en describir las características hidrogeológicas como porosidad y permeabilidad de las distintas formaciones existentes en la zona de estudio, recalcando que la geología local se detalló en el capítulo anterior.

4.3. LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

- Reconocimiento geológico de campo e investigación bibliográfica.
- Inventario de puntos de agua (pozos y vertientes), que servirán para la caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica del acuífero Cunchibamba.
- Reinterpretación geofísica de información levantada por organismos de estado tales como INAMHI, EMAPA, entre otros, mediante técnicas de Prospección Geofísica, datos de SEV's los cuales servirán para poder caracterizar a las distintas unidades hidrogeológicas presentes en el área de estudio.
- Análisis de registros de Perforación de pozos, los cuales servirán para constatar los resultados arrojados con la geofísica y mostrarán en detalle la litoestratigrafía de la zona de estudio, en donde está el acuífero denominado Cunchibamba.

4.4. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

4.4.1. COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LOS MATERIALES VOLCÁNICOS

Las rocas de origen volcánico son variadas, pueden ser del grupo de los volcanosedimentos o rocas con estructura maciza. Poseen diferentes características y propiedades hidráulicas, y van desde rocas (lavas) muy fracturadas las cuales poseen alto nivel de permeabilidad hasta tobas y materiales muy finos como ceniza y lapilli, las cuales poseen alta porosidad, pero carecen de permeabilidad y no pueden transmitir el agua a través de sus poros (Davis et al., 1971).

4.4.2. POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

La porosidad es una propiedad intrínseca de cada roca. Las rocas de origen volcánico tienen una porosidad que varía desde el 1% en el caso de los basaltos que no poseen fracturas, hasta más del 85% en el caso de la piedra pómez. La

porosidad no siempre es proporcional a la permeabilidad. Algunas rocas volcánicas pueden tener altos nivel de porosidad, mientras su permeabilidad es variable y está siempre en función de estructuras primarias y secundarias de cada roca más que de su propia naturaleza litológica (Davis et al., 1971).

La mayor parte de rocas volcánicas presentan permeabilidades bajas (entre 10^{-2} y $10^{-5} m/día$, sin embargo, existen muchos basaltos y andesitas muy fracturadas, con intercalaciones de varios tipos de sedimentos con altos niveles de permeabilidad los cuales pueden aumentar la permeabilidad hasta $100 m/día$ (Davis et al., 1971).

Según Custodio (1983), la permeabilidad de las formaciones volcánicas es generalmente anisotrópica, teniendo su nivel máximo en el sentido del flujo o colada y mínimo en el sentido transversal.

Davis et al., (1971), proponen que la permeabilidad horizontal en el caso de las andesitas se debe a la presencia de espacios existentes entre dos coladas o flujos de lava superpuestas y la permeabilidad vertical se debe a las fracturas de las lavas como resultado de contracciones consecuencia de su posterior enfriamiento.

En la zona de estudio existen materiales volcanosedimentarios de tipo depósitos aluviales y coluviales asociados a material laharítico los cuales poseen tanto porosidad como permeabilidad relacionadas a su tamaño de grano, sorteo y a su grado de cementación. Los resultados granulométricos realizados dan indicios favorables para que en estas formaciones el agua puede infiltrarse, ya que poseen altos niveles de porosidad y aunque su permeabilidad es baja y la conductividad hidráulica va en un rango de 10^{-3} a $10^{-5} cm/s$ para material areno limoso Whitlow (1994), es posible la infiltración del agua.

4.4.3. FRACTURACIÓN




Las fracturas son muy comunes en materiales volcánicos, pudiendo llegar a favorecer zonas de preferencia para la circulación de agua subterránea, así mismo pueden actuar como barreras e impedir el paso del agua como en el caso de diques

volcánicos. Las fisuras y fracturas superficiales presentan mayor permeabilidad y al aumentar la profundidad esta propiedad va descendiendo (Barragán, 2017).

4.4.4. UNIDADES LITOPERMEABLES DE LA ZONA DE ESTUDIO

De acuerdo a la información geológica realizada durante las jornadas de campo y al respectivo levantamiento hidrogeológico, se han identificado las diferentes unidades que afloran en la zona de estudio, a estas unidades se las ha calificado de forma cualitativa en base a parámetros como litología y permeabilidad.

Tabla 7 Unidades Litopermeables de la Zona de Estudio. Elaborado por Sebastián Bombón.

LEYENDA HIDROGEOLOGICA			
COLOR	UNIDADES	PERMEABILIDAD	ACUÍFEROS
POROSIDAD PRIMARIA INTERGRANULAR			
	(Q): Aluviales, Terrazas, Dep. Laharíticos, Coluviales	ALTA	Alto rendimiento
	F. Latacunga (Pl), F. Cangahua (Qc)	BAJA	Muy locales y discontinuos
POROSIDAD SECUNDARIA POR FISURACIÓN			
	V. Diferenciados (Vd): Sagoatoa, Unamuncho	BAJA	Muy locales

4.4.5. UNIDADES LITOLÓGICAS PERMEABLES POR POROSIDAD INTERGRANULAR PERMEABILIDA ALTA

Depósitos Superficiales (Aluviales (Da), Coluviales (Dc), Laharíticos (Dh))

Esta unidad presenta alta permeabilidad ya que se compone de material laharítico, arenas de composición media a gruesa y bajo contenido de limos, los cuales poseen porosidad primaria intergranular, con una baja cohesión lo que permite que exista alta permeabilidad; en consecuencia, estos depósitos permiten la infiltración, así como el almacenamiento de agua, por lo cual se los pueden catalogar como potencial hidrogeológico. En la zona de estudio se presentan como suelos superficiales muy aptos para la agricultura y en las zonas proximales al río Cutuchi en forma de conglomerados en una matriz arenosa y zonas de derrumbe.

PERMEABILIDAD BAJA

Formación Latacunga (P_L)

Esta formación presenta una permeabilidad baja a media por su composición litológica heterogénea la cual causa un fenómeno de anisotropía que a su vez

provoca una variación espacial de porosidad y permeabilidad. Esto se debe a que esta formación agrupa las unidades Chalupas y Latacunga y a estas se las define como un paquete de flujos potentes de pómez en una matriz de vidrio volcánico y subyaciendo a esta otro paquete de volcanosedimentos el cual está dispuesto a través de capas de arena media a gruesa con contenido de limo variable y conglomerados en una matriz arenosa que se depositan sobre la facie volcánica de la unidad Latacunga, las cuales presentan buena porosidad, por lo que en nuestra zona de estudio donde aflora esta formación existen ciertos estratos que impiden la infiltración y la circulación del agua y otros que favorecen a la misma considerándolos como estratos saturados.

Formación Cangahua (Q_c)

Presenta una permeabilidad que va en un rango de baja a media y una porosidad primaria de tipo intergranular, al estar compuesta de ceniza volcánica retrabajada luego de haberse sedimentado deja espacios vacíos entre las partículas poros. Esta formación puede entenderse como zona de infiltración de agua siempre y cuando los poros estén interconectados entre sí, de lo contrario no se la considera con valor hidrogeológico. La formación Cangahua aflora de manera superficial en la zona de estudio depositándose sobre la formación Latacunga.

4.4.6. UNIDADES LITOLÓGICAS PERMEABLES POR FRACTURACIÓN PERMEABILIDAD BAJA

Volcánicos Sagoatoa (V_d)

La unidad presenta en su mayoría flujos de lava con intercalaciones de piroclastos procedentes del Volcán Sagoatoa. Al estar compuesta por estos depósitos presenta permeabilidad secundaria por fisuración que va en un rango de media a baja, puede clasificarse como una unidad mixta ya que por la intercalación de piroclastos presenta porosidad intergranular. En la zona de estudio esta unidad se presenta como tobas en su mayoría con pequeños afloramientos de andesita. Su descarga natural se da por medio de vertientes y manantiales los cuales no son observados en la zona de estudio.

Facie Volcánica de la Unidad Latacunga

Esta facie está compuesta por lavas de composición andesítica de color gris oscuro y brechas rojizas, las cuales se encuentran fracturadas y por esa razón presentan porosidad secundaria por fisuración, presentan también una permeabilidad baja y se toman en cuenta en esta clasificación debido a que según información de EMAPA (2016), al realizar perforaciones, verificaron que en las grietas de estas rocas existía agua.

4.5. MAPA DE LITOPERMEABILIDAD

El mapa de litopermeabilidad se lo realiza a partir del mapa geológico, en este mapa se muestran las características intrínsecas de cada unidad o formación litológica como porosidad intergranular y permeabilidad media; de esta manera se puede percibir cuales formaciones son de interés hidrogeológico. A continuación, se muestra el mapa de litopermeabilidades para la zona de estudio en donde se encuentra el Acuífero Cunchibamba (Fig. 33).

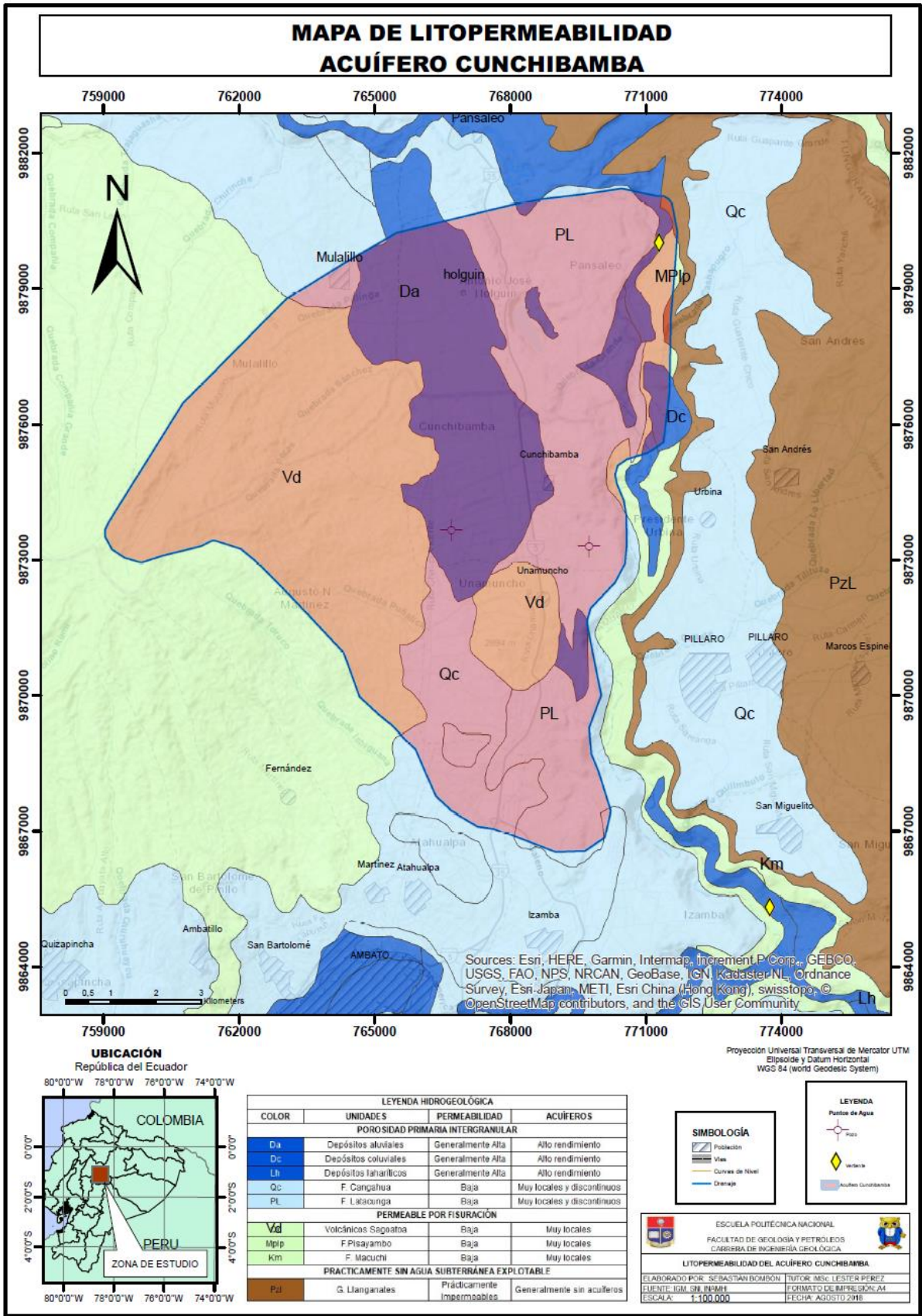


Figura 33 Mapa de Litopermeabilidad Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

4.6. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

El inventario de pozos y vertientes tiene como finalidad organizar la información que se obtiene a partir de puntos de agua que existen dentro de la zona norte de Ambato y que por su ubicación son tomados en cuenta en este estudio; es un sistema útil para la exploración de agua subterránea, y nos da una idea muy clara de las características hidrogeológicas del área de análisis, además de darnos un acceso directo o indirecto a un acuífero y la dinámica hidráulica del mismo (INAMHI-EMAPA, 1993) . Los datos que se van a mostrar en la tabla siguiente han sido recopilados en salidas de campo y con información histórica obtenida mediante bibliografía.

En la tabla 8 se va a mostrar el inventario de pozos profundos realizados por la Emapa, así como también las vertientes localizadas en las cercanías al área de estudio, estos puntos se van a exponer a continuación con la finalidad de tener un registro del agua subterránea existente en la zona de interés y que servirán como aporte para futuros estudios hidrogeológicos dentro del sector norte de Ambato.

Esta información podrá ser correlacionada con los parámetros físico-químicos del Acuífero Cunchibamba, así como también servirán para realizar una correlación de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea existente dentro de la demarcación del cantón Ambato.

Para este estudio solo se utilizarán los pozos y las vertientes que tengan influencia en el área de estudio o por su proximidad den alguna información puntual sobre el acuífero Cunchibamba (Fig. 34).

Tabla 8 Inventario de Pozos y Vertientes (EMAPA, 2016).

#	Código	Nombre	X	Y	Z	Tipo
1	EMpz001	San Pablo	766702	9873658	2686	Pozo
2	EMpz002	San Vicente	769744	9873308	2613	Pozo
3	V001	Huapante	771291	9880020	2509	Vertiente
4	V002	Quillán La Playa	773744	9865308	2377	Vertiente

4.7. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Con la finalidad de conocer las (C.T.A, 2014) características geológicas e hidrogeológicas del subsuelo y poder determinar las posibilidades de almacenamiento y circulación de agua, se toma el estudio geofísico realizado por Agroindustrial (2014).

Se han realizado cinco Sondajes eléctricos verticales (SEV), los mismos que tienen una denominación de SEV1 a SEV5 dentro de la Hacienda La Magnífica en la parroquia de Unamuncho y además están dentro de la zona de estudio (Fig. 34) (C.T.A 2014).

Tabla 9 Tabla de Ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales. Fuente (C.T.A, 2014).

Sondeos Eléctricos Verticales				
SEV's	Ubicación	Longitud (X)	Latitud (y)	Altitud (h)
1	Unamuncho	766336	9871772	2776
2	Unamuncho	766356	9872022	2773
3	Unamuncho	766547	9871830	2770
4	Unamuncho	766488	9872070	2768
5	Unamuncho	766800	9872026	2760

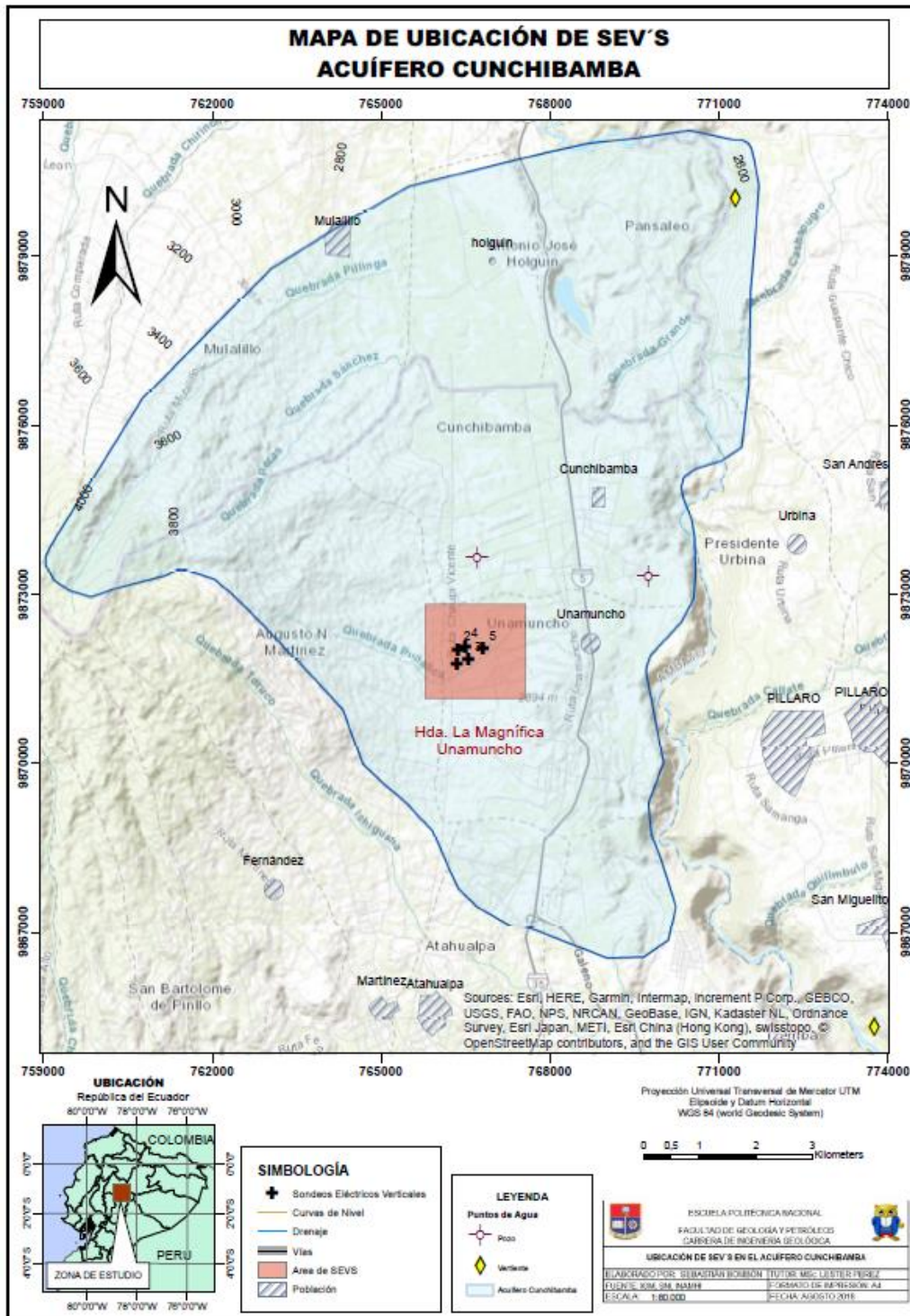


Figura 34 Mapa de Ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales. Elaborado por Sebastián Bombón.

El método de sondeos utilizado es un procedimiento indirecto de prospección, en donde se toman en cuenta las características físicas y químicas de los materiales aflorantes y subyacentes, para esto se utilizó la configuración geoelectrica de “Schlumberger Modificada” la cual utiliza separaciones cortas entre los electrodos

de corriente (A-B) para tener un mayor conocimiento sobre los estratos. La amplitud total de los electrodos de corriente A-B varía entre los 140 y 160 metros, con lo que los sondeos dan lectura e información de profundidades entre los 30 y 40 metros de profundidad a partir de la superficie.

De acuerdo a los resultados arrojados por cada uno de los sondeos, se realizaron perfiles o cortes geoelectricos, los mismos que fueron corroborados por análisis de campo y por información previa de dos pozos profundos en la zona de estudio (C.T.A, 2014). Los sondeos se encuentran proyectados en la (Fig.34), los mismos están en el área de estudio donde se extendería también el acuífero, en la parroquia Unamuncho al sur de la cuenca rio Cutuchi.

4.7.1. PERFIL GEOELÉCTRICO N°1 (SEV1)

Estrato Geoelectrico A-1

Se trata de suelo superficial con una composición litológica variada con aportes de limos y arenas de composición tobácea. Este estrato tiene un alto grado de meteorización y una variable retención de humedad dependiendo de las condiciones meteorológicas temporales. Presenta baja cohesión es un estrato poco compacto. Se tiene una resistividad eléctrica de: 535 Ω m (SEV1: W) en donde se expresa un alto rango de resistividad eléctrica lo cual sugiere la presencia de material con distinto tamaño de grano en la superficie del terreno. El espesor alcanzado es de 0,5 metros.

Estrato Geoelectrico B-1

Se trata de un estrato de poco espesor, el cual solo es visible en el SEV1. Litológicamente presenta material arenoso. Además, presenta una variable retención de humedad, sin saturación y es un material muy poco compactado con altos niveles de meteorización, ya que aún es un estrato superficial. Se tiene una resistividad eléctrica de: 1021 Ω m a 1076 Ω m (SEV1) y un espesor de 1,96 metros.

Estrato Geoelectrico C-1

Este estrato se encuentra debajo de las capas A-1 y B-1, se trata de una secuencia semicompacta de composición arcillo-limosa. En cuanto a características

hidrogeológicas se lo considera como un horizonte subsuperficial con características de porosidad y permeabilidad bajas. Se tiene una resistividad eléctrica de: 29,4 Ωm (SEV1) y un espesor de 29,6 metros.

Estrato Geoeléctrico D-1

Este estrato subyace al estrato C-1 en el perfil 1 y está compuesto de rocas ígneas con fracturas de composición andesítica. La resistividad eléctrica es de: 4956 Ωm (SEV1) y se tiene un espesor no está determinado dentro del perfil.

N	ρ	h	d	Alt
1	535	0.5	0.5	-0.5
2	1021	1.79	2.29	-2.293
3	1076	0.177	2.47	-2.47
4	29.4	29.6	32.1	-32.06
5	4956			

Figura 35 Resistividad Eléctrica. Fuente (C.T.A, 2014)

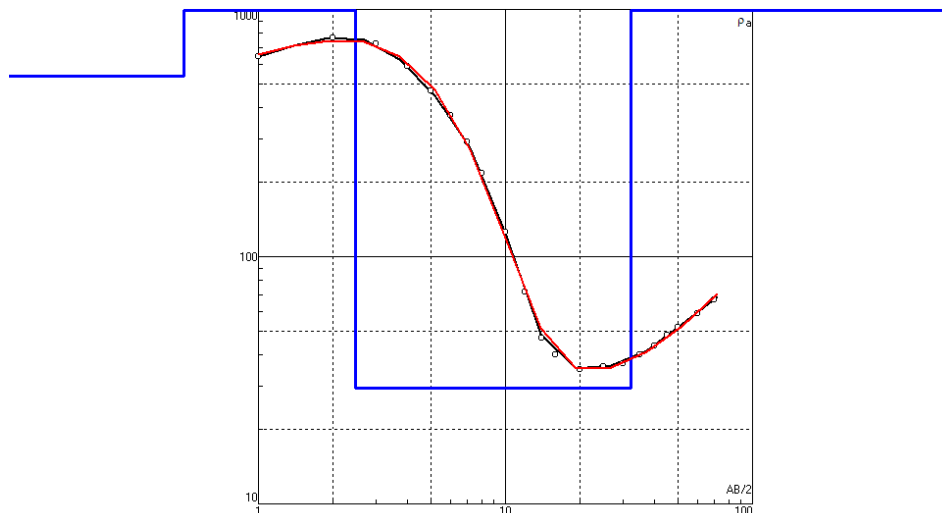


Figura 36 Curva de Resistividad eléctrica del SEV1.

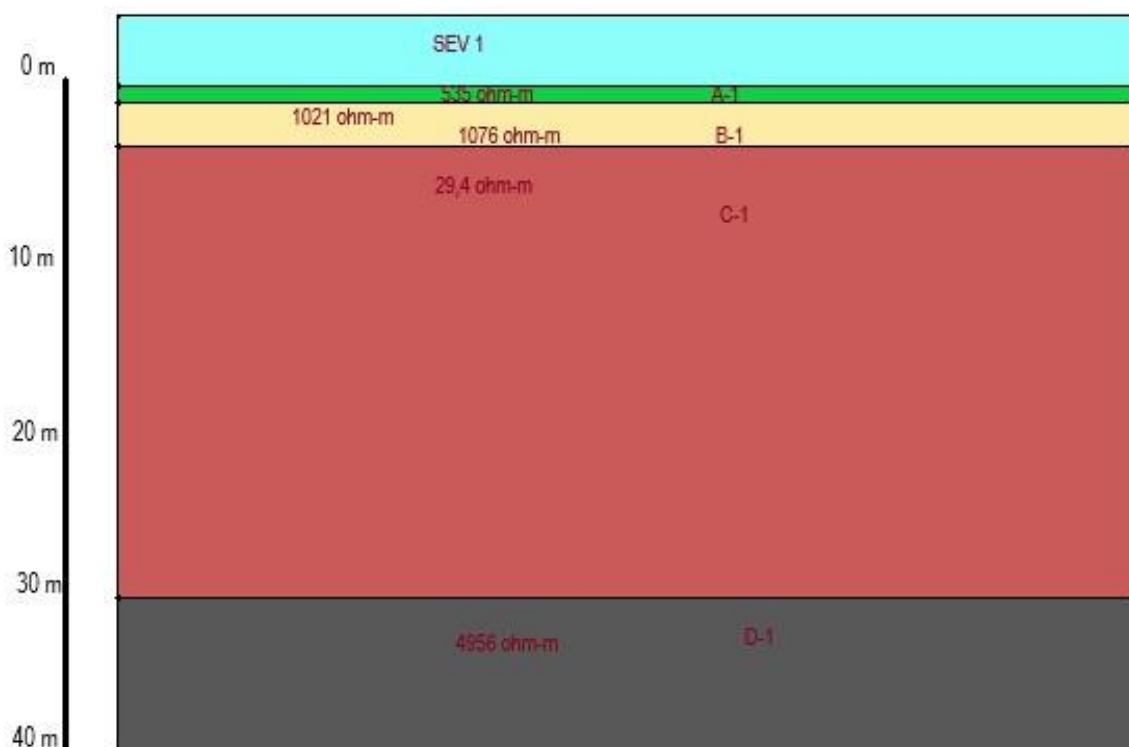


Figura 37 Perfil Geoelectrico N°1 (SEV.1 - Dirección Aproximada: W-E). Sector San José de Unamuncho. Fuente (Agroindustrial, 2014). Elaborado por Sebastián Bombón.

4.7.2. PERFIL GEOELÉCTRICO N°2 (SEV2-SEV3)

Estrato Geoelectrico A

Suelo superficial que consta de arenas y limos tobáceos, presenta un alto grado de meteorización y una variable retención de humedad sin saturación dependiendo de las condiciones meteorológicas temporales. Estrato con poca compactación. La resistividad eléctrica es de: 129 Ω m (SEV2) a 116 Ω m (SEV3). Este rango de resistividad responde a la variable composición granulométrica de los materiales superficiales. El espesor de la capa es de 0,6 a 0,8 metros.

Estrato Geoelectrico B

Se trata de un estrato compuesto por arenas saturadas y limos compactados, es una capa con poco espesor. Presenta características porosas y permeables con cierto grado de humedad, sin saturación y poco compactada. La resistividad eléctrica registrada es de: 179 Ω m (SEV2) a 173 Ω m (SEV3) con un espesor de 0,6 metros.

Estrato Geoelectrico C

Capa expuesta en el SEV2 y el SEV3. Se compone de limos arcillosos de composición tobácea y tiene un espesor de 5,7 metros (SEV2) a 11,8 metros (SEV3). Esta capa presenta un nivel variable de humedad intersticial además de un grado medio de compactación. La resistividad eléctrica es de: 31,4 Ωm (SEV2) a 29,1 Ωm (SEV3).

Estrato Geoelectrico D

Esta capa se presenta a modo de cuña, subyace a los estratos anteriormente mencionados y no se observa en el SEV3, se compone de limos arcillosos tobáceos su espesor es de 14,4 metros (SEV2) y presenta un bajo grado de humedad intersticial y un nivel medio a bajo de compactación. La resistividad eléctrica es de: 15,8 Ωm (SEV2) a 30,7 Ωm (SEV2).

Estrato Geoelectrico E

Estrato en forma de cuña visible en el SEV3, esta capa se acuña en dirección al SEV2 hacia el oeste. Presenta una secuencia de limos arenosos y arenas tobáceas con poca arcilla. Es un estrato prácticamente sin humedad intersticial con grado medio de compactación. El espesor de la capa no está determinado dentro del perfil y la resistividad eléctrica es de: 200 Ωm (SEV3).

Estrato Geoelectrico F

Subyace a las capas D y E en el perfil 2 y es visible en el SEV2, se compone litológicamente de rocas fracturadas de composición andesítica. La resistividad eléctrica es de: 4691 Ωm (SEV2) y el espesor del estrato no está determinado dentro del perfil.

N	ρ	h	d	Alt
1	129	0.6	0.6	-0.6003
2	179	0.558	1.16	-1.159
3	31.4	5.74	6.9	-6.902
4	15.8	9.12	16	-16.02
5	18.9	2.49	18.5	-18.51
6	30.7	2.83	21.3	-21.35
7	4691			

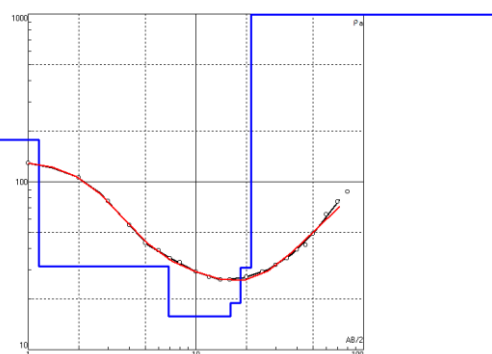


Figura 38 Curva de Resistividad eléctrica del SEV2.

N	ρ	h	d	Alt
1	116	0.88	0.88	-0.8799
2	173	0.497	1.38	-1.377
3	29.1	11.8	13.2	-13.17
4	346	15.7	28.9	-28.86
5	200			

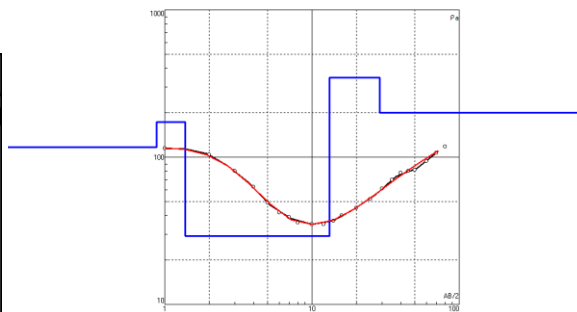


Figura 39 Curva de Resistividad eléctrica del SEV3.

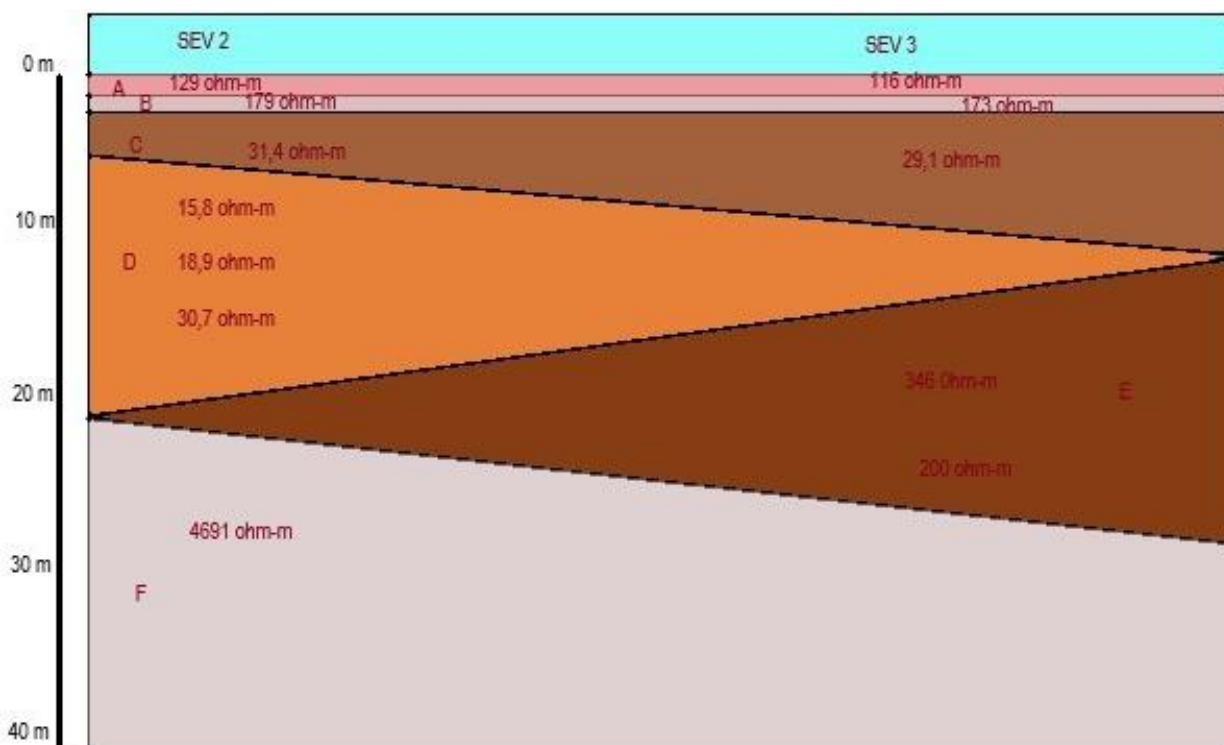


Figura 40 Perfil Geoelectrico N°2 (SEV.2-SEV.3 - Dirección Aproximada: W-E). Sector: San José de Unamuncho. Fuente (C.T.A, 2014). Elaborado por Sebastián Bombón.

4.7.3. PERFIL GEOELÉCTRICO N°3 (SEV4-SEV5)

Estrato Geoelectrico A

Suelo superficial que consta de limos y arcilla, presenta un alto grado de meteorización y una variable retención de humedad sin saturación dependiendo de las condiciones meteorológicas temporales. Estrato con poca compactación. La

resistividad eléctrica es de: 44,4 Ωm (SEV4) a 42,5 Ωm (SEV5). El espesor de la capa es de 0,6 metros.

Estrato Geoelectrico B

Se trata de un estrato que se acuña en dirección al SEV5 al este, compuesto por arenas medias a gruesas y gravas, es una capa con poco espesor. Presenta características porosas y permeables con cierto grado de humedad, sin saturación y poco compactada. La resistividad eléctrica registrada es de: 306 Ωm (SEV4).

Estrato Geoelectrico C

Capa expuesta en el SEV4, estrato en forma de cuña. Se compone de arcilla y tiene un espesor de 0,69 metros (SEV4). Esta capa presenta un nivel variable de humedad intersticial además de un grado medio de compactación. La resistividad eléctrica es de: 3,67 Ωm (SEV4).

Estrato Geoelectrico D

Esta capa se presenta a modo de cuña entre los estratos B y C, se observa en el SEV5 y se acuña hacia el oeste en dirección al SEV4, se compone de gravas y arenas de distinto tamaño de grano, su espesor es de 0,31 metros (SEV5) y presenta un bajo grado de humedad intersticial y un nivel medio a bajo de compactación. La resistividad eléctrica es de: 658 Ωm (SEV5).

Estrato Geoelectrico E

Estrato que subyace a las capas anteriormente mencionadas, presenta una secuencia de limos y arcillas. Es un estrato prácticamente sin humedad intersticial con grado medio de compactación. El espesor de la capa es de: 29,7 metros (SEV4) a 25,5 metros (SEV5) y la resistividad eléctrica es de: 39,6 Ωm (SEV4) a (36,3 – 27,9) Ωm (SEV5).

Estrato Geoelectrico F

Subyace a las capas D y E en el perfil 3, se compone litológicamente de rocas ígneas fracturadas de composición andesítica. La resistividad eléctrica es de: 3687

Ωm (SEV4) a $2422 \Omega\text{m}$ (SEV5) y el espesor del estrato no está determinado dentro del perfil.

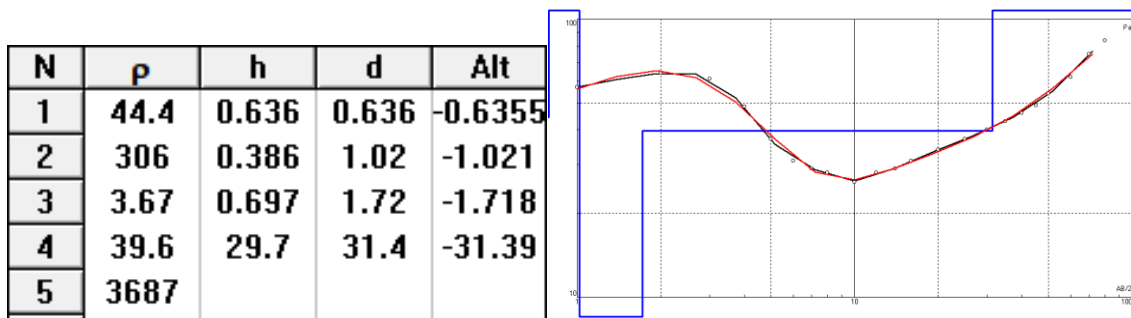


Figura 41 Curva de Resistividad eléctrica del SEV4.

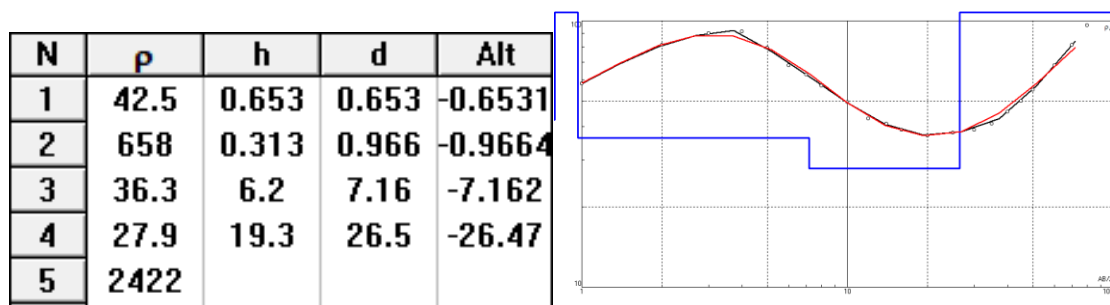


Figura 42 Curva de Resistividad eléctrica SEV5.

