

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA
OBTENER EL GRADO DE INGENIERO
AGRÓNOMO

JORGE LUIS TOAPANTA INTE

TUTOR: Ing. WILFRIDO YÁNEZ

“EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN
LA CUENCA DEL RÍO TINGO”

CEVALLOS – ECUADOR

2016

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito JORGE LUIS TOAPANTA INTE, portador de cédula de identidad número: 180480456-3, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de Investigación Titulado: “EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TINGO” es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

Jorge Luis Toapanta Inte

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación Titulado “EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TINGO” como los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

Jorge Luis Toapanta Inte

“EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO
TINGO”

REVISADO POR:

Ing. Agr. Mg. Wilfrido Yánez

TUTOR

Ing. Agr. Mg. Alberto Gutiérrez

ASESOR DE BIOMETRÍA

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN**

BQF. Mg Cristina López

Fecha

Ing. Agr. Mg. Marilú González

Fecha

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Mg. Hernán Zurita, por apoyarme y sentir su respaldo, desde el inicio de este proyecto.

Al doctor Francisco Alcalá por todas sus enseñanzas, buenos consejos, y por ayudarme a ser mejor persona, además de permitirme trabajar en un proyecto tan importante.

A mi tutor Ing. Agr. Wilfrido Yáñez, quien me brindo sus valiosos conocimientos, y lo más importante su amistad, sus consejos y confianza, todo esto me permitió superarme y lograr ejecutar de manera exitosa este proyecto.

A Dra. Marcia Buenaño por su apoyo, la paciencia y sobre todo su cariño, desde el momento en que comencé a trabajar bajo su dirección, y aun seguir apoyándome aun cuando este proyecto ha concluido. De igual manera a Jenny Solís quien me enseñó que el trabajo no tiene que ser aburrido, y que al contrario puede ser un lugar fantástico.

A mis amigos futuros colegas, Luis Ojeda, Oscar Sulqui, Jairo Peña, Paul Chiluiza, Henry López, Fabricio Sarabia, quienes me han demostrado ser amigos de verdad y personas en quienes se puede confiar y contar en los momentos más difíciles, gracias por compartir lágrimas, sufrimiento, alegrías, buenos y malos momentos.

DEDICATORIA

A dios, por y a la vida por permitirme estar en este mundo, por cada segundo de vida que sigo de pie, caminando y soñando en ser un gran personaje.

A mis padres Jaime Toapanta y María Inte por darme la vida, por cuidarme y llenarme de su amor desde el momento en que llegue a este mundo, y no abandonarme, por enseñarme a trabajar porque eso dignifica al hombre, me enseñaron lo más valioso que es la humildad, la bondad y el cariño, les estaré infinitamente agradecido por cómo me criaron y no permitirme desviarme del buen camino. Hoy este logro es para ustedes porque de no ser por ustedes no estaría escribiendo estas palabras, los quiero mucho.

A toda mi familia, por ser un soporte más dentro del hogar, con peleas y risas me hicieron sentir querido. En especial a Gaby tu que miras todo mi trabajo y esfuerzo y quieres seguir mis pasos, espero no decepcionarte y seguir siendo tu ejemplo.

A mi segunda familia Chiluiza Moposita, Don Gustavo, Soledad, Verito, Sandy y Paul, por permitirme trabajar y ser independiente, en especial gracias por permitirme formar parte de su familia y quererme como uno más.

A Erika Moya y Jacqueline Salazar porque jamás dejaron de creer en mí, gracias por no dejarme tirar la toalla, pues lo logre y se los debo a ustedes, siempre las llevare en mi corazón.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1.1 Introducción	1
CAPÍTULO II	3
2.1. REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO	3
2.1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	3
2.1.1.1. Relación Cloruro – Bromuro (Cl/Br)	3
2.1.2. Ion cloruro como trazador.	5
2.1.3. MEDICIONES DE CAUDAL	6
2.1.3.1. Método volumétrico	7
2.1.3.2. Método.....	7
2.1.4. TOMA DE MUESTRAS.....	8
2.1.4.1. Procedimientos de cadena de vigilancia.....	8
2.1.4.2. Etiquetado de la muestra	8
2.1.4.3. Sellado de la muestra.....	8
2.1.4.4. Libro de registro de campo.....	9
2.1.4.5. Hoja de petición de análisis de la muestra.....	9
2.1.4.6. Envases de las muestras.....	9
2.1.4.7. Volumen de muestra.....	10
2.1.5. CALIDAD DE AGUA	10
2.1.5.1. Dureza.....	10
2.1.5.2. Alcalinidad	10
2.1.5.3. Salinidad.....	11
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.....	11
2.2.1. Unidad de Análisis	11
CAPÍTULO III.....	13
3.1. HIPÓTESIS	13
3.2 OBJETIVOS.....	13
3.2.1. Objetivo General:	13
3.2.2. Objetivos Específicos:	13
CAPÍTULO IV.....	14

4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	14
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	16
4.2.1. Características de clima y suelo	16
4.2.2. Uso del suelo	17
4.3. MATERIALES Y EQUIPOS	18
4.3.1. Materiales	18
4.3.2. Equipos	19
4.4. FACTORES DE ESTUDIO	19
4.4.1. Indicadores evaluados	19
4.5. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO (TRATAMIENTOS)	20
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	20
4.7. VARIABLES RESPUESTA	21
4.7.1. Preparación de muestras para análisis químico	21
4.7.1.1. Filtrado y etiquetado	21
4.7.1.1.1. Materiales	21
4.7.1.2. Cloruros	22
4.7.1.2.1. Reactivos	22
4.7.1.2.2. Materiales	22
4.7.1.3. Carbonatos y Bicarbonatos	22
4.7.1.3.1. Reactivos	23
4.7.1.3.2. Materiales	23
4.7.1.4. Sulfatos, Nitratos y Amonio	23
4.7.1.4.1. Reactivos	23
4.7.1.4.2. Materiales	23
4.7.1.4.3. Equipo	24
4.7.1.5. Minerales (Ca - K - Mg)	24
4.7.1.5.1. Reactivos	24
4.7.1.5.2. Materiales	24
4.7.1.5.3. Equipo	24
4.7.1.6. Bromuro	25
4.7.1.6.1. Reactivos	25
4.7.1.6.2. Materiales	25
4.7.1.6.3. Equipo	25

4.7.2. Datos evaluados.....	25
4.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	26
CAPÍTULO V	27
5.1. RESULTADOS	27
5.1.1. Área de la microcuenca	27
5.1.2. Recarga al acuífero y recurso hídrico disponible.	28
5.1.2.1. Funcionamiento conceptual del sistema acuífero del Tingo el (régimen natural).....	28
5.1.2.2. Saldo neto de las aguas subterráneas.....	28
5.1.2.3. Concentración Cl en la precipitación.	29
5.1.2.4. Estimación de la recarga.....	30
5.1.2.4.1. Estimación de la recarga para los meses más pluviales.	32
5.1.2.4.2. Estimación de la recarga para los meses menos pluviales.	33
5.1.3. Origen de la salinidad del acuífero.....	34
5.1.3.1. Relación Cl/Br	34
5.1.4. Precipitación.....	35
5.1.5. Calidad del agua	36
5.2. DISCUSIÓN.....	37
5.2.1. Disponibilidad del recurso hídrico.	37
CAPÍTULO VI.....	40
6.1. CONCLUSIONES.....	40
6.2. BIBLIOGRAFÍA	41
6.3. ANEXOS	45
CAPÍTULO VII	1
7.1. DATOS INFORMATIVOS.....	1
7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	1
7.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
7.4. OBJETIVOS.....	2
7.4.1. Objetivo general	2
7.4.2. Objetivos específicos.....	3
7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	3
7.6. FUNDAMENTACIÓN	3
7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	4
7.8. ADMINISTRACIÓN	5

7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN 5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores medios de cloruro obtenidos en los muestreos de agua de lluvia a diferentes altitudes	28
Tabla 2. Escorrentía superficial en la C.R.T., y valores medios de Cl	29
Tabla 3. Concentración de cloruros en el agua de lluvia, en los meses muestreados	30
Tabla 4. Concentración de cloruros en agua subterránea	30
Tabla 5. Estimación de la recarga promedio anual en la C.R.T.	31
Tabla 6. Estimación de la recarga promedio anual en la C.R.T. (Meses de baja precipitación)	32
Tabla 7. Valores de la relación Cl/Br comparando con los valores de Cl de la Recarga (R), Precipitación (P), y Escorrentía superficial.	33
Tabla 8. Valores de precipitación ponderados en los meses de Julio a Octubre 2015 para cumplir con el cierre del año hidrológico	34
Tabla 9. Resultados de los análisis químicos de los meses monitoreados en el punto inicial de la C.R.T. y valor medio de los parámetros analizados	35
Tabla 10. Resultados de los análisis químicos de los meses monitoreados en el punto de descarga de la C.R.T. y valor medio de los parámetros analizados	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El ion cloruro en el sistema hidrológico	6
Figura 2. (a). Imagen satelital de la zona norte del Cantón Ambato para representación gráfica real; (b) mapa actual de uso del suelo de la zona de estudio; (c) ubicación del área de estudio en el plano a escala 1:2500; (d) mapa geológico del lecho de la micro cuenca que muestra las secciones geológicas	14
Figura 3. Mapa de los tipos de suelo presente en el área de estudio, donde se puede evidenciar la predominancia de suelo andino (andisoles)	16
Figura 4. Mapa del uso de suelo en el área de estudio	17
Figura 5. Ubicación del área de estudio C.R.T. (Cuenca del Río Tingo)	26
Figura 6. Funcionamiento conceptual del sistema acuífero del Tingo (régimen natural).....	28
Figura 7. Representación gráfica de la concentración Cl presente en el agua de lluvia	30

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Palabras clave

Balance de masas de cloruro (BMC), Piezometría, Acuífero, Trazadores.

Resumen

El objetivo principal de este proyecto fue implementar el ión cloruro como trazador ambiental en la Cuenca del Río Tingo, para la estimación de la recarga, por medio del Método de Balance de Masas de Cloruro (BMC).

La cuenca del río Tingo, es una zona de páramo al Noroeste de Ambato, un lugar desconocido hablando en términos técnicos y científicos, por lo cual se propuso realizar trabajos de campo en la cuenca mencionada, para determinar, su geometría a través del diseño de una piezometría; Además se monitoreo varios puntos de descarga de aguas subterráneas, descarga hacia el afluente del río Tingo y agua de lluvia, para estimar la recarga por medio del método de Balance de Masas de Cloruros (BMC). Este trabajo se lo realizo durante 8 meses y los análisis se los realizó en el laboratorio de Termoquímica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

Los resultados obtenidos en campo y laboratorio, han sido satisfactorios, ya que se ha podido aportar a la zona, con mapas geológicos, tipo y uso de suelo, de la zona en estudio, además de estimar la tasa de recarga del acuífero y conocer su geometría exacta.

SUMMARY AND KEY WORDS

Keywords

Mass balance chloride (MBC), Piezometric, Acuífer, Tracer.

Summary

The main objective of this project was to implement the chloride ion as an environmental tracer in Tingo River Basin, for estimating recharge, through the Mass Balance Chloride Method (MBC).

