UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

POTENCIAL HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA QUEBRADA PELO DE CONEJO, QUE ABASTECE A LA COMUNIDAD DEL CERRO DEL VIJÍA, MUNICIPIO DE CATACAMAS, OLANCHO.

POR:

LILIAN ANABELL HERNÁNDEZ BOBADILLA

TESIS

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO, 2018

POTENCIAL HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA QUEBRADA PELO DE CONEJO, QUE ABASTECE A LA COMUNIDAD DEL CERRO DEL VIJÍA, MUNICIPIO DE CATACAMAS, OLANCHO

POR:

LILIAN ANABELL HERNÁNDEZ BOBADILLA

TESIS

RAMON LEÓN CANACA, M.Sc.
Asesor principal

EDWIN AGUSTÍN TEJEDA MALDONADO
Asesor Adjunto, ICF

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO, 2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE

PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en la Sala de Videoconferencias de la Dirección de Sistema de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional de Agricultura el: **M Sc. RAMON LEÓN CANACA CALDERÓN, Ph.D WILMER MISAEL REYES SANDOVAL** y el **M Sc. EMILIO JAVIER FUENTES ZÚNIGA** , miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

La estudiante **LILIAN ANABELL HERNÁNDEZ BOBADILLA,** del IV Año de la carrera de Recursos Naturales y Ambiente, presentó su informe.

"POTENCIAL HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA QUEBRADA PELO DE CONEJO QUE ABASTECE A LA COMUNIDAD DEL CERRO DEL VIJÍA, MUNICIPIO DE CATACAMAS, OLANCHO."

El cual a criterio de los examinadores, aprobó este requisito para optar al titulo de Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los diecisiete dias del mes de mayo del año dos mil dieciocho.

M Sc. RAMON LEÓN CANACA CALDERÓN
ASESOR PRINCIPAL

Ph. D. WILMER MISAEL REYES SANDOVAL
ASESOR AUXILIAR

M Sc. EMILIO JAVIER FUENTES ZÚNIGA

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por acompañarme en cada momento y darme la fuerza y dedicación necesaria para el logro de mí meta.

En memoria de mi padre Pedro Hernández Reyes (QDDG), a mi tío Sergio Orlando Hernández Bobadilla (QDDG), a mi amigo y compañero Pedro Antonio Montufar Santos (QDDG) quienes estuvieran orgullosos de mi meta a finalizar, gracias por todo, aunque ya no puedan leer esto.

A mis madres Maria Luisa Bobadilla y Sidia Argentina Hernández por ser mi pilar fundamental en mi educación, quienes con su trabajo, honradez y humildad crearon en mí el espíritu de superación, sin duda alguna el mejor regalo que Dios me dio.

A mi tía Ana Luisa Hernández por ser mi mejor amiga y compañera de aventuras, por todo su apoyo incondicional y nunca dejar de creer en mí.

A mis tías Digna Hernández, Irma Hernández, Ilda Esperanza Hernández por ser como mis hermanas, y a la vez mis mamás, por brindarme su apoyo en cada momento de mi vida que lo necesité y por sus sabios consejos.

A mis primos Sergio, Allan, Lesby, María José y Joel por brindarme todo el apoyo moral y creer siempre en mí.

A mi segunda familia Paz Ortiz, por ser tan especiales e importantes para mí, por todo su apoyo y sus sabios consejos, nunca los olvidaré. Viviré siempre agradecida con ustedes. Gracias por todo.

A mi querido ***Melkin Said Hernandez,*** gracias por todo su apoyo incondicional hacia mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por darme el valor necesario para seguir adelante y cumplir cada una de mis metas y desafíos en la vida.

A mi familia por ser mi pilar fundamental en esta etapa de mi vida y por todo su apoyo incondicional.

Al profesor Salvador Valeriano, Lcda. Delmy Alfaro, Lic. Wilfredo Cáceres, por darme la oportunidad de seguir estudiando, pues me ayudaron para que ingresara a la Universidad Nacional de Agricultura.

A mi alma mater por darme la oportunidad de realizar mis estudios, enseñanza de maestros que se les admira, al personal de cocina, enfermería, lavandería y clase 2017.

Al Instituto de Conservación Forestal y Proyecto CLIFOR por darme la oportunidad de realizar mi investigación y brindarme todo el apoyo financiero de la investigación.