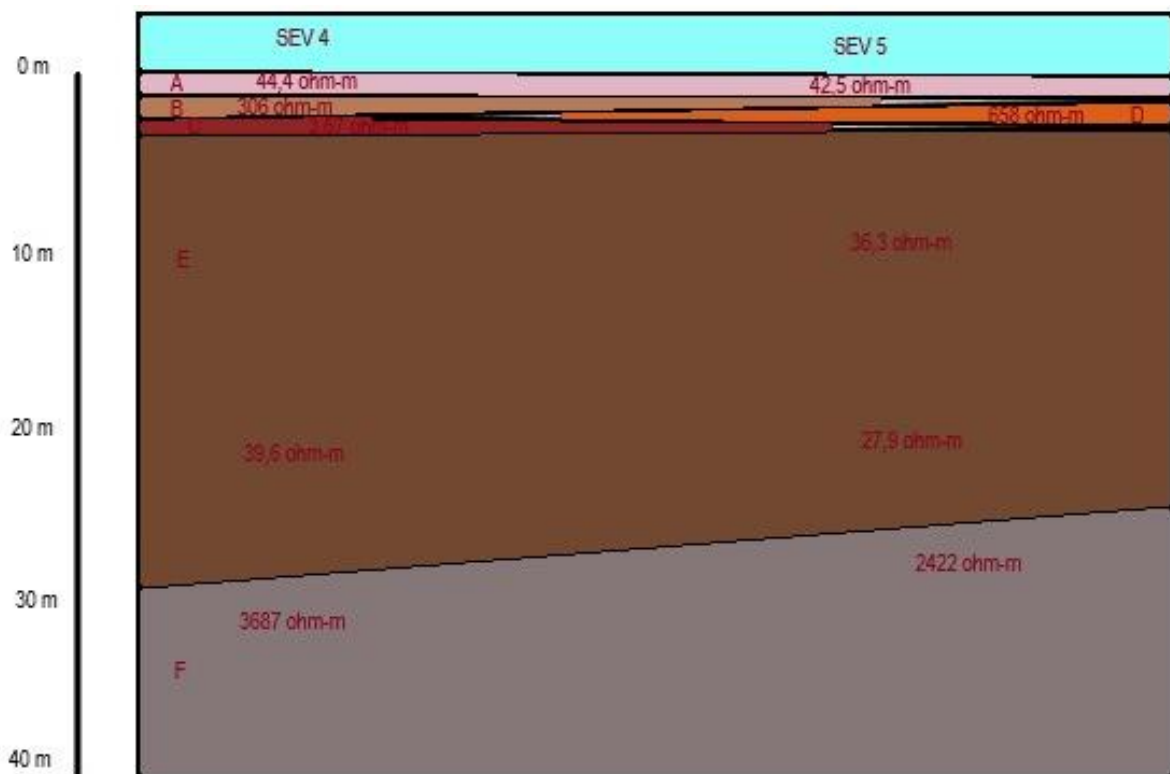


Figura 43 Perfil Geoeléctrico N°3 (SEV.4-SEV.5 - Dirección Aproximada: W-E). Sector: San José de Unamuncho. Fuente (C.T.A, 2014). Elaborado por Sebastián Bombón.

4.7.4. RESULTADOS

Los sondeos eléctricos verticales fueron realizados en la parte baja de un declive montañoso entre el volcán Sagoatoa y el Unamuncho. El terreno se sitúa en una semimeseta limitada al suroriente por la quebrada Guagrahuaycu que alcanza una profundidad aproximada de 30 metros.

En conclusión, los sondeos presentados anteriormente, indican la disposición de estratos superficiales los cuales fueron visibles en la zona de estudio, pero a menor detalle; además estos sondeos permiten describir de una mejor manera las características hidrogeológicas de los estratos, permitiendo así poder identificar capas, las cuales presentan interés hidrogeológico debido a su composición litológica, contenido de humedad y tamaño de grado. Estos estratos estarían sobreyaciendo a la zona saturada en donde se encuentra el acuífero Cunchibamba. El alcance de estos sondeos es de 40 metros de profundidad a partir de la superficie del terreno.

En general se distinguen estratos que están compuestos por secuencias de limos arenosos y arcillosos de origen volcanosedimentario. A medida que aumenta la profundidad los materiales volcanosedimentarios aumentan en cuanto a su granulometría y aparecen arenas gruesas con poco limo y arcilla de composición tobácea, además existen lavas volcánicas fracturadas las cuales tienen espesores que no son determinados en los perfiles. Por todo lo señalado anteriormente la zona de estudio al menos hasta los 40 metros de profundidad presenta una litología heterogénea, la cual se ajusta bien a lo observado en campo.

Este estudio sugiere que a medida que aumenta la profundidad las condiciones para hallar estratos con potencial acuífero incrementarán, ya que las arenas gruesas tienen buena conductividad hidráulica además de porosidad, así mismo las lavas registradas por los sondeos se encuentran fracturadas y tienen permeabilidad por fracturamiento.

4.8. SONDEOS DE INVESTIGACIÓN Y RECONOCIMIENTO

Una vez que se revisaron los resultados de los sondeos eléctricos verticales y en vista de que no se encontraron estratos con saturación de agua en una profundidad de 0 a 40 metros, surge la necesidad de usar los datos de perforación que los realizó EMAPA (2016), con la finalidad de conocer la litológica de la zona de estudio a una mayor profundidad, así como las características hidrogeológicas de la misma.

Las perforaciones se las realizaron en la parroquia de Cunchibamba, en los barrios San Pablo y San Vicente en las coordenadas y cotas presentadas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 10 Ubicación de los Pozos Profundos (EMAPA, 2016).

SONDEO	COORDENADAS UTM		COTA (msnm)
	X	Y	
Pz1	766702	9873657	2686
Pz2	769744	9873308	2613

4.8.1. LITOLÓGÍA DE LOS POZOS DE INVESTIGACIÓN

Esta información es proporcionada por EMAPA Ambato, la cual realizó la perforación de dos pozos profundos para la captación de agua subterránea en dos barrios de la parroquia Cunchibamba de la ciudad de Ambato: San Pablo Cunchibamba y San Vicente Culapachán (EMAPA, 2016).

Esta información es analizada y comparada con el trabajo de campo realizado para este estudio y los resultados obtenidos de los SEVs. Además, con la presente información se realizó una columna estratigráfica de la zona de estudio para poder apreciar de mejor manera la disposición de las capas que sobreyacen a la zona saturada, así como sus características hidrogeológicas como la porosidad y permeabilidad.

La secuencia de capas según estas perforaciones se dispone de la siguiente manera para el pozo EMpz001 (San Pablo Cunchibamba):

Perfil Litológico		
Espesor (metros)	Litología	
0-1	Suelos	
1-8	Tobas	
8-10	Piedras + arena	
10-14	Arena gruesa + piedras	
14-20	Tobas	
20-31	Piedras + arenas gruesas rojizas	
31-35	Piedras + triturados	
35-39	Arena gruesas + triturados rojizos	
39-41	Piedras	
41-68	Arena gruesa gris y rojiza	
68-77	Arena fina rojiza y gris consolidada	
77-87	Andesitas + roca	
87-93	Arenas gruesas + piedras	
93-99	Andesitas + conglomerado	
99-100	Roca	
100-116	Andesitas	
116-144	Arena rojiza consolidada	
144-150	Arena fina y media consolidada	
150-176	Arena fina y gruesa rojiza	
176-190	Andesitas	
190-199	Andesitas + arcilla café	

199-203	Andesitas	~~~~~ ~~~~~
203-210	Arena fina y media rojiza y gris consolidada
210-224	Andesitas	~~~~~ ~~~~~
224-239	Arena media, gruesa gris y rojiza
239-247	Andesitas	~~~~~ ~~~~~ ~~~~~

Figura 44 Perfil litológico del pozo EMpz001 (EMAPA, 2016).

Para el pozo EMpz002 (San Vicente Culapachán):

Perfil Litológico		
Espesor (metros)	Litología	
0-1	Suelos	
1-12	Tobas	
12-15	Arena media y gruesa	
15-17	Arcilla café	
17-20	Arena gruesa + gravilla	
20-21	Arcilla café	
21-39	Arena media + piedras	
39-49	Arena fina y media + cantos rodados	
49-58	Arena media + piedras	
58-68	Arcilla compacta gris	
68-71	Arena fina y media consolidada	
71-77	Arena media + piedras	
77-87	Arena fina consolidada	
87-96	Arena fina y media arcillosa	
96-106	Arena fina consolidada + poca arcilla	
106-109	Arena + piedras	
109-116	Arcilla compacta	
116-126	Arena fina consolidada	
126-128	Arena fina y media consolidada	
128-137	Roca	
137-161	Arena fina gris consolidada	
161-173	Arena fina y media rojiza consolidada	
173-183	Arena fina y media rojiza y gris consolidada	

183-196	Arena fina y media + arcilla roja	
196-220	Roca	
220-248	Poca arena fina rojiza y gris + arcilla café	
248-261	Arena media y gruesa rojiza y gris	

Figura 45 Perfil litológico del pozo EMpz002 (EMAPA, 2016).

Según la información adquirida mediante las perforaciones descritas anteriormente, se comprueba la información dada por los SEVs sobre la parte superficial, además esta información empata con la geología de la zona de estudio detallada en capítulos anteriores, puesto que a manera general el área de estudio está cubierta por flujos volcánicos y volcanosedimentos de distintas fuentes y edades como se explica en capítulos anteriores.

Estos pozos aportan gran información hidrogeológica sobre la zona de estudio, así como de las características intrínsecas de los estratos en donde existe agua subterránea, de tal manera que se facilita el conocimiento sobre los distintos materiales que sobreyacen a la zona saturada. Los pozos llegan a profundidades mayores a los 200 metros en donde encuentran agua subterránea con un caudal adecuado y con capacidad de explotación, la cual se encontraría almacenada en la formación Latacunga ya que se le calcula un espesor de 150 metros para la facie sedimentaria (Dávila, 1990) y subyaciendo a ésta unos 1500 metros de espesor para la facie volcánica (DGGM, 1978).

4.9 ACUÍFERO DE VOLCANOSEDIMENTOS, PIROCLASTOS Y DEPÓSITOS ALUVIALES “CUNCHIBAMBA”.

Se encuentra localizado en la zona de estudio mostrada anteriormente en las inmediaciones de la parroquia de Cunchibamba y se extiende hacia el este hasta el límite entre Cunchibamba y el Cantón Píllaro, en la parte sur de la cuenca del río

Cutuchi. Está formado por volcanosedimentos de tipo pómez en la parte más superficial y material de composición tobácea intercalado con arenas media y gruesas con una variable cantidad de limos, depósitos de material laharítico y sedimentos fluvio lacustres a mayor profundidad (Dávila, 1990). Estos materiales presentan un espesor considerable y según la información de los pozos de investigación se aproxima a los 150 metros; hacia la base de estos se encuentran lavas de composición andesítica y brechas fisuradas agrupadas dentro de la facie volcánica de la unidad Latacunga (Dávila, 1990). Existe la probabilidad de que por los distintos aportes de sedimentos de origen volcánico y la intercalación de sedimentos fluvio lacustres de la misma composición encontrados en la zona de estudio, se hallasen lentes de agua o “acuíferos colgados”, ya que unos materiales son más permeables que otros, como se detalla en la descripción de las unidades hidrogeológicas, y por esta razón algunas rocas impiden el paso del agua hacia estratos inferiores (Custodio, 1983).

Por todo lo señalado se asume que el acuífero se encontraría emplazado en la formación Latacunga y sería de tipo “**Semiconfinado**” debido a la disposición heterogénea de los estratos que sobreyacen al acuífero. Además, la infiltración de agua se produciría en materiales sedimentarios y fluvio lacustres de composición volcánica como arenas medias y gruesas, arcillas no cohesivas y lavas fracturadas (buena permeabilidad) existentes en la zona de estudio.

CAPÍTULO 5

5. HIDROGEOQUÍMICA

La hidrogeoquímica es la rama de la hidrogeología que se encarga de estudiar las propiedades físico-químicas del agua, así como también el origen, evolución y composición del agua subterránea. Permite conocer las zonas de recarga y descarga del acuífero, las relaciones de intercambio iónico, dirección del flujo subterráneo y la capacidad de almacenamiento del acuífero (Barragán, 2017); todas estas son herramientas que nos permiten caracterizar al acuífero y conocer su procedencia.

El estudio hidrogeoquímico requiere de un análisis bibliográfico previo sobre puntos de agua, así como también de un estudio de campo en el área de interés, en donde se toman muestras las cuales posteriormente son analizadas en un laboratorio y permiten conocer los parámetros físico-químicos del agua subterránea. También es importante la observación de estaciones meteorológicas y pluviométricas las cuales miden el volumen de precipitaciones y caudales, los cuales son parámetros utilizados para analizar las zonas de recarga del acuífero (Hidrogeoquímica, 2005).

En este capítulo se realizará una caracterización en cuanto a la composición química del agua proveniente de pozos profundos y vertientes influyentes en la zona de estudio, con lo que se determinará la dinámica del agua subterránea.

5.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Para este punto se han tomado en cuenta la información de pozos profundos y vertientes, los cuales están en la zona de estudio o tienen influencia en la misma.

Se van analizar parámetros físicos como: turbiedad, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto; y parámetros químicos de iones como: Na, Fe, Ca, K, Mg, Cl, SO_4 , HCO_3 , CO_2 , NO_3 .

En la Tabla 11, se detalla la información de los pozos y las vertientes que se van a tomar en cuenta en el presente estudio, los cuales tienen influencia directa con el acuífero por su localización.

Cabe mencionar que estas vertientes se ubican a los flancos del río Cutuchi aguas abajo en las coordenadas mencionadas y pertenecen a la Cuenca Hidrográfica río Pastaza, Subcuenca río Cutuchi.

5.2. MUESTREO Y RESULTADOS QUÍMICOS DEL AGUA DE LOS POZOS PROFUNDOS Y VERTIENTES

En vista de que la información de los dos pozos profundos mencionados anteriormente no es suficiente para poder caracterizar mediante hidrogeoquímica el agua subterránea, se han buscado vertientes naturales aledañas a la zona de estudio. Esto se hizo con la finalidad de tener mayor información sobre el agua subterránea de la zona y poder definir el origen del agua y posibles zonas de recarga.

Las vertientes se encuentran en las zonas de Huapante (1) y Quillán la Playa (2) en el Cantón Píllaro; estas zonas son limítrofes con el cantón Ambato. Las vertientes encontradas se ubican en los flancos del río Cutuchi aguas abajo.

La vertiente encontrada en el sector de Huapante (V001) pertenece a la Cuenca Hidrográfica del río Pastaza, subcuenca del río Cutuchi y es ocupada por personas que viven en el sector y utilizan esta agua para uso doméstico, recreativo y piscícola. Debido a que no se encontró información acerca de un análisis físico-químico previo de esta vertiente se procedió a realizarlo en este estudio.

La vertiente encontrada en el sector de Quillán La Playa (V002) pertenece a la Cuenca Hidrográfica del río Pastaza, subcuenca del río Cutuchi, microcuenca 14 quebradas Paccha y Pogyo Huco. El agua de esta vertiente es ocupada por personas que viven en el sector y utilizada para riego y uso doméstico. La información sobre el análisis químico de esta vertiente también es evaluada en este estudio.

Para conocer los parámetros físicos y la química de iones mayores y menores presentes en el agua subterránea se utilizó la información proporcionada por

EMAPA (2016), y por el INAMHI. En la tabla 11 se muestran detallados los resultados obtenidos de las muestras de agua.

Tabla 11 Resultados del Análisis Físico-Químico del Agua de los Pozos profundos.

Fecha de Muestreo	5/5/2016	5/7/2016	16/7/2018	25/7/2018
Código	EMpz001	EMpz002	V001	V002
Tipo	Pozo	Pozo	Vertiente	Vertiente
Nombre	San Pablo	San Vicente	Huapante	Quillán La Playa
UTM_X	766702	769744	771348	773744
UTM_Y	9873657,6	9873308	9880041	9865308
Altitud (msnm)	2686	2613	2551	2377
pH	7,47	7,73	7,29	7,8
Temperatura (°C)	26	25	24,9	16,2
Turbiedad NTU	0	0		5
Conductividad (us/cm)	1023	1797	1102	576
Dióxido de Carbono (mg/l)	25	17,17		10,2
Carbonatos (mg/l)	22,6	41,04	0	0
Bicarbonatos (mg/l)	341,26	413,64	407,34	317
Cloruros (mg/l)	36,51	91,91	22,42	14,5
Manganeso (mg/l)	0	0	0	
Hierro Total (mg/l)	0,15	0,28	0,02	1,5
Magnesio (mg/l)	30,22	22,86	69,68	27,3
Calcio (mg/l)	61,72	163,13	34,21	22,4
Nitratos (mg/l)				25
Nitritos (mg/l)	0,02	0,02		0
Sulfatos (mg/l)	305,07	610,75	103,8	36
Fosfatos (mg/l)	0,11	0,1		2,8
Sodio (mg/l)	140	300	101,89	37,5
Potasio (mg/l)	5	31	13,98	29,5
Alcalinidad (mg/l)	363,86	454,68		317
Arsénico (mg/l)			4,61	
Fluoruros (mg/l)			0,35	
Zinc (mg/l)			0,034	
Silice (mg/l)			84,75	
Litio (mg/l)			0,11	
Aluminio (mg/l)			0,21	
Bario (mg/l)			3,84	
Dureza Total (mg/l)	278	501		168
Sólidos Totales (a 105°C)	598	1338		433
Sólidos Disueltos Totales (a 105°C)	519	915		

5.3. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO CUNCHIBAMBA

5.3.1. Evaluación de los Resultados Físicos

Temperatura

Los valores de temperatura corresponden a las condiciones ambientales al momento en que fueron tomadas las muestras, estas temperaturas son 26°C para la muestra del pozo en San Pablo y 25°C para la del pozo San Vicente respectivamente. Para las muestras de las vertientes la temperatura medida fue de 24,9 °C para V001 y 16,2 °C para V002.

Estas temperaturas si bien es cierto son consideradas como templadas, presentan cierto grado de termalismo. Esto podría deberse a la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea (150 metros aproximadamente) en el caso del agua captada por los pozos. Para las vertientes la temperatura es considerada como templada y está sujeta a condiciones ambientales.

Conductividad Eléctrica

En cuanto a los valores de Conductividad eléctrica se tiene: 1023 us/cm para el pozo san Pablo y 1797 us/cm para el pozo San Vicente. Es un valor alto en ambos casos, lo cual sugiere que el agua y la roca tienen una estrecha relación en profundidad, ya que posiblemente el agua almacenada en el acuífero tuvo que transitar un largo periodo de tiempo a través de diferentes materiales y pudo disolver la roca y mantener elementos en solución.

En los valores correspondientes a las vertientes, la conductividad eléctrica tiene un valor de 1102 us/cm para V001 y 576 us/cm para V002, valores menores a los del agua captada por los pozos, lo cual sugiere que el agua de las vertientes tiene menor cantidad de iones disueltos.

pH

Los valores del pH son: 7,47 (Pz001), 7,73 (Pz002), 7,29 (V001) y 7,8 (V002) lo cual refleja un pH ligeramente alcalino en todos los casos, sin riesgo para la salud, dato muy importante ya que el agua que es captada a través de estos pozos servirá para

consumo humano (EMAPA, 2016). De la misma forma el agua de las vertientes es utilizada por la población local para consumo.

Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Los TDS presentan valores de 519 y 915 mg/L para los pozos de San Pablo y San Vicente respectivamente. Estos valores, al exceder el límite de 500 mg/L, siguen una tendencia con los parámetros anteriores lo cual indica que el agua del acuífero tuvo un largo tránsito en profundidad para poder llenar hasta el mismo y por presentar altos valores de TDS han tenido gran interacción agua-roca. No siendo así el caso de las vertientes quienes registran valores que sugieren no haber tenido tanto tiempo de tránsito y que la recarga es más reciente.

5.3.2. Evaluación de los Resultados Químicos

Diagrama de Piper

Como se puede apreciar en el Diagrama de Piper (Fig. 46) el agua subterránea del acuífero Cunchibamba captada por los dos pozos puede ser caracterizada por la siguiente facie hidroquímica: Sulfatada Sódico-Potásica, ya que presentan similitud en los valores resultantes del análisis químico, teniendo tendencia a la facie Sulfatada. Con respecto al agua de las vertientes muestreadas presentan otra tendencia ya que corresponden a la facie hidroquímica: Bicarbonatada Sódico-Magnésica.

Muy probablemente el contenido de sulfatos en el agua del acuífero captada por los pozos sea debido a la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea; Otra posibilidad también es el origen de la misma, ya que, al tener una mayor distancia con la zona de recarga, tiene un mayor tránsito al pasar a través de los diferentes estratos hasta la zona de estudio. El agua de las vertientes por su parte presenta características distintas debido a su composición química, la cual sugiere que el agua tuvo menor tiempo de tránsito a través de los estratos y una recarga más reciente y más cercana.

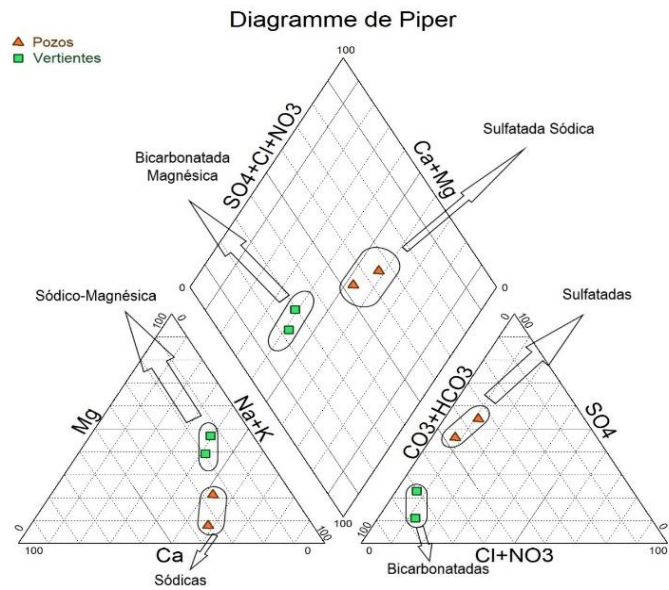


Figura 46 Diagrama de Piper para el agua de los pozos profundos y vertientes. Elaborado por Sebastián Bombón.

Diagrama de Stiff

En la Fig. 47, se representa las tendencias iónicas del agua subterránea captada por los pozos profundos y vertientes representadas en el diagrama de Stiff, en donde se confirma los resultados obtenidos anteriormente donde la química del agua tiene dos afinidades al ser Sulfatada Sódico-Potásica y Bicarbonatada Sódico-Magnésica. La particularidad de que la muestra Pz001 también presenta afinidad hacia la facie Bicarbonatada; podría explicarse debido a la geología de la zona, es decir a los estratos o capas que sobreyacen al acuífero los cuales tienen diferente porosidad y permeabilidad.

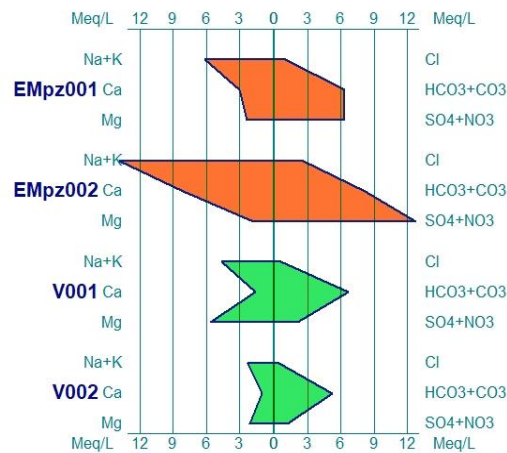


Figura 47 Diagrama de Stiff para el agua de los pozos y vertientes. Elaborado por Sebastián Bombón.

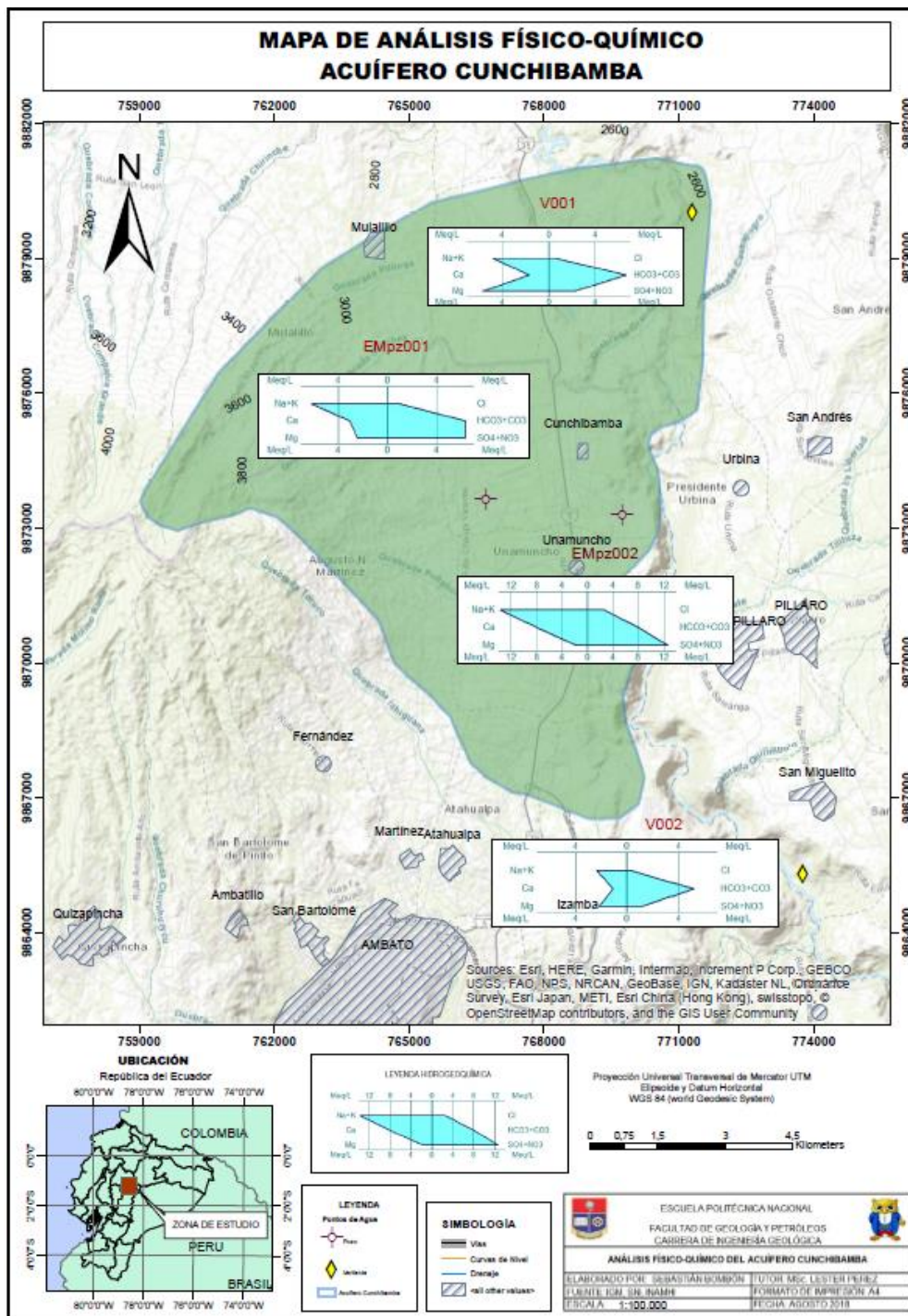


Figura 48 Mapa de Tipo de Agua del Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

Diagrama de Schöeller - Berkaloff

La Fig. 49 representa a este diagrama, y ha servido para corroborar la información hidrogeoquímica anterior, es decir muestra que el agua captada por los pozos y las vertientes tienen una misma afinidad en cuanto aniones y cationes, pero en el caso

del agua captada por el pozo San Pablo, los valores resultantes del análisis químico varían un poco debido a la geología del terreno. Dichas variaciones son insignificantes, y muestran una misma tendencia iónica. Las muestras tomadas de las vertientes de igual manera presentan una similitud iónica con valores menores en comparación a los medidos en el agua captada por los pozos, con variación en las cantidades de calcio y magnesio lo cual afirma que el agua de estas vertientes ha tenido una recarga más reciente.

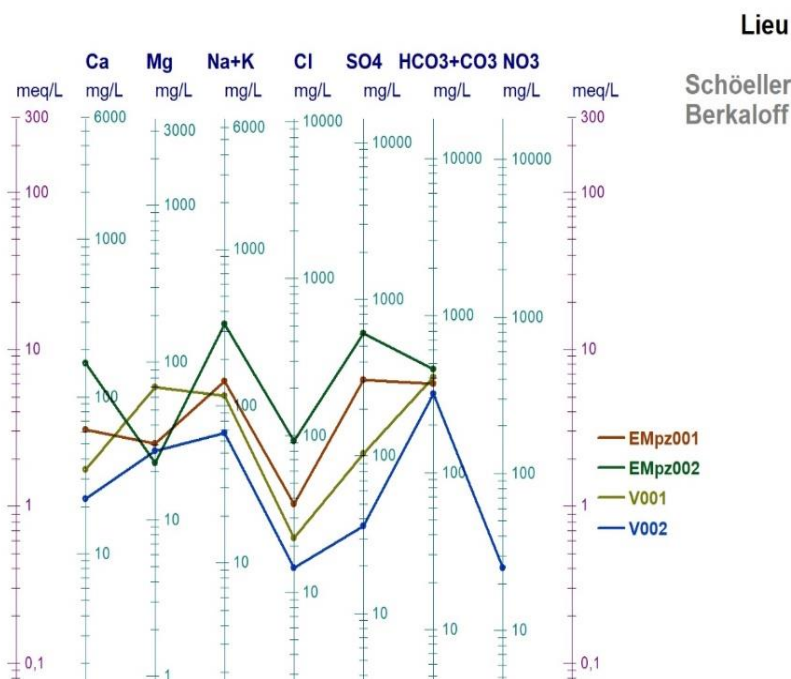


Figura 49 Diagrama de Schoeller Berkaloff para las muestras de agua. Elaborado por Sebastián Bombón.

Resultados

De acuerdo a lo mostrado por los diagramas anteriores se llega a la conclusión de que existe dos tipos de agua, debido a factores como la profundidad y el tiempo de tránsito del agua a través de los estratos desde las zonas de recarga hasta el acuífero. Los rangos que las diferencian son representativos y básicamente se correlacionan entre sí por la geología, ya que el agua del acuífero se encuentra en una misma formación denominada Latacunga la cual aflora en la zona de estudio y en los sitios donde se encuentran las vertientes.

Análisis Químico del Agua para uso Agrícola

Según EMAPA (2016), el agua que es captada por los pozos san Pablo y San Vicente servirá para consumo humano, de igual manera el agua de las vertientes es utilizada principalmente para consumo y riego. En vista de este hecho y debido a que la zona de estudio es considerada muy fértil para la agricultura y que esta actividad es considerada como principal fuente económica para la población de Cunchibamba, se realizará a continuación una representación de los valores del análisis químico del agua mediante diagramas que son utilizados para clasificar el agua para uso agrícola.

Diagrama de Riverside

Este diagrama sirve para poder clasificar el agua para uso agrícola (de riego) de acuerdo a los valores de salinidad.

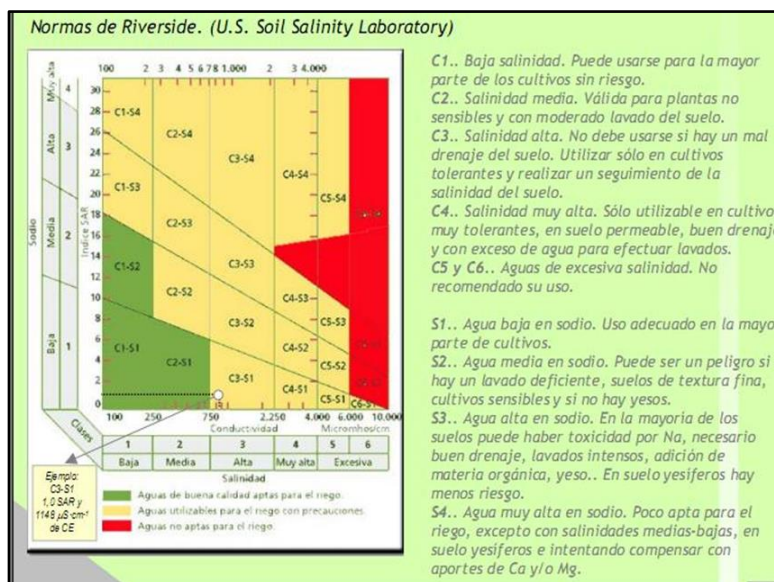


Figura 50 Diagrama para Clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954).

Mediante el software Diagrammes se va a representar a continuación los diagramas de Wilcox log (Fig. 51), Wilcox (Fig. 52) y Riverside (Fig. 53) utilizados para clasificar el agua de uso agrícola; en este caso se va a relacionar el agua subterránea captada por los pozos San Pablo, San Vicente y las vertientes.

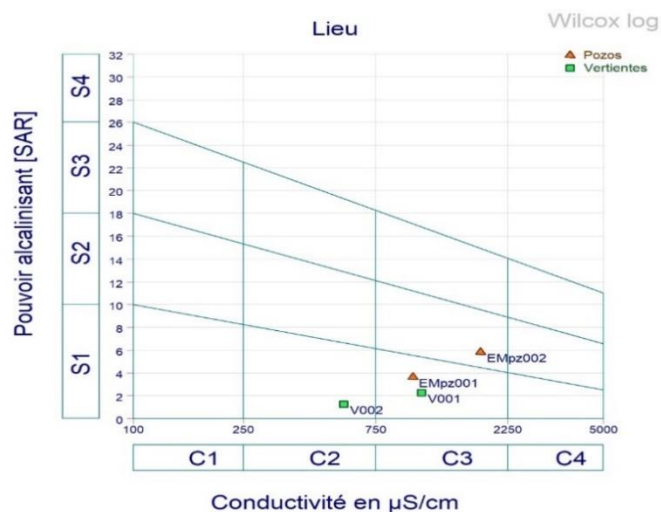


Figura 51 Diagrama Wilcox log, el cual relaciona valores de Conductividad Eléctrica y la Relación de Adsorción del Sodio (SAR).

Tabla 12 Tabla de Clasificación Wilcox para riego (INAMHI, Balance Hídrico de varias localidades ecuatorianas, 2005).

CLASIFICACION WILCOX PARA RIEGO	Conductividad	SAR
Agua buena para todo cultivo	< 250	0-10
Buena para cultivos con mediana tolerancia a las sales	250-750	10_18
Aceptable con buen drenaje	750 - 2250	18 - 26
Agua mala para todo cultivo	> 2250	> 26

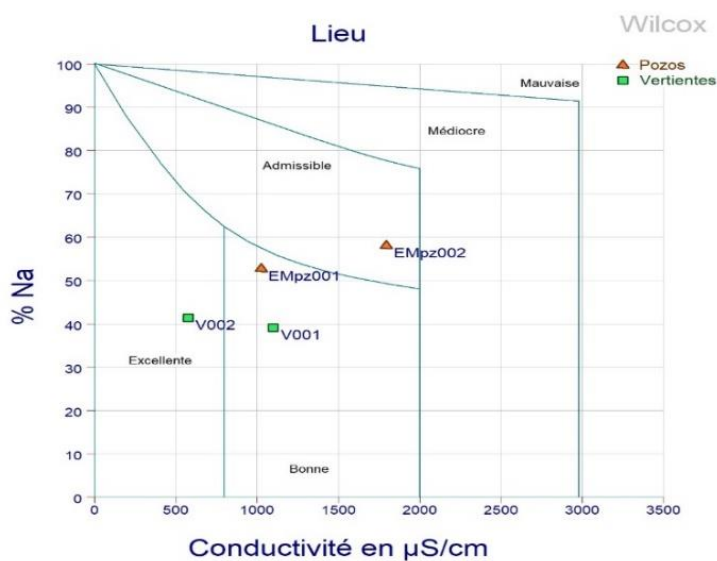


Figura 52 Diagrama de Wilcox el cual relaciona el porcentaje de Sodio con la Conductividad Eléctrica. Elaborado por Sebastián Bombón.

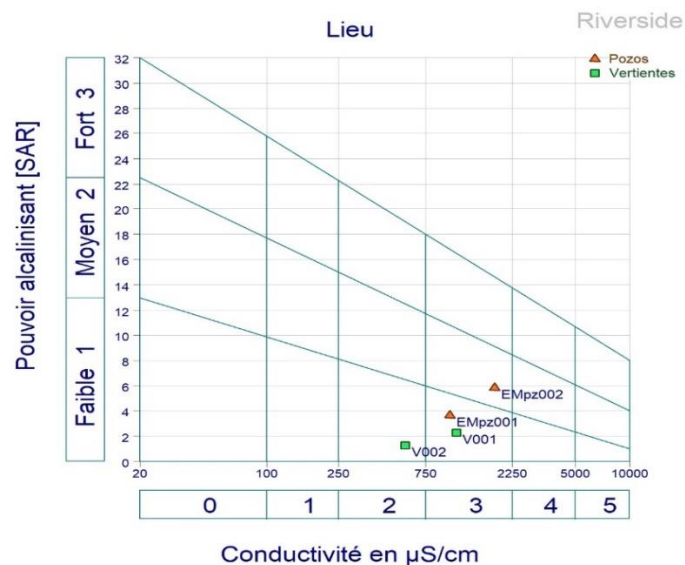


Figura 53 Diagrama de Riverside. Elaborado por Sebastián Bombón.

De acuerdo a las Normas Riverside el agua captada por EMPz001, presenta alta salinidad y puede usarse en cultivos siempre y cuando el suelo tenga un buen drenaje, además presenta una baja cantidad de sodio, motivo por el cual puede utilizarse para riego, con precauciones. Mientras que el agua captada por el pozo EMPz002 presenta alta salinidad y una cantidad media de sodio, la cual puede utilizarse como agua de uso agrícola, dependiendo de los cultivos, con precauciones. El agua de la vertiente V001 presenta alta salinidad por lo que debe usarse en cultivos tolerantes a esta condición, es un tipo de agua utilizable para uso agrícola con precauciones. Con respecto al agua de la vertiente V002, presenta salinidad media a baja y es un tipo de agua de buena calidad y muy apta para el cultivo.

Análisis Químico del Agua para Consumo Humano

Según EMAPA (2016), el agua subterránea que es captada a través de dos pozos profundos servirá para consumo de las poblaciones de Cunchibamba y la parte norte de Unamuncho. De igual manera las vertientes estudiadas en este trabajo son utilizadas por la población principalmente para consumo. Por ésta razón es importante hacer un análisis de la química del agua y ver si cumple con las especificaciones de calidad del agua para consumo humano.

De acuerdo a la REVISION DEL ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA, se ha tomado la tabla de parámetros permisibles de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico que para su potabilización requieren solo desinfección.