River basin Tingo, is an area of paramo northwest of Ambato, an unknown place talking in technical and scientific terms, which were proposed fieldwork in the Cuenca said, to determine its geometry through design one piezometry; In addition several points of groundwater discharge, discharge to the Tingo River tributary and rainwater was monitored to estimate recharge through the Mass Balance Chloride method (BMC). This work it performed for 8 months and analyzes were conducted in the laboratory of thermochemistry of the Faculty of Agricultural Sciences at the Technical University of Ambato.

The results obtained in laboratory and field have been satisfactory, since it has been able to bring to the area, with, geological maps, type and land use of the area under study, in addition to estimating the rate of aquifer recharge and know their exact geometry.

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

El altiplano andino representa alrededor del 34% de la superficie de Ecuador, siendo un sistema único no sólo por el recurso natural de agua dulce sino también para el desarrollo sostenible de la sociedad (Célleri et al., 2009). Sin embargo, el recurso de agua en estos ecosistemas de alta montaña es muy sensible a cambios globales del clima y locales de uso del suelo (Buytaert et al., 2006), pudiendo declinar rápidamente su potencial hídrico bajo una condición de explotación no basada en la cuidadosa evaluación y gestión del recurso.

Los pronósticos de evolución del clima preveen si no una disminución de la precipitación anual acumulada, si un incremento en las frecuencias de episodios extremos como inundaciones o sequías persistentes. Esto supone una merma en el aprovechamiento final de los recursos hídricos (Tallaksen y Van Lanen, 2004). Ante esta previsión se ha generado una búsqueda alternativa de fuentes de suministro, prestando mayor atención a pequeños acuíferos hasta ahora no explotados, de los cuales se desconoce prácticamente todo desde un punto de vista hidrológico. Este es el caso del acuífero aluvial asociado al río Tingo.

Se ha llevado a cabo una campaña de campo optimizando los recursos a nuestro alcance. El objetivo se lleva a cabo en dos etapas. La primera ha sido realizar una primera piezometría del acuífero, conocer su geometría y estimar sus parámetros hidrológicos. La segunda etapa consiste en estimar la recarga mediante métodos químicos ambientales para calcular el balance hídrico y el tiempo de renovación del agua en el acuífero.

Los métodos químicos ambientales (Eriksson y Khunakasem, 1969) constituyen una técnica de estimación de la recarga a los acuíferos alternativa a otros procedimientos más habituales, como los de balance hídrico en el suelo que están basados en el uso de variables meteorológicas (Custodio et al., 1997). Los procesos globales de generación y transporte atmosférico del aerosol marino desde el mar hacia el continente determinan la magnitud del aporte atmosférico de sales sobre el terreno (Eriksson, 1960) y la posterior variabilidad espacial y temporal de la concentración de ciertos iones mayoritarios en las aguas subterráneas contemporáneas (Rosenthal, 1987; Custodio, 1997; Alcalá y Custodio, 2005). Su regionalización espacial es esencial para estimar la tasa de recarga media a partir del balance químico de sustancias conservativas procedentes casi exclusivamente de la lluvia a escala de acuífero (Wood y Sanford, 1995; Alcalá, 2006; Minor et al., 2007).

El ion cloruro es ideal para realizar balances químicos (Scalon et al., 2006; Minor et al., 2007) ya que no intercambia de forma significativa con el medio (Ölberg y Sadén, 2005), es químicamente estable, altamente soluble, tiene un origen conocido en muchos casos y su medida es precisa, fácil y barata usando métodos comunes de análisis (Feth, 1981). Su uso para determinar el balance hídrico de una región en la que existen otros aportes hídricos de una región en la que existen otros aportes hídricos adicionales a la precipitación atmosférica que pueden incorporar cloruro de origen no atmosférico, como sucede en gran número de situaciones, requiere previamente identificar su origen mediante trazadores químicos e isotópicos (Davis et al., 2002; Alcalá y Custodio, 2005). Este es la situación más habitual y la que se estudia en este trabajo.

CAPÍTULO II

2.1. REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Se presenta un estudio sobre la aplicabilidad de la relación $R = r_{Cl}/r_{Br}$ en la identificación del origen de la salinidad de las aguas subterráneas, según la experiencia adquirida en España y Portugal. Las aguas de origen marino presentan un valor de $R = 655 \pm 4$, con la incertidumbre debida a errores analíticos normales y el efecto del componente de agua dulce. El efecto urbano e industrial por incorporación de aguas usadas o lixiviado de residuos incrementa R en torno o algo por encima de 1000. El uso de ciertos plaguicidas bromurados en áreas de agricultura intensiva disminuye R hasta ~ 300 . La simple evapoconcentración no parece afectar al valor de R . La adición de CO_2 endógeno en zonas volcánicas puede aportar haluros y eleva R hasta 1000. El lavado y disolución de halita natural o industrial da valores de R que pueden llegar a 5000 o 6000. El lavado de haluros potásicos hace descender el valor de R entre 300 y 500. La disolución de yesos puede dar valores de R de varios miles si contienen algo de halita.

2.1.1.1. Relación Cloruro – Bromuro (Cl/Br)

Los iones cloruro (Cl^-) y bromuro (Br^-) disueltos en el agua presentan un comportamiento próximo al de trazador ideal (Custodio y Llamas, 1983), debido a su carácter hidrofílico y su pequeño radio iónico. Los procesos de dilución, evaporación y mezcla en el terreno, entre otros, aunque pueden afectar a las

concentraciones absolutas, no modifican el valor de su relación. Por el contrario las sales disueltas guardan razonable memoria de la composición de la materia soluble que ha dado lugar al origen de la salinidad, en lo que al Cl y Br se refiere. No toda la salinidad de las aguas subterráneas tiene un origen asociado al aerosol marino, pudiendo existir otros aportes salinos (litológicos, antrópicos, etc.) que contribuyen a la salinidad total. Aunque se conocen los posibles procesos que pueden afectar a los iones Cl y Br, y a su relación (Davis et al., 1998; Whittemore, 1988; Custodio y Herrera, 2000)

Iones de Cloruro (Cl^-) y bromuro (Br^-) son omnipresentes en todas las aguas naturales. El primero es un componente principal, este último un menor de edad. El principal reservorio de agua (del mar) tiene concentraciones relativamente uniformes Cl y Br y su relación molar Cl / Br es de alrededor de 655 ± 4 (Fontes et al, 1986;.Whittemore, 1988; Davis et al., 1998; Custodio y Herrera, 2000), aunque otros autores informan ligeramente superior o inferior relaciones, que pueden ser explicados por la precisión analítica y efectos locales.

La relación de Cl / Br se ha utilizado como un marcador para determinar el origen y evolución de las aguas subterráneas, aguas superficiales y salmueras en la exploración de petróleo y gas (Rittenhouse, 1967; Carpenter, 1978; Freeman, 2007), y se ha convertido en una eficaz ayuda en los estudios hidrogeológicos de aguas superficiales y subterráneas con baja a moderada salinidad (Whittemore, 1988; Fabryka-Martin et al., 1991; Davis et al., 1998; Vengosh y Hendry, 2001; Cartwright et al., 2006)

La relación $r_{\text{Cl}}/r_{\text{Br}}$ se vislumbra como un buen trazador hidrogeológico para discriminar aportes de Cl diferentes al atmosférico. Esto permite calcular con menor error la recarga a acuíferos mediante balance de Cl y cuando orientar sobre el carácter local o regional del sistema de flujo de agua subterránea si hay notable interacción roca-agua. (Alcalá F.J. y Custodio E. 2003)

2.1.2. Ion cloruro como trazador.

Los métodos químicos ambientales para estimar la recarga por la precipitación se basan en el balance de un soluto conservativo, comparando la aportación por la lluvia con el contenido en el agua de recarga, observada en la parte superior del nivel freático y eventuales acuíferos colgados (Custodio y Llamas, 1983; Rosenthal, 1987; Iglesias et al., 1996; Custodio, 1997; 1998; Wood, 1999). El ión Cl presenta ausencia de intercambio con el medio, estabilidad química, alta solubilidad, origen conocido y una medida relativamente fácil y precisa mediante diferentes métodos analíticos. La caracterización del aporte salino por la lluvia requiere un muestreo adecuado, con una frecuencia de muestreo apropiada y número de estaciones que permita observar las variaciones territoriales de la composición química de la lluvia (Richter et al., 1983). Se han de emplear técnicas analíticas que permitan determinar las bajas concentraciones minerales comunes en la precipitación.

Se denomina deposición (húmeda, seca o total) a la cantidad de una cierta sustancia depositada sobre el terreno en un cierto intervalo de tiempo. El valor por unidad de tiempo es la tasa de deposición o aportación. Aquí se considera la deposición de ión cloruro, que es la casi totalidad del Cl contenido, y por eso se expresa como Cl.

La deposición total atmosférica de Cl incluye el aporte de solutos disueltos en el agua de precipitación (deposición húmeda) más los aportados por el polvo atmosférico (deposición seca). Se supone para todos los datos incluidos en este trabajo, que la deposición no ha cambiado por modificaciones recientes en el uso del territorio.

La aportación de Cl puede obtenerse a partir de valores medios de precipitación y contenido de Cl, o a partir de valores acumulados de precipitación y contenido salino. La incertidumbre es menor para valores acumulados de la deposición, especialmente en zonas áridas (Wood y Sanford, 1995).

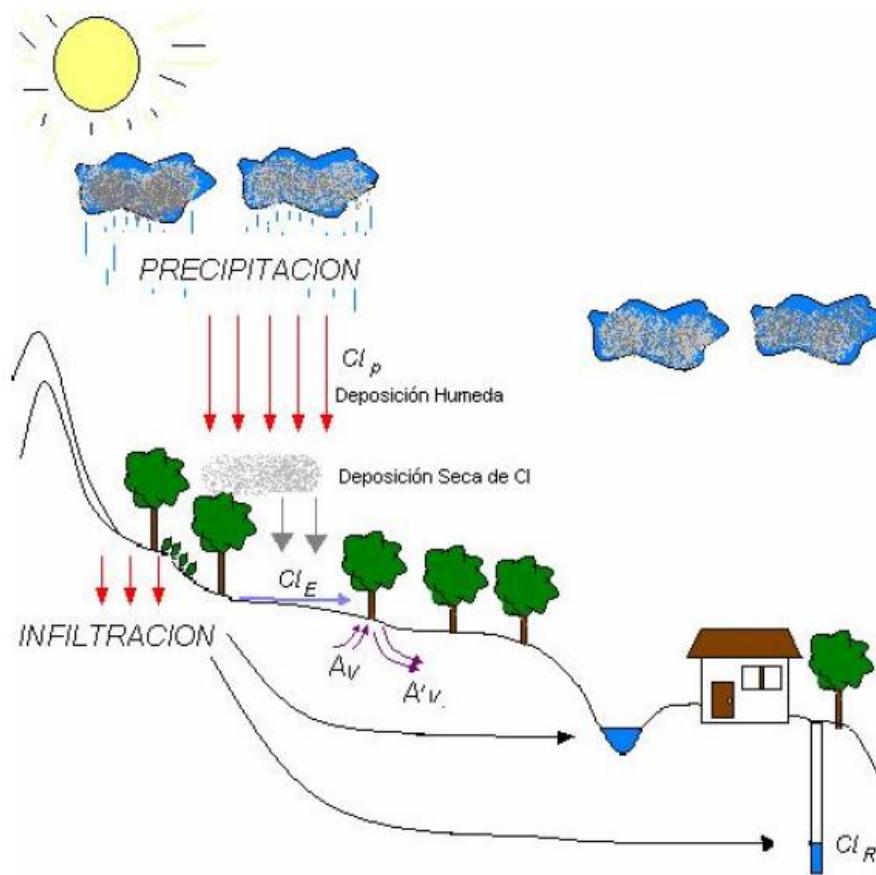


Figura 1. El ion cloruro en el sistema hidrológico.