A mis asesores M.Sc. Ramón Canaca, Ph.D. Wilmer Reyes, Ing. Emilio Fuentes por todo su apoyo en la elaboración de mi trabajo de investigación y por todos los conocimientos adquiridos.

Al M.Sc. Edwin Tejeda por todo su apoyo incondicional, por su voluntad de enseñar, orientación y valioso apoyo durante la ejecución de la investigación, así mismo por sus sabios consejos, paciencia, comprensión y su sincera amistad.

A mi colega Lic. Ángel David Meléndez gracias por todo su apoyo, por ayudarme en el desarrollo de mi trabajo de investigación y por brindarme su sincera amistad. Gracias por todo.

A las personas de la comunidad Cerro del Vijia, por todo su apoyo incondicional y darme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación. Muy agradecida.

A mis mejores amigas de varios años, por su valiosa amistad, por estar pendiente y animarme cada momento, Yeniffer Girón, Daibellys Sales, Ricxy López y Tania Amaya amigas como ustedes quedan pocas.

A una de las maravillosas personas que apareció en mi vida ***Melkin Said Hernandez*** por su valiosa y sincera amistad, quien siempre estuvo para mí en las buenas y en las malas, por todo su apoyo hacia mi persona, por cuidarme y valorarme, por sus sabios consejos, nunca lo olvidaré, gracias por todo ***"mi lunar bonito".***

A mis mejores amigos y compañeros Norman Matute, Eric Flores, Jeancarlos Santamaría, Williams Gámez, Adonias Alvarado, Allan Chacón, Rigoberto Madrid, Rafael Lobo, Josué Gómez, Kevin Izaguirre por cuidarme como si fuese su hermana y por todos los momentos que viví con ustedes, los quiero con todo mi corazón.

A mis mejores amigas y compañeras Grecia Paz, Banesa Cantarero, Amy Martínez, Karla García, Kelin Gonzales, Paola Martínez, Odalma Brizuela, Gabriela López, Cecilia Guerra, Dariana Ávila, Riccy Aparicio, por su valiosa y sincera amistad y por haber contribuido a mi formación humana y profesional, ´por cada momento compartido, nunca los olvidare. Las quiero mucho.

A mis amigas tecnólogas Conny Sarahí Hernandez y Elisa Margarita Guardado por su valiosa y sincera amistad, por todos los bellos momentos juntas, las aprecio y las quiero mucho.

A mi olanchana preferida ***Grecia Judith Paz***, por enseñarme a ser fuerte a cada circunstancia de la vida, y enseñarme que todo en la vida tiene solución, gracias por todos los bellos momentos compartidos, por ser como una hermana para mí, te quiero.

A mi querida amiga, ***Amy Thalía Martínez Ponce***, por ser como mi hermana y estar pendiente de mí en cada momento de mi etapa a finalizar, por alegrarme cuando estaba triste, sin duda alguna los mejores momentos los pasamos juntas, gracias por todo.

A mi querida amiga ***Ingris Banesa Cantarero,*** por cada momento compartido juntas, tantas alegrías, tristezas, enojos y tantos momentos juntas, sin duda alguna las mejores experiencias juntas, cada día enseñándome a ser mejor. Gracias por todo, ojos de miel.

A mi querido amigo hermano ***Emilson Evelio Peña Rosa***, por su sincera y valiosa amistad, que siempre estuvo conmigo en las buenas y en las malas, dándome ánimos de superación, por sus sabios consejos, y cuido hacia mí, muchas gracias, siempre en mi corazón.

A mi querido ***Jorge Armando Murillo***, que siempre estuvo para mí en buenas y en las malas, quien siempre estuvo dándome ánimos de seguir en la lucha y poder culminar con éxito esta etapa de mi vida, por sus consejos y cuido hacia mí, infinitamente gracias.