Tabla 13 Parámetros permisibles de calidad de agua para Consumo Humano y Uso Doméstico que para su potabilización requieren desinfección.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoníaco	N	mg/l	0,05
Arsénico	As	mg/l	0,018
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	20
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	200
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	Color real	Unidades de Pt-Co	20,0
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2mg/l
Difeniles policlorinados	Concentración de agente reactivo	mg/l	No detectable
Hierro total	Fe	mg/l	0,3
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,002
Nitratos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	>75% del OD Sat.
pH		pH	6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10,0

En el Informe Técnico otorgado por la EMAPA Ambato manifiestan que “los resultados de los análisis Físico-Químicos y Bacteriológicos de las muestras de agua, establecen que se cuenta con agua de buena calidad, que requiere de desinfección para su distribución” (EMAPA, 2016).

Sin embargo, al analizar los valores de las muestras de agua, se observa que existen altos valores de **Sulfato** los cuales exceden los límites permisibles para consumo humano, por lo que se recomienda que, a más de la desinfección del agua, se realicen tratamientos convencionales para precautelar la calidad del agua y la salud de la población. Para el caso del agua de las vertientes, se trata de agua cristalina que es muy apta para consumo y solo requiere de desinfección previa.

CAPÍTULO 6

6. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO

6.1. ORIGEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

De acuerdo a la información de la caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica que se ha realizado en capítulos anteriores, se puede definir la proveniencia del agua subterránea que se encuentra en la zona de estudio y que en este trabajo se ha denominado como acuífero Cunchibamba.

La formación Latacunga se extiende desde la provincia de Cotopaxi hasta las zonas limítrofes entre las provincias de Tungurahua y Chimborazo según la carta geológica (DGGM, 1978), rellenando el valle Interandino; esta formación por sus características litológicas es de interés hidrogeológico. Taco (2000) y Layedra (1998), han realizado estudios Hidrogeológicos previos en la provincia de Cotopaxi en donde caracterizan una unidad acuífera, la misma que tiene un flujo regional, con las cordilleras como límites al oeste (Cordillera Occidental) y al este (Cordillera Real). Este flujo se extiende por el valle Interandino hacia el Sur y según los autores antes mencionados el agua subterránea presentaría un dinamismo a través de estratos y capas de origen volcanosedimentario catalogados a manera general como formación Latacunga.

En el cantón Ambato situado en el Valle Interandino, donde aflora esta formación, no se han realizado estudios anteriores de este tipo. La EMAPA realizó la perforación de dos pozos profundos al norte de Ambato específicamente en la parroquia Cunchibamba con el fin de extraer agua subterránea. Tan importantes es conocer la calidad del agua que se va a explotar como la procedencia de la misma, con la finalidad de realizar en el futuro estudios hidrogeológicos en el cantón.

En esta parte del estudio se va a realizar una conceptualización de la proveniencia del agua subterránea existente en la zona de estudio y de las vertientes aledañas a la misma ya que estos puntos de agua se encuentran en la formación Latacunga.

Según la información hidrogeoquímica del agua subterránea descrita en el capítulo anterior, se tienen dos tipos de agua: Sulfatada Sódico-Potásica y Bicarbonatada Sódico-Magnésica.

Sulfatada Sódico-Potásica

Este tipo de agua es captada por los pozos profundos Pz001 y Pz002, por la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea (150 metros aproximadamente) y por la composición que presenta la misma con altos niveles de sulfato (tabla 11). Se presume que la zona de recarga de este tipo de agua estaría distante con respecto a los pozos profundos y que debido al largo tránsito que ha tenido a través de los estratos y por el tiempo que ha estado en interacción con los mismos, ha evolucionado, es decir ha adquirido la condición de Sulfatada. Este tipo de agua viene de un flujo regional que se presume fluye a través de la formación Latacunga desde el Noroeste.

Bicarbonatada Sódico-Magnésica

Este tipo de agua lo registran las vertientes contempladas en este estudio, que como ya se ha dicho se encuentran surgiendo en estratos de la formación Latacunga. Estas vertientes registran una facie hidroquímica diferente a el agua captada por los pozos profundos, lo cual sugiere que la zona de recarga es más local, por lo que el agua no ha tenido tanto tiempo de transitar a través de estratos, por lo que sería menos evolucionada.

Estas vertientes al encontrarse dentro de los límites del cantón Píllaro, y relativamente cerca hacia la Cordillera Real, tendrían su origen ahí, y su dinamismo sería catalogado como un flujo local, el cual viene desde los Llanganates (Cordillera Real) desde el este, el cual se compone de rocas metamórficas, mismas que hacia el flanco oriental de la zona de estudio están en contacto con la formación Latacunga.

En la Fig. 48, se muestra lo manifestado con respecto al origen del agua subterránea, de acuerdo a la facie hidroquímica a la que pertenece.

6.2 ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA

La recarga se da generalmente en zonas altas, donde por las características topográficas del terreno, existe mayor capacidad de infiltración, y desde esas zonas el agua fluye hacia terrenos de menor elevación por acción del gradiente hidráulico. La recarga se da principalmente por la infiltración de agua de lluvia (precipitación) a través de estratos hasta llegar a la zona saturada. La descarga del agua subterránea en el caso particular del acuífero Cunchibamba, está representada por vertientes.

6.2.1 RECARGA

Por la evidencia hidrogeoquímica del agua que compone al acuífero Cunchibamba se reconocen dos zonas de recarga: 1) Una zona distante al acuífero ubicada en las partes altas o páramos de la Cordillera Occidental, esta zona según el balance hídrico de la Cuenca del Río Cutuchi (Fig. 29), presenta un alto promedio de precipitaciones y exceso hídrico, por lo que las condiciones de recarga son favorables; además, al ser zonas de páramo estos suelos tienen elevadas tasas de infiltración. El agua subterránea captada por los pozos profundos en la zona de estudio presenta características particulares (facie sulfatada) que sugieren que se trata de un flujo regional el cual fluye en sentido Norte-Sur.

2) Por otra parte, el agua de las vertientes presenta características diferentes al agua captada por los pozos profundos, ya que pertenecen a otra facie hidroquímica; este hecho puede explicarse por la procedencia del agua.

El origen del agua para la facie bicarbonatada sugiere que la distancia de las vertientes a la zona de recarga es más corta, por lo que se establecería otra zona de recarga. Esta zona es de tipo local y estaría ubicada al Este del área de estudio, en las partes altas de los Llanganates; esta cadena montañosa según el balance hídrico (Fig. 29) presenta exceso hídrico y los suelos de páramo son óptimos para ser considerados como zona de recarga por sus características de infiltración.

Por lo tanto, se reconocen dos zonas de recarga para el acuífero Cunchibamba, una zona ubicada al Noroeste de la zona de estudio y otra al Este de la misma. En la Fig. 54, se muestran las dos zonas de recarga.

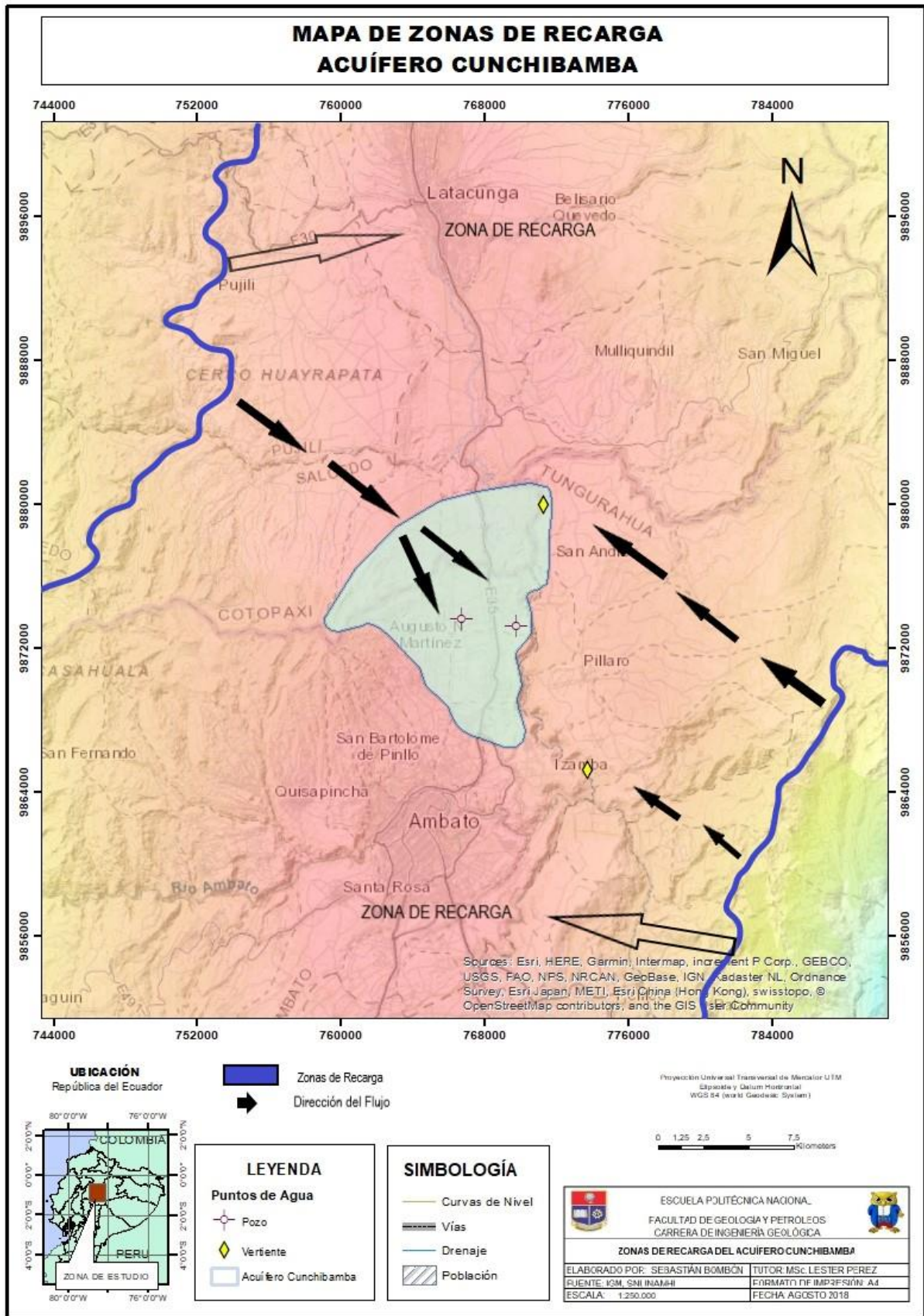


Figura 54 Mapa de Zonas de Recarga del Acuífero Cunchibamba. Elaborado por Sebastián Bombón.

6.2.2 DESCARGA

La descarga se da cuando un flujo de agua subterránea ha llegado a su final y el nivel freático se encuentra a nivel de la superficie. En el área de estudio y zonas aledañas existen dos vertientes aflorando. A estas vertientes se las ha catalogado como drenantes, debido a que se encuentran sobre la cota del río Cutuchi descargando sobre el terreno. Estas vertientes se relacionan en este estudio ya que se encuentran aflorando en estratos pertenecientes a la formación Latacunga, facie sedimentaria.



Figura 55 Vertiente Huapante (V001). Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.



Figura 56 Vertiente Huapante (V001), en donde se aprecia zonas con exceso de humedad con presencia de hierro de acuerdo a la tonalidad de la pared rocosa.). Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.



Figura 57 Vertiente Quillán La Playa (V002).
Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.



Figura 58 Vertiente Quillán La playa (V002),
aflorando en un tipo de suelo hidromórfico (con
exceso de humedad) y contenido de materia
orgánica. Fotografía Tomada por Sebastián
Bombón.

6.3 CARACTERIZACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES

En esta parte del estudio se ha recopilado información acerca de posibles fuentes o focos de contaminación que por su cercanía al acuífero Cunchibamba pueden tener algún impacto en el mismo.

Para que un contaminante llegue a la zona saturada y pueda contaminar un acuífero, se deben tomar en cuenta las condiciones de atenuación de las capas o estratos que sobreyacen a capas saturadas de agua, la porosidad y la permeabilidad de los mismos. Dependiendo de estos parámetros intrínsecos de cada material, un contaminante puede tardar años o incluso décadas en causar un problema ambiental (Foster et al., 2002).

Tabla 14 Contaminantes comunes del agua. Modificado de (Foster et al., 2002).

Contaminantes Comunes del Agua y Fuentes de Contaminación Asociadas	
Fuentes Contaminantes	Tipos de Contaminantes
Actividad Agrícola	Nitratos, amonio, pesticidas, organismos fecales
Pozos Sépticos	Nitratos, HC halogenados, organismos fecales
Gasolineras y Garages	HC aromáticos, benceno, fenoles, HC halogenados
Disposición de residuos sólidos	Amonio, salinidad, HC halogenados, metales pesados
Industrias metalúrgicas	Tricloroetileno, HC halogenados, fenoles, metales pesados, cianuro
Pinturas y Esmaltes	Alcalobenceno, HC halogenados, metales, HC aromáticos
Industria Maderera	Pentaclorofenol, HC aromáticos, HC halogenados
Tintorerías	Tricloroetileno, tetracloroetileno
Manufactura de Pesticidas	HC halogenados, fenoles, arsénico
Rellenos Sanitarios	Nitratos, HC halogenados, plomo, zinc
Curtiembres	Cromo, HC halogenados, fenoles
Explotación de gas y petróleo	Cloruro de sodio, HC aromáticos
Minas de carbón y metales	Metales pesados, hierro, sulfatos

El acuífero se encuentra en las inmediaciones de la parroquia de Cunchibamba, sector en el cual se practica una intensa actividad agrícola a lo largo de todo el año. También existen actividades como la ganadería, crianza de animales y alta actividad industrial en donde son representativas: la minería de áridos y pétreos, industria textil, gasolineras y curtiembres principalmente. Todas estas prácticas se hacen relevantes en este estudio, pues los residuos que se obtienen a través de las mismas son introducidos en canales y desagües que desembocan en el río

Culapachán, dren principal de la zona de estudio y cuyas aguas se utilizan en el sector para riego.

Al Oeste de Cunchibamba, gran parte de la población hace uso de letrinas debido a que carecen de alcantarillado, este sector está situado muy cerca del pozo San Pablo (Pz001).

Además de las actividades mencionadas antes, en la parroquia Cunchibamba y muy cerca del pozo San Vicente (Pz002), existe una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y el paso del Canal de Agua de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato, el cual cubre casi todo el territorio de la parroquia Cunchibamba, a través de canales.

Todas estas actividades podrían ser consideradas posibles contaminantes por los residuos que generan cada una y es por eso que van a ser analizadas con más detalle en este capítulo (Ver Fig. 59).

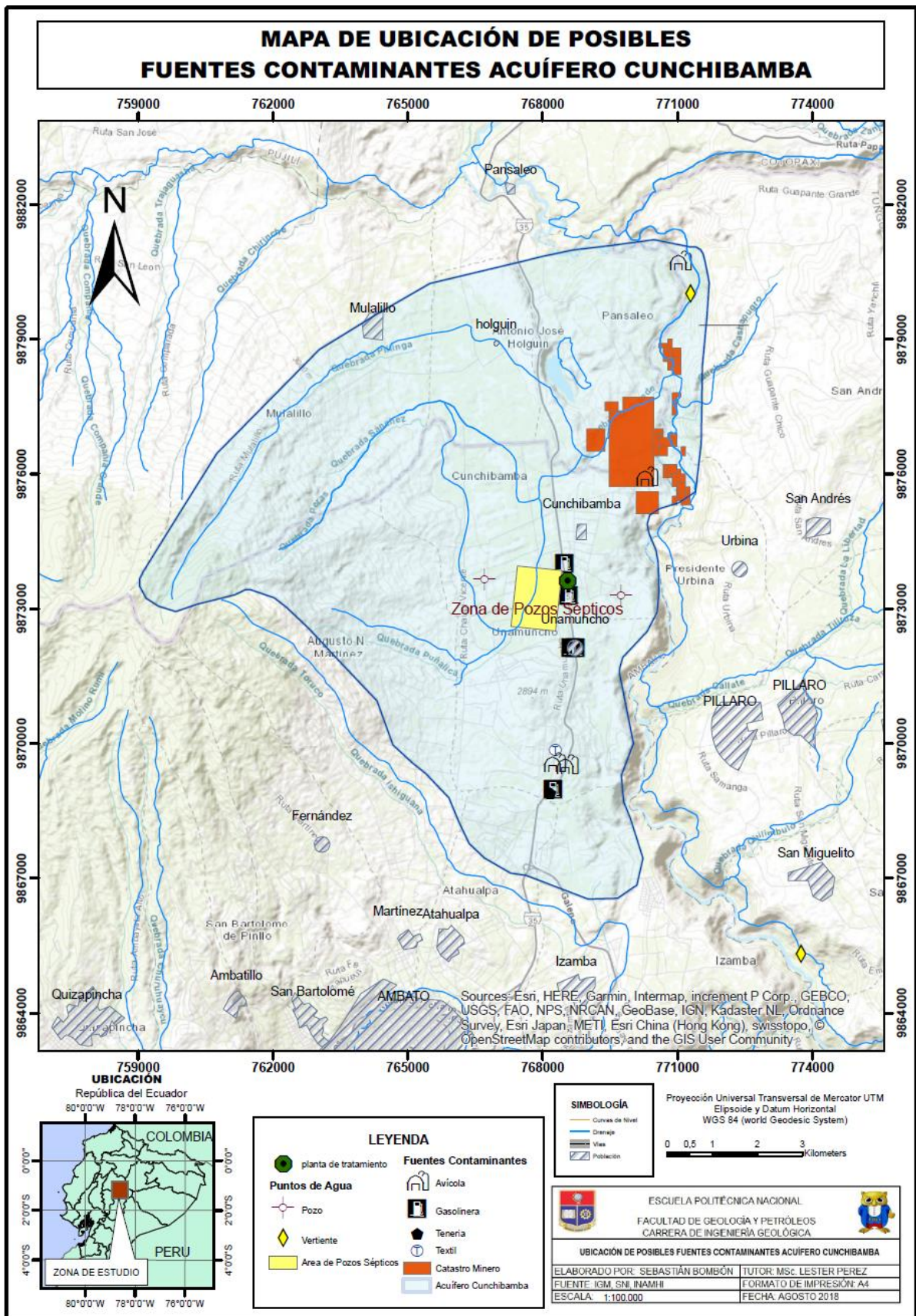


Figura 59 Mapa de Ubicación de Posibles Fuentes de Contaminación del Acuífero Cunchibamba.

6.3.1. Actividad Agrícola

Según Cunchibamba (2015), la actividad agrícola es considerada la actividad principal en la parroquia de Cunchibamba, debido a que las tierras son aptas para el cultivo, en la mayor parte del territorio de la parroquia, no siendo así en el barrio Pucarumí, donde las tierras son menos productivas. Casi toda la superficie agrícola es dotada por agua del Canal Latacunga-Salcedo-Ambato y la mayor parte de cultivos son de: alfalfa, hortalizas entre los que prevalece la lechuga, las coles y el brócoli. Una parte de la población se dedica a la producción de tomate de árbol y tomate común bajo cubierta plástica (invernaderos).

En los cultivos de la Parroquia Cunchibamba es normal el uso de fertilizantes y plaguicidas químicos. Fertilizando (2015), menciona que los cultivos que requieren estas prácticas poseen una ineficiente proveniencia de nutrientes por parte del suelo, y es por eso que utilizan fertilizantes para una mejor eficiencia del cultivo.

Uno de los fertilizantes más utilizados en la zona es **el Fertilizante Foliar Quimifol NPK 600 Plus**, el cual según Solís (2012) es un fertilizante foliar en polvo el mismo que aplicado de manera abusiva e inadecuada pueden ser considerados como Contaminantes del Suelo. Este fertilizante en la zona de estudio se lo utiliza en cultivos de hortalizas, principalmente de col, brócoli y lechuga. Tales cultivos tienen entre tres y cuatro cosechas al año de acuerdo a información obtenida in situ, por la misma razón si el fertilizante es utilizado de manera desproporcionada podría saturar al suelo y desgastarlo, permitiendo de esa manera que sea más fácil la infiltración de contaminantes a través del mismo.

Este fertilizante tiene alto contenido de nitrógeno, el cual es absorbido por las plantas y a su vez por el suelo en forma de iones de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+); así mismo posee un alto contenido de anhídrido fosfórico y acetato de potasio los cuales son contaminantes potenciales para el agua superficial y subterránea si se los usa de manera desproporcionada. El suelo tiene la característica de almacenar nutrientes, pero no distingue la procedencia de los mismos, es por eso que puede saturarse de nitrato, el cual luego de contaminar el suelo infiltra directamente hacia el agua subterránea. Una vez que el nitrato a llegado a concentrarse en el agua subterránea causa altos niveles de contaminación, posteriormente si el agua

subterránea llegara a ser ingerida por la población pudiese desencadenar problemas de salud entre los más comunes un cuadro de metahemoglobinemia, también conocida como síndrome del niño azul afectando generalmente a niños menores a seis meses, ya que el nitrato daña la hemoglobina e impide el paso del oxígeno desde los pulmones hasta el resto del organismo (Ibáñez, 2008).

El excremento de gallinas y vacas también contiene altos niveles de nitrato, los cuales pueden ser considerados como posibles fuentes contaminantes ya que su abono también es utilizado como fertilizante (Ibáñez, 2008).

6.3.2. Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato

De acuerdo con la información de Cunchibamba (2015), este canal se encuentra ubicado por encima de los barrios San Pablo y Pucarumí ubicados al lado Oeste de la parroquia de Cunchibamba en las zonas más elevadas del sector, lo cual permite que el resto de la parroquia utilice el agua del canal mediante acequias.

Este canal recibe agua del río Cutuchi, tiene una longitud de 36,829 km y entró en operación en el año 1987.

Zona	Junta	Beneficiarios	Área	Caudal	Módulos
2da. YAMBO	San Francisco	16	65	39	1
	Montalvo	190	45,32	27,19	2
	Jesús del Gran Poder	459	128,8	77,3	6
	Cunchibamba Centro	634	118,4	71,06	6
	SUB-TOTAL		1299	357,52	214,55
3ra.HOLGUI N	San Luis-Pucarumí		68,82		
	El Progreso		119,92		
	San Vicente		172,49		
	Pucarumí – Chasoaló		81,25		
	SUB-TOTAL			442,48	
	TOTAL		800		

Figura 60 Distribución del Riego del Canal Latacunga-Salcedo-Ambato para la parroquia de Cunchibamba. Tomado de Cunchibamba (2015).

Como se puede ver en la figura anterior, el área en hectáreas (ha) de la parroquia Cunchibamba que cubre este canal es extensa y abastece a todos los barrios de esta parroquia.

El Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato está contemplado como posible fuente de contaminación debido a que según Quinaluisa (2016) el aumento de las actividades antropogénicas que se realizan en las cercanías a la parroquia Cunchibamba como: agricultura, en donde se aplican fertilizantes y plaguicidas; curtido de pieles, minería de áridos y pétreos y vertido de residuos provenientes de diferentes industrias, contaminan el agua superficial disponible en la parroquia. Debido a esto, el Canal Latacunga-Salcedo-Ambato se convierte en un ecosistema vulnerable a la contaminación por diversos químicos, entre los más peligrosos, los metales pesados.

Los metales pesados no son biodegradables y constituyen un peligro para el ecosistema, según Pozo (2012), la concentración de metales pesados en el agua destinada para riego representa un problema, no solo para el suelo, sino también para la salud de la gente, ya que estos elementos contaminan a los recursos hídricos y degradan el suelo.

En vista que el canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato recibe agua del río Cutuchi, Reinoso (2016) resalta que este río se encuentra contaminado. En análisis realizados en el mismo se encontraron contaminantes biológicos, patógenos y elementos como cadmio, cromo, manganeso, selenio y arsénico, los cuales son nocivos para la salud y muy tóxicos para el agua y el suelo.

Según información de Plan provincial de Riego de Tungurahua (2014), se indica que los factores que contribuyen a la contaminación del agua de este Canal son, tanto las aguas servidas de las ciudades que se asientan a lo largo de la cuenca alta del río Cutuchi principalmente Latacunga, como los vertidos de las industrias asentadas a los flancos del río y los plaguicidas utilizados en los cultivos de la parte alta de la cuenca.

Este Plan hace referencia al río Cutuchi pues es el dren principal en la zona de estudio y como ya se ha dicho, está fuertemente contaminado.

6.3.3. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Cunchibamba”

Según EMAPA (2014), la planta está ubicada en la parroquia Cunchibamba en el sector de San Vicente y está diseñada para tratar aguas servidas domésticas provenientes del Barrio San Vicente, Cunchibamba y el sector Norte de Unamuncho. La población servida es de 1260 habitantes; el caudal es de 0,77 L/s; ocupa una superficie de 2200 m² y tiene un tiempo de vida útil restante de 17 años. La planta cuenta con tres niveles de tratamiento: preliminar, primario y secundario.

Esta planta está considerada como posible fuente de contaminación del acuífero, de tipo puntual ya que se encuentra ubicada cerca al pozo profundo de San Vicente (Pz002) (ver Fig. 59), debido a que procesa aguas servidas, las cuales luego son vertidas en el río Cutuchi, dren principal de la zona de estudio.

De acuerdo con el análisis físico-químico y microbiológico del agua residual después del tratamiento (Anexo VI), se denota un grado de cumplimiento del 45,45 (%) en relación a los límites permisibles de descarga contemplados en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12, estableciéndose su condición de operación como regular.

Con la información del Anexo VI se puede denotar que existe una gran cantidad de Tensoactivos (detergentes) en el agua tratada que va a ser descargada en el río Cutuchi. Esto es preocupante debido a la cercanía de la planta con unos de los pozos profundos los cuales van a extraer el agua del acuífero Cunchibamba, ya que las aguas servidas pasan muy cerca al pozo pudiendo infiltrar las capas de suelo y contaminar el agua subterránea, de la misma forma, al momento de ser descargados al río lo contaminan.

Adicionalmente se aprecia que existen valores que superan los niveles permisibles, como es el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (*DBO₅*) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) (EMAPA, 2014). El agua después de ser tratada

muestra una eficiencia de remoción de 12,17% y 28,29% respectivamente. Lo cual es poco eficiente.

El sitio de la descarga de la planta es en la quebrada Cenicero (Longitud: 768543, Latitud: 9873622, Altitud: 2605) y desde allí va al cauce del río Cutuchi.

6.4 VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO

6.4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio es analizar la Vulnerabilidad a la Contaminación del Acuífero Cunchibamba y con este objetivo, en este capítulo se van a determinar, de acuerdo a parámetros intrínsecos del acuífero y a la geología de la zona de estudio, las zonas vulnerables que puedan verse afectadas a través de alguna posible fuente contaminante y a su vez contaminar al agua subterránea.

El Acuífero Cunchibamba, se lo ha caracterizado como un acuífero “Semi Confinado”, que podría permitir la infiltración de contaminantes. Debido al sector donde se encuentra (Parroquia Cunchibamba), es vulnerable a ser contaminado, ya que en ese sector hay una intensa actividad agrícola, lo cual conlleva a que la población use fertilizantes y plaguicidas. Existen otras actividades como la ganadería y crianza de animales además de la creciente actividad industrial, las cuales generan gran cantidad de vertidos, que en el caso de la parroquia Cunchibamba, son introducidos en desagües los cuales desembocan en el río Culapachán.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores según EMAPA (2016), el agua del acuífero al cual en este estudio se ha denominado como “Cunchibamba”, está siendo explotado y servirá para abastecer de agua potable a la Población de Cunchibamba y zonas aledañas, por lo cual evaluar la vulnerabilidad del Acuífero e investigar sobre las posibles fuentes de contaminación, será de gran utilidad para precautelar la salud de la población y el cuidado del acuífero.

6.4.2 MÉTODO GODS

Este método fue creado por el autor Foster et al., (1988). Es simple y utiliza un esquema o sistema en el cual parámetros intrínsecos de cada acuífero son requeridos para determinar el riesgo a la contaminación de aguas subterráneas. Este método no toma en cuenta el tipo de contaminante y analiza la vulnerabilidad del acuífero en función de la inaccesibilidad a la zona saturada, la infiltración de contaminantes y la atenuación de las capas que sobreyacen a la zona saturada, cuando interactúan con posibles contaminantes.

Básicamente este método se fundamenta en cuatro factores: a) Distancia del Agua, b) Ocurrencia del Agua Subterránea, c) Sustrato Litológico y d) Textura del suelo.

La vulnerabilidad utilizando el método GODS se la puede determinar mediante el producto de los siguientes parámetros (Foster et al., 1988):

- (G) Índice de confinamiento del acuífero.
- (O) Índice del sustrato que sobreyace a la zona saturada en función al grado de consolidación y características litológicas los cuales determinan su capacidad de atenuar a contaminantes.
- (D) Índice que indica la profundidad del nivel del agua o la distancia a la misma si el acuífero es no confinado o la profundidad al techo de acuíferos confinados.
- (S) Índice en el cual se decide incluir el efecto que tiene el suelo en base a su textura.

$$\textit{Vulnerabilidad} = G * O * D * S$$

Este método cataloga la vulnerabilidad en cinco intervalos:

Tabla 15 Rangos de Vulnerabilidad del método GODS.

Método de Vulnerabilidad GODS	
Rangos	Vulnerabilidad
0,7 – 1,0	Muy Alta
0,5 – 0,7	Alta
0,3 -0,5	Moderada
0,1 -0,3	Baja
< 0,1	Muy Baja

En la Fig. 61 se muestra el esquema en el cual se fundamenta este método, además es importante mencionar que el método GODS únicamente toma en cuenta la atenuación de los estratos ante los contaminantes anticipándose a que estos lleguen a la zona saturada sin incluir la dispersión y dilución en el acuífero. (Marhlknecht, 2010)

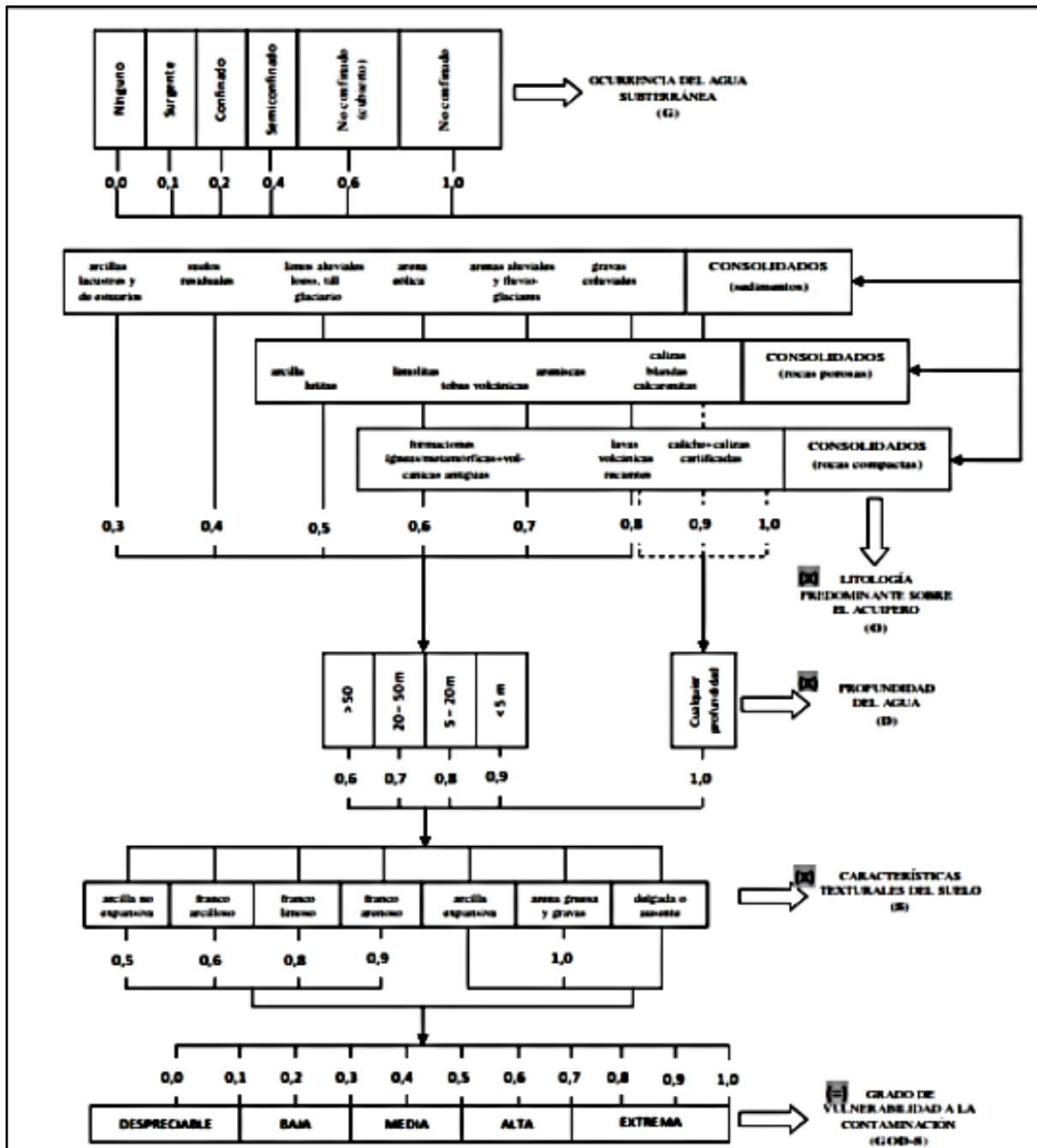


Figura 61 Esquema del método GODS. Fuente Foster et al., (2002).

Caracterización de la vulnerabilidad del Acuífero Cunchibamba utilizando el Método GODS

Grado de Confinamiento Hidráulico (G)

Como ya se ha indicado en la caracterización del acuífero Cunchibamba, se trata de un acuífero “semi-confinado”, por lo que de acuerdo al esquema de este método se les adjudica a las zonas en donde se extendería el acuífero con un índice de $G=0,4$; y con un índice de 0, para las zonas en donde no se tiene evidencia de que se

propague el acuífero; estas zonas constan de rocas con porosidad secundaria y con características de muy baja permeabilidad.

Ocurrencia del Sustrato Suprayacente (O)

Con respecto a la valoración del sustrato que sobreyace al acuífero se tiene información geológica mediante análisis de campo, información de Sondeos eléctricos verticales, elaboración de perfiles estratigráficos y una columna estratigráfica realizada en la zona de estudio, además de información entregada por EMAPA (2016) sobre la perforación de dos pozos profundos (perfil litológico) realizados en la parroquia de Cunchibamba.

A lo largo de la zona de estudio se tienen diferentes materiales entre los que se distinguen: aluviales con incorporación de material laharítico, limos, arenas finas, medias y gruesas, ceniza volcánica de tipo Cangahua, tobas provenientes de actividad volcánica local, conglomerados en una matriz arenosa, rocas volcánicas de estructura masiva tipo andesita, y una espesa capa de volcanosedimentos intercalados de composición limo arenosa en la parte superior y hacia la base gravas, arenas gruesas y lavas volcánicas. Estos materiales se encuentran intercalados en su mayoría y en vista de que forman el sustrato suprayacente del acuífero reciben distinto índice (O) que va desde 0,6 a 0,8.

Distancia al nivel del Agua Subterránea (D)

Para el parámetro (D) de acuerdo a la información entregada por EMAPA (2016) de dos pozos profundos San Pablo (Pz001) y San Vicente (Pz002) y considerando que se trata de un acuífero “semi confinado”, la superficie piezométrica cuando no está sometida a bombeo, es decir su nivel estático, reportan profundidades de 135,37 m para el Pz001 y 168 m para Pz002. Es decir, la zona saturada se encontraría a una profundidad mayor a los 50 metros por lo que el parámetro D tiene un valor de 0,6.

Características Texturales del Suelo (S)

Con respecto al parámetro (S) textura del suelo, las partes más bajas de la parroquia con respecto a la topografía son de textura “franco arcillosa”, mientras que en las partes más altas de Cunchibamba, el suelo es catalogado como Cangahua; sin embargo, mediante el mapa de texturas de suelo del 2011 elaborado por el

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador (MAGAP), se pudo apreciar que la textura del suelo para la zona de estudio varía, es en parte franco limoso (0,8) y franco arenoso (0,9), porque no posee una textura uniforme (Cunchibamba, 2015).

En la Fig. 62 se representa el análisis de vulnerabilidad a la contaminación del Acuífero Cunchibamba aplicando el método GODS mediante un mapa de Vulnerabilidad. Como se puede observar en el mapa, los rangos de Vulnerabilidad son de Despreciables a muy Bajos.

De acuerdo a este análisis la parroquia Cunchibamba está ubicada dentro de la zona donde la vulnerabilidad es muy baja, en donde el riesgo de contaminación del acuífero se debe a las posibles fuentes contaminantes que se han localizado en esta área. La parroquia de Unamuncho se encuentra ubicada en una zona donde la vulnerabilidad, según el método GODS, es despreciable, debido también a la litología, la cual se compone de conglomerados andesíticos masivos.