2.1.3. MEDICIONES DE CAUDAL

Gran parte de los problemas de la administración del agua radica en la deficiencia de controles del caudal en los sistemas de riego.

La Hidrometría se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería;

pertenecientes a un pequeño o gran sistema de riego en funcionamiento. (Simon, Andrew L., 1994)

2.1.3.1. Método volumétrico

Se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen. (Simon, Andrew L., 1994)

$$Q = V / T$$

Q: Caudal m³ /s

V: Volumen en m³

T: Tiempo en segundos

2.1.3.2. Método

El método del flotador se utiliza cuando no se tiene equipos de medición y para este fin se tiene que conocer el área de la sección y la velocidad del agua, para medir la velocidad se utiliza un flotador con él se mide la velocidad del agua de la superficie, pudiendo utilizarse como flotador cualquier cuerpo pequeño que flote: como un corcho, un pedacito de madera, una botellita lastrada. (Simon, Andrew L., 1994)

$$Q = A \times v$$

$$v = e / t$$

v: es la velocidad en m / s

e: espacio recorrido en m del flotador

t: tiempo en segundos del recorrido e por el flotador

A: Área de la sección transversal

Q: Caudal

2.1.4. TOMA DE MUESTRAS

2.1.4.1. Procedimientos de cadena de vigilancia

Es esencial asegurar la integridad de la muestra desde su toma hasta la emisión de su informe. Ello implica hacer una relación del proceso de posesión y manipulación de la muestra desde el momento que fue tomada hasta su análisis y eliminación final. Este proceso se denomina cadena de vigilancia, y es importante en el caso de que los resultados deban presentarse en un litigio. Si no es este el caso, el procedimiento de cadena de vigilancia resulta útil como control rutinario de la trayectoria de la muestra. (U.S., environment protection agency; 1982)

2.1.4.2. Etiquetado de la muestra

Utilícense etiquetas para evitar falsas identificaciones de la muestra. Suelen resultar adecuadas las etiquetas adhesivas o las chapas. En ellas deben constar la siguiente información: número de la muestra, nombre del que ha hecho la toma, fecha, y momento de la toma y lugar de la misma. (U.S., environment protection agency; 1982)

2.1.4.3. Sellado de la muestra

Se utilizaran sellos para detectar cualquier falsificación de la muestra que puedan hacerse antes del análisis. Se recurrirá para ello a sellos adhesivos de papel en los que conste al menos la siguiente información: número de la muestra (idéntico al número de la etiqueta), nombre del que ha hecho la toma, fecha y momento de la misma. (U.S., environment protection agency; 1982)

2.1.4.4. Libro de registro de campo

Toda la información pertinente a un estudio de campo o toma de muestras se registrara en un libro en que al menos constara lo siguiente: objeto de la toma, localización del punto donde se ha hecho, nombre y dirección del contacto de campo, productor del material del que se ha hecho la toma y dirección de dicho productor, en caso de que sea distinta de la del lugar de obtención de la muestra, y tipo de muestra. (U.S., environment protection agency; 1982)

2.1.4.5. Hoja de petición de análisis de la muestra

La muestra ira al laboratorio acompañada por una hoja de petición de análisis. La persona que hace la toma deberá complementar el apartado del impreso referido al trabajo de campo, en el que se incluye gran parte de la información pertinente anotada en el libro de registro. El aparato del impreso que corresponde al laboratorio deberá ser rellenado por el personal de este, y consta de: nombre de la persona que recibe la muestra, numero de recepción y análisis a realizar. (U.S., environment protection agency; 1982)

2.1.4.6. Envases de las muestras

El tipo de envase que se utilice tiene una importancia capital. En general los envases están hechos de plástico o vidrio y según los casos puede resultar conveniente uno u otro de estos materiales. (U.S., environment protection agency; 1982)

2.1.4.7. Volumen de muestra

El volumen de muestra siempre va a estar en dependencia del número de análisis que se van a practicar con dicha muestra, y de su estado (turbidez), una muestra clara sin sedimentos ni basura necesita menos tratamiento previo a ser analizada. (U.S., environment protection agency; 1982)

2.1.5. CALIDAD DE AGUA

2.1.5.1. Dureza

De acuerdo con los criterios actuales la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato cálcico, en miligramos/litro. (Ponland. F. G; 1963)

2.1.5.2. Alcalinidad

La alcalinidad de una agua es su capacidad para neutralizar y constituye la suma de todas las bases titulables.

La alcalinidad es importante en muchos casos, usos y tratamientos de aguas naturales y residuales. La alcalinidad de muchas aguas de superficie depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que suele ser una indicación de la concentración de estos componentes. Los valores determinados pueden incluir también a la contribución de boratos, fosfatos, silicatos y otras bases cuando se hallen presentes. (Ponland. F. G; 1963)

2.1.5.3. Salinidad

La salinidad, que no tiene unidad de medida es una importante propiedad de las aguas naturales e industriales. Se concibió inicialmente como la determinación de la masa de sales disueltas en una masa dada de solución. La determinación experimental del contenido de sal mediante desecación y pesada presenta algunas dificultades a causa de las pérdidas de algunos componentes. (Ponland. F. G; 1963)

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

La importancia de conocer y descubrir pequeños acuíferos hasta ahora no explorados y de los cuales se desconoce todo, es muy importante ya que de estos acuíferos se puede depender en casos extremos de sequía en las cuencas más bajas.

El 70 % del agua disponible es consumida en la agricultura, ante esta alta necesidad del recurso hídrico en la producción de alimentos, es necesario buscar fuentes de agua para solucionar la escasez de agua en épocas de sequía, ya que de no ser así no se contara con los alimentos suficientes para la población. (SNI, 2015)

2.2.1. Unidad de Análisis

- Recurso hídrico disponible

Se realizó análisis químicos evaluando los siguientes parámetros en las muestras de agua.

- pH
- C.E.
- Cloruros
- Bromuros
- Sulfatos
- Nitritos
- Calcio
- Magnesio
- Potasio

CAPÍTULO III

3.1. HIPÓTESIS

- Mediante el uso de las relaciones Cl/Br como trazadores se evaluaron los recursos hídricos disponibles en la cuenca del río Tingo.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo General:

- Evaluar los recursos hídricos disponibles en la cuenca del río Tingo, mediante trazadores químicos ambientales (ion Cl⁻), para calcular el balance hídrico y el tiempo de renovación del agua en el acuífero.

3.2.2. Objetivos Específicos:

- Realizar una piezometría del acuífero, conocer su geometría y estimar sus parámetros hidráulicos.
- Estimación de la recarga mediante la aplicación de la ecuación (CMB) del balance de masa de cloruro atmosférica.
- Conocer el origen de la salinidad en el acuífero del Tingo a través del uso de la relación Cl/Br, como indicador.

CAPÍTULO IV

4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El área del Río Tingo se refiere a la microcuenca que se encuentra en las coordenadas $1^{\circ}12'15.26''$ de latitud Sur y $78^{\circ}46'34.76''$ de longitud Oeste en la provincia de Tungurahua al NW del cantón de Ambato (Figura 2). La microcuenca del Río Tingo tiene una superficie de 11.9 Km^2 , con una altitud de 4116 m.s.n.m., desde la cota más alta situada en Illagua Grande continuando por los afluentes del Río Tingo y desemboca hacia el SE la parte más baja en Illagua Chico, con una altitud de 3625 m.s.n.m.

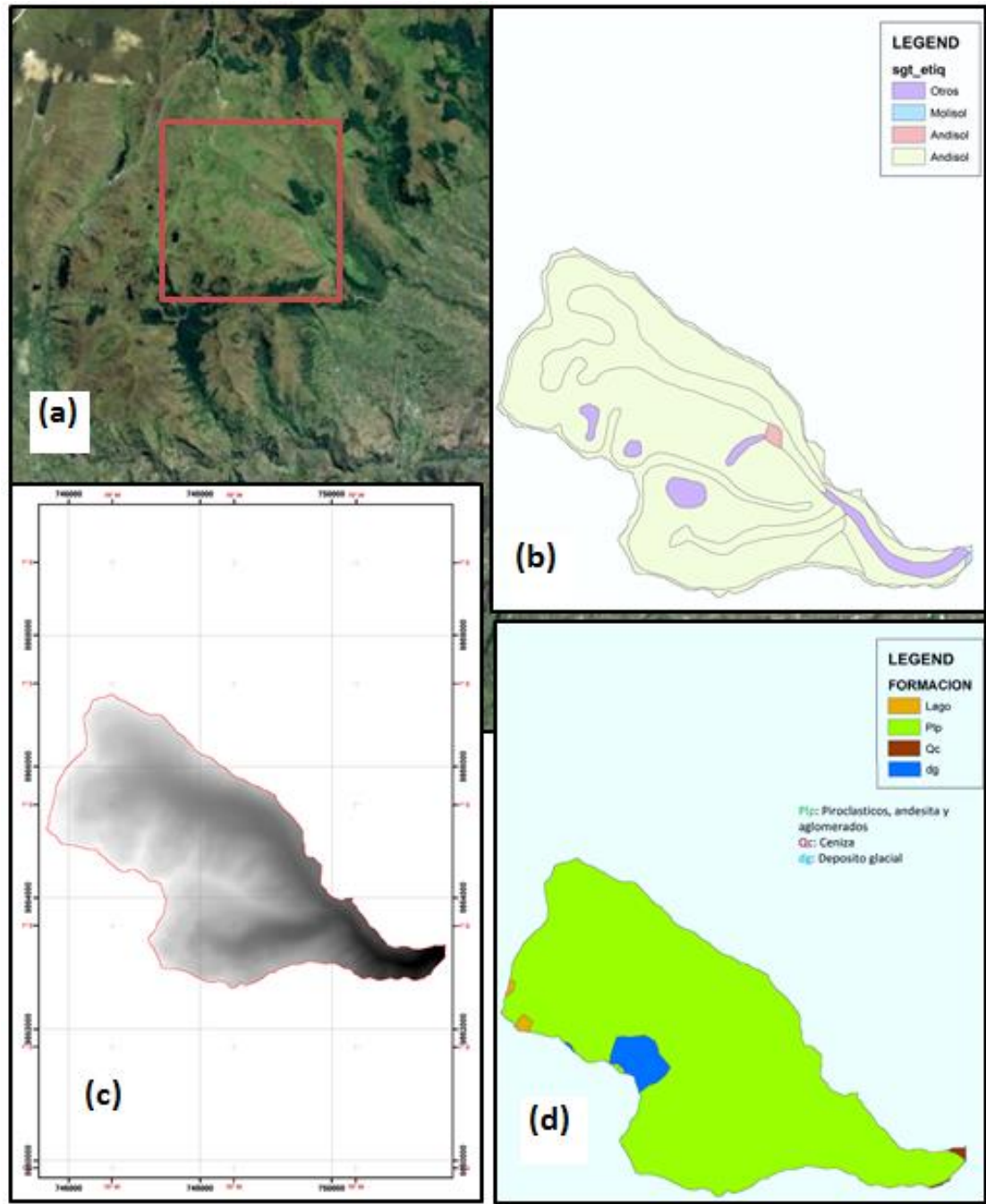


Figura 2. (a). Imagen satelital de la zona norte del Cantón Ambato para representación gráfica real; (b) mapa actual de uso del suelo de la zona de estudio; (c) ubicación del área de estudio en el plano a escala 1:2500; (d) mapa geológico del lecho de la micro cuenca que muestra las secciones geológicas.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