A mi querida amiga ***Ruth Gabriela Zelaya Zuniga*** por todo su apoyo, por su valiosa y sincera amistad, quien me apoyo en cada momento, en cada circunstancia, por todos sus consejos y siempre estar para mí. Te quiero

Amistades que siempre estuvieron conmigo, Orling Castro, Miguel Pérez, Kelvin Pérez, Denilson Ponce, en cada momento de mi carrera profesional, gracias por todo su apoyo. Los aprecio con todo mi corazón.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN i

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTO iii

LISTA DE FIGURAS ix

LISTA DE CUADRO xi

LISTA DE ANEXO xii

I.INTRODUCCIÓN 1

II.OBJETIVOS 2

2.1 Objetivo general: 2

2.2 Objetivos específicos 2

III. REVISIÓN DE LITERATURA 3

3.1 Antecedentes 3

3.2 Cuenca hidrográfica 4

3.3 Estructura de las cuencas hidrográficas 4

3.4 Partes de una cuenca 5

3.5 Oferta hídrica 6

3.6 Potencial hídrico en Honduras 7

3.7 Balance hídrico 8

3.7.1 Oferta hídrica superficial 9

3.7.2 Elementos principales de un balance hídrico 9

3.8 Hidrología del modelo 10

3.9 Calidad de Agua 11

3.10 Modelo ArcSwat 11
3.10.1 Componentes del modelo SWAT 12
IV. MATERIALES Y MÉTODO 14
4.1 Materiales 14
4.2 Metodología 14
4.2.1 Descripción del área de estudio 14
4.3 Etapa I 15
4.3.1 Reunión con actores del Instituto de Conservación Forestal 16
4.3.2 Socialización 16
4.3.3 Delimitación del área de estudio 16
4.3.4 Recorrido en campo para la identificación y selección de los tributarios o afluentes a evaluar 16
4.3.5 Aforos 17
4.3.6 Taller 17
4.4 Etapa II 18
4.4.1 Información cartográfica y topográfica 18
4.4.2 Información de precipitación 18
4.4.3 Infiltración 19
4.5 Etapa III 19
4.6 Etapa IV 19
4.6.1 Tabulación de datos 19
4.6.2 Generación de mapas 20
4.6.3 Calidad de agua 20
4.6.4 Presentación de resultados obtenidos 20
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21
5.1 Zonas de recarga hídrica de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo 21
5.1.1 Aforos 23

5.2 Potencial hídrico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo mediante la aplicación de la oferta hídrica. 25
5.2.3 Capacidad de infiltración en la microcuenca 28
5.3 Calidad de agua de cada afluente de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. 30
5.3.1. Potencial de hidrógeno (pH). 31
5.3.2. Turbiedad o turbidez en el agua 32
5.3.3. Dureza 33
5.3.4. Nitritos 34
5.3.5. Nitratos 35
5.3.6. Nitrógeno de Amoniaco 37
5.3.7. Fosfatos 38
5.3.8. Sulfatos 39
5.3.9. Hierro 40
5.3.10. Coliformes totales 41
5.4 Generación de información cartográfica de los principales hallazgos mediante el uso de sistemas de información geográfica. 42
5.4.1 Precipitación y caudal 43
5.4.2 Precipitación y agua subterránea 44
5.4.3 Precipitación, Evapotranspiración real y evapotranspiración potencial 45
5.4.4 Rendimiento y sedimento del agua 46
5.4.5 Balance hídrico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo 47
VI. CONCLUSIONES 49
VII. RECOMENDACIONES 50
VIII. BIBLIOGRAFÍA 52
ANEXOS 59

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de una cuenca (Ordoñez, 2011) 5
Figura 2. Partes de una cuenca hidrográfica 6
Figura 3. Esquema de balance hídrico analizado 8
Figura 4. Ubicación de la microcuenca 15
Figura 5. Red hídrica de la microcuenca 21
Figura 6. Representación de la clasificación de los afluentes o quebradas 22
Figura 7. Resultados de aforos en temporada de lluvia 23
Figura 8. Resultados de aforos en temporada seca 24
Figura 9. Resultados de precipitación mensual de la comunidad Cerro del Vijía del año 2017. 25
Figura 10. Mapa de pendiente de la microcuenca 27
Figura 11. Mapa de precipitación (isoyetas) de la microcuenca 28
Figura 12. Comparación de pH por afluentes o quebradas 31
Figura 13. Comparaciones de Turbiedad entre cada uno de los afluentes o quebradas 32
Figura 14. Comparaciones de los resultados de dureza en el agua para cada afluente o quebrada 33
Figura 15. Resultados de Nitritos por afluente o quebrada 34
Figura 16. Comparación de nitratos por cada afluente o quebrada 35
Figura 17. Comparaciones de nitrógeno de amoniaco por cada afluente o quebrada ... 37
Figura 18. Comparaciones de fosfatos encontrados en cada uno de los afluentes o quebradas 38
Figura 19. Comparaciones de sulfatos para cada afluente o quebrada 39
Figura 20. Comparaciones de hierro encontrado en cada afluente o quebrada 40
Figura 21. Comparaciones de coliformes totales encontrados afluente o quebrada..... 41
Figura 22. Simulación de análisis de precipitación y caudal de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. 43
Figura 23. Simulación de análisis de precipitación y agua subterránea de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. 44