MAPA DE VULNERABILIDAD APLICANDO EL MÉTODO GODS

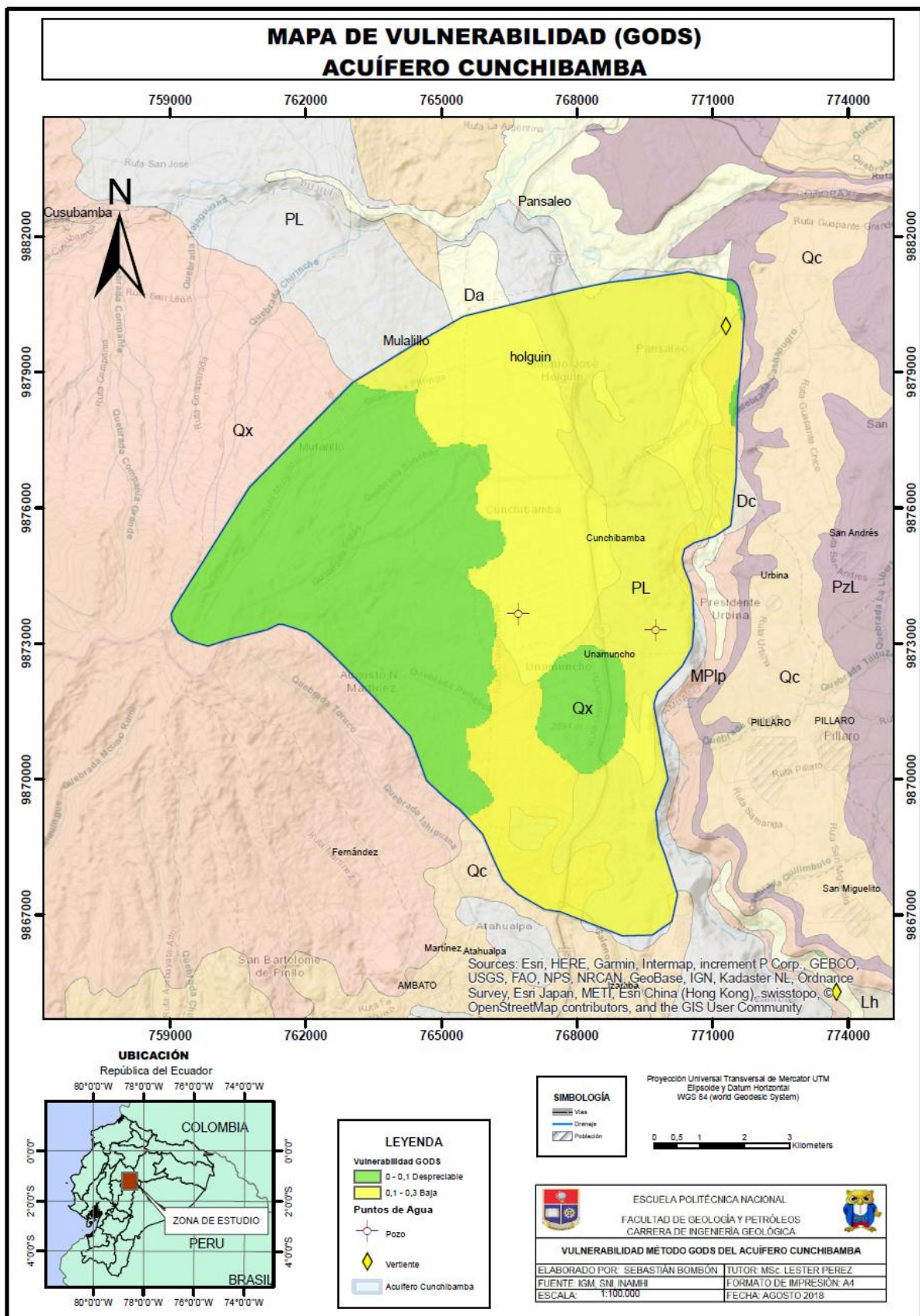


Figura 62 Mapa de Vulnerabilidad del Acuífero Cunchibamba aplicando el método GODS. Elaborado por Sebastián Bombón.

6.4.3 MÉTODO AVI

El método AVI (Acuifer Vulnerability Index) (Stempvoort, 1992), se basa en cuantificar la vulnerabilidad de un acuífero tomando en cuenta la Resistencia Hidráulica Vertical (C_T), parámetro que está en función del espesor de los diferentes estratos que sobreyacen al acuífero o zona saturada (d_i) y la permeabilidad o conductividad hidráulica asociada a cada estrato del suelo (K_i).

La resistencia hidráulica es el parámetro que estima el tiempo de viaje de contaminantes al pasar por los estratos que sobreyacen al acuífero es decir la zona no saturada, y se calcula en años.

La vulnerabilidad del acuífero aplicando el método AVI se la puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$C_T = \sum_{i=\text{Estratos}} \frac{d_i}{K_i}$$

En donde:

C_T = Resistencia Hidráulica Total (años)

d_i = Espesor de cada estrato que sobreyace al acuífero (m)

K_i = Permeabilidad de cada estrato de suelo (m/h)

La aplicación de este método permite cuantificar la vulnerabilidad del acuífero para poder establecer una mejor consideración acerca del uso de suelos y precautelar la calidad del agua del acuífero (Marhlknecht, 2010).

La resistencia hidráulica está estrechamente relacionada a la vulnerabilidad, en tal consideración se muestra la tabla siguiente:

Tabla 16 Vulnerabilidad según el método AVI. Fuente (Stempvoort, 1992).

Método AVI	
C_T	Vulnerabilidad
<i>Si $C_T < 10$ años</i>	Extremadamente Alta
<i>Si C_T está entre 10 y 100 años</i>	Muy Alta
<i>Si C_T esta entre 100 y 1000 años</i>	Moderadamente Alta
<i>Si C_T está entre 1000 y 10000 años</i>	Baja
<i>Si $C_T > 10000$ años</i>	Extremadamente Baja

Según los valores de FAO (2000), se obtuvo la conductividad hidráulica de los distintos estratos que suprayacen a la zona saturada. Estos valores se relacionan con la profundidad de cada estrato y de esa manera se pudo evaluar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero aplicando el método AVI.

Tabla 17 Conductividad Hidráulica de distintos tipos de rocas. Tomado de FAO (2000).

Tipo de Material	K (m/día)
Sedimentos no consolidados	
Grava	1000
Arena limpia	100
Arena cenagosa	10
Limo, loess	1
Morrena glaciar	0,1
Arcilla marina inalterada	0,001
Esquisto	0,0001
Rocas	
Caliza cárstica	1000
Basalto permeable	100
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	100
Caliza y dolomita no cársticas	10
Arenisca sin fracturas	10
Rocas ígneas y metamórficas no fracturadas	0,00001

La información sobre los estratos que sobreyacen al acuífero y su espesor o profundidad se obtuvo mediante análisis de campo, información geológica, cartográfica, geofísica, bibliográfica (DGGM, 1978) e información de EMAPA (2016)

sobre dos perforaciones en la zona de estudio (Fig. 44 y 45). Una vez que se obtuvieron los valores se procedió a aplicar el método AVI (ver Anexo VII).

En la Fig. 63 se muestran tres diferentes zonas de vulnerabilidad aplicando el método AVI, mediante un mapa en donde se tiene vulnerabilidades: extremadamente alta (< 10 años), muy alta (10 a 100 años) y extremadamente baja (> 10000 años).

La parroquia de Cunchibamba se encuentra en la zona donde la vulnerabilidad es extremadamente alta, según la valoración del método AVI, en donde el riesgo a la contaminación se debe a las características intrínsecas del acuífero, tales como la conductividad hidráulica de los estratos que sobreyacen a la zona saturada y su espesor; además en el sector existe una intensa actividad antrópica lo cual es un factor de riesgo a la contaminación para el acuífero.

En la zona donde la vulnerabilidad es extremadamente baja se encuentra ubicada la parroquia de Unamuncho. Este valor se obtuvo de acuerdo a las características litológicas de los materiales que sobreyacen el acuífero, las cuales, según el método AVI, son despreciables.

6.4.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos aplicando los métodos GODS y AVI presentan similitud en cuanto a la disposición de las diferentes zonas vulnerables, pero no son iguales de acuerdo a la valoración de la vulnerabilidad. Esta similitud se da porque ambos métodos utilizan parámetros intrínsecos del acuífero así, el método GODS requiere de: características litológicas del sustrato que sobreyace al acuífero, texturas del suelo, profundidad del nivel del agua e índice de confinamiento del acuífero; Por su parte el método AVI utiliza parámetros como: espesor de los estratos que sobreyacen el acuífero y la conductividad hidráulica de cada uno de estos estratos.

Se diferencian en el grado de vulnerabilidad y en la valoración de la misma, ya que según la aplicación del método GODS existen dos zonas con distinto grado de vulnerabilidad: despreciable (0 – 0,1) y muy bajo (0,1 – 0,2), mientras que según la valoración del método AVI la vulnerabilidad varía en: extremadamente baja (> 10.000 años), muy alta (10 – 100 años) y extremadamente alta (< 10 años).

Esta diferencia se mostraría debido a que el método GODS es más general, es decir asigna valores o índices puntuales, los cuales luego se relacionan entre sí; mientras que el método AVI es más restringido, ya que mediante la ecuación a la que está regido este método, se suman todos los valores de la relación profundidad-conductividad hidráulica del sustrato que sobreyace a la zona saturada. De esta manera el método AVI registra valores más precisos, además como la unidad de medida está en años, este método se ajusta mejor a las condiciones de vulnerabilidad del acuífero Cunchibamba.

Finalmente se puede concluir argumentando que existe similitud en la aplicación de los dos métodos en cuanto a la disposición de las zonas vulnerables, pero se diferencian en la valoración que asigna cada método de manera independiente.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Las precipitaciones medias mensuales son datos que tienen un rango de 35 años en la mayoría de estaciones. Se ha llegado a determinar que en la zona de estudio existe un bajo nivel de precipitaciones que van de 500 a 600 mm, lo cual sugiere que es una zona seca.
- Las temperaturas medias mensuales evidenciadas en la zona de estudio van de 10 a 13 grados centígrados aproximadamente, lo que sugiere que en la zona de estudio existe un clima templado a frío.
- El Balance Hídrico de la subcuenca del río Cutuchi fue evaluado a nivel regional debido a la disponibilidad de datos. Este balance se estableció que la precipitación media de la subcuenca es de 814,43 mm; se consideró un caudal de 13,11 m³/s estimado mediante un aforo. Por otro lado, para el cálculo de la Evapotranspiración potencial se tomó en cuenta la estación agro meteorológica Rumipamba debido a que es la más cercana a la zona de estudio; se la determinó usando el método de Thornthwaite, alcanzando un valor de 685,3 mm. El valor de la escorrentía es de 182,1 mm. Por lo tanto, el total del balance hídrico tiene un índice de discrepancia de 6,5%, que es un valor manejable y sugiere un buen desarrollo de los componentes del balance hídrico, a la vez que refleja que en la zona de estudio existe un evidente déficit hídrico.
- Las unidades litoestratigráficas holocénicas como: depósitos aluviales (Da), depósitos coluviales (Dc) y depósitos laharíticos (Dh) tienen interés hidrogeológico, debido a las características de los materiales volcanosedimentarios que las componen, ya que presentan porosidad primaria intergranular con alta permeabilidad (ver Fig. 33).
- La formación Cangahua (Qc), se compone de cenizas re trabajadas. Presenta permeabilidad media; mientras que la formación Latacunga (PL), debido a su

composición litológica heterogénea que abarca materiales volcánicos, volcanosedimentarios y sedimentos de ambiente fluvio lacustre, presenta un grado de permeabilidad variable que va de bajo a medio, lo cual denota que ciertos estratos que componen esta formación, impiden la infiltración y circulación del agua subterránea, mientras otros favorecen a la misma, considerándolos como estratos saturados. Esta formación presenta interés hidrogeológico en la zona de estudio de acuerdo a los sondeos realizados por la EMAPA y según el análisis realizado en esta investigación, se establece que en esta formación se encuentra acumulada agua subterránea.

- Los volcánicos Sagoatoa (Vd), presentan flujos de lava de composición andesítica, los cuales tendrían permeabilidad baja secundaria por fisuración; mientras que la facie volcánica de la unidad Latacunga, compuesta por lavas de composición andesítica y brechas las cuales se encuentran fracturadas, presentan porosidad secundaria por fracturación con la particularidad de que su permeabilidad va de baja a media, por lo que esta última es de interés hidrogeológico, situación que habría sido visualizada una vez que se perforaron los pozos y que consta en los registros de perforación (Ver Fig. 44 y 45), mientras que la primera unidad no lo es.
- De acuerdo al análisis físico químico del agua subterránea realizada en la presente investigación, se establece que el agua de las vertientes encontradas es dulce, muy blanda en función del contenido de CaCO_3 y el pH se lo considera como neutro. Todos los iones mayores y menores tomados en cuenta en este análisis se encuentran dentro de los límites permisibles para consumo humano, requiriéndose únicamente desinfección previa. De igual manera para el riego, se encuentran dentro de los límites permisibles, mientras que el agua de los pozos profundos es calificada como moderadamente dura a muy dura y su pH se inclina hacia la acidez. Por otro lado la proporción de fósforo se encuentra fuera de los límites permisibles para consumo humano, lo cual sugiere que se debe realizar un tratamiento convencional para asegurar la calidad del agua y garantizar su posterior uso.

- De acuerdo a la caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica y mediante el procesamiento de resultados químicos del agua subterránea, mismos que han sido proyectados en los diagramas de Piper y Stiff, se ha llegado a concluir que existen dos facies hidroquímicas, la primera: Sulfatada Sódico – Potásica, catalogada así por sus altos niveles de sulfato, lo cual sugiere que la zona de recarga de este tipo de agua estaría distante con respecto al acuífero y debido al largo tránsito que ha tenido a través de los estratos. Este tipo de agua viene de un flujo regional que se presume fluye a través de la formación Latacunga desde el Noroccidente (Cordillera Occidental). La segunda facie hidroquímica: Bicarbonatada Sódico–Magnésica, corresponde a una zona de recarga más local, por lo que se presume que el agua no ha tenido tanto tiempo de transitar a través de estratos. Es menos evolucionada, y su dinamismo sería catalogado como un flujo local, proviniendo posiblemente desde los Llanganates (Cordillera Real) desde el Este.
- Las posibles fuentes de contaminación son puntuales y se derivan de la creciente actividad antrópica realizada en la parroquia de Cunchibamba. Si bien es cierto, el acuífero se encuentra a una profundidad mayor a 100 metros, lo que podría dificultar la infiltración de contaminantes; sin embargo, no se encuentra libre de contaminarse con el pasar de los años, con las actividades futuras que pudieran realizarse. Entre las principales posibles fuentes de contaminación se tiene, el paso del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato, el cual abastece de agua para el uso agrícola de toda la parroquia y presenta fuertes niveles de contaminación (Quinaluisa, 2016). También el uso abusivo de fertilizantes en actividades agrícolas y la planta de tratamiento de aguas residuales que está muy cerca de uno de los pozos perforados por la EMAPA, podrían aumentar el riesgo de contaminación. Debido a las ya mencionadas posibles fuentes de contaminación existentes en las inmediaciones del acuífero y detectadas mediante la presente investigación, se justificaría la toma de acciones preventivas por parte de las autoridades competentes en base al análisis de vulnerabilidad a la contaminación del mismo.

- La determinación de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero ha sido factible mediante la aplicación de métodos de vulnerabilidad como el de GODS. Es así que en la parte occidente del acuífero donde se encuentran los estratos volcánicos Sagoatoa se registra una zona de vulnerabilidad despreciable o muy baja con valores de 0 a 0,1; mientras que la zona centro oriente del acuífero donde están los depósitos holocénicos, formación Cangahua y la formación Latacunga presenta una vulnerabilidad baja con un índice de 0,1 a 0,2. Este método es muy general y dificulta obtener resultados más precisos por la limitación de datos y falta de información disponible de este acuífero. Se considera de utilidad la aplicación de este método en el presente trabajo, para futuras investigaciones que vayan a realizarse.
- Con respecto al método AVI se puede concluir que es un método más preciso, ya que utiliza información del sustrato que sobreyace a la zona saturada, así como información litológica de pozos profundos y los sondeos eléctricos verticales, además de análisis de campo, lo cual ha permitido catalogar de mejor manera la relación espesor de los estratos / resistividad hidráulica. Por tanto, se obtiene rangos de vulnerabilidad distintos, ya que este método se lo calcula en años, y se observa que presenta cierta similitud con el método GODS en cuanto a la disposición de las zonas vulnerables. Este método presenta rangos de vulnerabilidad menor a 10 años, extremadamente alta, en sitios donde se encuentran depósitos aluviales, coluviales y parte de la formación Cangahua; de 10 a 100 años, muy alta donde aflora la formación Latacunga; y, mayor a 100.000 años, extremadamente baja, para las zonas donde se encuentran los volcánicos Sagoatoa.

7.2. RECOMENDACIONES

- Manejar la información hidrogeológica existente en el país de manera adecuada, ordenada y actualizada por parte de los organismos gubernamentales que controlan dicha información, ya que los datos que se tienen actualmente sobre el agua subterránea, están desactualizados y se encuentran dispersos en pocas instituciones, lo que dificulta realizar investigaciones de interés hidrogeológico.
- Realizar más pozos de explotación por parte de EMAPA, con el fin de aprovechar el recurso hídrico subterráneo y poder abastecer de agua a más poblados del sector norte de Ambato. De igual manera se recomienda colocar piezómetros en el área de estudio con la finalidad de tener un buen manejo del acuífero, así como determinar las variaciones del nivel del agua con el pasar del tiempo.
- Establecer medidas preventivas convencionales del agua que se extrae de los pozos profundos mencionados en este estudio, ya que la cantidad de sulfato encontrada es perjudicial para la salud, estas medidas deberían cumplirse para precautelar la calidad del agua que es explotada para consumo humano.
- Realizar prospección geofísica en las inmediaciones del acuífero y en más sectores de la ciudad por parte de El Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato y la Emapa Ambato, sobre todo en las áreas litológicas que tienen similitud con la zona de estudio, con la finalidad de realizar posteriormente perforaciones exploratorias y de esa manera obtener un conocimiento más amplio sobre la geometría del acuífero.
- Implementar métodos de análisis de vulnerabilidad a la contaminación con una mayor cantidad de datos para el acuífero Cunchibamba, que permitan modelar planes de mitigación en caso de existir un impacto ambiental que perjudique la calidad del agua subterránea.

Referencias

- McFarland, M., & Dozier, M. (1996). *Problemas del Agua Potable: el Hierro y el Manganeso*. Texas: Instituto de Recursos de Agua de Texas.
- Alvarado, A. (1996). *Evolución geológica cuaternaria y paleosismicidad de la cuenca de Quito*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Ambato. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Ambato*. Ambato.
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador: Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, Esc. 1:100000*. Quito.
- Barragán, E. (2017). *Estudio Hidrogeológico del Acuífero de la Cuenca Alta del Río Pita en el Valle Norte del Volcán Cotopaxi*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Tesis de Grado.
- Beate, B. (1985). *El flujo piroclástico de Chalupas como causante de un desastre natural en el cuaternario de los andes septentrionales del Ecuador*. I Simposium Latinoamericano sobre Desastres Naturales.
- Beate, B. (2006). *La edad de la Ignimbrita del Chalupas, Prov. de Cotopaxi, Ecuador, y su importancia como marcador estratigráfico*. Quito: Resúmenes de las sextas Jornadas en Ciencias de la Tierra.
- C.T.A. (2014). *Prsopcción Geofísica de Superficie para determinar la Resistividad Eléctrica de Estratos Litológicos Subsuperficiales*. Ambato.
- Cañizares, R. (2000). *Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana*. Revista Latinoamericana de Biología.
- Castillo, F. (2005). *Hidrogeoquímica*. La Habana: Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional.
- Corponariño. (2015). *Corponariño*. Obtenido de <http://corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmirafloresp3.pdf>
- Cunchibamba. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GOBIERNO AUTONOMO DESENTRALIZADO DE CUNCHIBAMBA*. Ambato.
- Custodio, E. (1983). *Hidrología Superficial y Subterránea*. Barcelona: Omega.
- Dávila, F. (1990). *Geodinámica Plio-Cuaternaria de la cuenca de Latacunga-Ambato, Callejón Interandino: sector entre Salcedo y Píllaro*. Quito: EPN.
- Davis, S., & De Wiest, R. (1971). *Hidrogeología*. Barcelona, España: Ariel.
- DGGM. (1978). *Mapa Geológico del Ecuador*. Quito.
- EMAPA. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental Expost para diecisiete Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales que opera EP-EMAPA-A*. Ambato : CEGEA.
- EMAPA. (2016). *Informe Técnico sobre la Perforación de los Pozos San Vicente y San Pablo*. Ambato.
- FAO. (2000). *Evaluación de la contaminación del suelo: manual de referencia*. Roma: Colección FAO.
- Fertilizando. (2015). *Fertilización Foliar*. Recuperado el 17 de Julio de 2018, de <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion>
- Foster, S. (1988). Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas:. *OPS-CEPIS*.
- Foster, S. (2002). *Protección de la calidad del agua subterránea*. Washington, D.C.: The World Bank.

- Galárraga, R. (2004). *INVENTARIO Y DIAGNOSTICO DEL RECURSO HIDRICO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. Ambato.
- Gutiérrez, E. P. (2015). Influencia de las grandes precipitaciones en la garantía de entrega de agua anual. *Aqua-Lac*.
- Hall, M., y Beate , B. (1991). *El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador*. (Vol. IV). Quito: Corporación Editora Nacional-Colegio de Geógrafos del Ecuador.
- Hall, M., y Mothes , P. (1996). *El Origen y la Edad de la Cangahua superior, Valle de Tumbaco (Ecuador)*. Quito: III Simp. Inter. Sobre Suelos Volcánicos Endurecidos.
- Herrera, T. (2011). *La contaminación con cadmio en suelos agrícolas*. Scientific Journals.
- Holdridge, L. R. (1959). *Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data*. (Vol. 130). Washington: Science.
- Ibáñez, J. J. (2008). *Contaminación de Suelos y Acuíferos por Nitratos: Algunas repercusiones sobre la Salud Pública*. Madrid: Madrid Blogs.
- INAMHI. (2005). *Balance Hídrico de varias localidades ecuatorianas*. Quito.
- INAMHI. (2016). *Anuario de estaciones meteorológicas*. Quito.
- INAMHI-EMAPA. (1993). *Estudio Hidrometeorológico, Hidrogeológico y prospección geofísica para la determinación de agua subterránea para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Ambato*. Quito.
- INAMHI-SGAB. (1992). *Técnicas para la Explotación de Aguas Subterráneas en el Ecuador*. (Vol. II). Quito: Swedish Geological.
- INEC. (2010). *CENSO 2010 Ecuador*.
- Lavenu. (1992). New K-Ar age dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: implications for the relationship between sedimentation, volcanism and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 5 (3/4), 309–320.
- Lavenu, A. (1994). *La Neotectónica, ejemplos en el Ecuador*. (Vol. VI). Corporación Editora Nacional.
- Lavenu, A. (1995). A Pliocene–Quaternary compressional basin in the inter-Andean depression, central Ecuador. *Geophysical Journal International* 121, 279–300.
- Lavenu, A. (1996). *ESTRATIGRAFIA DE LOS DEPÓSITOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS DE LA DEPRESIÓN INTERANDINA DEL ECUADOR (ENTRE 0° Y 2°15'S)*. Paris.
- Layedra, H. (1998). *Modelo Hidrodinámico del Acuífero de Pujilí con el uso del sistema de modelización GMS. Tesis de Pregrado*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Marhlknecht, J. (2010). *Generación de los índices de Vulnerabilidad para Acuíferos: Comparación de Métodos*. Monterrey: Centro de estudios de Agua ITESM.
- Mothes, P. (1991). *El paisaje interandino y su formación por eventos volcánicos de gran magnitud*. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- OMS. (2018). *Arsénico*. Obtenido de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Pourrut, P. (1983). *LOS CLIMAS DEL ECUADOR - FUNDAMENTOS EXPLICATIVOS*. Quito.
- Pozo, C. (2012). *Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo , Salcedo-Cotopaxi (Tesis Maestría)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

- Quinaluisa, N. (2016). *Análisis de la resistencia a estrés por metales pesados de levaduras aisladas del canal de riego Latacunga - Salcedo - Ambato (Tesis de Pregrado)*. . Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Reinoso, D. P. (2016). *Evaluación de Cepas Bacterianas resistentes a metales pesados en la zona del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato con potencial biorremediador (Tesis de Pregrado)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Riesgos. (2014). *Amenaza Déficit Hídrico*. Obtenido de http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Escenarios_JUNIO_DH.pdf
- Salas, M. E. (1988). *Aproximación por el método de Thornthwaite, al calculo de Infiltración de lluvia útil*. Murcia: Papeles de Geografía.
- Sauer, W. (1955). *Coprinisphaera Ecuadoriensis. Un fósil singular del Pleistoceno. Equateur*. Boletín Instituto Ciencias Naturales, Universidad Central.
- Solís, L. D. (2012). *Evaluación del fertilizante Foliar Quimifol en el Cultivo de Col (Brassica oleracea var. Capitata) C.C. Gloria*. Ambato: Universidad técnica de Ambato Tesis de Grado.
- Steinmann, M. (1999). Neogene tectonic evolution and exhumation of the southern Ecuadorian Andes: a combined stratigraphy and fission-track approach. *Tectonophysics* 307, 255–279.
- Stempvoort, D. V. (1992). *A Method for Groundwater Protection Mapping in the Prairie Provinces of Canada*. Saskatoon: National Hydrology Research Institute.
- Taco, L. (2000). *Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Rio Cutuchi, aguas arriba de la Estación Hidrométrica Cutuchi A.J. Yanayacu*. . quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Tungurahua. (2014). *Plan provincial de Riego de Tungurahua*. Ambato.
- Vallejo, C. (2007). Evolution of the Western Cordillera in the Andes of Ecuador (late Cretaceous-Paleogene). (Tesis para obtener el grado de Doctor). *Swiss Federal Institute of Technology Zürich*, 215 p.
- Vélez, D. F. (2013). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de brócoli (Brassica oleracea var. italica) híbrido Avenger para mercado de exportación en Cunchibamba, provincia de Tungurahua*. Quito: USFQ: Tesis de Grado.
- Whitlow, R. (1994). *Fundamentos de Mecánica de Suelos*. Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Winkler, W. (2005). The Chota basin and its significance for the inception and tectonic setting. *Journal of South American Earth Sciences* 19 (2005) 5–19.
- Yépez, C. (2011). *Remoción de detergentes de aguas residuales empleando hongos seleccionados obtenidos a partir de efluentes de industria textil y evaluación de su tolerancia a metales pesados a nivel de laboratorio (Tesis de pregrado)*. Sangolquí: ESPE.

ANEXOS

Anexo I Datos Pluviométricos (INAMHI, 2016)

Estación Agoyán en la Presa (M0220)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1982			91,5	203,1	225,1		160,1	162,4			159,5		1001,7
1983	104,7	210,6		214,4	265,3	136,3	148,8	129,6	225,7	163,4	64,3	66,7	1729,8
1984	45,7	138,6	123,2	129,8	157,3	284,8	164,4	140,3		120,2	65,4	93,2	1462,9
1985	67,2	93	85,9	84,6	280,9	178,5	133,2	194,3	140,5	57,9	45,5	102,2	1463,7
1986	59,2	55,6	117,9					146,6	174,6	103,9	104,8	138,4	901
1987	65,2	315,7	49,3	307,7	149,8	204							1091,7
1988		160,9	108,3	139,1	220,6	167,3	211,9	115,7	96,8	128,8	121,2		1470,6
1989					283,5	470,6		139,1	314,4		56,1	29,2	1292,9
1990	137,1	56,7	94,1	154,7	177,3	292,2	188,7	121,6	12	128,7	12,4	31,2	1406,7
1991	49,8	38,6	2,8	10,9	57,1	143,3	58,6	4	8	9,5			382,6
1993			109,4	126,8	207,9	224,5	272,6	191,9	166,5	102		71,7	1473,3

Estación Baños (M0029)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	47,7	42,4	13,8	122,2	147,5		149,2	183,4		128,7	85,4	34,6	954,9
1981	49	102	59,9	127,9	89,2	160,8	202	106,4	71,5	86,8	42,3	137,5	1235,3
1982	79,5	26,4	66,3	143,3	151,4	154,1			788,4	464,2	559,3	955,1	3388
1983	617,6		71,2	208,8	210,7	187,9	133,8	102,5	180,9	90,2	45,3	66,7	1915,6
1984	44	103	116,3	105,3	156,4	227,1	135,2	139,1	224,1	86,6	60,8	68,6	1466,5
1985	35,7	81,7	79,6	52,5	265	153,2	127,4	157,1	119,7	40,9	29,4	71,2	1213,4
1986			132,3	135,7		174,2	198	111,8	130,9	74,7	77,1	117,4	1152,10
1987	53	260,4	34,9	197	111,3	158,4	147,6	189,9	84,8	122,8	28,4	104	1492,50
1988	56,6	136,5	94,8	118,1	217,4	153,9	188,8	280,9	105,5	109,1	91,2	16,8	1569,60
1989	39,1	109,6	77,2	69,2	222,9	414,2	214,8	106,4		90,6		9,3	1353,30
1990		52,7	158,5	118,3	176,2	225,5	157	107,5	117,9	163,2	87,3	50,6	1414,70
1991	32,6	92,8	45	88,7	152,6	243,9	225,9	127,8	56,6	98,8	97,4	17,2	1279,30
1992	51,4	74,5	88,7	128,5	114,5	150	191,7	130,4	112,1	42,3	44,1	49,6	1177,80
1993	70,3	55,6	133,2	128,7	151,9	181,3	239,2	124,2	125,8	96,8	89,4	42,8	1439,20
1994	44,9	58,7	77,3	165,5	160,4	220,2	192,8	182	102,2	63	82,1	217,2	1566,30
1995	60,4	22,3	44	115,5	156	171	241,8	109,7	95,8	35,4	67,2	78,6	1197,70
1996	65,1	123,4	63,7	183,2	101	212,5	181,1	135	140,1	57,6	70,3	77,1	1410,10
1997	49,3	159	69	58,6	113,3	52		162,5	43,4				707,10
1998	40,5	104,3	79,5	230,9	142,7	269	174,7	159	56	91,9	25,2	40,2	1413,90
1999	66,1	76,7	120,2			222,1	133,7						618,80
2000				0	0					115,6	53,1		168,70
2001	76	117,4	474,9	197,6	141,9	202,7	190	137,1	103,9	50	64,4	111,8	1867,70
2002	39,5	76,9	76,1	112,6	115,2	136,4	206,8	114,4	79,3	112,3	131,4	50,4	1251,30
2003	80,7	87,8	72,1	90,4	122,9	164,2		58,1	59,5	60,4	60,3	71,5	927,90
2004	21,1	66,5	167,7	102,4	264,6	138,4	187	182,5	87,7	74,9	85,6	53,9	1432,30
2005		126,6	114,3					59,5					300,40
2006	97,2	78,3	78,7	84,6	112,5	195,2	67	122,3	96,2	66,2	77,4	76,8	1152,40
2007	111,4	27,5	136,8	171,6	255,1	327,4	113,4	238,1	103,3	48,9	114,6	81,1	1729,20
2008	106,2	90,4	107,2	109	173,9	204,1	250,2	137,6	124,9	92	73,2	62,8	1531,50
2009	78,7	71,5	52,4	151,6	110,8	196,6	198,8	116,5	65,7	64,5	29,3	52,9	1189,30
2010	51,8	76,1	129,3	163,7	167,5	159	105	113,1	90	57,5	93,1	98,5	1304,60
2011	81,6	53,8	63,4	97,8	126	158,4	171,8	147,4	139,3	44,3	73,8	83	1240,60
2012	75,1	50,8	91	85,4	178,1	138,5	212,7	151,9	73,9	71,6	23,6	74,1	1226,70
2013	72,9	119,6	93,2	74,9	145,2	176,1	249,4	123,1	94,4	112,6	69,9	48,8	1380,10
2014	76,2	33,8	113,8	140,5	200,9	188,9	161	152,2	87,4	114	35,4	57,3	1361,40
2015	122,3	43	138,9	195,9	121,8	341,1	263,5	175,4	112,6	131,5			1646,00

Estación Pedro Fermín Cevallos (M0128)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	16	47,7	20,6	72	27,6	29,8	27,6	23,6	18,2	64,4	39,6	7,9	395,00
1981	19,5	27,2	46,8	43,9	41,9	23	65,9	24	8,9	39,8	31,2	31,2	403,30
1982	72,3	18,2	34,2	40,2	62,4	34,5	25,6	32,4	12,1		32,5	65,1	429,50
1983	15,4	44	38,7	127,6	100,2	23	21,1	19,1	64,7	32,7	5,6	45,5	537,60
1984	28,3	37,9	73,7	98,3	71,3	67,6	46,6	14,5	140,7			17,4	596,30
1985	7,6	18,3	39,1	14,6	101,4	32,6	54,8	39,9	64,2	27,3	19,5	33,1	452,40
1986	11,6	18,7	58,7	47,5	54,2	45,5	58,1	23,1	47,4	28,2	24,7	21,4	439,10
1987	27,5	79,2	51,7	96,2	48,3	23,4	28,6	29,4	34,4	50,5	13,5	10,6	493,30
1988	26	91,7	25,1	63,2	89,3	60,9	64,4	43,7	35,8	96,4	61,1	13,3	670,90
1989	33,7	41,1	95,3	36,2	72,7	144,7	65,6	3,6	37,7	55,6	17	7,1	610,30
1990	13,7	40,4	33,9	39,8	55,1	57,5	38,1	26,8	26,6	109,3	22,4	25	488,60
1991	8,7	20	37,9	27,3	55,8	77,8	49	23,2	11,1	30,6	65,3	16,4	423,10
1992	5,1	33,5	48,8	54,4	33,1	38,4	31,9	17,3	30,1	13	34	5	344,60
1993	30,2	31,2	65,9	71	56,1	19,3	55,1	20,1	33,4	28,4	66,4	20,6	497,70
1994	39,5	24,8	49,5	71,1	42,1	64,9	49,3	57	13,3	40,9	60,5	46,2	559,10
1995	14,6	3,6	29	62,2	51,4	34,7	89,4	124,1	21,3	20	60,5	33,2	544,00
1996	63,9	58,2	38,7	37,6	67,8	49,6	35,1	30,7	45,1	12,7	32,7	27	499,10
1997	34	23,4	42,2	15,9	47,8	26,7	70	32,6		34	104,7	34,7	466,00
1998	23,3	37,4	23,5	91,8	81,6	61,6	55,2	34,7	14	49,2	18,4	10,8	501,50
1999	46,1	69,1	59,5	68,8	46,4	79,1	15,1	56,7	100	15,9	27	92,6	676,30
2000	40,9	82,1	44,9	71,8	199,5	102,9	30,1	64					636,20
2002	12,2	39,3	46,7	74,3	73,2	54,3	20,9	28,6	17	58,4	51,3	38,5	514,70
2003	37	32,9	34,7	35,3	28,5	68,1	16,4	6,9	11,9	36,9	36,4	27,9	372,90
2004	0	36,2	55	76,8	76,5	24,6	46,5	27,2	33,7	29	66,7	32,3	504,50
2005	13,3	55,6	86,6	80,9	35	59,2	21	12,8	6,4	20,6	30,5	76,3	498,20
2006	42,5	49,8	58,8	47,8	31,8	74,6	11,7	36,6	30,5	37,7	83,5	37,2	542,50
2007	57,2	15,7	76,6	95	84,6	145,2	19,9	60,1	21,3	34,4	25,9	41,2	677,10
2008	23,9	101	49,8	71,8	68,3	60,1	48,1	48,4	41,5	67,6	50,9	36,6	668,00
2009	43,7	40,7	31,4	60,8	20,4	79,2	37,6	15,3	5,4	40,8	14,4	4,6	394,30
2010	8,3	28,8	44,4	81,7	63,6	63,2	55	28,9	34,6	14,6	109	73,7	605,80
2011	30,2	72,5	27,6	105,7	193,9	47,6	55,2	48,4	45,2	17,8	69,7	90	803,80
2012	35,5	24,8	18,5	144,7	32,5	28,8	39,3	35,8	22,1	120,3	18,8	17,9	539,00
2013	36,2	103,8	35,6	34,7	61,3	44,4	53,9	19,8	20,7	61,1	34	23,2	528,70
2014	38,8	8,6	53,5	42,3	67,6		34,5	47,7	36,5	57,3	15,8	22,3	424,90
2015	34,6	17,7	69,6	22,8	24,6	72,1	80,4	20,9	14,8	28,6	26,1	19,6	431,80

Estación Pillaro (M0127)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	31,4	77,1	90,9	52,6	22,4	36,9	22,8	38,2	25	92	59,4	39	587,70
1981	36,7	73,5	85,2	48,7	57,5	20,4	50,7	49,1	20,9	56,5	79,2	36,6	615,00
1982	45,5	58,5	51,7	66,5	125,8	23,1	59,9	45,6	20,5	81,4	96,5	145,9	820,90
1983	36,8	62,1	88,6	140,6	91	38,3	18,7	20,4	45,3	101	17,9	84,2	744,90
1984	45,4	105	95,9	66,4	49,7	68,8	34,7	14,4	154	68,4	137	26	865,70
1985	25,6	16,3	15,2	27,1	124,5	50,4	43,7	52,9	51,1	30,7	42	58,8	538,30
1986	27,5	42,6	65,1	68,4	71,4	41,8	44,2	22,8	34,6	53,8	37,6	37,5	547,30
1987	22,8	75,4	63,3	82,2	46	15,4	29,6	16,8	34,9	92,3	15,4	20,5	514,60
1988	6,2	105,1	27,5	73,5	81,9	82,4	46,4	46,1	29,4	93,6	82,5	42,9	717,50
1989	52,3	66,2	112,1	56	74,5	135,5	47,5	16,8	49,8	63,3	19,3	10,5	703,80
1990	36,9	60,2	36,9	127,3	56,9	50,8	35,8	8,8	26,5	126	39	39,9	645,00
1991	37,5	24,7	109,3	31,4	39,8	48,3	38,2	23,7	12,4	34,2	55,3	17,3	472,10
1992	17,8	76,8	57,7	64,2	45,2	27,5	31,1	19,9	29,5	69,8	31,8	22	493,30
1993	40,3	47	101,4	70,9	59	21,4	40,2	50,7	33,5	46,8	64,4	45,1	620,70
1994	68,7	69,4			27,4	55,8	38,4	52,2	13,1	38		63,9	426,90
1995	19,6	28	47,1	66,4	64,4	33,1	60,8	29,7	10,7	27,4	101,4	41,9	530,50
1996	72	83,7	57,4	72,2	79,1	35,5	33	19	43	56,6	24		575,50
1997				39,5	48,6	0	0	0	59,2	0	0	41	188,30
1998	0	40	4	0	0	70	0	0	0	0	96		210,00
1999	7	131,7	73,1	86	16,5	72,2	18,8	42,6	21	11	0	2	481,90
2000	35	29	14	112,7	111,6	110,2	34,2			2,2	10,1		459,00
2001	37,1	26,5	36,6			46,6	40,9						187,70
2002	28,9	14,8	30,1	50	73,6	57,7							255,10
2004					103,6	21,9	50	27,9	35,5		63,9	68	370,80
2006	70,6	1,6	8,9				16,8	19,9	78,7	43,3			239,80
2007	9,6	51,4	29,4	74,7	38,6	106,7	13,9	30,1					354,40
2008		164,5	40,4	26,7	42,8	38,5	44,2	43,4		23,6	53,1	72,5	549,70
2009	15,7				134	28,4	1,8	15,7	28,9				224,50
2010	24,9	1,9	0										26,80
2011					78,9	46,7	60,2	31,3	48,6	21,5	108,4	70,9	466,50
2012	77,3	94,9	49,7	91,5	41	18,2	20,6	27,8	12,7	109,6	32,6	36,1	612,00
2013	29,7	49	71,4	87,4		28,5		19,1	16,4	34,7	30,7	21,5	388,40
2014	45,8	29,9	59,8		48,8	57,3							241,60