4.2.1. Características de clima y suelo

Las características climáticas del área de estudio son las siguientes:

En la Zona del Páramo la temperatura oscila, entre los 3 a 6 °C, sin embargo debemos indicar que varía durante el día, en las mañanas las variaciones no son considerables, mientras que al medio día y la tarde es de 10 a 12 °C, en la noche baja de 8 a 0°C, dependiendo del enfriamiento y pérdida de calor y los diferentes meses del año. Estas variaciones en la temperatura, es debido a que en los suelos desnudos por la quema de pajonal están sometidos a insolación, produciendo una reflexión fuerte en el estrato inferior del aire que se calienta mucho, pero que el suelo sin embargo de ello permanece frío; por otro lado el suelo oscuro (áreas quemadas) se enfrían por la noche y absorbe más radiación por el día, por lo tanto se calienta mucho más que en las áreas que no han sufrido este fenómeno, esto hace que existan diferencias de temperatura altas de 6 a 8°C. Este fenómeno no se presenta en áreas contiguas como los bosques nativos. En la Zona del sub páramo, el promedio de la temperatura oscila entre los 6 a 12°C, siendo propenso a los cambios de temperatura y se ve afectado esencialmente por las heladas. (SNI; 2015).

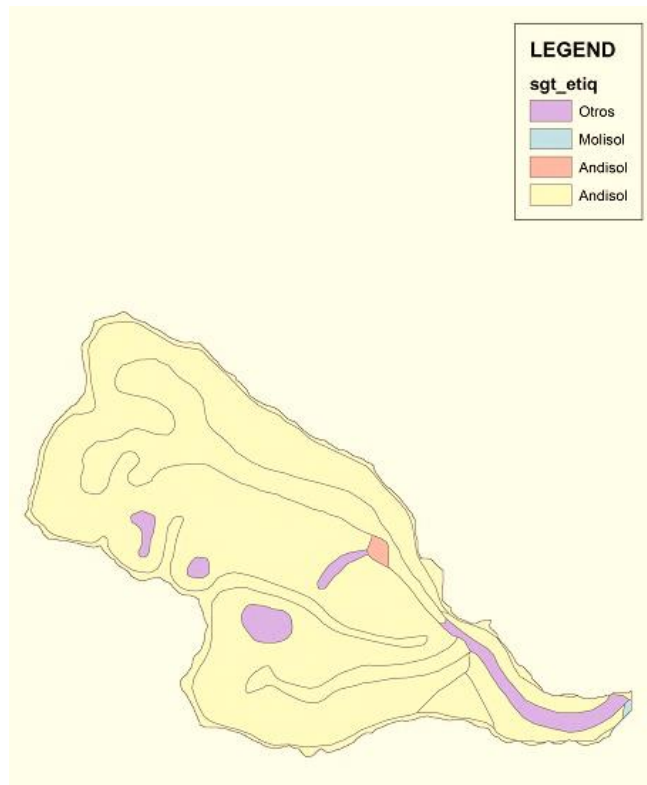


Figura 3. Mapa de los tipos de suelo presente en el área de estudio, donde se puede evidenciar la predominancia de suelo andino (andisoles).

4.2.2. Uso del suelo

La superficie de Illagua Chico e Illagua Alto, donde se localiza el área de estudio, gran parte de su extensión está cubierta por vegetación herbácea de altura, la cual caracteriza a los suelos típicos de paramo y lo más importante aún se conserva en su estado natural, ya aún no ha sido perturbado por el hombre, para las labores agrícolas. No obstante de acuerdo al mapa de actual de suelo, (figura 4) un 9 % del área con cobertura de pasto de cultivo utilizado para actividades de ganadería, un 2 % con cultivo de papa y un 0.5 % de suelo erosionado; lo cual pone en evidencia un significativo avance de la frontera agrícola en esta zona y el inicio de la degradación de los suelos por malas prácticas agrícolas.

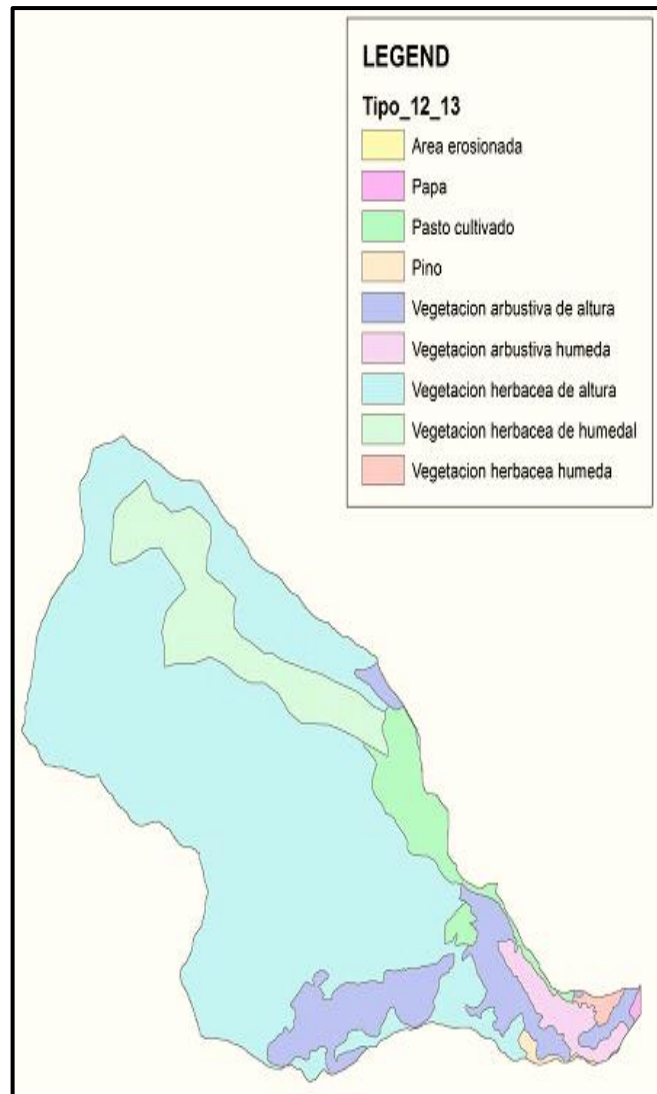


Figura 4. Mapa del uso de suelo en el área de estudio.

4.3. MATERIALES Y EQUIPOS

4.3.1. Materiales

- Colectores (botellas plásticas 2 Lt con un embudo) por cada toma de muestra.
- 6 protectores de colectores (tubos P.V.C. sujetos a una base de madera)
- Algodón

- Botellas plásticas de 0.5; 0.6 y 2.00 litros
- Bureta
- Cinta adhesiva
- Embudos
- Envases plásticos de 60 ml y 250 ml con sus tapas.
- Marcadores permanentes
- Papel filtro
- Parafilm químico
- Parafina líquida
- Pipetas
- Pissetas
- Probetas
- Vasos de precipitación

4.3.2. Equipos

- Espectrómetro de absorción atómica
- Fotómetro para análisis de nutrientes.

4.4. FACTORES DE ESTUDIO

4.4.1. Indicadores evaluados

- Área de estudio de la microcuencia
- Estimación de la recarga a través de balance de masas de cloruro atmosférico. (CMB)
- Aplicación de la relación Cl/Br, para conocer el origen de la salinidad del acuífero.
- Precipitación

- Medición de caudales disponibles en los puntos determinados a lo largo de la microcuenca
- Análisis químico de las aguas muestreadas.

4.5. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO (TRATAMIENTOS)

Se trabajó con monitoreos mensuales de la microcuenca y sus afluentes, además de tres puntos específicos de recolección de agua de lluvia a diferentes alturas (msnm.), todas estas muestras fueron analizadas químicamente en laboratorio.

Numero de muestras: 85

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Modelo matemático de comparaciones mediante la fórmula del BMC (Balance de masas de cloruro atmosférico).

Ecuación del balance de masas.

Modelo de la ecuación según: (Custodio E. y Llamas M.R. 1983).

$$P \cdot C_P + A_S + A'_V = R \cdot C_R + A_V + E \cdot C_E$$

Despejando para obtener la recarga:

$$R \cdot C_R = P \cdot C_P - E \cdot C_E + A_S - A_V + A'_V$$

Dónde:

R: Recarga promedio anual.

P: Precipitación media multianual en la zona de estudio (mm/año).

E: Escorrentía superficial media (mm/año).

C_P : Contenido medio de Cl^- en el agua de lluvia (mg/L^{-1}).

C_R : Contenido medio de Cl^- en el agua de recarga (mg/L^{-1}).

C_E : Contenido medio de Cl^- en el agua de escorrentía superficial (mg/L^{-1}).

A_S : Aporte de Cl^- tomados del suelo o aportados artificialmente ($g\ m^{-2}\ año^{-1}$).

A_V : Retención de Cl^- tomados por la vegetación ($g\ m^{-2}\ año^{-1}$).

A'_V : devolución de Cl^- del suelo al morir la vegetación ($g\ m^{-2}\ año^{-1}$).

4.7. VARIABLES RESPUESTA

Los análisis de laboratorio, se los realizó una semana después de haber tomado las muestras de agua de lluvia y de vertientes en el campo de estudio, las cuales fueron recolectadas mensualmente.

Para los trabajos de preparación de las muestras y posterior análisis se utilizaron los siguientes materiales y equipos, según la metodología de (Rosa Zehner. 1999).

4.7.1. Preparación de muestras para análisis químico.

4.7.1.1. Filtrado y etiquetado

4.7.1.1. Materiales

- Envases de plástico
- Etiquetas
- Marcador
- Papel filtro

- Algodón
- Embudos.

4.7.1.2. Cloruros

Principio del método.- Determinación argentométrica de cloruros con cromato como indicador del punto final (valoración por precipitación). (Rosa Zehner. 1999).

4.7.1.2.1. Reactivos

- Nitrato de plata (AgNO_3).
- Cloruro de sodio (NaCl).
- Indicador de potasio cromato.

4.7.1.2.2. Materiales

- Bureta
- Matraz erlenmeyer
- Soporte universal
- Pipeta volumétrica

4.7.1.3. Carbonatos y Bicarbonatos

Principio del método.- La determinación se realiza mediante titulación contra un indicador de color. (Rosa Zehner. 1999).