Figura 24. Simulación de análisis de evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y precipitación de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. 45
Figura 25. Simulación de análisis de rendimiento de agua y sedimento del agua de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. 46
Figura 26. Simulación de análisis del balance hídrico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. 47
Figura 27. Simulación de análisis de sedimento del agua de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. 48

LISTA DE CUADRO

pág.

Cuadro 1. Capacidad de infiltración promedio en la parte alta, media y baja de la microcuenca, realizados en las áreas de bosque de pino, bosque latifoliado y potreros en la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo……..……29

LISTA DE ANEXO

Anexo 1. Delimitación del área de estudio..... 60
Anexo 2. Medición del caudal a través del método del flotador..... 61
Anexo 3. Medición de infiltración con el método del infiltrómetro. 63
Anexo 4.Formatos con resultados de aforos obtenidos en la temporada de **lluvia.**..... 64
Anexo 5. Formatos con resultados obtenidos en la temporada **seca.**..... 66
Anexo 6. Formatos de datos de infiltración 68
Anexo 7. Cuadro resumen de precipitación por mes por año de la comunidad de Cerro del Vijía en un período de dos años..... 69

Hernández Bobadilla, L.A. 2017. Potencial hidrológico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo que abastece a la comunidad del Cerro del Vijía, municipio de Catacamas, Olancho. Tesis. Lic. en Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, CA. 85p

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo, localizada al noroeste del municipio de Catacamas, Olancho durante el período octubre 2017 a marzo de 2018. Esta microcuenca es la principal fuente de abastecimiento de agua para 750 personas aproximadamente de la comunidad del Cerro del Vijía. Se desarrollaron cuatro etapas; en la primera se estableció una reunión con personal del Instituto de Conservación Forestal (ICF) y el Programa CLIFOR para definir el área de acción y alcances del trabajo, para la segunda etapa se socializó la información con la comunidad beneficiaria, se realizó el trabajo de campo como identificación y georreferenciación de afluentes o quebradas de la microcuenca, medición de caudales e infiltración y toma de muestras para analizar la calidad de agua; en la tercera etapa se utilizó la herramienta ArcSWAT para realizar la modelación hidrológica de la microcuenca y en la última etapa se hizo el análisis de los resultados obtenidos y se generó cartografía. Dentro de los principales resultados se obtuvo el límite de la microcuenca y el área de la misma (433 Ha); se identificaron 10 afluentes, los que presentaron caudales de 225.23 lts/s en la época lluviosa y 160 lts/s en época seca. En cuanto a la infiltración básica del suelo, el bosque latifoliado presentó los valores más altos con 38.4 mm/hr y el uso de suelo destinado para potreros los valores más bajos (10.8 mm/hr), producto de la compactación del suelo. Los resultados de laboratorio indican que el agua no es apta para consumo humano debido a la presencia de coliformes totales (hasta 23 unidades formadoras de colonia por cada 100 ml). Finalmente, la modelación hidrológica con ArcSWAT para un período de 5 años (2010-2014) estableció un aporte de precipitación de 1,467 mm y salidas de la cuenca de 676.4 mm a través de la evapotranspiración, 145.5 mm como percolación, quedando 494 mm como movimiento lateral de agua en el suelo.

Palabras claves: Balance hídrico, ArcSWAT, calidad de agua, caudal, modelación, microcuenca.

I. INTRODUCCIÓN

En Honduras, al igual que muchos de los países latinoamericanos, el concepto de manejo de cuencas no ha sido interpretado como tal, en el sentido que este permite manejar los recursos naturales de un sistema hidrográfico desde un punto de vista integral, donde el ser humano es el elemento clave para el uso y manejo de los recursos naturales y el ambiente en general (Faustino 2004).

En las comunidades rurales se ve la problemática de que no obtienen una calidad de agua debido al uso irracional que se le brinda a la microcuenca y sobre todo los factores existentes dentro de la microcuenca como ser actividades agrícolas y ganaderas existentes dentro de la misma. Hoy en día se ve la necesidad de realizar investigaciones con el propósito de ver la cantidad de agua que dichas microcuencas brindan a la comunidad y lograr el uso adecuado hacia las mismas (Tejeda 2018).