Estación Ambato - Aeropuerto (M0066)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	34,9	37,5	32,5	23,7	17,3	26,9	9,9	27,9	12	89,3	62,2	38,2	412,30
1981	17,7	47,2	56,7	27,5	50	29,2	32,4	27,2	17,2	64	28,5	22,4	420,00
1982	66	31,7	34,8	49,8	112	11,9	33,8	41,4	10,4	71,3	19,6	91,3	574,00
1983	38,8	47,1	46,3	95,4	43,2	0	0	1	16,9	32,1	8,7	64	393,50
1984	53,8	61,9	104,6	93,1	82,5	49,1	23,4	19,8	147,4	66,9	68,9	29,9	801,30
1985										45,3	32,7	42,3	120,30
1986	11,1	26,8	50,3	30,4	63,8								182,40
1987									22,1	61,5	31,8	15,9	131,30
1988	23,5	78,3	16,4	57,3	65,1			32,4		77	64	34,8	448,80
1989	30,1	47,9	52	37,5	46,1	90,6	31,6	5	36,6	60	14,1	12	463,50
1990	36,3	59	15,4	66	58,4	37	23,4	72,6	21,1	128,8	35,2	19,7	572,90
1991	7	14,5	83,4	19	27,5	37,9	30,2	9,6	16,6	24,5	83,7	23,2	377,10
1992	18,4	60,7	46,9	42,1		17,5	21,8		25,8	42,8	10,2	23,2	309,40
1993	45,7	53	104,9	59,5	53,5	8,7	31,3	26,5	27,2	56,8	13,4	43,4	523,90
1994	40,6	46,2	48,8	75,6	38	35,4	19,7	56,1	6,4	23,5	56,2	38,4	484,90
1995	1,5	11,5	42,7	51,2	36,2	22,1	41,5	17,1	2,3	42,1	72,1	56,7	397,00
1996	81,5	107,3	40,1	57,9	42,1	37,5	9,9	8,1	25,5	52,1	45,7	45,9	553,60
1997	70,9		45	23,5	25,8	17,3	16,6	12,1	20,7	43,8	135,4	42,1	453,20
1998	19,1	45	34,9	89,9	81,4	62,5	45,9	25,2	12,4	114,2	57,8	31,7	620,00

Estación Ambato La Granja (M0028)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	18,7	42,7	13,8	52,5	16,3	27,6	13,4	23,5	18,6	76	54,4	19,9	377,40
1981	20,8	29,5	48,5	21,9	43,1	19,6	35,4	21,5	10,8	48,3	45,3	26,8	371,50
1982	54,2	32,4	21	41,3	100,1	16,6	27,6	27,7	12,7	36,2	32,7	40	442,50
1983	34	59,4	47,9	84,4	68,6	11,4	12,1	11,3	31	55,3	6,1	76	497,50
1984	17,8	57,2	85,1	118,6	57,7	45,4	26,7	8,5	51,3	52	56,6	22,2	599,10
1985	7,1	5,7	13,3	23,4	97,6	16	24,8	32,7	31,2	40,2	42,6	61,5	396,10
1986	12,1	13,4	55,2	50,1	70,6	36,6	22,1	18,7	40,9	44	36,8	15,4	415,90
1987	7,8	58,6	61	100,5	58,2	6,7	14,8	19,2	32,3				359,10
1992						37,2	57,2	22,3					116,70

Estación Cotopaxi (M0120)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	31,1	36,6	33,3	75,3	60,7	43,3	10,5	38,3	35,3	167,8	92,5	49,2	673,90
1981	47,8	78,6	61	113,4	96,1	61,8	76,3	125,1	48,9	90,4	47,2	137,1	983,70
1982	121,8	120,5	46,4	128,3	161,1	21,7	32,4	2,4	84,2	167,1	165,9	107	1158,80
1983	128,6	174,3	103,3	139,9	134,7	109,5	48,9	45,8	50	71	104,6	114,4	1225,00
1984	78,8	274,9	311	300,7	253,8	86,1	81,2	30,2	129,3	194,7		149,9	1890,60
1985	62,9	0,9	6,8	59,7		43,8	37,3	40,7	55,3	70,4	84,9	87,9	550,60
1986		45,8	127,2	164	54,1	3	1,2	18	81,6		69,9	85,6	650,40
1987	98,8	37	117,8	61,7			74	31	102,9		14,5	36,5	574,20
1988	127,3	105,5	106,7		59,5	128,7	233	128	137,6		141,4	116,9	1284,60
1989	119,2	149,6	114	134,7	95,9	49,8	64	87,2	103,4	297,4	52,1	22,8	1290,10
1990	72,9	85,3	96,7	213,5	138,8	64,7	60,8	22,4	27,2	217	21,1	39,2	1059,60
1991	42,1	140,7	91	125,4	52,6	83,8	13,1	2	29,9		121	113,5	815,10
1992	38,9	82,1	108,9	56,3	51,4	13,7	0	3,1	54,6	86,7	60	87,4	643,10
1993	165,2	191,2	206,7	295,5	101,7	56,3	14,4	20	63,3			287,4	1401,70
1999					160,9	96,2	25,9	25,7	124,1	75,9	50,5	143,9	703,10
2000	87,4	154,4	217	220,2	214,5	110,9	19,5	30,8	151,2	52	97,8	80,3	1436,00
2001	154,4	75,4	187,5	118,3	126,5	49,2	57	6,2	72,3	10,2	73,1	158,8	1088,90
2002	79,2	77,2	154,5	196,6	108,7	33,9	25,5	19	23,6	169,6	155,6	195,7	1239,10
2003	67,4	115,4	86,6	166,5	99,6	94,9	0	0	39,5	55,3	128,9	128,2	982,30
2004		51,9	55,4	110,8	131,4	17,8			26,1	70,8	98,2	92,9	655,30
2006	133,6	108,8	200,4	64,4	38,7	103,4	24,8	16,2	70,1	51,9	164,4	158,9	1135,60
2007	118	22,1	140,9	206,7	85,3	76,8	46,6	43,6	0	91,8	128,3	124,3	1084,40
2008	98,1	117	131,7	197,5	214,8	118,5	54	77,3	45,7	115,9	97,6	114,9	1383,00
2009	202,4	168,4	154,2	64,9	104,6	136,6	36,9	23,4	28,7	81,2	100,5	96,1	1197,90
2010	41,8	129,4	117,9	164,7	160	62,4	126,4	34,7	50,6	59,6	184,3	172,7	1304,50
2011	133,2	93	114,8	207,8	92,6	52,5	78,1	65,4	45	138,4	61,2	268,5	1350,50
2012	201,3	157,4	108,3	150,5	95,3	23,2	0	16,2	54,5	113,9	176,2	45,6	1142,40
2013	39,9	201,3	115,9	116,2		15,5	18,7	34,7		121,8	36,8	84,3	785,10
2014	81,2	159,9	116,2	161									518,30

Estación Latacunga Aeropuerto (M0064)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	27,5	108,8	39	79,9	28,7	13,4	0,4	3	20,8	109,1	88,1	18,5	537,20
1981	32,1	35	81,2	63,6	34,4	16,5	18	36	6,1	59,7	36,5	31,2	450,30
1982	61,3	57,7	61,3	95,6	115,2	0,9	22,2	5,6	7,1	67,9	93,4	95,6	683,80
1983	15,9	35,3	65,5	149,9	76,1	8,4	4,5	11,9	13,5	33,4	24,7	31,8	470,90
1984	35,4	93,6	88,6	59,5	39,8	17,8	18,3	7	69,4	64,1	61	23,7	578,20
1985	33,5	9,2	7,7	17,3	83,7	18,5	11,6	15,3	25,8	10,4	28,2	54,9	316,10
1986	42,7	21	66,6	33,2	43,6								207,10
1987													0,00
1988						18,8	21,1	21	37,8	56,4			155,10
1989													0,00
1990	0,3	12		8,1	9,1	17,1	8,6	6,1	14,7	113,1	18,2	15,7	223,00
1991	10,2	19,3	107,1	26,1	34,3	16,2		3,1	15,7	41,6	35,5	37,6	346,70
1992	14,2	23,2	24,1	93,8	26,8	5,2	0,8	5,3	45,9	53,2	30,4	17,7	340,60
1993	29,1	65,8	124,4	94,2	77,7	4,8	13,7	9,6	59,4	27,8	55,6	95,7	657,80
1994	53,3	110	83,6	86,6	66,5	12,4	14,2	12,5	22,9	30,6	108,7	63,2	664,50
1995	2,4	48,2	35,1	56,7	35,5	8	27,3	10	15,8	109,4	51,5	47,6	447,50
1996	49,6	110,4	66,9	65,9	83,3	59	5,4	5,4	38,6	62,4	16,7	16,7	580,30
1997	88,9		25,7	68,8	7,1	23,7	1,3	2,9	22,2	36,2	57,4	36,8	371,00
1998	20,6	82,7	43	94,9	44	14,4	15,8	10,2	22,5	30	64,9	23,9	466,90

Estación Patate (M0126)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	35,1	28,2	22,1	49,9	37	52,4	42,4	69,2	18,9	72,5	52	10,7	490,40
1981	314,3	20,3	65,7	8,4	38,2	26,5	61	32,5	5,8	59,1	45,2	28,2	705,20
1982	45,6	23,5	26	53,7	84,5	33,3	37,4	36,6	8,4	58,4			407,40
1983				97,1	91,5	23,2					14,4	54,5	280,70
1984		50,1						19,3	130,6			31,7	231,70
1985					92,2	36,5	66,3	42,9	58,5	28,4	20,6	31,5	376,90
1986	11,6	27,3	61,8	50,5	52,3	77,1	71,3	37,5	57,3	37,5	50,8	38,4	573,40
1987	17,8	104,6	33,2	155,9	47,7	76,6	33,6	45,8	28,3	17,6	7,9	11,5	580,50
1988	18,6	94,7	24,7	73,1	86,9	75,4	94,1	59,8	43,3	90	22,9	33,4	716,90
1989	43,1	38,2	83,9	45	72,1	181,5	63,6	13	47,4	58,3	33,7	3,1	682,90
1990	21,8	15,3	25,8	56,1	71,7	52,7	59,5	28,4	56,4		36,9	43,8	468,40
1991	15,1	21,3	58,4		35,3	96,7	53,4	17,7		53,9	59,1	20,7	431,60
1992	12,9	51,1	24,9	41,9	34,4		61,8	22,4	44,7		73,8	13,3	381,20
1993										42,9	26,8	22	91,70
1995											50,3	59,5	109,80
1996	79,8	88,3	40,6	99,2	64,9	45,1	63,1			36,3	84	24,5	625,80
1997										22,2	66,3	39,9	128,40
1998	28,3	59,1	92,1	75,7	103,5	125,2	122,9	53,4	22,8			3,6	686,60
1999	30,5	80,8	137,2	144,4	59,2	191,6		179,7	170,8	33,4	49,3	188,4	1265,30
2000	93,3	133	72,9	127	336	207,9	32,3	80,5	69,5	23,8	8,3	60,8	1245,30
2001	19,4	67,4	49,4	69,6	46	101	44,6	54,8	18,8	1,1	2,9	4	479,00
2002	9,6	20,3	12,5	39,6	8,4	4,4	2,1	13,2	2,6	4,8	13,4	3	133,90
2003	3,5	46,8	50,4	6	15,9	22	45,4	3,2	3	3	3,6	5,6	208,40
2004	1,4	4,4				39,1	63,3	27,9		61,2	40,5		237,80
2005													0,00
2006			13,5										13,50
2007							37,1	95,5	35,5	43,9			212,00
2008	40,6	127,9	72,7	71,7	104,5	60,5		59,9	50,6	109,2	63,1	54,7	815,40
2009	25,2					74,3	59,6	31,7	10,1	88,8	11,5	33,4	334,60
2010	8,5	33,5	53,5	87,5	93	72,9	66,2	49,1	39,1	29,1	106,2	95	733,60
2011	38,6	70,7	39,1	105,1	104,7	64,5	75,6	57,1	47,1	14,7	50,9	95,1	763,20
2012	64	31,5	17,3	61,2	33,7	21,1	33	53,2	16,6	83,3	18,7	25,9	459,50
2013	23,5	74,1	55,2	26,7	80,2	40,2	76,6	30,7	20,6	50,4	41,7	21,9	541,80
2014	37,4	20,3	49,3	47,7	89,5	84,5	31,9	58,3	46,3	50,3	24,1	15,1	554,70
2015	37,2	56,2	53,2	54	33,3	115,5			14,1				363,50

Estación Calamaca (M1069)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1988							84,4	72,7	31,6	92,5	83,4	29,2	393,80
1989	89,3	61,7	119,4	42,8	110,5	132,1	90	20,6	57,7	85,2	18,9	9	837,20
1990	55,8	112,9	70,8	115,9	58,2	127	15,2	50,2	21,5	144,1	39,7	46,4	857,70
1991	69,6	102,9	56,5	61	78,7	128,1	80,3	59,5	32,1	39,9	90,2	38,6	837,40
1992	17,1	36,6	71,3	55,8	51,2	67,6	169,6	39,4	55,6	28,9			593,10
1997		238,4	230,1	59,6	28	14,1	43,2	25,1					638,50
1999	82	49,1	79	135,4	53,8	47,3	33,4	64	76,6	31,8	47,2	126,3	825,90
2000	36,7	78,8	92,5	92,6	129,8			52,9	57,6	7,4	2,2	38,1	588,60
2001	68,8	55	19,9	11,8	18,6		55,8	35	29,1	7,8	6,8	1,2	309,80
2002	2,2	88,8	57	77,6	64,5	68,2	72,6	30,2	15,8	52,8	87,6	51,6	668,90
2003	26,2	16,8	87,6	71,3	72,6	41	24,7	13	57,2	52,6	36	52,4	551,40
2004	24	39,8	54,7	73,6	115,4	79	76,8	43,4	35,6	29,9	32	18	622,20
2005	10	54,8	91,2		48,7	49,7	43,9	37	25	35,8	44,8	95,8	536,70
2006	77,8	93,9	89	74,6	45,7	88,8	27,2	72,5	31,8	30,4		78,3	710,00
2007	64,1	25	76,3	119,3	69,8	320,2	58,2	71,8	63,4	50,6	79,6	60,1	1058,40
2008	80,3	77,6	113	78,8		82,3	115,7	109,1	68,6	83,9	64,9	82,1	956,30
2009	99,7	39	53,1	71,8	39,7	109,4	89,9	32,5	10,6	55,9	27,2	30,1	658,90
2010	33,4	96	52	54,2	105,8	92,5	75,4	61,6	35,9	18,8	115,8	75,9	817,30
2011	63,7	107,7	52,4	112,3		44,3	122,9	39,5	76,6	32,7	56,5	234,1	942,70
2012	101,2	95,9	43,9	110,8	62,1	62,3	76,4	62,5	42,3	54,9	33,4	44,1	789,80
2013	81,7	80	59,2	59,9	39,4				33,7		15	23,4	392,30
2014	65,4	7,8	62,8	36,4	90	156,4	52,1	66	65,8	33,5	15,6	23,9	675,70
2015	68,1	16,8	35,2	101,4	41,2	104,8	97,4	41,6	37				543,50

Estación Rumipamba (M0004)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	18,2	96,6	50,8	72,2	15,9	19	4,5	13,8	46,9	87,4	105,8	41,6	572,70
1981	8	34,9	66	39,9	60,3	5	19	30,3	9,7	38,2	12,3	40,3	363,90
1982	44,9	76,7	30,9	108,8	118,7	2,8	19,8	26,3	6,4	63,6	80,6	112,5	692,00
1983	45,2	27,1	81,8	67,7	77,2	8,4	6,2	9,5	26,6	44,4	17,3	99,3	510,70
1984	59	117,3	65,6	99,7	42,9	21,9	12,2	9,5	135,4	44,4	56,7	22,1	686,70
1985	76,5	8,6	13,6	67	70,2	20,8	12,5	21,6	40,7	20,9	69,2	77,2	498,80
1986	44,1	41,6	70,8	43,5	54,9	23,8	6,5	17,2	34,1	83,3		31,9	451,70
1987	54,3	33,4	58,8	98,9	68,3	5,2	23,5	6,8	40,2	57,6	20	8,5	475,50
1988	28,2	85,2	16,3	75,4	45,8	42,8	31,9	34,1	34,6	61,8	103,9	86,6	646,60
1989	81,7	64,4	121,4	26,1	67,2	88,8	15,9	3,4	36,6	56,8	9,1	12,3	583,70
1990	28,3	62,5	17,7	41	54,2	26	11,4	4,5	18,2	139,9	39,3	56,3	499,30
1991	27,5	23,5	88,3	38,1	32,1	23,2	19,7	10,6	33,6	30,8	91,3	66,3	485,00
1992	51,3	49,5	34,6	71,2	29,7	16,4	13,7	4,1	42,9	47,3	41	65,5	467,20
1993	105,5	52,9	104,5	61,7	75,2	12	13,3	11,5	23,4	58,4	70,7	54,7	643,80
1994	44,5	71,8	59,4	65,3	23,2	13,8	13,1	27,5	21,6	40,7	89,8	36,6	507,30
1995	1,8	33,3	46,2	68,7	35,5	11,7	26,1	19,4	4	44,6	90,6	63,3	445,20
1996	48,2	66,8	61,1	59,7	98,4	39,1	14,6	13,1	33,6	71,5	40,6	45,1	591,80
1997	76,7	20,3	42,8	23,3	27,2	28,7	17	6,8	23,8	44,5	151,4	36,9	499,40
1998	7,6	63,9	68,8	64,2	101	29,1	20,7	11,2	8,1	89,1	37	60,1	560,80
1999	50,7	88,6	93,9	54,6	62,6	64,1	9,8	42,7	102	29,9	9,3	112,7	720,90
2000	116,1	127,8	70,5	75,8	136,1	59,4	8,4	16,3	59,2	7	18,6	43,8	739,00
2001	51,9	40,5	39,9	34,8	10,9	18,1	25	9,2	17,7	8,6	51,3	75,3	383,20
2002	36,1	16,8	57	125,6	46,7	37,9	8,6	7,9	7	62,1	76	48	529,70
2003	37,7	65,3	56,2	41	7,5	23,5	10	1,1	14,2	58	85,4	42,1	442,00
2004	10,9	45,4	30,9	59,9	65,6	5,8	22,9	15,9	21,6	17,8	82	56,9	435,60
2005	10,1	34,2	95,3	82,2	33,9	27,8	14,9	11,7	14,5	25,5	42,8	122,9	515,80
2006	33,9	45,1	120	89,4	22,5	80,3	2,4	15,1	17,7	13,5	150,3	69,2	659,40
2007	43,9	11,3	78	72,6	63,6	35,1	17,5	30,5	8,5	33,4	72,8	39,1	506,30
2008	79,7	88,9	85,6	132,1	76,7	36,7	20,6	36,5	28,4	155,5	85	38,6	864,30
2009	74,9	41,4	88,6	75,7	21,6	43,3	11,5	1,6	10,7	27,8	17,1	68,3	482,50
2010	2,8	27,3	35,7	101,8	42,6	40	70,7	12,8	41,2	40,8	99,9	78,3	593,90
2011	40,4	130	38,3	149,2	28,3	20	41,4	16,8	43,6	21,6	99,9	89,7	719,20
2012	102,1	65,9	29,1	69,7	15,1	9,6	6,5	13	20,5	70,5	70,5	24,6	497,10
2013	9,6	98,8	36,3	44	69,1	4,8	14	14,9	6,6	34,4	33	27,1	392,60
2014	86,7	15,1	78,5	61,8	116,8	25,8	8,2	16,9	58	46,8	50,2	41,1	605,90
2015	69,4	23,2	62,9	14,8	33,6	28,7	34,1	8	6	40,3	70,8	7,9	399,70
2016	40	8	59,2	93,6	23,5	51,6	8,6	6,9	27,1	20,1	30,3	20,1	389,00

Estación Querochaca (M0258)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1986	12,5		68,3	43,9	58,6	51,8	68,6	27,3	47,4	31,1	26,1	30	465,60
1987	24,3		53,8	106,7	55	28,3	32,1	44,6	37	56,9	23,5	14,2	476,40
1988	32,9	94,2	36,5	63	78	58,8	76,1	45,7	36,5	94,6	60,3	20,6	697,20
1989	33,4	43,1	100,6	37,6	66,4	154,8	61,1	6,4	44,6	55	20,3	7,7	631,00
1990	18,2	53,1	47,7	59,6	63,4	71,1	43,7	38,8	33,2	109,8	42,7	30,2	611,50
1991	36,6	33,7	43,9	37,1	61,5	92,7	65,6	41,1	17,3	36,4	76,1	21,1	563,10
1992	10,4	39,1	49,5	67,7	40	37,3	58,3	22,5	34,4	16,9	50,4	9,4	435,90
1993	32,7	36,4	77,9	81,8	65,4	32,5	71,7	28,2	26,5	37,8	67,7	23,6	582,20
1994	44,8	33,6	50,6	76,1	44,6	81,6	59,7	73,5	20,1	43,2	49,5	49,6	626,90
1995	17,9	3,2	31,7	69,8	53,6	40,5	101,4	47,7	25,8	21,5	56,2	32,5	501,80
1996	65,1	62,8	45	61,5	65,1	57,6	48,8	38	46,6	15,3	33,7	39,5	579,00
1997	37,2	28,6	47,2	22,2	50,6	47,8	89,4	45,1	20,9	33,8	111,9	41,9	576,60
1998	22,5	42,8	29,6	99,6	94,3	83,2	57,5	38,8	14,5	61,4	11,8	11,4	567,40
1999	50,5	70,7	59,1	82,1	50,1	82,1	23	61,5	107,2	23,3	23,8	87,3	720,70
2000	61,9	91,1	49,1	72,2	215,6	106	34,7	56	42,6	26	10,6	54,6	820,40
2001	23,7	37,1	67,1	47,2	40,8	82,1	45	31,4	29,3	27,6	16,3	73,9	521,50
2002	25	46,5	39,5	70,5	78,9	65,1	58	31,4	23,3	58,8	54,9	41,8	593,70
2003	39,7	32	50,2	36,4	35,5	73,9	27,9	7,1	13,3	56,4	38,5	27	437,90
2004	1,5	41,1	60,6	78,6	75,7	37	55,7	34,7	38,5	25,4	81,6	37,9	568,30
2005	12,4	56,7	83,1	79	44,2	76,4	25,5	18,6	12,7	24,6	32,2	78,9	544,30
2006	46,8	40,7	53,1	56,4	37,3	85,5	18	40,6	37,6	37,3	76,2	36,6	566,10
2007	62,2	19,1	84,9	87,4	92,3	158,8	24,4	74,9	36,9	40,1	32,9	40	753,90
2008	28	93,5	65,2	81,2	74,5	70,3	68,8	54,6	48,3	75,6	60,4	40,9	761,30
2009	56,7	43	27,1	69,4	33,7	94,8	53,4	27,4	12,4	44,4	14,8	8,7	485,80
2010	11,8	37,4	52,7	93,9	71	67,5	61,1	41,8	42,5	26,3	111,7	81	698,70
2011	38	72,1	39,7	108,8	75,9	56,1	58,1	79,5	41,7	15,8	56,9	99,3	741,90
2012	53,9	49	23,3	91,9	37,3	35,9	59,8	48,2	28,1	83,1	21,9	17,1	549,50
2013	27,9	102,1	34,5	37,5	61,2	40,8	78,5	35,7	34,8	54,2	44,6	19,4	571,20
2014	39,7	14,3	60,3	48,9	84,8	76,4	58,8	58	39,6	47,1	18,2	24,7	570,80
2015	31,3	31,7	73,3	38,1	46,8	115,3	99,5	35,4	20	41,6	50,2	25,8	609,00
2016	18,4	37,1	86	93,5	42,1	86,8	39,3	21,5	47,8	17	28	21,1	538,60

Estación Cotopilaló (M1066)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1988	60,3	54,7	23	123,6	110,7		12,1	15,4	52,4	92,9	206,1	66,3	817,5
1989					89		23,3	14,1	85	113,5	24,4		349,3
1990					66,3	35,2	16,2	23,2	23	147,6	57	58,7	427,2
1991	35	85	102,7	84,2	98,5	37,4	58,4	15	9	40,5	91,3	54,7	711,7
1992	26,2	59,5	49,8	74,6	59,7	11,7	25	14,8	96,2	87,4	37	63,1	605
1993	80,6	96,8	200,1	130,4	80,7	18	29,4	24	28,9	65,4	24,8	126,6	905,7
1994	133	96,6	188,7	154,6	111,5	7,1	1,5	10	19,5	52,5	84,7	89,2	948,9
1995	25,8	72,1	63,2	23,1		6,1	13,3	9,8				68,5	281,9
1996	77,8	160,5	63	128,1		36,2	20,9	1,2	39,6	131,5	38	44,2	741
1997	109,3	67,2	116	54,7	27,7	47,2	0	0	32	62,6	72,8	28,9	618,4
1998	4,1	68,8	63,6	145,1	95,9	8,5	10	14,5	35,8	87,5			533,8
1999	124,1	151,7	119,3	113,8	169,3	112,7	25,7	20,9	147,6	36,4	22,9	133,5	1177,9
2000	57,5	136,2	101,2	117,6	162	49,2	5,1	7,1	98	9,1	48,9	106,2	898,1
2001	73,8	38,7	112,8	44,2	84,8	35	12,8	2,8		39	35,5	70,2	549,6
2002	47,1	37	52	82,8	60,1	22,3	4,1	4	7,5		115,1	90,1	522,1
2003	37,3	33,2		163,2	33,9	61,6	8,6	6,2	18,2	37,2	102,6	117,3	619,3
2004	21	24	29,8	103,2	53	4	17,8	0	77	55	60,2	102,9	547,9
2005	27,9	127,5	124,2										279,6
2006	110	65,9		72,2	21,6	41,2	0	0	19,2	22,4	113,3		465,8
2007	21,5	4,5	98,2	133,2	70	43,3	9	31,5	3,1	74,3	83,7	84,7	657
2008	78,8	69,3	106,6	158,7	94,9	41,4	24,9	26,3	62,7	107	71,5	36,3	878,4
2009	164	72,1	83	63,4		43,4	0	2,1	15,4	49,5	54,2	13,3	560,4
2010	25,7	128,6	31,3	98,9	64,2	72,4	68,3	9	62,9	28,6	74	138,3	802,2
2011	71,4	106,2	51,4	177,5	26,6	32,6	60,5	33,7	24,7	59,9	27,7	121,8	794
2012	177,4	87,3	68,8	71,9	10,2	10,9	0	0	9,4	63,4	122,7	33,7	655,7
2013	33,1	151,3	61,8	115,9	100,6	5	0	14,7	15,3	104,1	25,7	24,9	652,4
2014	70,3	44,5	112,9	62,6	127,5	24,5	1	1,5	47	45	55,9	51,6	644,3
2015	74,3	11,9	90,1	53,1	47,5	13,3	43,6	1,2	1,4	71,3	129,4	6,1	543,2

Estación Pilaló (M0122)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980	161,7	266	140,1	264,4	49,4	25,8	2,1	21	16,7	91,2	82,2	64,4	1185
1981	97,4	307,3	834	0	0	28	5	0	13	0	0	208	1492,7
1982			534,6	291,8	87,3	0	0	0,2		885,6			1799,5
1983		688				0						0	688
1984	198,2	982,8		0	0		0						1181
1985	348,2	392	202,5	1103,4	21,6								2067,7
1986													0
1987												13,2	13,2
1990	469,4	522	408,7					4,2					1404,3
1991					116,7	18	28	14,3	40,4	26	54,7	142,3	440,4
1992				256,5	118,7		15,8	10,5	49,1	75,1	34,8	65,7	626,2
1993	217,8				110,8	17,9	6,5		131,1	36,9	31,2	238	790,2
1994	201,3	256,9	264,6	233,9	69	10,9	7,5	3,1	25,8	22,8	54,7	227,2	1377,7
1995	163,9	112,4	183,9		68,7	31,5	38,3	40,9	8,5	82	81,2	117,1	928,4
1996	243,4	241,9	263,1	179,6	128,6	48,7				59,9	29,6	84,4	1279,2
1997	270,3	128,3	340,9	174,7	69,1	110,4	25,2	9,2	110,7	152,3	310	203,5	1904,6
1998	72,7							16,5	30	46,1	45	41,9	252,2
1999	216,5	352,8	239,4	208	123,9	59,8	12,9	4,4	136,6	77,7	51,9	282,8	1766,7
2000	219,4	219,7	238,5	217,4	176,1	57,6	0,6		69,1	10,3	30,9	101,3	1340,9
2001	260,9	159,8	195,8	172,7	76,6					33	66,9	139,6	1105,3
2002	169,7	245,8	221,8	196,2	57,3	12,4	6,7	1,3	8,2	91,3	96,8	156,7	1264,2
2003	156,4	161,4	139,6	202,9	57,1	21,3	9,1	12,9	8,9	44,9	54,1	86	954,6
2004	127,3	147,5	174,3	144,6	95,3	17	12,9	4,6	41,4	39,3	63,6	105,4	973,2
2005	74,3	169,8	194,5	158	24	15,4	8,5	9,3	22,9	23,6	39,2	130,9	870,4
2006	148,7		279,2	225,4	35,8	61,1	4,9	17,4	22,9	50,3	135,8	130,5	1112
2007	83,7	100,2	247,9	223,5	93,4	47,8	11,6	7,1	11,7	43,2	155	110,5	1135,6
2008	279	327	235,5	295,8	144,6	34,4	23	24,9	19,4	83,6	33,1	79,2	1579,5
2009	309	250,1	174,9	62	47,1	21	9,3	4,6	1	18,5	27,6	104,5	1029,6
2010	116,8	203,9	112,1	197,7	65,9	17,5	66,6	8,6	38,9	26,8	72,6	277,8	1205,2
2011	233,9	270	192,4	327,8	42	54,8	42,8	17	24,1	51,6	23,7	142,9	1423
2012	368,4	214,4	173,9	289,5	40,1	20,5	2,1	13,7	20,5	51,7	108,5		1303,3
2013	144,3	154,4	167,5	96,7	144,3	3,4	1,6	24,3	11,7	57,4	8,3	93,4	907,3
2014	308,3	222,8	272	108,9	232,9	12	2,3	13	34,2	48,3	23,6	56,5	1334,8
2015	158,3	185,6	257,6	79,9	86,2	20,4	19,8	6,7	2,2	58,8	60,4	49,8	985,7

Anexo II Datos Térmicos (INAMHI, 2016)

Estación Agoyan en la Presa (M0220)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	19,7	18,7	0	0	0	0	19,1	0	57,5
1984	0	0	0	0	0	0	17,1	0	0	0	0	0	17,1
1985	0	0	0	18,4	17,6	16,7	16,3	16,4	17,5	0	0	18	120,9
1986	17,8	18,3	17,7	0	0	0	0	16,7	17,1	17,8	18,5	17,8	141,7
1987	18,2	17,9	18,7	18,2	18,5	18,2	0	0	0	0	0	0	109,7
1988	0	18,2	17,4	18,6	17,9	17,2	16	16,7	17,5	18,2	18	0	175,7
1990	18,5	0	0	18,1	0	0	0	0	17	0	0	17,3	70,9
1991	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,5

Estación Baños (M0029)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	18,7	19,2	0	0	0	0	16,1	16,2	0	17,6	16,8	16,7	121,3
1981	17,3	17,3	18,4	18,2	18,3	17	15,5	16,7	17,2	18,5	18,9	18	211,3
1982	18,2	18,5	18,7	18,1	17,6	16,9	16	16,2	17,6	0	18,5	0	176,3
1983	18,7	18,3	19,1	18,7	18,3	17,3	16,9	16,5	16,6	17,4	18,3	17,9	214
1984	18	17,2	17,9	17,6	17,8	16,8	16,1	17,1	17,1	18,2	18,1	17,7	209,6
1985	18,4	16,7	17,8	18,3	0	0	0	16,4	17,4	0	0	0	105
1986	17,8	18,4	0	18,1	17,9	16,3	0	16,6	17	18,3	18,4	17,7	176,5
1987	17,9	0	18,7	0	18	17,4	17,3	17,3	0	0	0	18,1	124,7
1988	18,4	18,5	18	18,5	18	17,4	16,2	0	18	0	0	0	143
1989	17,3	17,8	0	17,7	17,3	16,4	15,8	0	17,7	18,1	18,8	0	156,9
1990	0	18,5	0	18,3	0	0	0	0	0	0	0	0	36,8
1991	19,2	18,6	19,4	18,2	18,5	18,1	16,8	16,1	18,2	18,6	18,8	19,1	219,6
1992	18,9	18,7	18,6	18,6	18,4	17,3	16,5	17,4	17,6	17,8	19,3	19,1	218,2
1993	18,2	18,4	17,6	18,5	18,4	17,1	16,7	17,4	17,9	18,4	19,1	19,6	217,3
1994	18,3	18,6	18,9	18,3	17,9	17	16,4	16,2	17,6	18,7	18,7	18,5	215,1
1995	18	19,1	19,3	18,9	18,2	17,7	17,6	18,1	18	18,8	18,7	18,6	221
1996	17,7	17,4	18,2	18,3	18	16,9	16,2	16,7	17,7	18,6	19,4	18,5	213,6
1997	18,9	17,3	18,5	18,4	17,6	18,1	16,3	17,1	18,5	0	0	0	160,7
1999	18	17,9	18,1	0	0	17,2	16,1	0	0	0	0	0	87,3
2000	0	0	0	18	17,7	0	0	0	0	18,2	19,1	0	73
2001	18,3	18,2	17,6	17,8	17,9	16,7	16,5	16,2	17,6	19,1	18,9	18,8	213,6
2002	18,7	18,2	18,1	18,7	18,2	16,9	17	16,6	17,9	18,2	17,9	18,4	214,8
2003	18,4	18,2	18	18,6	17,8	17,3	0	17,1	18,2	19,2	18,6	18,4	199,8
2004	19,5	18	18,1	18,8	18,1	16,7	16,8	16,3	17,6	18,6	19,5	19,2	217,2
2005	0	19	18,6	0	0	0	0	17,3	0	0	0	0	54,9
2006	18,2	18,2	18,3	18,6	17,7	17	16,7	17,1	17,7	18,8	18,6	18,7	215,6
2007	18,3	18,6	17,9	18,2	18,2	16,4	17,2	16,9	16,8	18,5	18,1	18,2	213,3
2008	17,8	17,7	18	18,2	17,5	17,1	16,3	17,1	17,5	18,3	19,1	18,6	213,2
2009	17,6	17,6	18,6	18,3	18,3	17,6	17	17,5	18	18,8	19,5	18,9	217,7
2010	18	18,6	18,8	19	18,7	17,6	17,6	16,9	18,1	19	19,1	18,4	219,8
2011	18,4	18,4	18,8	18,6	17,8	17,4	16,4	17,8	17,5	19,2	19,1	18,5	217,9
2012	18,4	17,7	17,7	18,5	17,3	17,3	16,7	17,2	17,4	19	19	18,8	215
2013	18,1	17,9	18,4	18,4	18,4	17,4	16,5	16,9	17,7	18,5	19,1	18,6	215,9
2014	18,4	18,5	18,4	18,1	18,3	17	16,9	16,8	17,9	18,4	19,4	18,8	216,9
2015	17,4	18,6	18,2	17,9	17,8	16,7	17,2	17,4	18,8	18,6	0	0	178,6

Estación Pedro Fermín Cevallos (M0128)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	13,2	13,4	12,8	12,8	12,5	11,8	11	11,1	12,2	12,6	13,3	13,4	150,1
1981	13,2	12,9	13,4	13,5	13,3	11,8	10,6	11,5	11,5	13,2	13,7	13,3	151,9
1982	13	13,4	13,4	12,9	12,7	11,8	11,3	10,7	12	0	13,4	13,3	137,9
1983	14	13,1	13,6	13,7	13,4	12,2	11,7	11,6	11,5	12,7	13,3	12,9	153,7
1984	12,4	12,6	12,8	12,5	12,7	11,8	10,6	12	11,3	0	0	12,9	121,6
1985	13,1	11,7	12,9	0	11,9	11,2	9,9	10,8	11,7	13	12,9	13,4	132,5
1986	13,1	13,2	12,2	12,9	12,7	11,6	10,5	11,5	11,7	13,1	13,3	13,3	149,1
1987	12,8	12,7	13,4	12,6	12,6	12,4	12,1	11,9	12,7	13,7	13,9	13,2	154
1988	13,5	13,5	12,4	13	12,8	11,8	10,7	11,2	12,1	12,5	13	12,5	149
1989	12,2	12	12,4	12,5	12,1	11,3	10,6	11,2	12,2	12,6	13,7	13,7	146,5
1990	12,9	13,3	12,6	13,3	12,3	11,8	10,9	11	12,1	13	13,7	13,2	150,1
1991	13,5	13,1	13,8	12,7	13,2	12,6	11,5	10,4	12,2	12	13,5	14	152,5
1992	13,5	13,3	13,4	13,2	13,2	12	10,7	11,4	12,1	12,3	13,6	14,1	152,8
1993	13,3	13	12,4	13,2	13,2	12	11,4	11,8	12,2	12,6	13,5	13,6	152,2
1994	13	12,9	13,2	12,9	12,7	11,8	11,2	10,5	12,1	13	13,3	13,1	149,7
1995	12,4	13,1	13,4	13,7	12,9	12,6	11,9	11,9	11,8	13,1	13,7	13,1	153,6
1996	12,6	12,2	13,1	12,9	12,9	12,1	10,9	11,2	12	13,5	13,3	13	149,7
1997	13,4	12,6	13,4	13,1	13	12,9	11,2	11,3	0	13,6	13,4	13,6	141,5
1998	13,5	14,3	14,4	14,4	13,8	12,2	11,4	12,2	12,4	13,2	14,3	13,7	159,8
1999	13,3	12,6	12,8	12,3	12,4	12	11	11,2	12,1	12,3	13,6	13,2	148,8
2000	12,9	12,1	12,3	12,5	12,3	11,9	11,4	11,2	0	0	0	0	96,6
2002	13	0	12,9	13,2	12,8	11,3	11,9	11,5	12,4	12,7	12,7	14	138,4
2003	13,4	13,3	13,1	13,3	13,2	12,1	11,5	12,2	12,6	13,6	13,3	12,9	154,5
2004	13,7	12,9	13,2	13,2	13	11,8	11,6	11,3	11,7	13,5	14	13,7	153,6
2005	13,8	13,6	13,2	13,3	13,3	12,2	11,6	11,7	12,6	13,5	13,9	13,3	156
2006	12,8	13,2	12,9	13,3	12,8	11,7	11,3	11,5	12,1	13,7	13,5	13,9	152,7
2007	13,3	13,1	12,8	12,9	13,1	11,3	11,8	11,2	11	13,2	13,4	13,1	150,2
2008	13,1	12,4	12,5	12,7	12,4	12	11,2	11,5	12,1	12,9	13,9	13,7	150,4
2009	12,9	12,9	13,5	13,4	13,1	12,2	11,7	12,1	12,3	13,6	14,1	14,2	156
2010	13,2	14,2	13,9	13,8	13,9	12,2	12,2	11	12,3	13,6	13,7	13,2	157,2
2011	13,2	13,5	13,6	13,3	12,8	12,1	11,6	12,1	12,4	13,8	14	13,4	155,8
2012	13,4	12,6	12,9	13,4	12,4	12,3	11,9	11,5	11,7	13,5	14,1	13,7	153,4
2013	13,7	12,7	13,5	13,6	13,6	12,7	11,4	12,1	12,4	13,6	14	13,9	157,2
2014	13,7	13,7	13,6	13,2	13,6	0	12,3	11,5	12,2	13,2	14,4	13,8	145,2
2015	13,1	13,8	13,6	13,3	13,4	12,2	12,5	12,4	13,4	14,2	14,3	13,6	159,8