4.7.1.3.1. Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Fenolftaleína
- Anaranjado de metilo

4.7.1.3.2. Materiales

- Bureta
- Vasos plásticos
- Soporte universal
- Pipeta volumétrica

4.7.1.4. Sulfatos, Nitratos y Amonio

Principio del método.- Espectroscopia, permite medir las concentraciones específicas de un material en una mezcla y determinar una gran variedad de elementos. (Rosa Zehner. 1999).

4.7.1.4.1. Reactivos

- Reactivo HANNA para Sulfatos
- Reactivo HANNA para Nitratos
- Reactivo HANNA para Amonio

4.7.1.4.2. Materiales

- Balones aforados de 25 ml
- Fotómetro para Análisis de Nutrientes.

4.7.1.4.3. Equipo

- Fotómetro para análisis de nutrientes.

4.7.1.5. Minerales (Ca - K – Mg)

Principio del método.- Espectroscopia, permite medir las concentraciones específicas de un material en una mezcla y determinar una gran variedad de elementos. (Rosa Zehner. 1999).

4.7.1.5.1. Reactivos

- Lámparas para Ca – K – Mg
- Óxido de Lantano.

4.7.1.5.2. Materiales

- Vasos plásticos
- Pipeta volumétrica
- Puntas para pipeta
- Piseta

4.7.1.5.3. Equipo

- Espectrómetro de absorción atómica.

7.7.1.6. Bromuro

Principio del método.- Espectroscopia, permite medir las concentraciones específicas de un material en una mezcla y determinar una gran variedad de elementos. (Dionex. 1999).

4.7.1.6.1. Reactivos

- Aniones líquidos

4.7.1.6.2. Materiales

- Vasos plásticos

4.7.1.6.3. Equipo

- Cromatógrafo 600 (absorción líquida de alta resolución)

4.7.2. Datos evaluados

- Área de la microcuenca
- Recarga al acuífero y recurso hídrico disponible.
- Origen de la salinidad del acuífero.
- Precipitación

4.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se utilizaron los siguientes programas.

- Excel 2014
- QGis 2014
- CorelDraw 2016

CAPÍTULO V

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Área de la microcuenca

Para calcular el área de la microcuenca en estudio, se diseñó una imagen satelital, para lo cual se trabajó con el programa QGis, una vez diseñada la imagen se calculó el área, la cual fue de 11,9 Km².

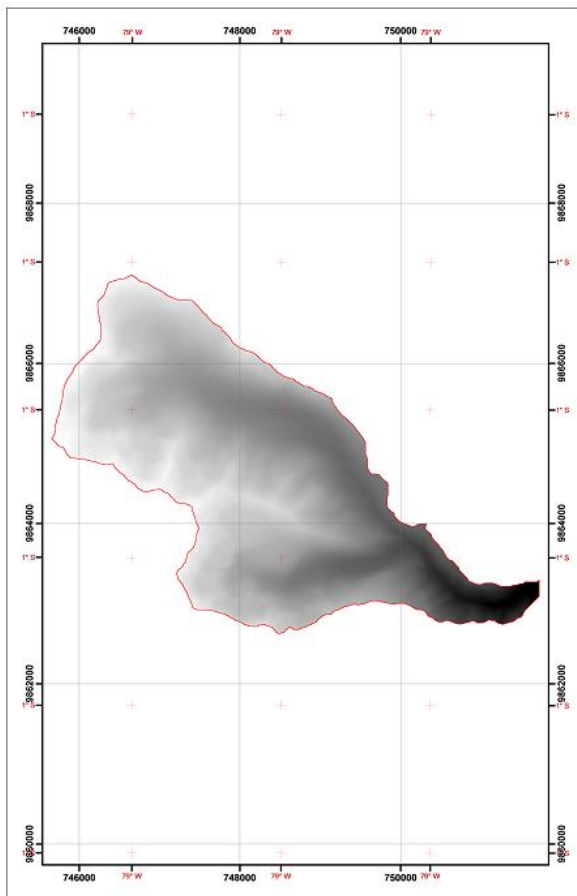


Figura 5. Ubicación del área de estudio C.R.T. (Cuenca del Río Tingo).

5.1.2. Recarga al acuífero y recurso hídrico disponible.

5.1.2.1. Funcionamiento conceptual del sistema acuífero del Tingo (régimen natural)

En la Figura 6, se puede observar el funcionamiento del sistema del acuífero en un régimen natural, es decir que no ha sufrido cambio alguno al ser intervenido por la actividad humana.

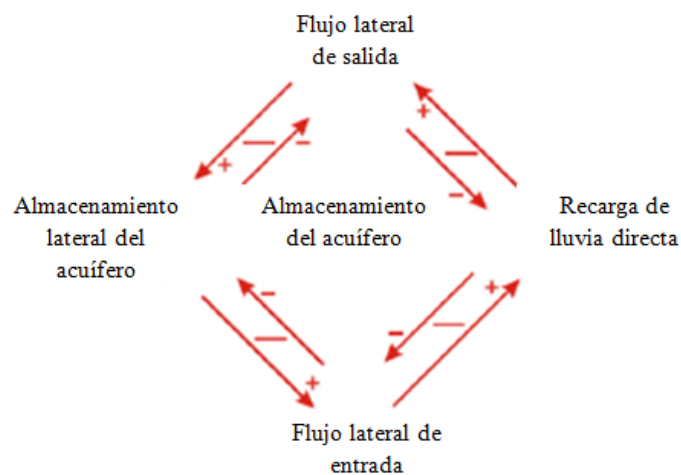


Figura 6. Funcionamiento conceptual del sistema acuífero del Tingo (régimen natural)

Fuente: Francisco Alcalá

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

5.1.2.2. Saldo neto de las aguas subterráneas.

Para la geometría simplificada, el acuífero se consideró un paralelepípedo con el límite superior que es la tabla de agua fluctuante. El almacenamiento de agua subterránea se evalúa a través del espesor saturado del agua subterránea de un promedio de dimensiones medida desde el fondo del acuífero a la capa freática. El agua subterránea almacenada se somete a variaciones debido a: (1) la recarga de acuíferos neta (R) de la precipitación (P) directa y la infiltración de la escorrentía en la superficie del acuífero, así como del flujo lateral neto de las formaciones

geológicas adyacentes; (2) la descarga del acuífero neta (D); (3) la escorrentía superficial dejando la superficie del acuífero. (Alcalá F.J. y Custodio E. 2003)

5.1.2.3. Concentración Cl en la precipitación.

Tabla 1. Valores medios de cloruro obtenidos en los muestreos de agua de lluvia a diferentes altitudes.

Código	Cp (mg/L)	H (m)
DEP01	4,30	2500
DEP02	2,40	3363
DEP03	1,80	3890

Fuente: Estudio de campo C.R.T.

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

Los valores de Cl presentes en la precipitación siempre estarán direccionados en base a la altitud donde se produzca el episodio de lluvia, es decir se presenta una relación a mayor altura más baja concentración de Cl, y a menor altura, mayor concentración de Cl (Alcalá F.J. y Custodio E. 2003), esto se puede observar claramente en la figura 7.

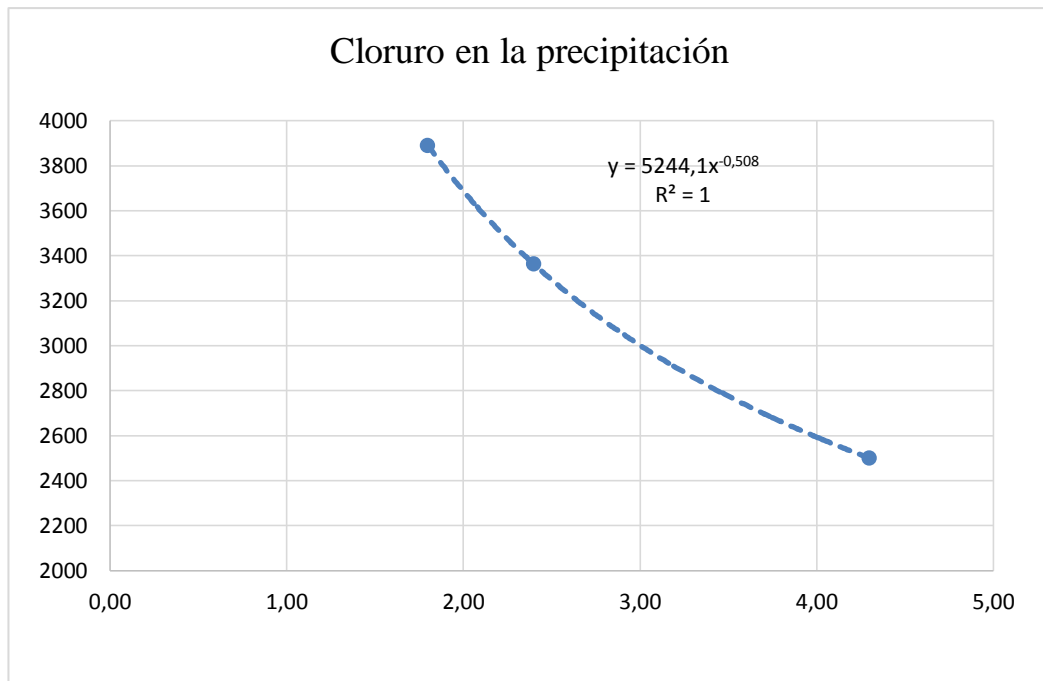


Figura 7. Representación gráfica de la concentración Cl presente en el agua de lluvia.

5.1.2.4. Estimación de la recarga

Para realizar la estimación de la recarga en la C.R.T., por medio del balance de masas de cloruro en la zona saturada es necesario definir ciertos parámetros iniciales y característicos de la cuenca (Tabla 2); de esta forma se cuenta con el valor de la precipitación promedio multianual (P) obtenido del anuario meteorológico del H.C.P.T., con un valor de 1136.8 mm/año (Tabla 8), así mismo el valor de escorrentía superficial (Es) ha sido estudiado en la zona por las mediciones de caudales.

Tabla 2. Escorrentía superficial en la C.R.T., y valores medios de Cl.

Código	Escorrentía superficial Qe (mm/año)	Cloruros C _{ES} (mg/l)
VE04	161	0,03
VE06	468	0,03
VE08	600	0,03

Fuente: Estudio de campo C.R.T.

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

Para definir la concentración promedio de cloruros en la precipitación (C_p), en la C.R.T., se tienen los valores promedio para los meses muestreados (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración de cloruros en el agua de lluvia, en los meses muestreados

Mes	Cuenca Río Tingo (C _p mg/l)	Precipitación (mm)
Noviembre	1,2	22,17
Diciembre	1,2	46,8
Enero	1,2	65,97
Febrero	1,2	90,25
Marzo	1,8	97,13
Abril	1,7	156,4
Mayo	1,4	220,34
Junio	1,8	194,2

Fuente: Estudio de campo C.R.T.

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

A lo largo de las campañas de muestreo se monitoreo pequeños manantiales que nos permitan obtener datos de cloruro de aguas subterráneas (Tabla 4), para efecto de los cálculos, se definió un valor inicial de concentración de cloruros en el agua de recarga (C_R) en la zona de estudio de 3.33 mg/l que corresponde al valor más bajo encontrado en las aguas subterráneas.