En procura de armonizar políticas, estrategias y acciones operativas que las diferentes instituciones gubernamentales y privadas realizan en el campo del manejo de cuencas hidrográficas, el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) consideró a bien la formulación de obtener el potencial hidrológico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo ubicada en al sur este del municipio de Catacamas, Olancho.

En esta investigación se estima el potencial hidrológico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo, que abastece a la comunidad del Cerro del Vijía, donde se aplica una metodología de trabajo con la participación articulada de los habitantes de la comunidad para la obtención de las variables biofísicas en torno al uso y manejo del recurso hídrico disponible actualmente para alcanzar el manejo óptimo de las microcuencas e igualmente sean estos compatibles con las diferentes políticas estratégicas de Honduras.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

- Estimar el potencial hidrológico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo, en la comunidad del Cerro del Vijía, municipio de Catacamas, Olancho.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar y georeferenciar las zonas de recarga hídrica de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo con la participación de la comunidad beneficiaria.

- Determinar el potencial hídrico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo a través de un balance hídrico.

- Analizar la calidad de agua de cada tributario o afluente que forman parte de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

- Generar información cartográfica de los principales hallazgos mediante el uso de sistemas de información geográfica.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Antecedentes

En la planificación territorial de una cuenca hidrográfica es indispensable la comprensión y aplicación del concepto de estabilidad en el buen uso y manejo de los recursos naturales y de los servicios ambientales que aporta. La degradación del ambiente altera al medio físico (erosión del suelo, contaminación de las aguas), y afecta substancialmente al hombre en particular y a la sociedad en general (marginalidad, extrema pobreza). La presión del hombre sobre estos recursos naturales es tan fuerte que su efecto, sobre las características del ambiente, puede generar que un ecosistema se modifique, y la respuesta varíe en su propio perjuicio (Gaspari 2016).

En términos generales, los aportes de las cuencas según Rendón (2003) son los siguientes:

• Abastecimiento continúo de agua dulce**:** Las cuencas son un elemento fundamental en la obtención de agua para atender las necesidades de los diferentes usuarios, a largo plazo. Los procesos naturales que se producen en la cuenca, a través de la interacción entre el agua, suelo, clima y vegetación favorecen la captación de agua.

• Regulación de la cantidad de agua: Los ríos son una fuente segura de agua durante todo el año; debido a que en ocasiones el caudal alimenta zonas de pantanos y ciénagas. Esto propicia que el agua en la temporada de lluvias fluya más lentamente, lo cual amplía, en las épocas más secas, el período en el que puede disponerse de agua.

• Regulación climática: La preservación de los sistemas hidrológicos naturales como los humedales, pantanos y bosques dentro de la cuenca tiene efectos micro climáticos y macro climáticos evidentes.

• La evapotranspiración: Es una fuente de niveles locales de humedad y la biodiversidad local. En las áreas con vegetación arbórea, gran parte del agua de las lluvias regresa a la atmósfera por evaporación o transpiración volviendo a precipitar en la zona circundante. Zonas en donde la evapotranspiración real es más alta, tiene mayor diversidad.

Por ello, es importante conocer los procesos físicos de generación y circulación por las que pasa el agua dentro de una cuenca. De acuerdo con Llerena (2003), "el concepto de cuenca como unidad territorial natural es el más importante ya que a partir de esta apreciación se puede comprender que únicamente en la cuenca hidrográfica es posible realizar balances hídricos.

3.2 Cuenca hidrográfica

Es el espacio del territorio limitado por las partes más altas de las montañas o parte agua, laderas y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que fluye sus aguas en un río principal, el cual se integra al mar, o a un lago a otro río de cauce mayor, conformando en este caso las subcuencas que se subdividen en microcuencas (Gaspari 2016).

3.3 Estructura de las cuencas hidrográficas

a) Subcuenca: Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuencas pueden conformar una cuenca (Faustino y Jiménez 2000).

b) Microcuenca: Técnicamente se conoce como microcuenca a la zona que alimenta las fuentes de agua, en donde después de haber llovido, el agua corre, formando así las aguas superficiales como quebradas y ríos, o se infiltra en el subsuelo donde alimenta

a los acuíferos y de donde sale en vertientes, nacimientos o manantiales (Duarte 2007).

c) **Quebradas:** es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca. Varias quebradas o riachuelos pueden conformar una microcuenca (García Azuero *et al.*2005).