Estación Píllaro (M0127)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	14,3	14,1	13,2	13,9	13,2	12,4	11,8	12,1	12,8	13,4	13,7	14,3	159,2
1981	14,2	13,4	13,9	14,2	13,9	12,7	11,3	12,3	12,4	13,9	14,4	13,9	160,5
1982	13,8	14,2	14,1	14	13,4	13,1	12	12	13	13,4	14	13,9	160,9
1983	14,2	13,7	14,4	13,7	13,8	12,8	12,7	12,9	12,8	13,3	14,6	14,1	163
1984	13,7	12,5	13,5	12,9	12,8	11,8	11,3	12,6	12,2	13,8	13	13,1	153,2
1985	14,3	12,2	13,6	13,6	12,6	11,8	10,5	11,5	12,3	13,3	13,3	13,7	152,7
1986	13,5	13,9	13,1	13,5	13,2	12,1	11	12,1	12,6	13,8	13,8	14,1	156,7
1987	14,1	13,4	13,9	14,1	13,8	13,6	13,4	13,6	13,7	0	14,9	14,6	153,1
1988	14,6	14,4	13,2	13,5	13,1	12,1	11,3	11,8	12,6	13,3	13,9	13,2	157
1989	12,7	12,6	13,1	12,8	12,4	11,6	10,9	11,9	12,5	13,2	14,3	14,8	152,8
1990	13,6	14,1	13,5	13,6	13	12,4	11,6	12	12,8	13,9	13,9	14,1	158,5
1991	13,9	13,6	14,5	13,5	13,7	13,2	11,6	10,6	13	13	14,1	15	159,7
1992	14,5	13,8	13,8	13,4	13,4	12,2	11,2	11,9	12,4	12,7	14,2	14,1	157,6
1993	13,5	13,6	12,8	13,4	13,7	12,5	12	12	12,8	13,2	14,5	14,6	158,6
1994	13,8	13,2	0	0	13,6	12,4	11,8	12,4	13,4	14,3	0	13,9	118,8
1995	0	14,3	14,3	14,3	13,2	13,1	12,6	12,9	12,7	14	14,3	14	149,7
1996	13,4	12,7	13,7	13,6	13,2	12,6	11,7	12,2	12,9	0	0	0	116
1997	0	0	0	13,6	13,4	13,4	13,2	12,7	13,2	13,5	14,1	13,3	120,4
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	13,7	14,1	13,7	13,4	14,3	13	13,6	13,4	13,8	13,8	13,4	13,3	163,5
2000	13,4	13,6	13,5	13,4	13,4	13,3	13,4	0	0	12,9	13,3	0	120,2
2001	13,1	13,1	13,1	0	0	13,1	12,8	0	0	0	0	0	65,2
2002	13,2	13,3	13	13	13	13,1	0	0	0	0	0	0	78,6
2004	0	0	0	0	13,1	12,3	13	12,9	13,2	0	0	14,9	79,4
2006	14,1	13,8	14,8	0	0	0	13,4	13	13,2	14,3	0	0	96,6
2007	14,2	13,7	13,7	13,4	14,4	13,9	13,9	13,3	0	0	0	0	110,5
2008	0	13,3	13,9	13,4	13,6	13,4	13,5	13,6	0	13,2	12,9	12,9	133,7
2009	12,7	0	0	0	12,6	12,8	14,9	13,5	14,3	0	0	0	80,8
2010	14,1	13,7	13,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41,6
2011	0	0	0	0	13,4	13,1	11,8	12,7	12,5	14,3	13,9	13,7	105,4
2012	13,7	13,5	13,1	13,5	12,7	13	12,5	12,7	13	13,8	13,8	13,5	158,8
2013	13,8	12,7	13,6	14,4	0	13,6	0	12,5	13,1	13,7	14,4	14	135,8
2014	13,7	13,5	13,3	0	13,1	12,7	0	0	0	0	0	0	66,3

Estación Ambato Aeropuerto (M0066)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1967	14	0	14,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,8
1969	0	0	15,2	15,2	14,6	0	13,6	13,7	14,1	14,9	14,7	14,8	130,8
1970	15,1	15,3	0	14,9	0	13,2	0	12,7	13,3	14,7	14,3	0	113,5
1971	0	0	13,4	14	13,8	12,9	12,2	0	12,8	0	14,2	13,6	106,9
1972	14,3	0	14,3	14,4	14,7	13,5	13,3	13,4	13,7	14,7	15	0	141,3
1973	14,7	15,6	0	0	14,2	14	13,5	0	0	14,8	15,8	14,3	116,9
1974	14,2	0	14,5	14,6	13,5	13,4	12,5	13,2	13,1	14,1	14,5	14,1	151,7
1975	13,5	14	14	14,5	14,3	13	12,4	13	13	13,6	14,5	14,5	164,3
1976	13,8	14,2	14,7	14,6	13,9	13,1	12	12,3	13,6	14,7	14,2	14,8	165,9
1977	0	13,8	0	14,6	0	13,4	0	0	13,7	0	15,2	0	70,7
1978	0	15,1	0	0	0	13,2	0	0	13,7	0	0	0	42
1980	15,8	16	15	15,3	14,6	13,9	13,4	13,4	14,2	14,9	15,2	15,6	177,3
1981	15,8	15,4	15,3	16,1	15,7	14,6	13,1	14,1	14,4	16	16	15,3	181,8
1982	15,1	15,4	16	15,1	14,7	14,3	13,2	13,7	14,8	15,3	15,3	15,4	178,3
1986	15,1	0	0	14,6	14,5	0	0	0	0	0	0	0	44,2

Estación Ambato La Granja (M0028)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	15,1	15,4	14,5	14,6	14,3	13,6	12,9	13,1	14	14,3	14,8	15,2	171,8
1981	15	14,5	15,2	15,5	15	13,8	12,4	13,3	13,4	14,9	15,4	15	173,4
1982	14,8	14,9	15,3	14,6	14,2	13,5	12,8	12,8	14	14,9	15,4	15,3	172,5
1983	15,9	14,8	15,6	15,2	14,9	13,9	13,4	13,5	13,4	14,5	15,1	14,5	174,7
1984	14,2	13,9	14,6	0	0	13,3	12,4	13,6	12,9	14,4	14,2	14,3	137,8
1985	15,1	13,7	14,9	14,9	13,9	13,2	11,9	12,8	13,8	14,7	15	15,1	169
1986	14,8	15	14,1	14,8	14,7	13,5	12,3	13,2	13,6	14,8	14,6	14,8	170,2
1987	14,9	14,8	15,4	14,5	14,6	14,4	14	14,2	14,5	0	0	0	131,3

Estación Cotopaxi (M0120)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	8,5	8,5	8,5	8,4	8,5	8,3	8,3	8,2	8,3	8,4	8,3	8,7	100,9
1981	8,9	8,8	8,7	9,1	9,2	8,9	8,4	8,5	8,3	8,6	8,8	8,7	104,9
1982	8,5	8,7	8,8	8,5	8,2	8,2	7,6	8,9	8,6	8,1	8,6	8,6	101,3
1983	9,1	9,2	8,9	8,6	8,5	8,2	8,2	8,2	8,1	8	8,6	8,1	101,7
1984	8,3	7,8	8,1	8,4	8,3	8,3	7,7	8,4	7,9	8	0	8,6	89,8
1985	8,5	8,6	9,5	8,6	0	8,3	7,4	7,4	8,3	8,6	8,1	8,5	91,8
1986	0	8,6	8,3	8,8	8,9	8,8	8,9	8,8	8,9	0	9,1	8,9	88
1987	9,1	9,3	8,9	9,1	0	0	9,5	9,5	9,3	0	9,1	9,2	83
1988	9,1	9,1	8,9	0	8,6	9,6	0	8,4	8,3	0	8,2	9	79,2
1989	7,9	8,4	8,5	8,4	8,3	8,2	8,3	8,6	8,6	7,7	9,1	8,9	100,9
1990	8,9	8,7	8,7	8,5	8,6	8,8	8,8	8,9	8,8	8,6	8,9	9,3	105,5
1991	9,1	9	9	8,6	8,5	8,4	8,6	8,4	8,6	0	8,1	8,5	94,8
1992	8,6	8,6	8,6	8	8,3	8,2	8,4	8,9	8,5	8,4	8,5	8,6	101,6
1993	8,3	8,1	8	8	8,2	8,6	8,5	8,6	8,3	0	0	0	74,6
1999	0	0	0	0	7,5	7,5	7,4	7,6	7,3	7,5	8,2	7,9	60,9
2000	0	6,3	0	6,9	6,6	0	0	0	7,2	0	7,3	0	34,3
2001	6,7	8	7,3	7,6	0	7,4	7,6	7,1	6,9	9	8	8,9	84,5
2002	8,6	8,6	8,1	8,3	8,7	7,2	8,1	7,6	8,5	8,1	7,2	8,8	97,8
2003	8,8	9,1	8,5	8,6	8,7	7,7	7,6	7,9	8,1	8,6	8,5	8,6	100,7
2006	8	8,5	8,3	8,4	0	0	0	0	0	0	0	0	33,2
2007	9,2	8,9	8,1	7,8	8,7	7,7	7,7	7,7	8,2	8,5	8,5	8,6	99,6
2008	8,8	8,1	8	8,1	8,2	8,5	8	8	7,9	7,8	6,9	8	96,3
2009	8	8,2	8,6	8,3	8,5	7,9	8,2	8,9	9	8,2	8,4	9,2	101,4
2010	9,4	9,7	9,3	9,4	9	7,9	7,9	8	8,2	8,2	7,8	8	102,8
2011	8,2	8,4	7,9	8,3	8,6	8,7	8,1	9,1	8,1	8,6	8,9	8,3	101,2
2012	8,4	8,6	8,7	8,3	8,5	8,4	8,4	8,3	8,8	8,6	0	9,1	94,1
2013	9,5	8,9	9,1	9,1	0	8,5	8,3	8,3	0	8,6	9,1	8,6	88
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Estación Latacunga Aeropuerto (M0064)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1960	0	13,6	13,8	13,5	13,7	13,3	0	0	0	14,5	14,5	14,5	111,4
1963	13,7	12,9	13,2	13,8	13,6	12,9	12,4	12,6	13,1	13,8	13,5	14,1	159,6
1964	14,5	14,5	13,6	13,3	13,4	0	12,1	11,7	12	12,9	13,4	13	144,4
1965	13,6	13,4	13	13,3	13,3	12,5	12,5	12	13,4	13,9	13,8	14	158,7
1966	13,8	13,6	13,5	13,1	14	12,8	12,5	12,6	12,9	13,5	14,1	13,7	160,1
1967	13,1	13,4	13,9	13,1	13,7	11,6	11,8	11,3	12,1	12,8	13,9	14,1	154,8
1968	13,1	13,4	12,6	14,2	13,2	12,2	11,7	12,8	13,2	13,3	13,4	14,1	157,2
1969	14	14,5	14,3	14	13,4	12,8	12,1	11,9	13,1	13,6	13,4	0	147,1
1970	13,4	13,8	13,6	13,7	12,9	12,4	12,7	11,7	12,6	13,5	13,2	13,5	157
1971	13,6	12,8	12,6	12,7	13,1	12,5	12,1	11,9	12,3	13,2	13,6	13,4	153,8
1972	13,9	13,7	12,9	13	13,1	12,4	12,1	12,7	13,2	13,4	13,6	14	158
1973	13,8	14,3	14,2	13,7	13,4	13,4	13,2	12,4	12,3	13,2	14,2	13	161,1
1974	13,5	12,8	13,1	12,8	12,6	12,5	11,9	12,4	12,2	12,9	13,3	13,2	153,2
1975	12,9	13,2	13	13,6	13,1	12	11,3	11,9	12,3	12,4	12,9	13,2	151,8
1976	12,9	13,1	13,5	13,4	12,8	12,1	11,5	11,7	13,1	13,9	13,3	13,8	155,1
1977	14	13,2	13,6	13,7	13,3	12,5	12,8	12,4	13	14,2	14,3	14,4	161,4
1978	14,1	14,6	14,3	13,9	13,4	12,4	12,5	12,2	12,8	14,1	14,9	14,3	163,5
1979	14,2	13,8	14	13,7	13,2	13,1	12,6	13,5	13,2	14,3	14,4	14,6	164,6
1980	14,8	14,3	14	14	14,1	13,5	13,1	12,9	13,5	13,7	13,9	14,2	166
1981	14,1	13,9	13,7	14,1	14,1	0	13	13,2	13,2	13,9	14,6	0	137,8
1982	14,5	14,9	15,2	14,4	13,9	13,8	12,7	13	13,6	13,3	14,3	13,9	167,5
1983	15,1	14,4	14,6	14,2	14	13,4	12,9	13,2	13	14,4	14,7	13,8	167,7
1984	13,1	12,9	13,8	13,9	13,4	13	12,1	13,3	12,2	13,5	13	14,1	158,3
1986	14,3	14	13	14,1	13,6	0	0	0	0	0	0	0	69

Estación Patate (M0126)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	17,5	17,4	16,8	17	16,7	15,7	15,3	15,6	16,4	16,6	17,3	17,6	199,9
1981	17,6	17,1	17,4	17,4	17,2	16,1	15	16	16,1	17,2	17,3	16,9	201,3
1982	17,5	17,9	17,4	16,9	16,4	16,3	14,9	15,5	16,4	17	0	0	166,2
1983	0	0	0	17,1	17	16,3	0	0	0	0	17,1	16,7	84,2
1984	0	16,6	0	0	0	0	0	16,2	15,6	0	0	0	48,4
1986	16,8	17,1	16,5	16,9	16,3	15,2	14,3	15,6	15,7	16,3	16,4	16,4	193,5
1987	16,7	16,4	17,3	15,9	16,3	15,8	15,7	15,7	15,9	16,2	0	16,5	178,4
1988	16,5	15,7	15,9	16,2	15,8	15,5	14,3	15,3	15,8	15,9	16,7	16,3	189,9
1989	16	15,8	16	16,2	15,5	14,7	15	15,7	16,1	16,5	17,7	17,9	193,1
1990	17,4	17,3	17,1	17,6	16,7	16,1	15,5	15,4	16,3	0	16,5	17	182,9
1991	17,4	16,6	16,8	16,6	16,9	16,4	15,7	15,1	16,5	16,6	17,1	17,8	199,5
1992	17,3	17,2	17,3	16,9	17,1	0	15,4	15,7	15,7	0	16,8	16,9	166,3
1996	16,6	15,8	16,6	16,6	16,2	15,5	15,2	0	0	15,9	16,4	16,7	161,5
1997	16,5	16	15,9	0	0	0	0	0	0	17,2	17,7	17,7	101
1998	17,5	17,6	17,4	17,2	15,7	14,6	14,5	15,1	16,2	0	0	16,1	161,9
1999	17,1	0	14,6	14,5	14,7	0	0	13,8	13,8	14	0	15	117,5
2001	14,7	14,8	14,7	14,8	14,7	13,8	14,7	0	0	0	0	0	102,2
2002	0	15,5	15,2	15,3	15,2	15,2	15,2	14,6	15,2	15,3	15,2	15,6	167,5
2003	15	0	0	0	14,9	14,7	15,6	15,6	15,4	15,6	0	15	121,8
2004	15,6	15,7	0	0	0	15,7	15,3	15,3	0	0	17,1	0	94,7
2008	16,9	16,4	16,4	16,4	16,1	16,5	0	16,3	16,3	17	17,7	17,1	183,1
2009	16,4	0	0	0	0	15,7	15,2	14,7	15,8	16,4	16,2	16,1	126,5
2010	15,9	16,1	16,9	17,1	16,8	15,7	15,4	15,5	16,2	17	17	16,5	196,1
2011	16,6	16,5	17	16,5	16,4	16,1	15,6	16	15,7	17,4	17,2	16,5	197,5
2012	16,7	16,4	16,7	16,9	16,4	16,4	15,7	15,3	15,6	17,1	17,1	16,9	197,2
2013	16,3	15,9	16,4	16,8	16,3	16	14,4	14,7	15,6	16,3	17	17	192,7
2014	16,8	16,8	16,2	16,1	16,2	15	15,5	14,9	15,9	16,3	17,5	16,7	193,9
2015	15,5	16,5	16,3	16	15,8	14,8	0	0	15,9	0	0	0	110,8

Estación Calamaca (M1069)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1989	8,8	9,2	9	9,2	9	8	7	7,7	8,1	9	10	9,8	104,8
1990	9,3	9,9	8,9	9,4	8,6	8,1	7,7	7,2	8,2	0	10,3	10	97,6
1991	9,5	9,8	9,9	9,4	9,7	9,4	7,9	0	8,5	9,5	0	10,7	94,3
1992	10,6	10,2	10,1	9,8	9,6	9	7,2	8,7	8,9	9,3	0	0	93,4
1997	0	8,6	0	10,1	0	0	8,5	0	0	0	0	0	27,2
1999	9,3	8,9	9,3	8,9	9,1	9,2	8,8	7,7	8,6	8,6	9,8	10	108,2
2000	9,9	9,3	9,2	9,4	9,1	9,2	8,6	8,2	9,2	9,5	9,5	8,9	110
2001	9	9,3	9,3	9,5	9,1	0	8	7,2	8,8	9,2	8,9	9,4	97,7
2002	9,5	8,3	9	9,5	9,3	8,8	8,7	8,5	8,9	8,8	8,9	9,3	107,5
2003	9,5	9,6	9	9,2	9,2	9,1	8,4	9	9	9	9,1	9,8	109,9
2004	9,9	9,3	10,6	12	10	8,8	9	8,3	8,9	9,4	9,8	9,6	115,6
2005	9,7	9,1	9,6	0	9,8	9,3	9,2	9,2	9,6	9,8	10,4	9,2	104,9
2006	9,5	9,6	9,1	8,9	9,3	8,6	8,8	8,9	9	9,4	0	8,8	99,9
2007	9,3	9,5	8,9	9,2	9,7	8,3	9,5	9,2	8,3	9,6	9,5	9,4	110,4
2008	9,3	9,3	9,1	9,2	0	8,9	8	8,6	8,8	9,8	9,4	9,2	99,6
2009	9	9,2	10,3	9,7	9,5	9	8,7	8,6	9,1	10,2	10,5	10,7	114,5
2010	10,1	10,1	10,4	10,7	10,3	9,3	10,1	8,8	9,1	10,2	10,5	9,8	119,4
2011	9,9	9,6	10	9,5	0	9,2	0	9	8,6	10,6	10,2	9,6	96,2
2012	9,9	9,5	9,6	10,1	9,4	9,4	8,9	8,7	0	9,9	9,8	9,8	105
2013	10,2	10	10,3	10,1	9,8	0	0	0	9,4	0	10,1	9,7	79,6
2014	10,4	10,4	10,6	10,3	9,5	8,7	9,2	8,8	9,5	9,3	10,2	10,2	117,1
2015	9,9	10,6	10,3	10,2	9,7	8,6	8,8	8,9	9,5	0	0	0	86,5

Estación Rumipamba (M0004)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	15,7	15,4	14,7	14,8	14,7	13,8	13,4	13,6	13,9	14,4	15	15,3	174,7
1981	15,4	14,8	15	15,1	15,1	14,2	12,5	13,6	13,5	14,9	15,5	15,3	174,9
1982	14,7	15,1	15,5	14,7	14,1	13,7	12,6	12,9	14,1	14,7	15,1	15	172,2
1983	16	15,2	15,5	14,9	14,8	13,9	13,4	13,4	13,4	14,6	15,3	14,2	174,6
1984	13,6	13,4	14,2	13,9	14	13,1	12,4	13,6	12,9	14,3	13,9	14,4	163,7
1985	15	13,5	14,9	0	13,5	13,2	11,7	12,6	13,6	14,8	13,8	14,5	151,1
1986	14,8	14,7	13,9	14,6	14,3	13,3	12,4	13,3	13,5	14,3	0	14,8	153,9
1987	14,6	14,6	15,1	14,5	14	14	13,6	13,5	14,3	14,8	15,3	14,7	173
1988	15,2	15,1	13,9	14,1	14,1	13,3	12,3	12,7	13,2	14,2	14,5	13,5	166,1
1989	13,7	13,5	13,7	14	13,4	12,5	12,1	12,9	13,5	13,9	15,3	15,3	163,8
1990	14,8	14,9	14,7	14,7	14	13,5	12,7	12,9	13,9	14,3	14,8	14,5	169,7
1991	14,7	14,8	15,2	14,2	14,5	14,4	12,9	11,8	13,7	13,8	14,6	15,3	169,9
1992	15,2	14,6	14,8	14,4	14,1	13,5	12,3	13,2	13,6	13,8	14,9	15,1	169,5
1993	14,3	14,5	13,6	14,3	14,4	13,9	13,1	13	14,2	14,2	15,4	15,2	170,1
1994	14,6	14,3	14,7	14,4	14,3	13,4	12,9	12,2	14	14,9	14,5	14,7	168,9
1995	14,7	15,4	15,2	15	14,2	14,4	13,6	13,7	13,7	14,7	14,8	14,2	173,6
1996	14,2	13,6	14,7	14,6	14,3	13,3	12,5	12,8	13,8	14,7	15,1	14,8	168,4
1997	14,4	14,3	15,2	14,4	14,5	14,5	12,6	13	14,2	15,3	14,9	15,1	172,4
1998	15,3	15,7	15,7	15,7	14,6	13,5	12,9	13,7	14,1	14,4	15,5	14,9	176
1999	14,7	13,9	14,4	13,9	13,6	13,4	12,6	12,8	13,2	13,7	15,2	14,5	165,9
2000	13,9	13,3	13,6	13,8	13,6	13,2	12,9	12,4	13,2	14,1	15,1	14,3	163,4
2001	13,6	14,2	13,9	14,2	14,1	13,1	13,1	12,5	13,6	15,4	15	15,4	168,1
2002	14,6	15	14,7	14,7	14,5	12,9	13,7	12,9	13,8	14,2	13,8	15,1	169,9
2003	15	14,8	14,6	14,6	14,4	13,4	13,4	13,8	14,2	15,2	14,7	14,4	172,5
2004	15,2	14,3	14,9	14,4	14,2	13,2	13,1	12,6	13,6	15,1	15,2	15	170,8
2005	14,9	15,3	14,3	14,7	14,5	13,8	13,3	13,5	13,9	14,7	14,8	14,1	171,8
2006	14,7	14,8	14	14,4	14	13,1	12,9	13	13,2	15	14,5	14,6	168,2
2007	14,7	14,4	14,2	14,3	14,4	12,9	13,2	12,8	12,5	14,3	14,4	14,1	166,2
2008	14,2	13,7	13,8	14	13,7	13,4	12,7	12,8	13,4	13,8	14,6	14,3	164,4
2009	14	14,2	15	14,5	14,4	13,6	13,3	13,8	13,8	15,1	15,5	15,4	172,6
2010	14,6	15,4	15,2	15,2	15,1	13,5	13,4	12,6	13,3	14,8	14,5	14	171,6
2011	14,3	14,5	14,4	14,3	14,1	13,8	12,7	13,3	13,2	14,8	14,5	14,1	168
2012	14,1	13,5	14	14,2	13,6	13,5	13,2	12,9	12,8	14,6	14,5	14,4	165,3
2013	14,9	14,3	14,5	14,4	14,3	13,8	12,7	13,1	13,5	14,5	15,2	14,7	169,9
2014	14,8	15,1	14,5	14,3	14,3	13,4	13,4	12,7	13,3	14,3	15,2	15	170,3
2015	14,2	15,1	14,6	14,4	14,4	13,4	13,6	13,6	14,2	15	15,2	14,7	172,4
2016	16,5	15,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,8

Estación Querochaca (M0258)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1986	13,3	13,3	12,4	13,1	13	11,6	10,5	11,4	11,8	13,2	13,3	13,1	150
1987	13,1	12,8	13,2	12,6	12,9	12,4	12,2	11,8	12,6	13,8	14	13,6	155
1988	13,7	13,8	12,6	13,2	12,9	11,8	10,7	11,2	12,1	12,8	13,2	12,5	150,5
1989	12,3	12,2	12,6	12,6	12,1	11,2	10,5	11,3	12	12,8	13,6	13,5	146,7
1990	13,2	13,6	12,9	13,6	12,5	12	10,7	11,1	12,3	13,5	13,9	13,6	152,9
1991	13,7	13,1	13,9	12,9	13,1	12,5	11,5	10	12,5	12,3	13,6	14,3	153,4
1992	13,7	13,4	13,4	13,3	13,2	11,8	10,4	11,4	12,1	12,5	13,8	14,3	153,3
1993	13,2	13	12,4	13,1	13,1	11,9	11,4	11,3	12,2	12,5	13,6	13,6	151,3
1994	13,1	12,9	13,3	12,9	12,5	11,5	11,1	10,5	12,1	13,2	13,5	13,5	150,1
1995	12,5	13,7	13,7	13,7	12,9	12,6	11,7	11,6	11,8	13,3	13,7	13,4	154,6
1996	13,1	12,5	13,2	13,1	12,7	11,9	10,7	10,9	12	13,8	13,5	13,1	150,5
1997	13,5	12,6	13,5	13,1	12,8	12,8	11	11,3	12,8	13,9	13,7	13,7	154,7
1998	13,8	14,5	14,6	14,5	13,6	12,2	11,4	12,2	12,3	13,2	14,5	13,9	160,7
1999	13,5	12,8	13	12,5	12,3	12	11	11,2	12	12,3	13,6	13,2	149,4
2000	13,1	12,1	12,4	12,6	12,2	11,9	11,4	11,1	11,9	12,5	13,8	13,1	148,1
2001	12,5	12,7	12,6	12,6	12,9	11,3	11,4	10,8	12	13,8	13,9	14,2	150,7
2002	13,2	13,3	13,4	13,3	13	11,4	11,8	11	12,3	12,7	12,6	13,9	151,9
2003	13,5	13,4	13,1	13,3	12,8	11,8	11,4	11,9	12,5	13,6	13,5	13,2	154
2004	14	13,1	13,2	13,1	12,8	11,7	11,6	11	11,9	13,5	14	13,6	153,5
2005	13,8	13,8	13,2	13,2	13,3	12,2	11,8	11,7	12,8	13,7	14	13,2	156,7
2006	13,1	13,5	13,1	13,2	12,9	11,8	11,4	11,6	12	13,7	13,4	13,8	153,5
2007	13,3	13,1	12,9	13	13	11,5	11,5	11,3	11	13	13,2	13	149,8
2008	13	12,6	12,4	12,7	12,3	12	11,1	11,3	12	12,8	13,4	13,2	148,8
2009	12,7	12,6	13,6	13,3	13,3	12,2	11,7	11,9	12	13,6	14	14,1	155
2010	13,1	14,1	13,8	13,7	13,8	12,1	12,1	11	12	13,3	13,3	12,8	155,1
2011	12,8	13,3	13,2	12,9	12,6	12,3	11,4	12,1	12	13,4	13,4	12,9	152,3
2012	13,1	12,8	12,7	13	12,3	12,1	11,4	11,1	11,3	13,2	13,6	13,6	150,2
2013	13,7	12,9	13,6	13,2	13,4	12,4	11,1	11,8	11,9	13,1	13,7	13,6	154,4
2014	13,5	13,7	13,4	13,1	13,1	12	11,7	11,1	11,9	13,1	14,2	13,6	154,4
2015	12,8	13,8	13,4	12,8	12,6	11,6	12	11,8	12,4	13,2	13,6	12,9	152,9
2016	14,7	13,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,5

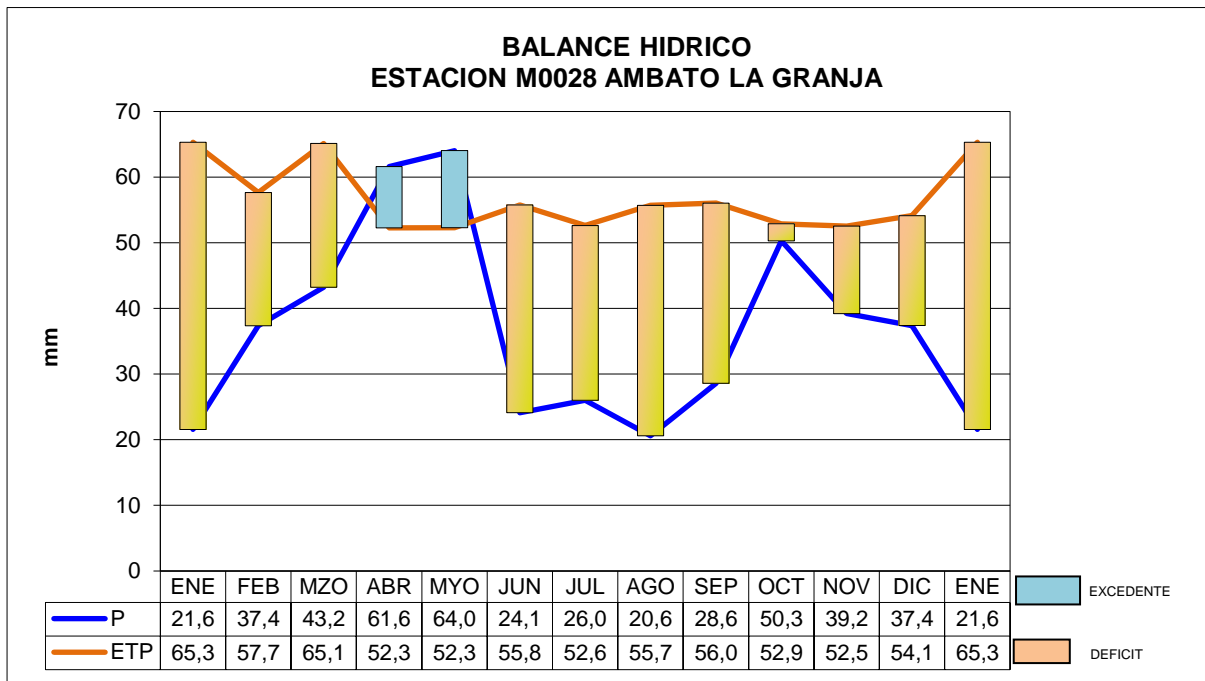
Estación Cotopilaló (M1066)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1989	0	0	0	0	10,6	0	10,1	10,8	11,1	10,9	11,7	0	65,2
1990	0	0	0	0	10,8	0	0	0	0	0	0	0	10,8
1991	12,1	11,7	12	11,4	11,6	11,5	10,7	10,9	11,3	11,6	11,6	11,8	138,2
1993	11,6	11,3	11,3	11,5	11,6	11,3	11,2	0	10,9	11	11,7	11,7	125,1
1994	11,4	11,5	11,6	11,4	11,2	10,9	11	11,4	11,4	11,1	11,4	11,3	135,6
1995	11,4	11,3	11	11,4	0	11,1	10,9	10,8	0	0	0	11,3	89,2
1996	11,1	11,1	11	11,1	0	11,2	11,2	10,9	11,2	10,9	11	11,1	121,8
1997	11,1	11,2	11,2	11,1	11,2	11,3	11,4	11	11,6	11,4	11,3	11,4	135,2
1998	11,3	11,4	11,5	11,5	11,5	11,3	11,4	11,5	11,3	11,2	0	0	113,9
1999	0	0	11	10,9	10,8	10,6	10	10,3	10,6	11,1	10,9	11,1	107,3
2000	10,6	10,5	10,8	10,9	11	11,2	10,6	10,7	10,6	10,9	10,7	11,3	129,8
2001	10,8	11,2	11,1	11,2	11,2	10,6	10,9	10,6	0	11,3	11,4	11,4	121,7
2002	11	11,3	11,5	11,1	11,1	10,7	10,9	10,6	11,1	0	11	11,5	121,8
2003	11,5	11,7	0	11,3	11,1	10,6	10,1	10,6	10,9	11,2	10,8	10,5	120,3
2004	10,8	0	11	0	11,2	10,5	0	10,3	10,6	11,3	11,3	10,8	97,8
2006	10,9	11,3	0	11	11,2	10,4	10,5	10,9	0	0	0	0	76,2
2007	11,5	10,9	11	11	11	10	10,3	9,8	10,2	10,3	10,8	10,6	127,4
2008	10,8	10,4	10,5	10,5	10,7	10,8	10	10,2	10,6	10,7	10,8	10,8	126,8
2009	10,8	10,8	11	10,8	0	10,6	10,4	10,8	10,8	11	10,9	11	118,9
2010	11,1	11,2	11,5	11,3	11,4	10,7	10,4	10,4	10,5	10,8	10,9	10,5	130,7
2011	10,7	10,9	10,6	10,8	10,8	10,7	10,1	10,5	10,3	10,8	10,8	10,9	127,9
2012	10,6	10,7	10,6	10,5	10,7	10,4	10,2	10,2	10,1	10,8	10,5	10,5	125,8
2013	11,5	10,8	11,1	11,2	11	11	10,2	11	10,8	10,6	11,2	11,1	131,5
2014	11,3	11,3	11,2	11,1	11,1	10,2	10	10	10,3	10,5	10,5	10,6	128,1
2015	10,8	10,8	11,2	11,2	10,8	10,5	10,6	10,5	10,6	10,6	11	11,3	129,9

Estación Pilaló (M0122)													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1980	12,5	12,7	13	13,1	13,2	13,1	12,3	12,6	12,6	0	12,4	12,5	140
1981	0	12,7	13,2	13,5	13,1	12,9	13,5	12,6	12,6	0	13,3	0	117,4
1982	0	0	12,4	12,3	0	0	0	12,3	0	0	0	0	37
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	13,5	0	0	13,6	0	0	0	0	0	0	0	27,1
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	13,1	12,7	13,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39,1
1991	0	0	0	0	13,5	13,3	12,6	12,6	12,9	13	13,2	12,7	103,8
1992	0	0	0	13,5	13,4	0	12,1	12,7	12,6	13,1	13	12,6	103
1993	12,6	0	0	0	13,3	13,2	12,8	0	13,3	13,3	13,5	12,9	104,9
1994	12,7	12,5	12,8	13,3	13,4	13,3	12,6	12,4	13	13,4	13	13,1	155,5
1995	12,8	12,9	13,1	0	13,5	13,2	13,1	13,2	12,8	12,8	12,9	13,1	143,4
1996	12,1	12,7	0	0	13,4	0	0	0	0	12,9	12,4	11,9	75,4
1997	12,2	12,8	13,6	13,1	13,7	13,2	13,1	13,7	13,1	13,6	13,1	13,9	159,1
1998	14,4	0	0	0	0	0	0	13,3	13,2	13,3	13	0	67,2
1999	12,1	12,2	12,8	12,8	12,9	12,7	12,5	12,7	12,3	12,5	12,3	12,3	150,1
2000	11,6	11,9	12,6	12,9	13	12,8	12,4	0	12,5	12,9	12,6	12,8	138
2001	12,1	12,4	12,9	13,4	0	0	0	0	0	13,4	13,3	13,2	90,7
2002	0	12,8	13,4	0	0	0	0	0	0	0	13,1	0	39,3
2004	0	12,8	0	13,4	13,5	0	12,7	12,6	0	12,9	13,4	12,9	104,2
2005	0	0	0	14	0	13,4	13,5	13,2	0	0	13	12,8	79,9
2006	12,7	0	13,3	13,4	13,8	13,1	12,5	13,1	13,1	13,5	13,2	13,4	145,1
2007	13,3	13,1	13,2	13,7	13,7	12,9	12,5	12,8	12,9	12,9	12,5	12,3	155,8
2008	12,3	12,2	12,7	13	13	12,9	12,5	12,8	13,2	13,1	13	12,4	153,1
2009	12,6	12,8	13	13,3	13,5	13,1	12,9	13,1	13,5	13,8	13,8	13,3	158,7
2010	13,7	14	13,9	14,2	14,5	13,6	13,2	13,6	13,2	13,2	13	12,2	162,3
2011	12,3	12,7	12,9	13,3	13,7	13,1	13	13,1	13,3	12,9	12,9	12,5	155,7
2012	12,5	12,5	13,2	13,4	13,4	13	13,2	13,1	13,3	13,5	13,4	0	144,5
2013	13,1	13	13,5	13,7	13,3	13,2	12,5	12,7	12,9	13,2	13,4	13,2	157,7
2014	13,2	12,9	13,5	13,8	13,6	13,6	13,6	13,2	13,3	13,4	13,4	13,1	160,6
2015	13,1	13,2	13,2	13,6	13,8	13,5	13,4	13,6	14,1	13,9	14,2	14,2	163,8

Anexo III Balance Hídrico de la Estación Ambato La Granja (M0028) (INAMHI, 2005)

BALANCE HIDRICO

ESTACION: M0004 RUMIPAMBA															
UBICACIÓN	LAT	9887161	LONG	767702	COTA	2685	msnm							Reserva máx:	100
	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	Total	
TEMPERATURA	14,7	14,5	14,6	14,1	14,2	13,5	12,9	13,0	13,6	14,5	14,5	14,7	14,7	14,1	
ETP corr.	61,5	55,4	61,1	56,3	59,1	53,2	51,6	52,3	53,7	60,9	58,4	61,8	61,5	685,3	
PRECIPITACION	47,5	55,4	61,0	69,5	53,4	28,4	17,2	15,1	30,4	49,7	63,1	54,7	47,5	545,3	
ETR	47,5	55,4	61,0	56,3	59,1	35,9	17,2	15,1	30,4	49,7	58,4	59,4	47,5	545,3	
Déficit	14,1	0,0	0,1	0,0	0,0	17,3	34,4	37,2	23,3	11,2	0,0	2,4	14,1	140,0	
Reserva	0,0	0,0	0,0	13,2	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	25,5	
Excedentes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	



Balance Hídrico - Estación Ambato La Granja

Anexo IV Inventario de puntos de agua de la Unidad Hidrogeológica Latacunga – Ambato (INAMHI, 2016)