Tabla 4. Concentración de cloruros en agua subterránea

Código	Cloruros (mg/l)
VE01	4.7
VE02	4.1
VE03	3.3

Fuente: Estudio de campo C.R.T.

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

5.1.2.4.1. Estimación de la recarga para los meses más pluviales.

Primero se tomó en cuenta los valores medios más altos de Cl presentes en las aguas de lluvia (Tabla 3), con esto se tendrá un factor de corrección real para la estimación de la recarga del acuífero, en los meses que se presentes precipitaciones fuertes y persistentes.

Se puede observar en la (Tabla 5), que para los meses con una precipitación abundante, la recarga al acuífero se encuentra en un rango de 609,08 mm/año a 614,49 mm/año, o de 53,58 % a 54,05 % de la precipitación promedio multianual de la cuenca, para esto se utilizaron los valores de (C_p (mg/l), P (mm/año), C_R (mg/l), C_{ES} (mg/l), E_S (mg/l)), los cuales están incluidos en la formula seleccionada para el cálculo.

En el cálculo realizado para estimar la recarga, se trabajó con los valores de escorrentía superficial (Tabla 2), y sin tomar en cuenta la escorrentía superficial, teniendo valores muy similares.

Tabla 5. Estimación de la recarga promedio anual en la C.R.T.

Parámetros evaluados	Sin considerar escorrentía	Considerando escorrentía		
		600	468	161
C _p (mg/l)	1,8	1,8	1,8	1,8
P (mm/año)	1136,8	1136,8	1136,8	1136,8
C _R (mg/l)	3,33	3,33	3,33	3,33
C _{ES} (mg/l)	-	0,03	0,03	0,03
E _S (mg/l)	-	600	468	161
Recarga (mm/año)	614,49	609,08	610,27	613,04
% de Precipitación	54,05	53,58	53,68	53,93

Fuente: Estudio de campo C.R.T.

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

5.1.2.4.2. Estimación de la recarga para los meses menos pluviales.

Se tomaron en cuenta los valores medios más bajos de Cl presentes en las aguas de lluvia (Tabla 3), obteniendo un segundo factor de corrección, con lo cual se tendrá un estimado de la recarga neta en los meses más secos y en los meses más pluviales.

En la Tabla 6 se pueden observar los valores obtenidos en la estimación de la recarga para los meses con pocas precipitaciones, los cuales están en un rango de 404,25 mm/año a 409,66 mm/año o de 35,56 % a 36,04 % de la precipitación promedio multianual de la cuenca.

Tabla 6. Estimación de la recarga promedio anual en la C.R.T. (Meses de baja precipitación).

	Sin considerar escorrentía	Considerando escorrentía		
		600	468	161
C _p (mg/l)	1,2	1,2	1,2	1,2
P (mm/año)	1136,8	1136,8	1136,8	1136,8
C _R (mg/l)	3,33	3,33	3,33	3,33
C _{ES} (mg/l)		0,03	0,03	0,03
E _S (mg/l)		600	468	161
Recarga (mm/año)	409,66	404,25	405,44	408,21
% de Precipitación	36,04	35,56	35,67	35,91

Fuente: Estudio de campo C.R.T.

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

5.1.3. Origen de la salinidad del acuífero.

5.1.3.1. Relación Cl/Br

Al trabajar con el ion cloruro como trazador ambiental para determinar la recarga de un acuífero, se debe tener muy en cuenta que es necesario conocer el origen del ion Cl, por lo cual es indispensable aplicar la relación Cl/Br, a través de la aplicación de esta relación se podrá conocer el origen salino presente en el agua de lluvia, de escorrentía y subterráneas, de no ser exclusivamente por aportación de origen atmosférico.

A continuación se muestra los valores de las correcciones de la relación Cl/Br, teniendo en cuenta que se ha demostrado que los valores obtenidos son netamente de origen atmosférico, ya que se encuentran dentro del rango permisible de $R = 655 \pm 4$.

Tabla 7. Valores de la relación Cl/Br comparando con los valores de Cl de la Recarga (R), Precipitación (P), y Escorrentía superficial (Es).

Siglas	Cloruros	Bromuros	Relación Cl/Br
R	3,33	0,005	666
P	1,8	0,0026	692,31
Es	0,03	0,00005	600

Fuente: Estudio de campo C.R.T.

Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

5.1.4. Precipitación

Para llevar a cabo los cálculos para la estimación de la recarga a través del método BMC, se realizó la recopilación de datos tomados de anuarios meteorológicos de la estación experimental de Chiquiurco, para retroceder los meses faltantes para cumplir con el cierre del año hidrológico y poder trabajar en la estimación de la recarga (Tabla 8), tomando en cuenta varias medias mensuales de los históricos meteorológicos, de esta manera se asegura que los valores del error calculado es mínimo y no infiere de forma negativa en los resultados calculados.

Tabla 8. Valores de precipitación ponderados en los meses de Julio a Octubre 2015 para cumplir con el cierre del año hidrológico, (Julio 2015 – Junio 2016).

Año	Mes	mm/mensual
2015	Julio	79,16
	Agosto	72,45
	Septiembre	68,14
	Octubre	23,79
	Noviembre	22,17
	Diciembre	46,8
2016	Enero	65,97
	Febrero	90,25
	Marzo	97,13
	Abril	156,4
	Mayo	220,34
	Junio	194,2
	mm/año	1136,8

Fuente: Estudio de campo C.R.T. y anuario meteorológico.
 Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

5.1.5. Calidad del agua

Para determinar la calidad del agua de la C.R.T., se llevaron a cabo varios análisis químicos, evaluando varios parámetros ya mencionados antes, con lo cual se pudo determinar que el agua disponible en la zona alta de paramo es de buena calidad desde un punto de vista químico, lo cual la hace apta para cualquier uso necesario, mas no se puede asegurar que sea apta para el consumo humano en forma directa y sin tratamiento, al no disponer de un análisis microbiológico.

Tabla 9. Resultados de los análisis químicos de los meses monitoreados en el punto inicial de la C.R.T. y valor medio de los parámetros analizados.

Código	pH	C.E.	SO4	K	Ca	Mg	Dureza	NH4	CO3	HCO3	NO2
		us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
V01Nov.	6,02	29,61	0	2,4	15	23,4	133	0,22	0	95,6	1,4
V01Dic.	6,05	29,34	0	2,7	15	22,5	130	0,21	0	167,4	0,5
V01Ene.	5,55	30,66	0	38,7	18	26,4	153	0,29	0	143,5	1,5
V01Feb.	5,82	39,61	0	4,75	17,5	2,25	53	0,28	0	143,5	0,6
V01Mar.	5,92	46,16	0	4,75	20	2,25	59	0,54	0	119,6	0,3
V01Abr.	6,34	54,60	0	1,75	12,5	1,5	37	2	0	95,6	0,5
V01May.	5,64	55,30	0	8,25	52,5	5,75	155	0,31	0	119,6	0,5
\bar{x} V01	5,91	40,75	0,00	9,04	21,50	12,01	102,98	0,55	0,00	126,39	0,76

Fuente: Estudio de campo C.R.T.
 Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

Tabla 10. Resultados de los análisis químicos de los meses monitoreados en el punto de descarga de la C.R.T. y valor medio de los parámetros analizados.

Código	pH	C.E.	SO4	K	Ca	Mg	Dureza	NH4	CO3	HCO3	NO2
		us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
V08Nov.	6,74	50,30	0	4,5	21	65,4	321	0,14	0	119,6	1,4
V08Dic.	7,20	45,46	0	2,7	18	63	303	0,15	0	143,5	0,1
V08Ene.	6,42	39,52	0	2,4	18	21,3	132	0,22	0	215,2	0,5
V08Feb.	6,45	47,10	0	7,5	22,5	2,75	68	0,23	0	167,4	0,4
V08Mar.	6,41	52,00	0	7,5	20	3,25	63	0,12	0	143,5	0,8
V08Abr.	7,01	75,10	0	2,5	15	2,25	47	1	0	119,6	1,6
V08May.	6,86	53,40	0	4,25	30	2,25	84	0,1	0	119,6	0
\bar{x} V08	6,73	51,84	0,00	4,48	20,64	22,89	145,44	0,28	0,00	146,89	0,69

Fuente: Estudio de campo C.R.T.
 Autor: Jorge Luis Toapanta Inte

5.2. DISCUSIÓN

5.2.1. Disponibilidad del recurso hídrico.

Tungurahua es una provincia seca, en temporada de estiaje presenta un déficit del recurso hídrico superior al 50%. (Carlos Sánchez, 2014).

Tungurahua es una de las provincias que mantiene su economía en torno a la producción agropecuaria, es por esto que el recurso hídrico es indispensable, pero si bien es cierto la demanda del recurso agua no es satisfecha en su totalidad y menos en los meses secos, es por esto que es necesario realizar trabajos de exploración, y desarrollo de información, de pequeños acuíferos como el estudiado en el presente proyecto, cuyo recurso hídrico puede ayudar a combatir de una forma eficiente el déficit de agua para riego, en las comunidades más bajas.

Los efectos de una mínima disponibilidad de agua para riego para la producción de alimentos, siempre serán más notorios y severos en las cuencas más bajas, debido a que un poca cantidad de agua y una mala distribución de la misma no permiten el libre acceso a este recurso tan preciado a todos los agricultores y familias dependientes de este recurso.

La distribución de lluvias es heterogénea, tanto a nivel territorial como a lo largo de los meses. Los meses de mayor precipitación van de febrero a julio, destacándose los meses de mayo y junio. Los meses de menor precipitación determinan dos estaciones secas, una bien marcada que va de julio a septiembre y la otra en el mes de enero. (Consortio CES – GFA, 2011).

El tener pocos meses de alta pluviedad en el año, es una limitante para disponer de recurso hídrico, es por esta razón la importancia de mantener intactas las zonas altas de paramo, ya que estos ecosistemas funcionan como reguladores del agua, gracias a su geología le permite almacenar grandes cantidades de agua y liberarlas en los meses más secos, manteniendo un cierto equilibrio en la disponibilidad de agua. La conservación y cuidado de las zonas altas de paramo debe ser una de las prioridades para ciertas instituciones y para las comunidades, ya que todos dependen de este ecosistema para abastecerse de agua para cumplir con varias necesidades biológicas y económicas.

El futuro agropecuario de la provincia en gran medida dependerá de la forma en la que trabajemos con el riego. Mejorar la producción y productividad agrícola implica cambios en las formas tradicionales con las que hemos venido trabajando muchos agricultores. Aprovechar el agua al máximo para hacer cada vez más eficiente el uso de la misma nos permitirá desperdiciar menos y aprovechar de mejor manera el agua, para de esta forma producir la misma cantidad e incluso más alimentos sin comprometer el recurso hídrico escaso.

En cuanto a la calidad de agua, en las zonas altas de las subcuencas, está considerada como apta para cualquier uso. (Carlos Sánchez, 2014).

La calidad del agua de paramo de la C.R.T., es buena en cuanto al contenido de sales, esto se pudo determinar después de varios análisis químicos de las muestras de agua analizadas, a lo largo de los meses de trabajo. No obstante no se puede asegurar del todo que el agua de este acuífero sea apta para el consumo directo de la población ya que no se ha llevado a cabo un análisis microbiológico.

El agua de la C.R.T. tiene una buena cantidad de sales necesarias para las plantas, por lo cual después de los valores químicos obtenidos es lógico recomendar el uso de estas aguas para el riego.

CAPÍTULO VI

6.1. CONCLUSIONES

Se estableció un protocolo de muestreo para recolección y almacenamiento de agua lluvia, escorrentía superficial y agua subterránea, para llevar a cabo el análisis del ion cloruro. El establecer un protocolo bien definido nos permitió evaluar el recurso hídrico disponible en la cuenca del río Tingo, de manera que se monitoreo 11 puntos en total, tomando en cuenta 3 colectores de agua de lluvia, 3 verteaguas subterráneas y 5 puntos de control de caudales y escorrentía superficial a la vez.

Se realizó el trabajo a nivel piezométrico, para determinar los parámetros hidrológicos subterráneos; además se llevó a cabo un gran desarrollo digital con los trabajos en software, para la generación y diseño de varias figuras basadas en imágenes satelitales, con lo cual se logró generar mapas geológicos, geográfico, uso actual y tipo de suelo, lo que nos permitió calcular el área exacta de la cuenca establecida en 11.9 Km².

Al trabajar con el método BMC se estimó la recarga del acuífero la cual está comprendida en un rango de 404,25 mm/año a 614,49 mm/año o de 35,56 % a 54,05 % de la precipitación promedio multianual de la zona, tomando en cuenta que los valores establecidos van desde un mínimo que se genera en los meses de baja precipitación hasta un máximo que se alcanza a mediados de año cuando se presenta un periodo largo de lluvia.

Aplicando la relación Cl/Br se determinó que el origen de las sales analizadas, como el ion Cl en las varias muestras de agua tomadas, son de origen atmosférico ya que se halla dentro del rango permisible $R = 655 \pm 4$.

“Los agrónomos del futuro ya no regamos agua en las parcelas, salimos en busca del agua para regar las parcelas”.

6.2. BIBLIOGRAFÍA

Alcalá F.J. y Custodio E. 2003. Estudio del potencial de la relación Cl/Br como indicador del origen de la salinidad en diversos acuíferos de España y Portugal. Proyecto CICYT: HID 1999-0205 (informe 7). Centro de Documentación del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Buytaert W, Céleri R, De Bièvre B, Hofstede R, Cisneros F, Wyseure G, Deckers J. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth Science Reviews* 79:53–72.

Calvache, M; 1993; Requerimientos hídricos de los cultivos en Tumbaco, Pichincha, Universidad Central del Ecuador; Quito; P.V.

Carlos Sánchez y Gerben Gerbrandij. (2014). Anuario meteorológico. 08/08/2016, de HCPT Sitio web:

https://issuu.com/katitayeka/docs/anuario_meteorologico_2014

Carlos Sánchez. (2014). Plan provincial de riego Tungurahua 2014-2029. 11/08/2016, de HCPT Sitio web:

<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiYkae2srnOAhWHWSYKHU0SDyEQFggsMAM&url=http%3A%2F%2Frrnn.tungurahua.gob.ec%2Fdocumentos%2Fdownload%2F549888c>

Claasen, H.C., Reddy, M.M., Halm, D.R., 1986. Use of the chloride ion in determining hydrologic-basin water budgets: a 3-year case study in the San Juan Mountains, Colorado, USA. *J. Hydrol.* 85, 49–71.

Célleri, R., Feyen, J. (2009). The Hydrology of Tropical Andean Ecosystems: Importance, Knowledge Status, and Perspectives. *Mountain Research and Development*, 9(4): 350-355.

Consortio CES - GFA. (2011). Programa de agua y cuencas del Tungurahua. 11/08/2016, de HCPT Sitio web:

<http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/5245ef7abd92ead40a000002>

Coutagne, A., 1948. Les variations de débit en période non influencée par les précipitations. *La Houille Blanche* 3, 416–436 (in French).

Custodio E. y Herrera C. 2000. Utilización de la relación Cl/Br como trazador hidrogeoquímico en hidrología subterránea. *Boletín Geológico Minero, Madrid*, 111(4), 49-67.

Custodio E. y Llamas M.R. 1983. *Hidrología subterránea*. Editorial Omega. Barcelona (2 Vols), 1-2350.

Custodio, E. 1997. Evaluación de la recarga por la lluvia mediante métodos ambientales químicos, isotópicos y térmicos. En: *La Evaluación de la Recarga a los Acuíferos en la Planificación Hidrológica*. (Eds.:Custodio, E., Llamas, M.R. y Samper, J.). IGME y AIH. Las Palmas de Gran Canaria-Madrid. 83-110.

Custodio, E. 1998. Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. *Boletín Geológico y Minero, Madrid*, 109(4): 329-346.

Custodio, E., Peláez, M.D. y Balagué, S. 1985. Datos preliminares sobre la aportación mineral por la precipitación atmosférica. *Tecnología del Agua*. Barcelona, 18: 51-56.

Davis S.N., Whittemore D.O. y Fabryka-Martin J. 1998. Uses of chloride/bromide ratios in studies of potable water. *Ground Water*, 36, 338-350.

Eriksson, E. y Khunakasem, V. 1969. Chloride concentrations in groundwater, recharge rate and rate of deposition of chloride in the Israel coastal plain. *Journal of Hydrology*, 7(2): 178-197.

Eriksson.E (1960). The yearly circulation of chloride and sulfur in nature; meteorological, geochemical and pedagogical implications, part II. *Tellus*. 12: 63-109

Iglesias, M., Custodio, E., Giráldez, J.V., Manzano, M. y Ordóñez, R. 1996. Caracterización química de la lluvia y estimación de la recarga en el área de El Abalario, Doñana, Huelva. IV Simposio sobre el Agua en Andalucía (SIAGA), IGME, Madrid, II: 99-121.

Iglesias. M., Custodio. E., Giráldez. J.V., Manzano. M y Ordóñez. R. (1960) Caracterización química de la lluvia y estimación de recarga en el área de El Abalario, Doñana, Huelva. Rn: IV Simposio sobre el agua en Andalucía (SIAGA), IGME, Madrid, II: 99-121

Löye-Pilot, M.D. y Morelli, J. 1988. Fluctuations of ionic composition of precipitations collected in Corsica related to changes in the origins of the incoming aerosols. *Journal Aerosol Science*, 19: 577-585

Martínez-Valderrama, J., Ibáñez, J., Alcalá, F.J., Domínguez, A., Yassin, M., Puigdefábregas, J., 2011. The use of a hydrological–economic model to assess sustainability in groundwater-dependent agriculture in drylands. *J. Hydrol.* 402, 80–91.

Murphy, E.M., Ginn, T.R. y Phillips, J.L. 1996. Geochemical estimates of paleorecharge in the Pasco Basin: evaluation of the chloride mass balance technique. *Water Resources Research*, 32(9): 2853-2868.

Ponland. F. G. y D. E. Bloodgood. 1963 Laboratory studies on Mesophilie and thermophilieanaerobie sludge digestion *J. Water pullut. Control fed.* 35-11

Richter, D.D., Ralston, Ch.W. y Harms, W.R. 1983. Chemical composition and spatial variation of bulk precipitation at a coastal plain watershed in South Carolina. *Water Resources*, 19(1): 134-140.

Rosa Zehner. (1999). *Manual de Métodos Analíticos y Control de Calidad*. Coca: LabSu.

Rosenthal, E. 1987. Chemical composition of rainfall and groundwater in recharge areas of the Bet Shean-Harod multiple aquifer system, Israel. *Journal of Hydrology*, 89(3-4): 329-352.

Scanlon, B.R., 2000. Uncertainties in estimating water fluxes and residence times using environmental tracers in an arid unsaturated zone. *Water Resour. Res.* 36, 395–409.

Simon, Andrew L., 1994, *Hidráulica Practica*, Limusa Noriega Editores, pág. 58-60

SNI. Características climáticas de la zona de paramos de Quisapincha. Disponible en
web:http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1865015190001_MATRIZ%20SIGAD%20N%C2%B0%202_15-05-2015_15-20-36.pdf

Tallaksen, L.M. y van Lanen, H.A.J. (2004). *Hidrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Developments in Water Science. Ed. Elsevier. Amsterdam. Vol. 48. 579 pp.

U.S., Environment protection agency; 1982; NEIC; Policies and precedence EPA – 330, 9/78, 001-R (rev. 1982).

Whittemore D.O. 1988. Bromide as a tracer in ground-water studies: geochemistry and analytical determination. In: *Proc. Ground Water Geochem. Conf.*, Denver National Water Well Assoc. Dublin, Ohio, 339-360.

Wood, W.W. 1999. Use and misuse of the chloride-mass balance method in estimating ground water recharge. *Ground Water*, 37(1): 2-3.

Wood, W.W. y Sanford, W.E. (1995). Chemical and isotopic methods for quantifying ground-water recharge in arid and semi-arid environment. *Groundwater*, 33(3): 458 pp.

6.3. ANEXOS



Soportes de tubo P.V.C.
para colocar los colectores
de agua lluvia.



Preparación de los
colectores (pluviómetros
caseros) de agua lluvia,
previo a su instalación en
el campo.



Instalación de
colectores nuevos, y
recolección de
muestras de agua de
lluvia de los
colectores instalados.



Medición de pH,
temperatura y caudal
en los afluentes del
Río Tingo



Filtrado de las
muestras de agua de
lluvia y de los
afluentes del Río
Tingo



Envasado y
etiquetado de las
muestras de agua
filtradas.



Trabajo de análisis
químico de las
muestras de agua de
lluvia y de los afluentes
del Río Tingo.

Resultados de los análisis químicos obtenidos en el laboratorio.