Código	Tipo	Fecha inventario	Provincia	Localidad	Hoja Top.	U. Hidrog.	X	Y
S3266	PS	19/12/1980	TUNG	Nueva Espranza # 9	AMBATO	LAT- AMB	772444	9864231
S3267	VV	28/11/1976	TUNG	Quillan Playa # 1	AMBATO	LAT- AMB	767711	9863096
S3268	VV	28/11/1976	TUNG	Shihua # 2	AMBATO	LAT- AMB	756571	9857453
S3269	VV	28/11/1976	TUNG	Chibuleo # 3	AMBATO	LAT- AMB	752542	9859271
S3270	VV	28/11/1976	TUNG	Piscina De Agoyan # 4	AMBATO	LAT- AMB	752643	9860808
S3271	VV	28/11/1976	TUNG	Sanque Agua Pot. Pasa #	AMBATO	LAT- AMB	752854	9859580
S3272	VV	29/11/1976	TUNG	Chilipata # 6	AMBATO	LAT- AMB	751929	9858718
S3273	VV	29/11/1976	TUNG	Chahuarhuaca # 7	AMBATO	LAT- AMB	760037	9860647
S3274	VV	29/11/1976	TUNG	Tilulun # 8	AMBATO	LAT- AMB	761273	9861354
S3275	VV	29/11/1976	TUNG	Ficoa # 9	AMBATO	LAT- AMB	765541	9864414
S3276	VV	29/11/1976	TUNG	Sacabon # 10	AMBATO	LAT- AMB	777461	9870123
S3277	VV	25/11/1976	TUNG	Fanq. Agua P. Pillaro # 12	AMBATO	LAT- AMB	776835	9867701
S3278	VV	25/11/1976	TUNG	San Jacinto # 13	AMBATO	LAT- AMB	774517	9865302
S3279	VV	25/11/1976	TUNG	Quillan # 14	AMBATO	LAT- AMB	777978	9863573
S3280	VV	25/11/1976	TUNG	Plazuela Pamba # 15	AMBATO	LAT- AMB	777696	9859248
S3281	VV	25/11/1976	TUNG	A 1 Km. Rio Blanco # 16	AMBATO	LAT- AMB	774505	9853376
S3282	VV	25/11/1976	TUNG	Pailon Junto Piscina # 17	AMBATO	LAT- AMB	769184	9855262
S3283	VV	25/11/1976	TUNG	Chacapata # 18	AMBATO	LAT- AMB	768070	9854887
S3284	VV	26/11/1976	TUNG	50 M. Puente Totoras # 19	AMBATO	LAT- AMB	770178	9857562
S3285	VV	26/5/1983	TUNG	Churumanga # 43	AMBATO	LAT- AMB	773672	9855866
S3286	VV	26/5/1983	TUNG	Catimbo # 44	AMBATO	LAT- AMB	778100	9862998
S3287	VV	27/5/1983	TUNG	Los Andes # 47	AMBATO	LAT- AMB	770399	9868780
S3372	VV	1/5/1977	COT	Alao Llactapamba # 62	GUAMOTE	LAT- AMB	763373	9898434
S3373	PS	20/2/1976	COT	Cuatro Esquinas # 46	LATACUNGA	LAT- AMB	762172	9900127
S3374	PS	20/2/1976	COT	La Calera # 45	LATACUNGA	LAT- AMB	763029	9900680
S3375	PS	20/2/1976	COT	La Calera # 47	LATACUNGA	LAT- AMB	762629	9902129
S3376	PS	20/2/1976	COT	La Calera # 48	LATACUNGA	LAT- AMB	761396	9907042
S3377	PS	20/2/1976	COT	Chantilin Narvaes # 49	LATACUNGA	LAT- AMB	758612	9906280
S3378	PS	20/2/1976	COT	Cucurucho # 50	LATACUNGA	LAT- AMB	757999	9904898
S3379	PS	23/2/1976	COT	Hda. La Compañía # 51	LATACUNGA	LAT- AMB	758299	9903758
S3380	PS	26/2/1976	COT	Mariscal Sucre # 52	LATACUNGA	LAT- AMB	759077	9902441
S3381	PS	23/2/1976	COT	Poalo # 53	LATACUNGA	LAT- AMB	759999	9899056
S3382	PS	23/2/1976	COT	San Gerardo # 54	LATACUNGA	LAT- AMB	760500	9898591
S3383	PS	23/2/1976	COT	San Gerardo # 55	LATACUNGA	LAT- AMB	760780	9901268
S3384	PS	23/2/1976	COT	Tilipulo # 56	LATACUNGA	LAT- AMB	758974	9897519
S3385	PS	24/2/1976	COT	Cristo Rey # 57	LATACUNGA	LAT- AMB	765569	9901973
S3386	PS	24/2/1976	COT	San Buenaventura # 58	LATACUNGA	LAT- AMB	765636	9902437
S3387	PS	24/2/1976	COT	Barrio Silvestre # 59	LATACUNGA	LAT- AMB	766194	9904118
S3388	PS	24/2/1976	COT	Laigua Bellavista # 60	LATACUNGA	LAT- AMB	767053	9905965
S3389	PS	24/2/1976	COT	Tandalevi # 61	LATACUNGA	LAT- AMB	767743	9905899
S3390	VV	24/2/1976	COT	Colaya # 62	LATACUNGA	LAT- AMB	765571	9904583
S3391	PS	24/2/1976	COT	Laigua De Salgado # 63	LATACUNGA	LAT- AMB	766650	9902580
S3392	PS	24/2/1976	COT	Hda. Las Monjas # 64	LATACUNGA	LAT- AMB	767584	9900898
S3393	PS	24/2/1976	COT	Recinto El Carmen # 65	LATACUNGA	LAT- AMB	765010	9898499
S3394	PS	24/2/1976	COT	Frente Aeropuerto # 66	LATACUNGA	LAT- AMB	767050	9901507
S3395	PS	24/2/1976	COT	Colatos # 67	LATACUNGA	LAT- AMB	760921	9895526
S3397	PS	29/12/1980	COT	Hda. Villamar # 47	MADRE TIERRA	LAT- AMB	759840	9894443
S3398	PS	24/2/1976	COT	Hda. Patos # 69	LATACUNGA	LAT- AMB	758136	9893216
S3399	PS	25/2/1976	COT	Patoa Isurietas # 70	LATACUNGA	LAT- AMB	758449	9895893
S3400	PS	24/2/1976	COT	Cashapamba # 71	LATACUNGA	LAT- AMB	756601	9895529
S3401	PS	25/2/1976	COT	Guapulo # 72	LATACUNGA	LAT- AMB	759530	9896755
S3402	PS	25/2/1976	COT	Cristo Rey (Carretera) # 73	LATACUNGA	LAT- AMB	760310	9897053
S3403	PS	25/2/1976	COT	Censo # 74	LATACUNGA	LAT- AMB	756286	9890850
S3404	PS	26/2/1976	COT	Pte. Rio Isinche # 75	LATACUNGA	LAT- AMB	766743	9892447
S3405	PS	26/2/1976	COT	Hda. Tiobamba # 76	LATACUNGA	LAT- AMB	765718	9891518
S3406	PS	26/2/1976	COT	El Prado # 77	LATACUNGA	LAT- AMB	765407	9893122
S3407	VV	26/2/1976	COT	Cashapamba En Carretera #	LATACUNGA	LAT- AMB	762172	9900127
S3435	PS	29/12/1980	COT	La Primavera # 48	MERA	LAT- AMB	767875	9920834
S3436	PS	10/2/1976	COT	Hda. Antonio Jose # 2	MULALO	LAT- AMB	768676	9920413

S3437	VV	10/2/1976	COT	Cuchihuaicu # 3	MULALO	LAT- AMB	769111	9920711
S3438	PS	10/2/1976	COT	S. Agustin De Callo # 4	MULALO	LAT- AMB	769601	9920412
S3439	PS	10/2/1976	COT	Comuna De S. Agustin 3	MULALO	LAT- AMB	769600	9919328
S3440	PS	11/2/1976	COT	S. Agustin # 6	MULALO	LAT- AMB	766939	9921022
S3441	VV	11/2/1976	COT	Poco Mts. Qda. Boliche #	MULALO	LAT- AMB	766661	9920834
S3442	PS	11/2/1976	COT	Hda. Boliche # 8	MULALO	LAT- AMB	762514	9914730
S3443	PS	11/2/1976	COT	Santa Clara # 9	MULALO	LAT- AMB	761680	9915184
S3444	PS	11/2/1976	COT	Barrio Goteras # 10	MULALO	LAT- AMB	761245	9915372
S3445	PS	11/2/1976	COT	Goteras # 11	MULALO	LAT- AMB	762180	9913646
S3446	PS	11/2/1976	COT	Goteras # 12	MULALO	LAT- AMB	762024	9914077
S3447	PS	11/2/1976	COT	El Calvario # 13	MULALO	LAT- AMB	762024	9913469
S3448	PS	11/2/1976	COT	El Calvario # 14	MULALO	LAT- AMB	766220	9909351
S3449	PS	18/2/1976	COT	Hda. San Juan # 38	MULALO	LAT- AMB	762481	9913955
S3450	PS	11/2/1976	COT	Tanicuchi 3 15	MULALO	LAT- AMB	762859	9913192
S3451	PS	12/2/1976	COT	San Psdro # 16	MULALO	LAT- AMB	762792	9912882
S3452	PS	12/2/1976	COT	Piracoto # 17	MULALO	LAT- AMB	763261	9915437
S3453	PS	12/2/1976	COT	Rayo De La Cruz # 18	MULALO	LAT- AMB	764185	9915127
S3454	PS	12/2/1976	COT	Cajon # 19	MULALO	LAT- AMB	764339	9910580
S3455	PS	12/2/1976	COT	San Sebastian # 20	MULALO	LAT- AMB	762545	9909497
S3458	PS	21/12/1980	COT	Las Americas # 23	PUYO	LAT- AMB	762478	9909353
S3459	PS	13/2/1976	COT	# 22	MULALO	LAT- AMB	762634	9909962
S3460	PS	13/2/1976	COT	San Sebastian # 23	MULALO	LAT- AMB	763470	9910028
S3461	VV	13/2/1976	COT	San Sebastian # 24	MULALO	LAT- AMB	762546	9911499
S3462	PS	13/2/1976	COT	Pilacoto # 25	MULALO	LAT- AMB	763103	9911433
S3463	PS	13/2/1976	COT	Pilacoto # 26	MULALO	LAT- AMB	763348	9911621
S3464	PS	16/2/1976	COT	La Libertad # 27	MULALO	LAT- AMB	762858	9911964
S3465	PS	16/2/1976	COT	Pilacoto # 28	MULALO	LAT- AMB	760996	9908580
S3466	PS	16/2/1976	COT	Pupana Norte # 29	MULALO	LAT- AMB	760562	9908669
S3467	PS	16/2/1976	COT	Pupana Norte # 30	MULALO	LAT- AMB	760317	9908857
S3468	PS	16/2/1976	COT	Pupana Norte # 31	MULALO	LAT- AMB	760373	9908547
S3469	PS	17/2/1976	COT	Pupana Norte # 32	MULALO	LAT- AMB	769039	9912237
S3470	PS	17/2/1976	COT	Quisinche # 33	MULALO	LAT- AMB	768950	9912237
S3471	VV	17/2/1976	COT	Quisinche # 34	MULALO	LAT- AMB	768727	9911186
S3472	PS	18/2/1976	COT	Quisinche # 35	MULALO	LAT- AMB	769228	9911407
S3473	PS	18/2/1976	COT	Quisinche # 36	MULALO	LAT- AMB	768080	9910390
S3474	PS	18/2/1976	COT	Jose Guaymi Buyo # 37	MULALO	LAT- AMB	767890	9908366
S3475	PS	18/2/1976	COT	Jose Guango Bajo # 39	MULALO	LAT- AMB	767990	9908177
S3476	PS	19/2/1976	COT	Hda. Jose Guango # 40	MULALO	LAT- AMB	768514	9909958
S3477	PS	19/2/1976	COT	Jose Guango Alto # 41	MULALO	LAT- AMB	769840	9910632
S3478	PS	19/2/1976	COT	Jose Guango Alto # 42	MULALO	LAT- AMB	769752	9912723
S3479	PS	19/2/1976	COT	Quisinche # 43	MULALO	LAT- AMB	767594	9916110
S3487	VV	1/10/1978	COT	Cashucan # 20	PALLATANGA	LAT- AMB	767875	9922250
S3501	VV	25/11/1976	TUNG	Huambilla # 25	QUERO	LAT- AMB	760205	9850657
S3543	VV	1/5/1977	TUNG	Yaruquies # 32	SALCEDO	LAT- AMB	770652	9877995
S3544	VV	23/5/1983	COT	Jacho # 32	SALCEDO	LAT- AMB	763139	9882250
S3545	VV	23/5/1983	COT	Tualin # 33	SALCEDO	LAT- AMB	768342	9885686
S3546	PS	26/2/1976	COT	Pte. Quebrada # 79	SALCEDO	LAT- AMB	767730	9885808
S3547	VV	26/2/1976	COT	Hda. De Las Rosas # 80	SALCEDO	LAT- AMB	768500	9887899
S3548	PS	26/2/1976	COT	equia De Rumipamba #	SALCEDO	LAT- AMB	769268	9887898
S3549	PS	26/2/1976	COT	Rumipamba Guanali # 82	SALCEDO	LAT- AMB	768656	9889060
S3550	PS	26/2/1976	COT	Cangahua Rumipamba #	SALCEDO	LAT- AMB	770515	9887222
S3551	PS	26/2/1976	COT	Hda. Pompsa # 84	SALCEDO	LAT- AMB	769524	9887367
S3552	PS	26/2/1976	COT	Rumipamba # 85	SALCEDO	LAT- AMB	771438	9886237
S3553	PS	27/2/1976	COT	Mulliquindil # 86	SALCEDO	LAT- AMB	768498	9886449
S3554	PS	27/2/1976	COT	Rumipamba 8 # 87	SALCEDO	LAT- AMB	758599	9886246
S3555	PS	27/2/1976	COT	San Gerardo # 88	SALCEDO	LAT- AMB	771747	9882851
S3564	VV	1/10/1978	TUNG	Huacona Chico # 8	SIMIATUG	LAT- AMB	749758	9858897
S3565	VV	25/5/1983	TUNG	Huilalo # 41	SIMIATUG	LAT- AMB	749736	9859329
S3566	VV	25/5/1983	TUNG	Huilalo # 40	SUCRE	LAT- AMB	779526	9863151
S3567	VV	27/5/1983	TUNG	Galpon # 46	SIMIATUG	LAT- AMB	747686	9857737

S3568	VV	25/5/1983	TUNG	Manzanahuaicu # 42	SUCRE	LAT- AMB	780081	9861945
S3570	VV	27/5/1983	TUNG	Baquerizo Moreno # 48	SUCRE	LAT- AMB	780135	9859455
S4275	PP	13/4/2010	TUNG	La Libertad (La Libertad 1)	AMBATO	LAT- AMB	772756	9853226
S4276	PP	13/4/2010	TUNG	La Libertad (La Libertad 2)	AMBATO	LAT- AMB	772784	9853530
S4277	PP	14/4/2010	TUNG	La Floresta - Picaihua	AMBATO	LAT- AMB	769201	9859694
S4278	PP	14/4/2010	TUNG	Emoto - Sector Cochapa	AMBATO	LAT- AMB	766103	9857822
S4279	PP	14/4/2010	TUNG	San Francisco	AMBATO	LAT- AMB	765346	9857647
S4280	PP	14/4/2010	TUNG	Cachi Grande - Los Laureles	AMBATO	LAT- AMB	762138	9856452
S4281	PP	19/4/2010	COT	Regio Evangélico Tabernáculos	LATACUNGA	LAT- AMB	763053	9896435
S4282	PP	19/4/2010	COT	Cristo Rey	LATACUNGA	LAT- AMB	758895	9897633
S4283	PP	19/4/2010	COT	San Gerardo	LATACUNGA	LAT- AMB	760213	9898787
S4284	PP	19/4/2010	COT	La Libertad (Poza N 1).- 11 De Noviembre	LATACUNGA	LAT- AMB	759766	9900524
S4285	PP	19/4/2010	COT	San Gerardo (Poza N 2).- 11 De Noviembre	LATACUNGA	LAT- AMB	760024	9899552
S4286	PP	19/4/2010	COT	Poaló	LATACUNGA	LAT- AMB	759085	9902251
S4287	PP	20/4/2010	COT	San Gerardo Rumipamba De Las Riberas	SALCEDO	LAT- AMB	768048	9886096
S4288	PP	20/4/2010	COT	Patoa Poza 4 (Pujilí)	LATACUNGA	LAT- AMB	757100	9891497
S4289	PP	20/4/2010	COT	La Merced Poza 3 (Pujilí)	LATACUNGA	LAT- AMB	756280	9892430
S4290	PP	20/4/2010	COT	San Gerardo Rumipamba Poza 1 (Pujilí)	LATACUNGA	LAT- AMB	756316	9893205
S4291	PP	20/4/2010	COT	La Y Poza 2 (Pujilí)	LATACUNGA	LAT- AMB	756052	9893665
S4292	PP	20/4/2010	COT	San Gerardo Rumipamba Poza 5 (Pujilí)	LATACUNGA	LAT- AMB	755458	9893522
S4293	PP	21/4/2010	COT	Barrio 5 De Junio	LATACUNGA	LAT- AMB	759293	9907115
S4294	PP	22/4/2010	COT	San Gerardo De Yanayacu (Marlene)	MULALO	LAT- AMB	762812	9917788
S4295	PP	22/4/2010	COT	Dali Roses (Calvache)	MULALO	LAT- AMB	763582	9918206
S4296	PP	23/4/2010	COT	San Gerardo De Yanayacu.- Parroquia	MULALO	LAT- AMB	762877	9915961
S4297	PP	23/4/2010	COT	San Gerardo De Yanayacu.- Parroquia	MULALO	LAT- AMB	763837	9917472
S4298	PP	23/4/2010	COT	San Gerardo De Yanayacu.- Parroquia	MULALO	LAT- AMB	764210	9918272
S4299	PP	15/7/1998	COT	Pujilí	LATACUNGA	LAT- AMB	756430	9893374
S4300	PP	15/7/1998	COT	Pujilí	LATACUNGA	LAT- AMB	755718	9893682
S4301	PP	15/7/1998	COT	Patoa De Vacas	LATACUNGA	LAT- AMB	756120	9892453
S4302	PP	15/7/1998	COT	Cachi Bajo	LATACUNGA	LAT- AMB	752562	9892148
S4303	PP	15/7/1998	COT	Shuyupamaba	LATACUNGA	LAT- AMB	755501	9892085
S4304	PP	15/7/1998	COT	Isinche De Tobares	LATACUNGA	LAT- AMB	759676	9891529
S4306	PP	16/7/1998	COT	Guápulo	LATACUNGA	LAT- AMB	757204	9895832
S4307	PP	16/7/1998	COT	S. Gerardo Inchapo	LATACUNGA	LAT- AMB	759991	9899210
S4308	PP	16/7/1998	COT	Marquez De Maenza	LATACUNGA	LAT- AMB	757827	9902131
S4309	PP	16/7/1998	COT	Cuniquinte	LATACUNGA	LAT- AMB	759377	9907200
S4310	PP	16/7/1998	COT	Pujilí	LATACUNGA	LAT- AMB	756585	9894542
S4311	PS	16/7/1998	COT	Poaló	LATACUNGA	LAT- AMB	759219	9902130
S4312	PS	16/7/1998	COT	11 De Noviembre	LATACUNGA	LAT- AMB	759991	9899518
S4313	PS	17/7/1998	COT	11 De Noviembre	LATACUNGA	LAT- AMB	759372	9899672
S4314	PS	17/7/1998	COT	La Calera	LATACUNGA	LAT- AMB	762156	9900131
S4315	PS	17/7/1998	COT	Cuatro Esquinas	LATACUNGA	LAT- AMB	763362	9898440
S4316	PS	17/7/1998	COT	La Calera	LATACUNGA	LAT- AMB	763023	9900683
S4317	PS	17/7/1998	COT	La Calera	LATACUNGA	LAT- AMB	762622	9902128
S4318	PS	17/7/1998	COT	Chantilin Narvaez	LATACUNGA	LAT- AMB	761387	9907045
S4319	PS	17/7/1998	COT	Mollepamba	LATACUNGA	LAT- AMB	759067	9906432
S4320	PS	17/7/1998	COT	Hda. La Compañía	LATACUNGA	LAT- AMB	757984	9904896
S4321	PS	17/7/1998	COT	Mariscal Sucre	LATACUNGA	LAT- AMB	757828	9903975
S4322	PS	18/7/1998	COT	Poaló	LATACUNGA	LAT- AMB	759065	9902745
S4323	PS	18/7/1998	COT	S. Gerardo 11 Nov.	LATACUNGA	LAT- AMB	758135	9899058
S4324	PS	18/7/1998	COT	San Gerardo	LATACUNGA	LAT- AMB	760764	9898903
S4325	PS	18/7/1998	COT	Tilipulo	LATACUNGA	LAT- AMB	760765	9901269
S4326	PS	18/7/1998	COT	San Alfonso	LATACUNGA	LAT- AMB	758969	9897521
S4327	PS	18/7/1998	COT	Inchapo	LATACUNGA	LAT- AMB	760916	9895522
S4328	PS	18/7/1998	COT	Hda. Patoa	LATACUNGA	LAT- AMB	759833	9894448
S4329	PS	18/7/1998	COT	Patoa Izurietas	LATACUNGA	LAT- AMB	758131	9893220
S4330	PS	18/7/1998	COT	Cashapamba	LATACUNGA	LAT- AMB	758442	9895893
S4331	PS	19/7/1998	COT	Guápulo	LATACUNGA	LAT- AMB	756593	9906587
S4332	PS	19/7/1998	COT	Cristo Rey	LATACUNGA	LAT- AMB	759525	9896906
S4333	PS	19/7/1998	COT	Cristo Rey (Censo)	LATACUNGA	LAT- AMB	760763	9897274
S4334	PS	19/7/1998	COT	La Merced	LATACUNGA	LAT- AMB	756273	9891070
S4335	VV	19/7/1998	COT	Cachi Alto	LATACUNGA	LAT- AMB	751201	9891227
S4336	GV	19/7/1998	COT	Esc. Camilo Destruge	LATACUNGA	LAT- AMB	760543	9892757
S4337	VV	19/7/1998	COT	Isinche De Tobares	LATACUNGA	LAT- AMB	760759	9891835
S4338	VV	19/7/1998	COT	Isinche De S. Agustín	LATACUNGA	LAT- AMB	764192	9890849

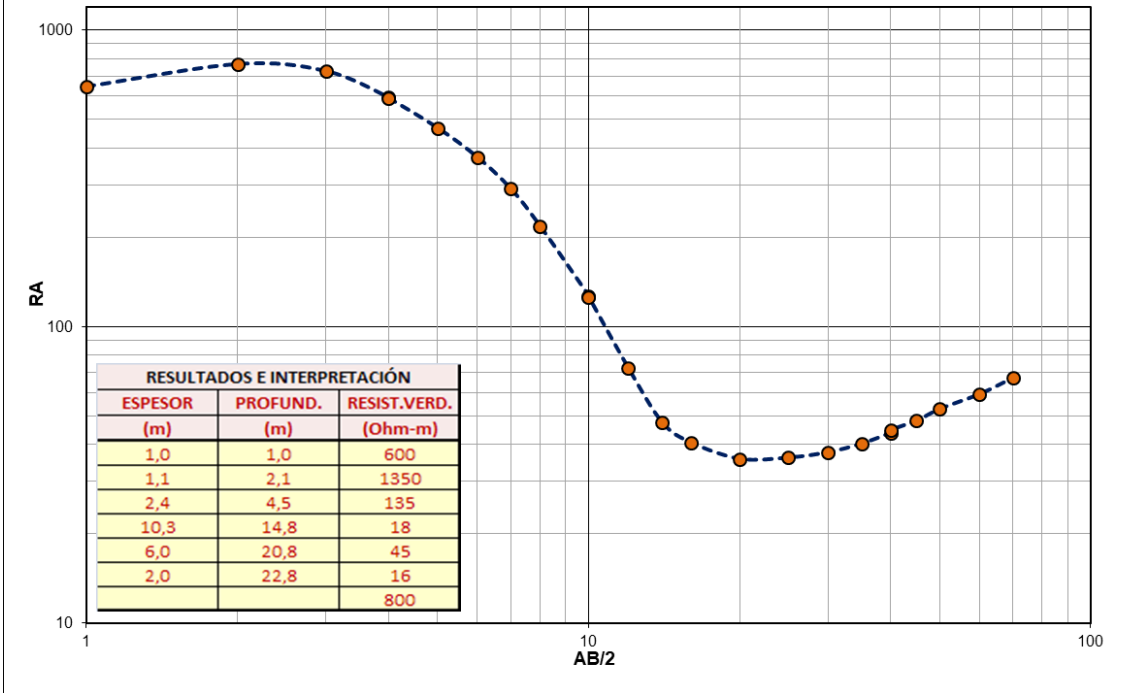
S4339	VV	19/7/1998	COT	Isinche De Infantes	LATACUNGA	LAT- AMB	761377	9891220
S4340	PS	23/6/2004	COT	San Buenaventura	LATACUNGA	LAT- AMB	766068	9901352
S4341	PS	23/6/2004	COT	Santa Barbara	LATACUNGA	LAT- AMB	766016	9900606
S4342	PS	23/6/2004	COT	Barrio Chila De Colatoa	LATACUNGA	LAT- AMB	766978	9901548
S4343	PS	23/6/2004	COT	Jos? Guango Bajo	LATACUNGA	LAT- AMB	767898	9908722
S4344	PS	23/6/2004	COT	Jos? Guango Bajo	LATACUNGA	LAT- AMB	767971	9910212
S4345	PS	23/6/2004	COT	Barrio Espinoza	LATACUNGA	LAT- AMB	767510	9912956
S4346	PS	24/6/2004	COT	San Isidro	LATACUNGA	LAT- AMB	768462	9914634
S4347	VV	24/6/2004	COT	Mulalo	LATACUNGA	LAT- AMB	769783	9914516
S4348	PS	24/6/2004	COT	El Rosal	LATACUNGA	LAT- AMB	769279	9912880
S4349	PS	24/6/2004	COT	Quisínche Bajo	LATACUNGA	LAT- AMB	768909	9911740
S4350	PS	24/6/2004	COT	Quisínche Bajo	LATACUNGA	LAT- AMB	768755	9911296
S4351	PS	24/6/2004	COT	Guango Alto	LATACUNGA	LAT- AMB	769502	9910924
S4352	PS	25/6/2004	COT	Guango Alto	LATACUNGA	LAT- AMB	769662	9910628
S4353	PS	25/6/2004	COT	Guango Alto	LATACUNGA	LAT- AMB	770187	9910716
S4354	PS	25/6/2004	COT	Guango Alto	LATACUNGA	LAT- AMB	769112	9909876
S4355	PS	25/6/2004	COT	Guango Alto	LATACUNGA	LAT- AMB	769069	9910304
S4356	PS	25/6/2004	COT	Guango Alto	LATACUNGA	LAT- AMB	769104	9910418
S4357	PP	25/6/2004	COT	San AgustíN	LATACUNGA	LAT- AMB	770118	9919708
S4358	PS	25/6/2004	COT	San AgustíN	LATACUNGA	LAT- AMB	770119	9920244
S4359	PP	26/6/2004	COT	San AgustíN	LATACUNGA	LAT- AMB	770516	9920426
S4360	PS	26/6/2004	COT	San AgustíN	LATACUNGA	LAT- AMB	770166	9919909
S4361	PS	26/6/2004	COT	Hda. La SerraníA	LATACUNGA	LAT- AMB	769079	9915310
S4362	VV	26/6/2004	COT	Hda. La SerraníA	LATACUNGA	LAT- AMB	768974	9915504
S4363	PS	26/6/2004	COT	Hda. Rumipamba	LATACUNGA	LAT- AMB	769695	9915576
S4364	PS	26/6/2004	COT	Callo Boyero	LATACUNGA	LAT- AMB	768414	9916024
S4365	PS	27/6/2004	COT	Callo Donoso	LATACUNGA	LAT- AMB	768281	9915916
S4366	PS	27/6/2004	COT	Rumipamba	LATACUNGA	LAT- AMB	766772	9916796
S4367	VV	27/6/2004	COT	Hda. Baños	COTOPAXI	LAT- AMB	785813	9912662
S4368	VV	27/6/2004	COT	Hda. Baños	COTOPAXI	LAT- AMB	785913	9912676
S4369	VV	27/6/2004	COT	Hda. Baños	COTOPAXI	LAT- AMB	786071	9912652
S4370	PS	27/6/2004	COT	Agua Clara	MULALO	LAT- AMB	766695	9910628
S4380	VV	15/8/1993	TUNG	Totoras	AMBATO	LAT- AMB	767626	9854893
S4381	VV	15/8/1993	TUNG	Totoras	AMBATO	LAT- AMB	767070	9856184
S4382	VV	15/8/1993	TUNG	Totoras	AMBATO	LAT- AMB	766699	9855815
S4383	VV	15/8/1993	TUNG	Río Pachanlica	QUERO	LAT- AMB	768148	9851727
S4384	VV	15/8/1993	TUNG	Totoras	AMBATO	LAT- AMB	768152	9855414
S4385	VV	15/8/1993	TUNG	Quebrada Aguaján	AMBATO	LAT- AMB	754237	9858193
S4386	VV	15/8/1993	TUNG	Quindobana	AMBATO	LAT- AMB	752073	9859731
S4387	VV	15/8/1993	TUNG	Aguaján	AMBATO	LAT- AMB	756743	9858836
S4388	VV	15/8/1993	TUNG	Pataló	AMBATO	LAT- AMB	757547	9859634
S4389	VV	15/8/1993	TUNG	Santa Rosa	AMBATO	LAT- AMB	758569	9860647
S4390	VV	15/8/1993	TUNG	Tilulán	AMBATO	LAT- AMB	759037	9864795
S4391	VV	15/8/1993	TUNG	Socabón	AMBATO	LAT- AMB	765283	9863622
S4392	VV	15/8/1993	TUNG	Curiquingue	AMBATO	LAT- AMB	765992	9860641
S4393	VV	15/8/1993	TUNG	La Peninsula	AMBATO	LAT- AMB	767168	9861807
S4396	VV	15/8/1993	TUNG	El Ensueño	AMBATO	LAT- AMB	761199	9861413
S4397	PS	15/8/1993	TUNG	Picaigua	AMBATO	LAT- AMB	768990	9858087
S4398	PS	15/8/1993	TUNG	San Cayetano	AMBATO	LAT- AMB	768372	9859317
S4399	PS	15/8/1993	TUNG	San Cayetano	AMBATO	LAT- AMB	768310	9859256
S5737	PP	2/12/2017	TUNG	C. Proaño	LATACUNGA	LAT- AMB	759285	9901489
S5738	PP	2/12/2017	TUNG	C. Espín	LATACUNGA	LAT- AMB	759572	9901149
S5739	PE	2/12/2017	TUNG	José Mena	LATACUNGA	LAT- AMB	759821	9901126
S5740	PP	2/12/2017	TUNG	Junta Aguas #1	LATACUNGA	LAT- AMB	758826	9901886
S5741	PP	2/12/2017	TUNG	Pozo seco #1	LATACUNGA	LAT- AMB	759929	9899808
S5742	PP	2/12/2017	TUNG	Pozo seco #2	LATACUNGA	LAT- AMB	759929	9899808
S5743	PP	2/12/2017	TUNG	Junta Aguas #2	LATACUNGA	LAT- AMB	757946	9902198
S5744	PP	2/12/2017	TUNG	Junta Aguas #3	LATACUNGA	LAT- AMB	758339	9902227
S5745	PE	2/12/2017	TUNG	M. Taype	LATACUNGA	LAT- AMB	759435	9901068
S5746	PE	2/12/2017	TUNG	S. Albornoz	LATACUNGA	LAT- AMB	759796	9900571
S5747	PE	2/12/2017	TUNG	F. Mera	LATACUNGA	LAT- AMB	759829	9900914
S5748	PP	2/12/2017	TUNG	Junta Aguas #4	LATACUNGA	LAT- AMB	758091	9903193
S5749	PP	2/12/2017	TUNG	P. Guamangate	LATACUNGA	LAT- AMB	759834	9904969
S5750	PP	2/12/2017	TUNG	L. Mendoza	LATACUNGA	LAT- AMB	760260	9903810
S5751	PP	2/12/2017	TUNG	N. Vasquez	LATACUNGA	LAT- AMB	760650	9895232
S5752	GV	2/12/2017	TUNG	Junta Aguas #5	LATACUNGA	LAT- AMB	754303	9903319
S5753	PP	16/2/2017	TUNG	GAD Saquisilí #1	LATACUNGA	LAT- AMB	759047	9906746
S5754	PP	16/2/2017	TUNG	GAD Saquisilí #2	LATACUNGA	LAT- AMB	760960	9907400
S5755	PP	14/2/2017	TUNG	EXPLOCEN #1	LATACUNGA	LAT- AMB	758976	9904561
S5756	PE	14/2/2017	TUNG	Vía Poalo	LATACUNGA	LAT- AMB	757986	9904075
S5757	PP	14/2/2017	TUNG	EXPLOCEN #2	LATACUNGA	LAT- AMB	758873	9905256

Anexo V Reinterpretación Geofísica con los datos de los SEVs (C.T.A, 2014)

DATOS Y CALCULOS DE SEV-1				
AB/2 (m)	MN/2 (m)	G (m)	R	RA
1,0	0,2	7,54	85.600,00	645,41
2,0	0,2	31,10	24.700,00	768,21
3,0	0,2	70,37	10.340,00	727,64
4,0	0,2	125,35	4.730,00	592,90
4,0	0,5	49,50	11.915,00	589,79
5,0	0,5	77,75	6.020,00	468,08
6,0	0,5	112,31	3.320,00	372,88
7,0	0,5	153,15	1.902,00	291,30
8,0	0,5	200,28	1.090,00	218,30
10,0	0,5	313,37	405,00	126,92
10,0	2,0	75,40	1.670,00	125,92
12,0	2,0	109,96	657,00	72,24
14,0	2,0	150,80	315,00	47,50
16,0	2,0	197,92	205,00	40,57
20,0	2,0	311,02	114,90	35,74
25,0	2,0	487,73	74,00	36,09
30,0	2,0	703,72	53,50	37,65
35,0	2,0	958,97	42,00	40,28
40,0	2,0	1253,50	35,00	43,87
40,0	4,0	622,00	72,00	44,78
45,0	4,0	788,93	61,00	48,12
50,0	4,0	975,46	54,00	52,68
60,0	4,0	1407,43	42,00	59,11
70,0	4,0	1917,94	35,00	67,13
80,0	4,0			
Altitud (msnm)			2776	
Rumbo			N-S	

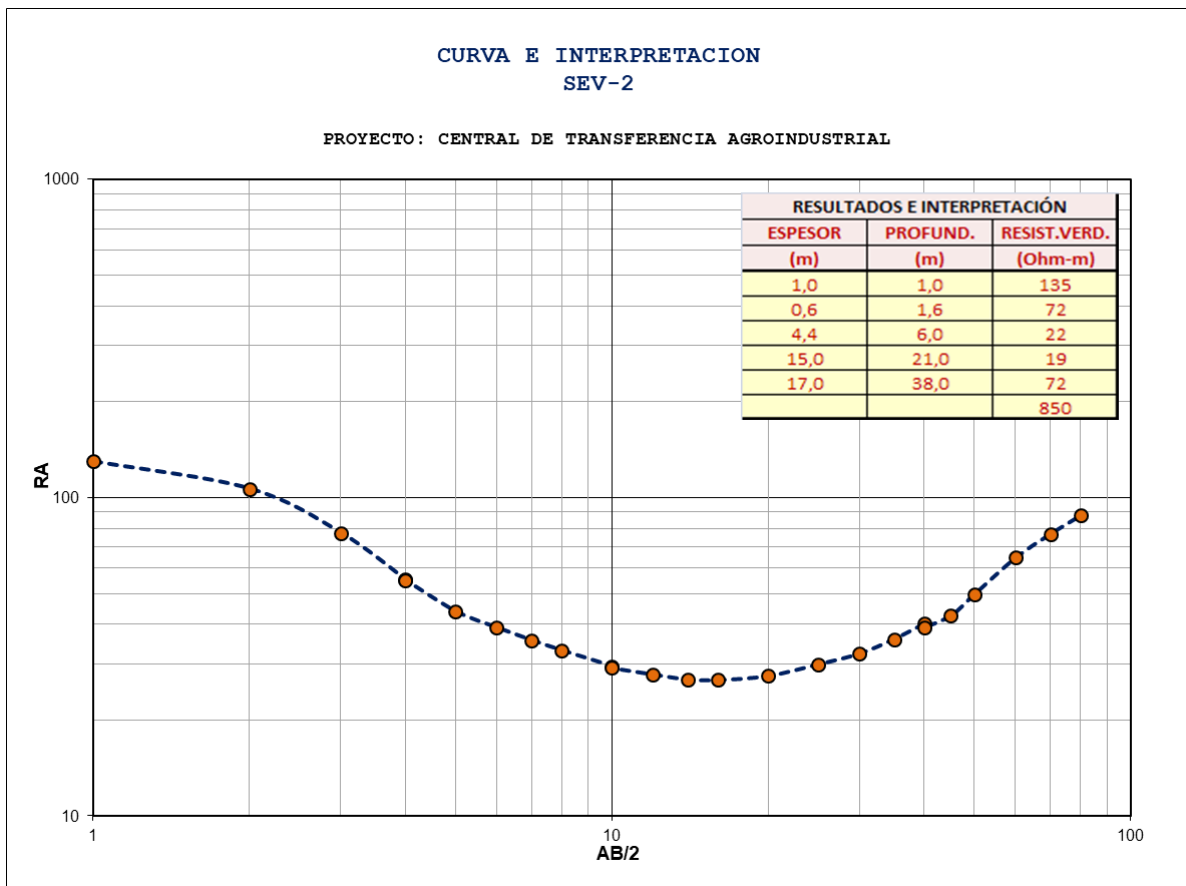
**CURVA E INTERPRETACION
SEV-1**

PROYECTO: CENTRAL DE TRANSFERENCIA AGROINDUSTRIAL



DATOS Y CALCULOS DE SEV-2				
AB/2 (m)	MN/2 (m)	G (m)	R	RA
1,0	0,2	7,54	17.220,00	129,84
2,0	0,2	31,10	3.430,00	106,68
3,0	0,2	70,37	1.102,00	77,55
4,0	0,2	125,35	441,00	55,28
4,0	0,5	49,50	1.112,30	55,06
5,0	0,5	77,75	565,00	43,93
6,0	0,5	112,31	348,00	39,08
7,0	0,5	153,15	233,00	35,68
8,0	0,5	200,28	165,60	33,17
10,0	0,5	313,37	94,30	29,55
10,0	2,0	75,40	386,60	29,15
12,0	2,0	109,96	253,00	27,82
14,0	2,0	150,80	177,80	26,81
16,0	2,0	197,92	135,00	26,72
20,0	2,0	311,02	88,50	27,53
25,0	2,0	487,73	61,40	29,95
30,0	2,0	703,72	46,00	32,37
35,0	2,0	958,97	37,50	35,96

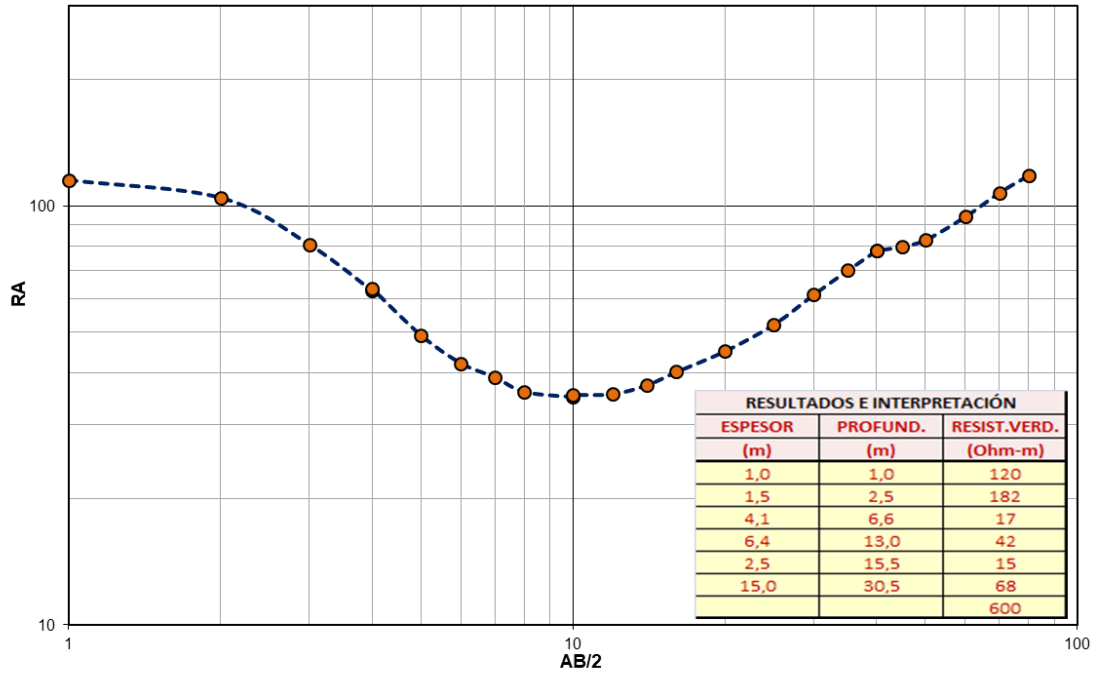
40,0	2,0	1253,50	32,00	40,11
40,0	4,0	622,00	63,00	39,19
45,0	4,0	788,93	54,00	42,60
50,0	4,0	975,46	51,00	49,75
60,0	4,0	1407,43	46,00	64,74
70,0	4,0	1917,94	40,00	76,72
80,0	4,0	2506,99	35,00	87,74
Altitud (msnm)			2773	
Rumbo			N-S	



DATOS Y CALCULOS DE SEV-3				
AB/2 (m)	MN/2 (m)	G (m)	R	RA
1,0	0,2	7,54	15.270,00	115,13
2,0	0,2	31,10	3.360,00	104,50
3,0	0,2	70,37	1.148,00	80,79
4,0	0,2	125,35	500,00	62,67
4,0	0,5	49,50	1.280,00	63,36
5,0	0,5	77,75	631,00	49,06
6,0	0,5	112,31	375,00	42,12
7,0	0,5	153,15	255,00	39,05
8,0	0,5	200,28	180,00	36,05
10,0	0,5	313,37	112,00	35,10
10,0	2,0	75,40	470,00	35,44
12,0	2,0	109,96	324,00	35,63
14,0	2,0	150,80	248,00	37,40
16,0	2,0	197,92	203,00	40,18
20,0	2,0	311,02	144,80	45,04
25,0	2,0	487,73	106,90	52,14
30,0	2,0	703,72	87,30	61,43
35,0	2,0	958,97	73,10	70,10
40,0	2,0	1253,50	62,40	78,22
40,0	4,0	622,00	125,60	78,12
45,0	4,0	788,93	101,50	80,08
50,0	4,0	975,46	85,00	82,91
60,0	4,0	1407,43	67,00	94,30
70,0	4,0	1917,94	56,00	107,40
80,0	4,0	2506,99	47,10	118,08
Altitud (msnm)			2770	
Rumbo			N-S	

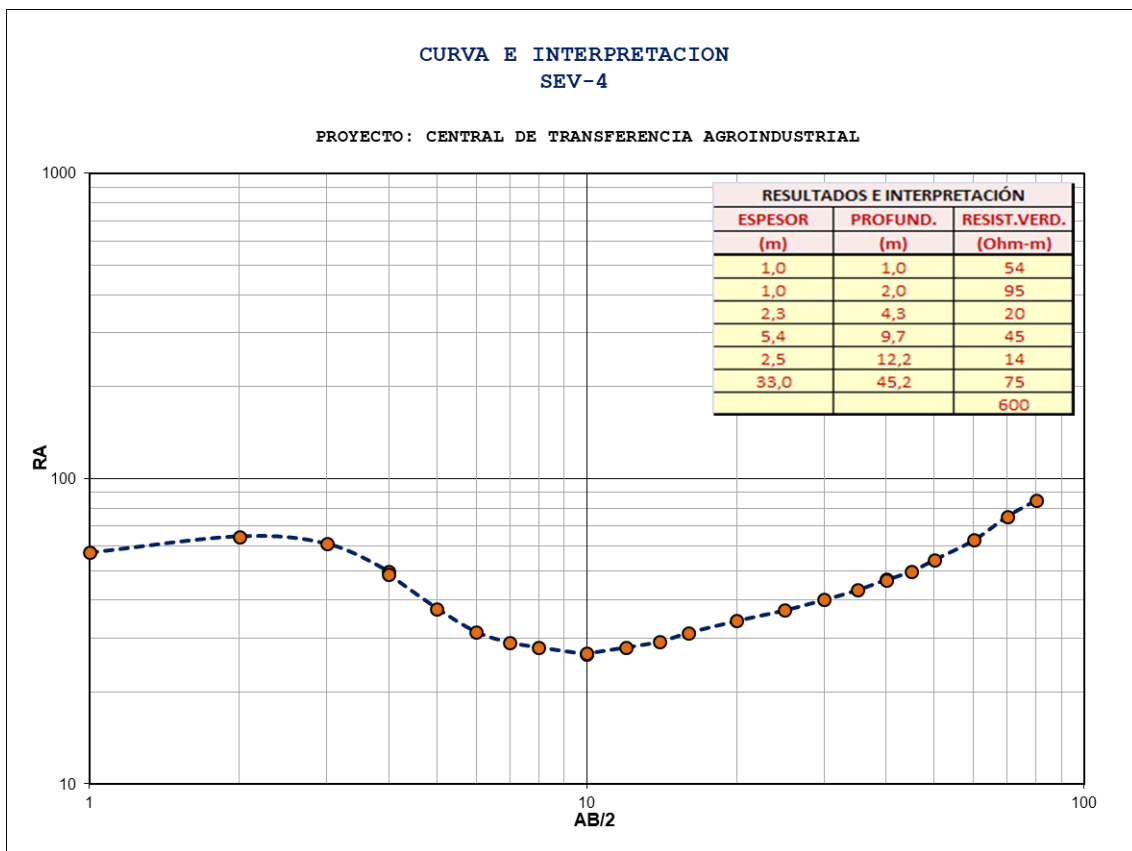
**CURVA E INTERPRETACION
SEV-3**

PROYECTO: CENTRAL DE TRANSFERENCIA AGROINDUSTRIAL



DATOS Y CALCULOS DE SEV-4					
AB/2 (m)	MN/2 (m)	G (m)	R	RA	
1,0	0,2	7,54	7.590,00	57,23	
2,0	0,2	31,10	2.080,00	64,69	
3,0	0,2	70,37	870,00	61,22	
4,0	0,2	125,35	396,00	49,64	
4,0	0,5	49,50	981,30	48,57	
5,0	0,5	77,75	483,00	37,56	
6,0	0,5	112,31	280,00	31,45	
7,0	0,5	153,15	190,00	29,10	
8,0	0,5	200,28	140,00	28,04	
10,0	0,5	313,37	85,00	26,64	
10,0	2,0	75,40	355,00	26,77	
12,0	2,0	109,96	255,00	28,04	
14,0	2,0	150,80	194,00	29,25	
16,0	2,0	197,92	158,00	31,27	
20,0	2,0	311,02	110,00	34,21	
25,0	2,0	487,73	76,00	37,07	
30,0	2,0	703,72	57,00	40,11	

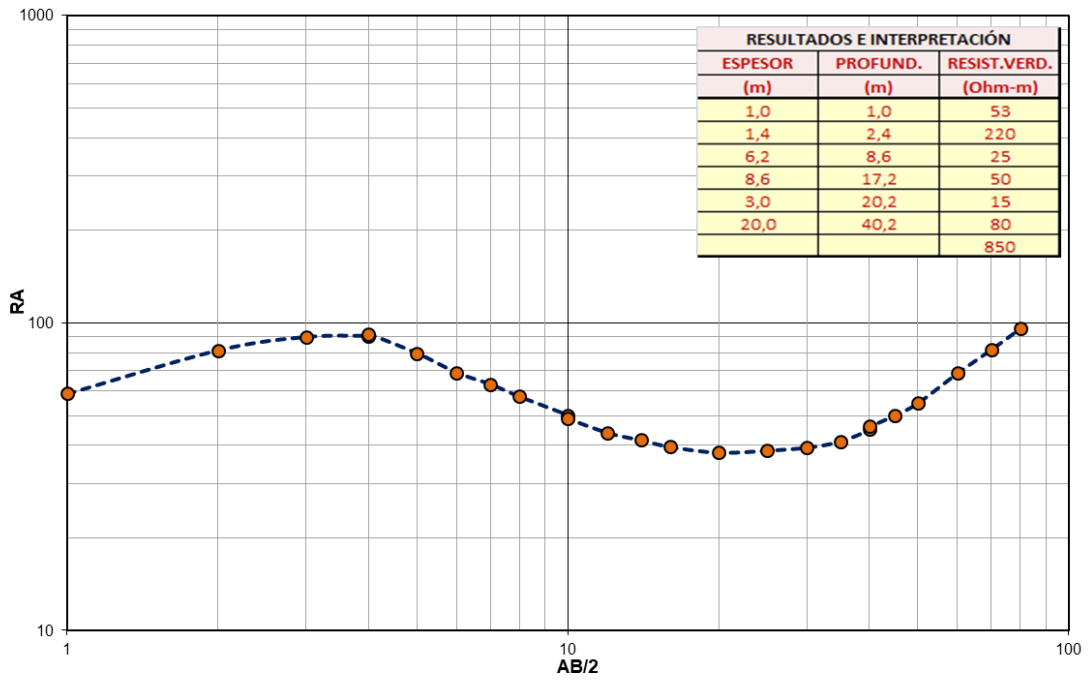
35,0	2,0	958,97	45,00	43,15
40,0	2,0	1253,50	37,30	46,76
40,0	4,0	622,00	74,90	46,59
45,0	4,0	788,93	63,10	49,78
50,0	4,0	975,46	55,60	54,24
60,0	4,0	1407,43	44,70	62,91
70,0	4,0	1917,94	39,20	75,18
80,0	4,0	2506,99	33,80	84,74
Altitud (msnm)			2768	
Rumbo			N 40° W	



DATOS Y CALCULOS DE SEV-5				
AB/2 (m)	MN/2 (m)	G (m)	R	RA
1,0	0,2	7,54	7.810,00	58,89
2,0	0,2	31,10	2.620,00	81,49
3,0	0,2	70,37	1.280,00	90,08
4,0	0,2	125,35	725,00	90,88
4,0	0,5	49,50	1.860,00	92,07
5,0	0,5	77,75	1.025,00	79,70
6,0	0,5	112,31	614,00	68,96
7,0	0,5	153,15	413,00	63,25
8,0	0,5	200,28	288,00	57,68
10,0	0,5	313,37	160,00	50,14
10,0	2,0	75,40	650,00	49,01
12,0	2,0	109,96	400,00	43,98
14,0	2,0	150,80	276,00	41,62
16,0	2,0	197,92	200,00	39,58
20,0	2,0	311,02	122,00	37,94
25,0	2,0	487,73	79,00	38,53
30,0	2,0	703,72	56,00	39,41
35,0	2,0	958,97	43,00	41,24
40,0	2,0	1253,50	36,00	45,13
40,0	4,0	622,00	74,00	46,03
45,0	4,0	788,93	63,60	50,18
50,0	4,0	975,46	56,40	55,02
60,0	4,0	1407,43	48,90	68,82
70,0	4,0	1917,94	42,70	81,90
80,0	4,0	2506,99	38,30	96,02
Altitud (msnm)			2760	
Rumbo			E - W	

**CURVA E INTERPRETACION
SEV-5**

PROYECTO: CENTRAL DE TRANSFERENCIA AGROINDUSTRIAL



Anexo VI Resultados del Análisis Físico - Químico de las muestras de agua

INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 161990
Hoja 1 de 2

NOMBRE:	ASUBSA
DIRECCIÓN:	Pasaje Cenepa Lote 14 y Panamericana Norte
MUESTRA:	Agua de pozo
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:	Líquido incoloro
ANÁLISIS:	Físico Químico
FECHA DE RECEPCIÓN:	9 de mayo del 2016
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	5 de mayo del 2016
LOCALIZACIÓN:	Pozo profundo en el Barrio "San Pablo Cunchibamba" Ambato
ENVASE:	PET
REFERENCIA:	161990
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	9 - 11 de mayo del 2016
MUESTREO POR:	El Cliente
CONDICIONES AMBIENTALES:	26°C 36%HR

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO	RESULTADO	Unidad	METODO	Limites
pH (20°C)	7.47		APHA 4500-H- B	6 - 9
COLOR	1	UTC	Visual	Hasta 5
TURBIEDAD:	0	NTU	Nefelométrico	Hasta 3
CONDUCTIVIDAD:	1023	µS/cm	APHA 2510	Hasta 500
BIÓXIDO DE CARBONO:	25.00	mg/l	APHA 4500D	Hasta 5
CARBONATOS:	22.60	mg/l	Volumétrico	Hasta 120
BICARBONATOS:	341.26	mg/l	Volumetrico	Hasta 250
CLORUROS:	36.51	mg/l	APHA 4500- Cl- B	Hasta 350
MANGANESO:	0.00	mg/l	APHA 3500- Mn B	Hasta 0.4
HIERRO TOTAL:	0.15	mg/l	APHA 3500-Fe B	Hasta 0.3
MAGNESIO:	30.22	mg/l	APHA 3500-Mg B	Hasta 150
CALCIO:	61.72	mg/l	APHA 3500-Ca B	Hasta 200
NITRITOS	0.02	mg/l	APHA 4500 NO ₂ B	Hasta 1
SULFATOS:	305.07	mg/l	APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E	Hasta 400
FOSFATOS	0.11	mg/l	APHA 4500-P C	Hasta 0.3
SODIO:	140	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 115
POTASIO:	5	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 300
ALCALINIDAD:	363.86	mg/l	APHA 2320B	Hasta 250
DUREZA TOTAL (Como CaCO ₃):	278.00	mg/l	APHA 2340C	Hasta 300
DUREZA CARBONATADA (Como CaCO ₃):	278.00	mg/l	Cálculo	
DUREZA NO CARBONATADA (Como CaCO ₃):	0.00	mg/l	Cálculo	
SOLIDOS TOTALES (a 105°C):	598	mg/l	APHA 2540B	Hasta 1500
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (a 105°C):	519	mg/l	APHA 2540C	Hasta 500
SOLIDOS SUSPENDIDOS (a 105 °C) :	79	mg/l	APHA 2540D	
INDICE DE LANGELIER (a 25 °C):	+ 0.15		Cálculo	+ 0.50

Dra Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es valido para la muestra analizada
Esta informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB

Análisis Físico-químico del agua del pozo San Pablo.

NOMBRE:	ASUBSA
DIRECCIÓN:	Pasaje Cenepa Lote 14 y Panamericana Norte
MUESTRA:	Agua de pozo N°1
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:	Líquido incoloro
ANÁLISIS:	Físico Químico
FECHA DE RECEPCIÓN:	7 de julio del 2016
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	5 de julio del 2016 – 4:00 PM
LOCALIZACIÓN:	San Vicente Culapachan
ENVASE:	PET
REFERENCIA:	162876
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	7 – 8 de julio del 2016
MUESTREO POR:	El Cliente
CONDICIONES AMBIENTALES:	25°C 27%HR

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	RESULTADO	Unidad	METODO	Límites
pH (20°C)	7.73		APHA 4500-H+ B	6 - 9
COLOR:	0	UTC	Visual	Hasta 5
TURBIEDAD:	0	NTU	Nefelométrico	Hasta 3
CONDUCTIVIDAD:	1797	µS/cm	APHA 2510	Hasta 500
BIÓXIDO DE CARBONO:	17.17	mg/l	APHA 4500D	Hasta 5
CARBONATOS:	41.04	mg/l	Volumétrico	Hasta 120
BICARBONATOS:	413.64	mg/l	Volumétrico	Hasta 250
CLORUROS:	91.91	mg/l	APHA 4500- Cl- B	Hasta 350
MANGANESO:	0.00	mg/l	APHA 3500- Mn B	Hasta 0.4
HIERRO TOTAL:	0.28	mg/l	APHA 3500-Fe B	Hasta 0.3
MAGNESIO:	22.86	mg/l	APHA 3500-Mg B	Hasta 150
CALCIO:	163.13	mg/l	APHA 3500-Ca B	Hasta 200
NITRITOS:	0.02	mg/l	APHA 4500 NO ₂ B	Hasta 1
SULFATOS:	610.75	mg/l	APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E	Hasta 400
FOSFATOS:	0.10	mg/l	APHA 4500-P C	Hasta 0.3
SODIO:	300	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 115
POTASIO:	31	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 300
ALCALINIDAD:	454.68	mg/l	APHA 2320B	Hasta 250
DUREZA TOTAL (Como CaCO ₃):	501.00	mg/l	APHA 2340C	Hasta 300
DUREZA CARBONATADA (Como CaCO ₃):	454.68	mg/l	Cálculo	
DUREZA NO CARBONATADA (Como CaCO ₃):	46.32	mg/l	Cálculo	
SOLIDOS TOTALES (a 105°C):	1338	mg/l	APHA 2540B	Hasta 1500
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (a 105°C):	915	mg/l	APHA 2540C	Hasta 500
SOLIDOS SUSPENDIDOS (a 105 °C) :	423	mg/l	APHA 2540D	
INDICE DE LANGELIER (a 25 °C):	+0.90		Cálculo	± 0.50

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

Análisis Físico-químico del agua del pozo San Vicente.



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQA- 087-07	
Orden de trabajo	No.	87	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	litros	4	
Identificación	M1	Agua de vertiente	
Lugar		Quillán La Playa	
Cantón- Provincia		Pillaro - Tungurahua	
Solicita		Sr. Sebastian Bombón	
Fecha de muestreo		25-07-18	11h00
Fecha de informe		26-07-18	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	7.8	S.M. 4500-H+ B
Color aparente	Pt- Co	2.5	S.M. 2120 B
Turbiedad	NTU	5	S.M. 2130 B
Sólidos Totales	mg / L	433	S.M. 2540 B
Alcalinidad Total	"	317	S.M. 2320 B
Carbonatos	"	0	cálculo
Bicarbonatos	"	317	cálculo
Anhidrido carbónico	"	10.2	S.M. 4500-CO2 C
Dureza Total	"	188	S.M. 2340 C
Calcio	"	22.4	S.M. 3500-Ca D
Magnesio	"	27.3	S.M. 3500-Mg E
Hierro total	"	1.5	MAM- 18/APHA 3111-B
Sodio	"	37.5	MAM-27- APHA- 3111 -B
Potasio	"	29.5	MAM-26- APHA- 3111 -B
Cloruros	"	14.5	S.M. 4500-Cl -B
Sulfatos	"	36	S.M. 4500-SO4 = E
Fosfatos	"	2.8	MAM- 17 APHA 4500-P-C
Nitritos	"	0	S.M. 4500-NO2-B
Nitratos	"	25	S.M. 4500-NO3-B
OBSERVACIONES			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra puntual entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transportación y veracidad en en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
CONCLUSIONES			
Es una agua de tipo básica, con valores bajos de color y turbiedad.			
Tiene una notación de bicarbonatada alcalina con un peligro de salinización medio y bajo de sodicidad.			

LAQUIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL
Dr. Enrique Vayas López
DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas López M.Sc

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2422366 - 2423054 - 0984 069372
E-mail: envaio50@hotmail.es * Ambato - Ecuador

Análisis Físico-químico de la vertiente Quillán la Playa

INFORME DE RESULTADOS

RC38-05

Nº. 18-278

Pág. 2 de 4

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Sulfatos	PE03	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-SO ₄ ²⁻ E	mg/L	103,80
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B	ug/L	46,134
Cloruros	PE07	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-Cl ⁻ B	mg/L	22,42
Fluoruros	PE14	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-F- D	mg/L	0,35 ^(a)
Cobre	PE16	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,000 ^(a)
Hierro	PE17	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,02 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	1,67 ^(a)
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,000 ^(a)
Cadmio	PE35	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,000 ^(a)
Calcio	PE15	Standard Methods Ed 23, 2017. 3500-Ca B	mg/L	34,21
Potasio	PE20	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	13,98
Magnesio	PE21	Standard Methods Ed 23, 2017. 3500-Mg B	mg/L	69,68
Sodio	PE22	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	101,89
Sílice	PE29	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-SiO ₂ C	mg/L	84,75 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	0 ^(a)
Zinc	PE43	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,034 ^(a)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación Nº SAE LE C 15-005"

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"



Dra. Jeaneth Cartagena
Responsable de Laboratorio
DE CALIDAD DE AGUAS
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: lcartagena@inamhi.gob.ec

Análisis-Físico-químico de la vertiente Huapante.

INFORME DE RESULTADOS

RC38-05

N°. 18-278

Pág. 3 de 4

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Carbonatos*	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	0,00
Bicarbonatos*	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	407,34
Niquel*	PE25	Standard Methods Ed 23, 2017. 3125 B	ug/L	3,421
Litio*	PE25	Standard Methods Ed 23, 2017. 3125 B	ug/L	111,80
Plomo*	PE25	Standard Methods Ed 23, 2017. 3125 B	ug/L	1,971
Cromo*	PE25	Standard Methods Ed 23, 2017. 3125 B	ug/L	0,922
Aluminio*	PE25	Standard Methods Ed 23, 2017. 3125 B	mg/L	0,21
Bario*	PE25	Standard Methods Ed 23, 2017. 3125 B	ug/L	38,47
Antimonio*	PE25	Standard Methods Ed 23, 2017. 3125 B	ug/L	0,18

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LE C 15-005"

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"



Dra. Jeaneth Cartagena
Responsable de Laboratorio
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Análisis Físico-químico de la vertiente Huapante.

Anexo VII Resultados del Análisis Físico-Químico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Cunchibamba" (posible fuente de contaminación)

 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD INFORME DE RESULTADOS ANALISIS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS 17025-RG-CC-71-04		Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con Acreditación N° OAE LE C 14-001		
Pág 1 de 1				
DATOS DEL CUENTE CLIENTE: DOM - EMAPAA DIRECCIÓN: Antonio Calvijo e Isabel Sánchez PERSONA DE CONTACTO: Ing. Giannine Sánchez TELÉFONO DE CONTACTO: (03) 2997700 ext. 162 PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Planta de Tratamiento de Agua Residual Cunchibamba LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA: Salida PTAR FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 05 de diciembre de 2017; 08H30 a 14H30 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta): Compuesta (Tomas cada 30 minutos)		DATOS GENERALES MUNICIPAL DE AGUA POTABLE DE AMBATO CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: 17121175 TIPO DE MUESTRA (MATRIZ): Agua Residual RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA: Srs. Wilson Palate, Luis Guamán FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 05 de diciembre de 2017; 15h06 FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 05 de diciembre de 2017 FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 13 de diciembre de 2017 CONDICIONES AMBIENTALES: Humedad (%): 40 Temperatura (°C): 18,0		
ANÁLISIS REALIZADOS				
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Tabla 9...límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)**	RESULTADOS
COLOR REAL	U Pt-Co	APHA-2120-C	Inapreciable en dilución 1/20	23
pH	U pH	APHA-4500H-B	6 - 9	7,85
ALUMINIO*	mg/L	APHA-3111-D	5,0	0,151
ARSENICO*	µg/L	APHA-3114B	100	3,241
CLORUROS*	mg/L	HACH-8113	1.000	41,5
COPRE*	mg/L	HACH-8506	1,0	0
CROMO HEXAVALENTE*	mg/L	HACH-8023	0,5	0,026
FÚOS*	mg/L	HACH-8029	5,0	0
FOSFORO TOTAL*	mg/L	HACH-8191	10,0	6,42
HIERRO*	mg/L	HACH-8008	10,0	0,05
NITROGENO TOTAL KJELDAHL*	mg/L	HACH-8008 TN+ plus 880	50,0	47,4
PLOMO*	mg/L	APHA-3111-B	0,2	0
PLATA*	mg/L	ión Selectivo	0,1	<0,1
SELENIO*	µg/L	APHA-3114B	100	0
SULFATOS*	mg/L	HACH-8051	1.000	41
SULFUROS	mg/L	HACH-8131	0,5	0,084
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/L	APHA-5210-A	100	108
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH 8000	300	250
MATERIAL FLOTANTE*	-	APHA-2530-B	Ausencia	Ausencia
SOLIDOS SUSPENDIDOS*	mg/L	HACH 8006	100	82
SOLIDOS TOTALES*	mg/L	APHA-2540-B	1.000	690
TEMPERATURA*	°C	APHA-2530-B	Condición natural ± 3	17,4
TENSIOACTIVOS (DETERGENTES)	mg/L	HACH 8028	0,5	6,366
ZINC*	mg/L	HACH-8009	5,0	0,10
FORMAS FECALES*	nmp/100ml	APHA-9221-C	2000	6 867 000

Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.
 ** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
Color Real	5 - 500 U Pt-Co	25%	17025-PR-CC-30-XX; Método de referencia: Standard Methods, Ed. 22, 2012, 2120-C
DBO	50 - 1500 mg/L	20%	17025-PR-CC-27-XX; Método de referencia: Standard Methods, Ed. 22, 2012, 5210 D
DQO	20 - 25000 mg/L	15%	17025-PR-CC-26-XX; Método de referencia: HACH 8000
pH	4 - 10 U pH	1%	17025-PR-CC-23-XX; Método de referencia: Standard Methods, Ed. 22, 2012, 4500 H+B
Sulfuros	0,05 - 50 mg/L	10%	17025-PR-CC-24-XX; Método de referencia: HACH 8131
Detergentes	0,1 - 10,0 mg/L	13%	17025-PR-CC-29-XX; Método de referencia: HACH 8028

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO. EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CUENTE. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CARGAR O). NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO. PARA LOS PARÁMETROS BASADOS EN EL STANDARD METHODS SE INDICA QUE LA EDICIÓN UTILIZADA NO CORRESPONDE A LA ÚLTIMA VERSIÓN PUBLICADA.

OBSERVACIONES: Ninguna
 PROFESIONALES RESPONSABLES:


 Ing. Andrea Tirado
 ANALISTA DE LABORATORIO


 Ing. Jacqueline Ávila
 RESPONSABLE TÉCNICO (S)

Laboratorio de Control de Calidad. EP - EMAPA - A, Vía Ecológica a Santa Rosa - Ambato
 Tel. 2585991 Ext. 101, 102, 103

Análisis Físico-químico del agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Cunchibamba"

Anexo VIII Aplicación del Método AVI para determinar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero “Cunchibamba”

FORMACIÓN	LITOLOGÍA	ESPESOR (mts)	Conductividad (k) m/día	Resistencia Hidráulica C (días)	Resistencia Hidráulica C (años)	
VOLCÁNICOS	ANDESITAS	500	1,00E-05	50000000,0000	136986,3014	
					SUMATORIA	136986,3014
ALUVIALES	TOBAS	8	8,64E+00	0,9259	0,00254	
	ARENA GRUESA	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	TOBAS	6	8,64E+00	0,6944	0,00190	
	ARENA GRUESA ROJIZA	11	1,00E+02	0,1100	0,00030	
	BRECHAS	4	1,00E+02	0,0400	0,00011	
	ARENA GRUESA ROJIZA	4	1,00E+02	0,0400	0,00011	
	TOBAS ENDURECIDAS	2	8,64E+00	0,2315	0,00063	
	ARENA GRUESA GRIS Y ROJIZA	27	1,00E+02	0,2700	0,00074	
	ARENAS FINAS	9	8,64E+02	0,0104	0,00003	
	ANDESITAS FRACTURADAS	10	1,00E+02	0,1000	0,00027	
	ARENA GRUESA	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ANDESITAS + CONGLOMERADO	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ANDESITAS FRACTURADAS	17	1,00E+02	0,1700	0,00047	
	ARENA CONSOLIDADA	28	1,00E+01	2,8000	0,00767	
	ARENA MEDIA CONSOLIDADA	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ARENA FINA Y ROJIZA	26	8,64E+02	0,0301	0,00008	
					SUMATORIA	0,01551
F. CANGAGUA	CENIZA VOLCÁNICA	20	1,00E+00	20,0000	0,05479	
	ARENA GRUESA ROJIZA	11	1,00E+02	0,1100	0,00030	
	BRECHAS	4	1,00E+02	0,0400	0,00011	
	ARENA GRUESA ROJIZA	4	1,00E+02	0,0400	0,00011	
	TOBAS ENDURECIDAS	2	8,64E+00	0,2315	0,00063	
	ARENA GRUESA GRIS Y ROJIZA	27	1,00E+02	0,2700	0,00074	
	ARENAS FINAS	9	8,64E+02	0,0104	0,00003	
	ANDESITAS FRACTURADAS	10	1,00E+02	0,1000	0,00027	
	ARENA GRUESA	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ANDESITAS + CONGLOMERADO	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ANDESITAS FRACTURADAS	17	1,00E+02	0,1700	0,00047	
	ARENA CONSOLIDADA	28	1,00E+01	2,8000	0,00767	
	ARENA MEDIA CONSOLIDADA	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ARENA FINA Y ROJIZA	26	8,64E+02	0,0301	0,00008	
					SUMATORIA	0,06570

F. LATACUNGA	TOBAS	12	8,64E+00	1,3889	0,00381	
	ARENA MEDIA Y GRUESA	3	1,00E+02	0,0300	0,00008	
	ARCILLA CAFÉ	2	1,00E-03	2000,0000	5,47945	
	ARENA GRUESA + GRAVILLA	3	1,00E+03	0,0030	0,00001	
	ARCILLA CAFÉ	1	1,00E-03	1000,0000	2,73973	
	ARENA MEDIA + PIEDRAS	18	1,00E+02	0,1800	0,00049	
	ARENA FINA Y MEDIA + CANTOS RODADOS	10	8,64E+02	0,0116	0,00003	
	ARENA MEDIA + PIEDRAS	9	1,00E+02	0,0900	0,00025	
	ARCILLA COMPACTA GRIS	10	1,00E-03	10000,0000	27,39726	
	ARENA FINA Y MEDIA CONSOLIDADA	3	8,64E+02	0,0035	0,00001	
	ARENA MEDIA + PIEDRAS	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ARENA FINA CONSOLIDADA	10	8,64E+02	0,0116	0,00003	
	ARENA FINA Y MEDIA ARCILLOSA	9	8,64E+02	0,0104	0,00003	
	ARENA FINA CONSOLIDADA + POCA ARCILLA	10	8,64E+02	0,0116	0,00003	
	ARENA + PIEDRAS	3	1,00E+02	0,0300	0,00008	
	ARCILLA COMPACTA	7	1,00E-03	7000,0000	19,17808	
	ARENA FINA CONSOLIDADA	10	8,64E+02	0,0116	0,00003	
	ARENA FINA Y MEDIA CONSOLIDADA	2	8,64E+02	0,0023	0,00001	
	ANDESITAS FRACTURADAS	9	1,00E+02	0,0900	0,00025	
					SUMATORIA	54,79982
COLUVIALES	ARENA GRUESA Y CONGLOMERADOS	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ARENA MEDIA Y GRUESA	3	1,00E+02	0,0300	0,00008	
	ARCILLA CAFÉ	2	1,00E-03	2000,0000	5,47945	
	ARENA GRUESA + GRAVILLA	3	1,00E+03	0,0030	0,00001	
	ARCILLA CAFÉ	1	1,00E-03	1000,0000	2,73973	
	ARENA MEDIA + PIEDRAS	18	1,00E+02	0,1800	0,00049	
	ARENA FINA Y MEDIA + CANTOS RODADOS	10	1,00E+01	1,0000	0,00274	
	ARENA MEDIA + PIEDRAS	9	1,00E+02	0,0900	0,00025	
	ARCILLA COMPACTA GRIS	10	1,00E-03	10000,0000	27,39726	
	ARENA FINA Y MEDIA CONSOLIDADA	3	1,00E+01	0,3000	0,00082	
	ARENA MEDIA + PIEDRAS	6	1,00E+02	0,0600	0,00016	
	ARENA FINA CONSOLIDADA	10	1,00E+01	1,0000	0,00274	
	ARENA FINA Y MEDIA ARCILLOSA	9	1,00E+01	0,9000	0,00247	
	ARENA FINA CONSOLIDADA + POCA ARCILLA	10	1,00E+01	1,0000	0,00274	
	ARENA + PIEDRAS	3	1,00E+02	0,0300	0,00008	
	ARCILLA COMPACTA	7	1,00E-03	7000,0000	19,17808	
	ARENA FINA CONSOLIDADA	10	1,00E+01	1,0000	0,00274	
	ARENA FINA Y MEDIA CONSOLIDADA	2	1,00E+01	0,2000	0,00055	
	ANDESITAS FRACTURADAS	9	1,00E+02	0,0900	0,00025	
					SUMATORIA	54,81080
G. LLANGANATES	Filitas y esquistos	2000	1,00E-04	2000000,0000	54794,52055	

Aplicación del Método AVI para determinar la Vulnerabilidad del Acuífero Cunchibamba.

Anexo IX Registro Fotográfico



Figura 64 Prueba de bombeo realizada por EMAPA en el barrio San Vicente. Fuente (EMAPA, 2016).

Estación de bombeo en construcción Cunchibamba (Barrio San Pablo)



Figura 65 Estación de bombeo en construcción Cunchibamba (Barrio San Pablo). Fotografía tomada por Sebastián Bombón.



Figura 66 Pozo San Vicente. fotografía tomada por Sebastián Bombón.



Figura 67 Formación Latacunga, facie sedimentaria (arenas) sector Huapante, cerca al río Cutuchi. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.



Figura 68 Formación Latacunga, facie sedimentaria contacto entre arenas y conglomerado (carretera Izamba – Quillán la Playa). Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.



Figura 69 Medida del caudal del río Cutuchi mediante un aforo, utilizando la técnica de flotadores. Fotografía Tomada por Sebastián Bombón.



Figura 70 Toma de muestra de vertiente sector Huapante. Fotografía tomada por Shirley Jiménez.



Figura 71 Unidad Chalupas, compuesta por piedra pómez, sector Cunchibamba a pocos metros de Panamericana Norte. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.



Figura 72 Intensa Actividad Agrícola en la Parroquia de Cunchibamba.

POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO CUNCHIBAMBA

Granjas Avícolas

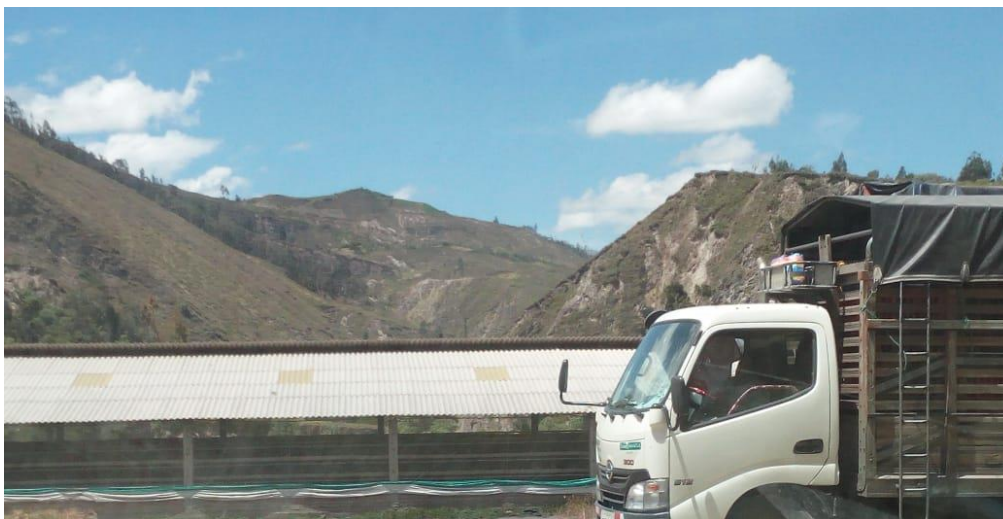


Figura 73 Granjas Avícolas en Cunchibamba. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.

Ganadería



Figura 74 Ganadería. Se observa a vacas pastando en el flanco del río Cutuchi. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.

Minería de áridos y pétreos

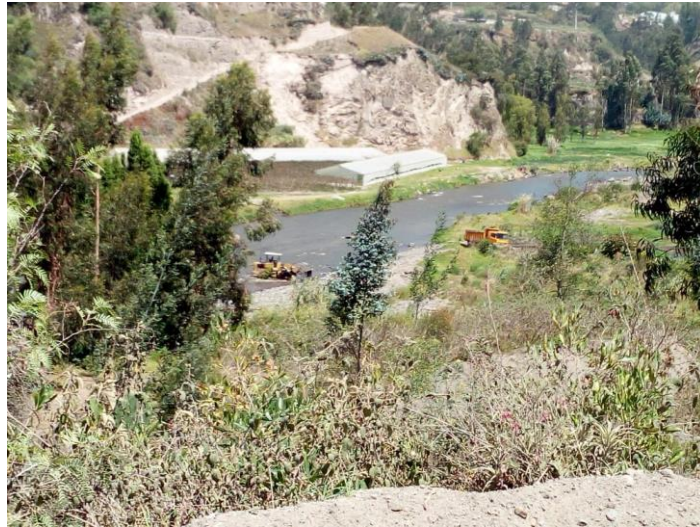


Figura 75 Minería de materiales para la construcción en el río Cutuchi. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.



Figura 76 Mina de áridos y pétreos. Sector Huapante. Fotografía tomada por Sebastián Bombón.