Código cliente	pH	C.E.	SO4	K	Ca	Mg	Dureza	NH4	CO3	HCO3	NO2
		us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DEP03011215	6,11	47,05	5	4,2	12	46,8	222	1,26	0	159,4	0
DEP01170215	7,15	16,57	0	2,1	12	15,9	95	0,33	0	95,6	0,8
DEP02180215	5,52	13,55	0	0,6	18	11,7	93	0,19	0	95,6	0,8
DEP03180215	5,37	10,17	0	1,8	15	9,3	76	0,17	0	119,6	0,9
VE08181115	6,74	50,30	0	4,5	21	65,4	321	0,14	0	119,6	1,4
VE07181115	6,38	42,98	0	1,5	24	62,1	315	0,16	0	167,4	0,1
VE06181115	7,01	45,55	0	1,2	18	65,7	314	0,18	0	167,4	0,4
VE04181115	6,71	43,97	0	3	21	58,2	291	0,17	0	143,5	2,7
VE03181115	6,73	42,35	0	2,7	24	51,9	273	0,13	0	143,5	1,1
VE01181115	6,02	29,61	0	2,4	15	23,4	133	0,22	0	95,6	1,4
VE08011215	7,20	45,46	0	2,7	18	63	303	0,15	0	143,5	0,1
VE07011215	7,00	45,78	0	2,4	21	60,6	301	0,15	0	167,4	0
VE06011215	7,01	42,09	0	2,1	24	62,7	317	0,2	0	119,6	0
VE05011215	6,99	44,89	0	3,3	18	61,8	298	0,17	0	167,4	0,3
VE04011215	6,61	43,21	0	0,3	18	63,3	305	0,17	0	143,5	2
VE03011215	6,71	42,85	0	3,9	21	51,6	264	0,12	0	167,4	0,4
VE01011215	6,05	29,34	0	2,7	15	22,5	130	0,21	0	167,4	0,5
VE08180216	6,42	39,52	0	2,4	18	21,3	132	0,22	0	215,2	0,5
VE07180216	6,69	47,44	0	4,5	21	62,4	308	0,2	0	143,5	1,3
VE06180216	6,62	37,58	0	10,5	18	58,5	285	0,18	0	167,4	1,6
VE05180216	6,98	48,81	0	3,3	21	70,2	340	0,12	0	143,5	0,8

Código cliente	pH	C.E.	SO4	K	Ca	Mg	Dureza	NH4	CO3	HCO3	NO2
		us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
VE04180216	6,20	36,15	0	2,4	18	54,3	268	0,27	0	167,4	1,1
VE03180216	6,52	38,49	0	1,8	21	50,4	259	0,23	0	143,5	0,3
VE01180216	5,55	30,66	0	38,7	18	26,4	153	0,29	0	143,5	1,5
VE05181115	6,78	47,41	0	27,6	21	63,6	313	0,22	0	119,6	1
VE02181115	6,92	106,20	0	23,4	24	84	404	5,91	0	215,2	1,6
VE02011215	6,88	103,90	0	64,8	27	84	412	3,09	0	167,4	1,6
VE02180216	6,51	61,70	0	31,5	18	53,4	264	0,39	0	143,5	1,1
DEP01060416	4,92	8,97	0	4,5	10	0,75	28	0,45	0	95,6	0
DEP02070416	5,14	6,76	0	3,25	12,5	0,75	34	0,37	0	95,6	1,7
DEP03070416	4,86	7,64	0	3	10	0,75	28	0,44	0	95,6	0,8
DEP01160316	5,70	17,69	0	3,5	12,5	0,75	34	0,78	0	119,6	0,5
DEP02170316	5,02	10,07	0	3	10	1	29	0,43	0	95,6	0,6
DEP03170316	4,97	9,57	0	4	15	1	42	0,4	0	143,5	0
VE01070416	5,82	39,61	0	4,75	17,5	2,25	53	0,28	0	143,5	0,6
VE02070416	6,36	92,50	0	13,5	17,5	3,75	59	0,27	0	143,5	0
VE03070416	6,42	49,84	0	4,25	20	3	62	0,47	0	167,4	0,3
VE04070416	6,08	55,10	0	8,5	17,5	2,25	53	0,3	0	191,3	0
VE05070416	6,11	53,40	0	6,25	20	2,75	61	0,29	0	143,5	0,4
VE06070416	6,42	42,70	0	6,5	17,5	2,5	54	0,14	0	119,6	0
VE07070416	6,72	62,90	0	5,5	22,5	3,75	72	0,11	0	191,3	0
VE08070416	6,45	47,10	0	7,5	22,5	2,75	68	0,23	0	167,4	0,4
VE01170316	5,92	46,16	0	4,75	20	2,25	59	0,54	0	119,6	0,3
VE02170316	6,44	84,80	0	11,5	17,5	3,5	58	0,56	0	119,6	1,1

Código cliente	pH	C.E.	SO4	K	Ca	Mg	Dureza	NH4	CO3	HCO3	NO2
		us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
VE03170316	6,64	52,80	0	5,25	22,5	3,25	70	0,57	0	167,4	1,3
VE04170316	6,43	48,61	0	5,75	20	2,5	60	0,08	0	143,5	0,5
VE05170316	6,39	51,40	0	5,25	20	3,25	63	0,22	0	143,5	0,3
VE06170316	6,44	48,22	0	5,75	22,5	2,75	68	0,13	0	143,5	0,7
VE07170316	6,66	64,10	0	6,5	22,5	3,75	72	0,1	0	167,4	1,1
VE08170316	6,41	52,00	0	7,5	20	3,25	63	0,12	0	143,5	0,8
DEP03050516	6,33	12,04	0	1,25	10	0,5	27	1,5	0	119,6	1
DEP02050516	5,77	8,42	0	1	10	0,25	26	1,5	0	95,6	1,6
DEP01040516	5,36	17,38	0	1,75	12,5	0,5	33	4	0	71,7	1,6
VE08050516	7,01	75,10	0	2,5	15	2,25	47	1	0	119,6	1,6
VE07050516	6,68	87,50	0	4,75	15	2,5	48	0,5	0	119,6	0
VE06050516	7,29	70,08	0	3	12,5	2,25	40	0,5	0	119,6	1
VE05050516	7,38	79,00	0	2,25	15	2,5	48	0,5	0	119,6	0
VE04050516	7,29	68,90	0	2,75	12,5	2,25	40	0,5	0	119,6	1
VE03050516	7,58	73,50	0	2,5	15	2,25	47	2	0	119,6	1,5
VE02050516	7,33	74,40	0	6,25	12,5	1,75	38	5,5	0	95,6	0
VE01050516	6,34	54,60	0	1,75	12,5	1,5	37	2	0	95,6	0,5
DEP01150616	4,81	20,27	0	4,25	42,5	4,25	124	0,29	0	95,6	1
DEP02160616	4,85	7,81	0	5	50	3,5	139	0,19	0	95,6	1
DEP03160616	4,31	7,93	0	4,75	55	5	158	0,22	0	119,6	0,5
VE01160616	5,64	55,30	0	8,25	52,5	5,75	155	0,31	0	119,6	0,5
VE02160616	6,37	61,20	0	4	47,5	3,75	134	0,77	0	119,6	0
VE03160616	6,56	46,47	0	0,75	25	0,75	66	0,01	0	119,6	1

Código cliente	pH	C.E.	SO4	K	Ca	Mg	Dureza	NH4	CO3	HCO3	NO2
		us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
VE04160616	6,70	54,10	0	0,5	22,5	0,5	58	0,08	0	143,5	0
VE05160616	6,81	59,80	0	0,25	25	0,75	66	0,03	0	143,5	0,5
VE06160616	6,69	61,40	0	1,75	32,5	2,25	90	0,1	0	119,6	0
VE07160616	6,46	82,30	0	11,75	37,5	2	102	0,12	0	119,6	0
VE08160616	6,86	53,40	0	4,25	30	2,25	84	0,1	0	119,6	0
DEP01041215	6,01	150,60	50	48	180	348	1877	x	x	x	x
DEP02011215	6,12	131,90	0	35,4	15	48,3	236	0,57	x	x	0,1

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

TEMA:

“Protección de pequeños acuíferos en las zonas andinas de páramo de la Región Sierra Centro.”

7.1. DATOS INFORMATIVOS

En base a los resultados obtenidos, en cuanto al estudio de la recarga del acuífero en la cuenca del Río Tingo, se propone, el cuidado y protección de los páramos, ya que este ecosistema es muy frágil, además de ser uno de los más importantes, ya que este es el encargado de regular el flujo de agua siendo capaz de retener este recurso en épocas pluviosas, y liberando el agua en las épocas más secas, además de impedir que continúe el avance en la frontera agrícola.

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La recarga estimada en el área de estudio nos ha proporcionado un valor muy significativo en cuanto a la disponibilidad del recurso agua. Si bien es cierto en la región Sierra no se presentan episodios bruscos de inundaciones, pero si se evidencian periodos largos de sequía, por lo cual se ven afectadas las labores de agricultura en las zonas más bajas del páramo, siendo necesario la conservación y

protección de los páramos andinos, reduciendo notablemente el avance de la frontera agrícola, y manteniendo intacto y sin actividad humana este ecosistema, tan vulnerable y tan necesario.

7.3. JUSTIFICACIÓN

La frontera agrícola es el límite hasta donde es permitido realizar labores agrícolas, ganaderas, entre otras, a los habitantes de esas zonas, pero, la baja productividad, el deterioro de los suelos, y la escases del recurso agua, han promovido que los comuneros, extiendan esta línea muchos metros más hacia el páramo, alterando el ecosistema y provocando, problemas de escases de agua en las zonas más bajas, además de dejar en abandono otras tierras que ya fueron deterioradas por malas prácticas agrícolas.

Los beneficiarios serán los habitantes de los páramos, y los habitantes de las cuencas más bajas, además de él Cantón Ambato ya que al disponer de recurso hídrico suficiente, podrá dotar del servicio de agua potable para las familias de la zona de Illagua, Pasa, entre otras.

Los beneficios no solo se los verán en una notable disposición de recurso agua dentro de la zona, también se podrá lograr a largo plazo una reducción de la polución local, reducción del efecto invernadero y mitigar los efectos del cambio climático.

7.4. OBJETIVOS

7.4.1. Objetivo general

- Conservar la zona de paramo y mitigar los efectos del cambio climático.

7.4.2. Objetivos específicos

- Socializar y aplicar las leyes y ordenanzas vigentes para disminuir el avance de la frontera agrícola.
- Proteger la zona de páramo en el área de la cuenca del Río Tingo, para evitar alterar este ecosistema.

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La ejecución de la propuesta planteada es fácil de realizar y llevar a cabo, ya que actualmente se cuenta con varias leyes e información en pro del cuidado del medio ambiente, conservación de paramos, cuidado de los recursos naturales, como el recurso agua, para lo cual se cuenta con el respaldo de varias instituciones públicas y privadas.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

La propuesta está fundamentada sobre la base de la Constitución de la Republica, donde se abordan temas como el cuidado de los ecosistemas vulnerables, todo esto enmarcados en la propuesta del buen vivir de las comunidades, pueblos y nacionalidades.

Todo esto se lo puede evidenciar en el Capítulo VII del Régimen del buen vivir en el Título de biodiversidad y recursos naturales

Sección primera

- Derechos de la naturaleza
- Naturaleza y ambiente

Sección segunda

- Biodiversidad
- Recursos naturales

Artículos:

Art. 71.

Art. 72.

Art. 73.

Art. 74.

7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

Para llevar a cabo la conservación y cuidado de la zona de paramo en estudio se realizaran las siguientes actividades:

Socializar la ley de aguas y conservación de recursos naturales, para promover la conservación de los recursos existentes en la zona

Dialogar con las autoridades de turno en las diferentes instituciones públicas y privadas, para socializar la propuesta de conservación de la zona de paramo, además de una visita periódica para constatar que las zonas de paramo no están

siendo invadidas evitando el posicionamiento y posterior legalización de estas tierras.

7.8. ADMINISTRACIÓN

El principal veedor de que la propuesta de conservación de paramos, se lleve a cabo será la Facultad de Ciencias Agropecuarias, a través de los programas de Vinculación con la Comunidad.

GAD Municipalidad de Ambato en conjunto con el GAD Parroquial de Pasa, para que las ordenanzas se lleven a cabo.

MAE, como ente controlador del cuidado ambiental.

7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Para llevar a cabo la propuesta se deben seguir con todos los puntos planteados anteriormente, pero más importante hacer cumplir todas las leyes y ordenanzas de las cuales se dispone en la actual constitución, ley de aguas y demás.

La ejecución de la propuesta ayudará mucho a mitigar los efectos del cambio climático a través de la conservación de las zonas de paramo.