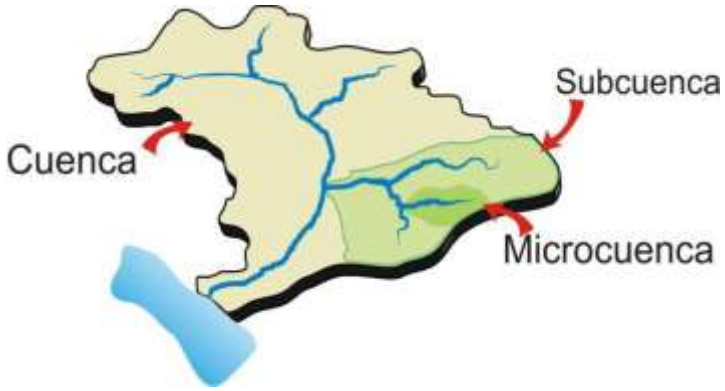


Figura 1. Estructura de una cuenca (Ordoñez, 2011)

3.4 Partes de una cuenca

Según López y Delgado (2009) las cuencas hidrográficas tienen tres áreas o zonas donde el impacto del agua es distinto, aunque se mantiene una estrecha interacción e interconexión entre ellas.

La primera, es la parte alta conocida como cabecera de la cuenca hidrográfica; en esta región se da la mayor captación del agua de lluvia y ayuda con la regulación y suministro de agua durante el resto del año a las otras partes de la cuenca. Todas las acciones que se hagan en esta parte de la cuenca, ya sean buenas o malas, tendrán sus repercusiones en el resto de la cuenca.



Figura 2. Partes de una cuenca hidrográfica

La segunda, es la parte media de la cuenca hidrográfica, en esta zona se dan mayormente actividades productivas y es la región en donde se ejerce mayor presión hacia la parte alta de la cuenca. Esta región es como una zona de amortiguamiento entre las acciones de la parte alta de la cuenca y los efectos que se evidencian en la parte baja de la cuenca.

Y la tercera, es la parte baja de la cuenca hidrográfica, que generalmente está cercana a las costas, por ejemplo todas las áreas cercanas al Océano Pacifico son las partes bajas de muchas cuencas hidrográficas. En esta zona se evidencian los impactos positivos o negativos de las acciones que se hacen en la parte alta de la cuenca (Mojica *et al* 2011).

3.5 Oferta hídrica

Es una porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo, cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países (IDEAM 2004).

El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca (Corponariño 2008).

3.6 Potencial hídrico en Honduras

Según Guillen (2015) el territorio hondureño está dividido en dos grandes vertientes, está conformado por 19 cuencas hidrográficas mayores de las cuales 14 desembocan en el Océano Atlántico y 5 en el Océano Pacífico, que descargan en un año normal un promedio de 92,813 millones de metros cúbicos (m^3) de precipitación, proporcionando aproximadamente 1,524 m^3/segundo. Por otra parte, se reconocen dos cuencas más que las conforman las Islas del Pacifico y las Islas del Atlántico que tienen una condición hidrológica diferenciada considerándose como cuencas independientes para un total de veintiuna cuencas.

En la actualidad, Mi Ambiente a través de la Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH) y financiado por el Fondo de Adaptación mediante la actualización del Balance Hídrico Nacional, ha elaborado un mapa con una nueva delimitación administrativa de las cuencas desde el punto de vista económico, con el propósito de establecer zonas para la planificación estratégica en este ámbito, dividiendo las áreas de algunas cuencas específicamente en la zona norte, el cual incrementa a 25 el número de cuencas, sin tomar en cuenta las islas de la Bahía y los Cayos del Pacifico, lo cual haría un total de 27 cuencas. Sin embargo, esta propuesta, aún se encuentra en discusión y no ha sido oficializada.

La red hídrica del país y la conformación de acuíferos (aguas subterráneas) es abastecida por un régimen de precipitaciones que oscila entre los 1200 y los 3,800 milímetros de lluvia por año; la construcción de medios de captación y represamiento para usos múltiples debe constituirse en un referente de mediano y largo plazo, a efecto de aumentar la deprimida tasa de aprovechamiento productivo de los recursos hídricos que transitan por el país (1800 mm por año, pero con alta variabilidad durante el año).

La importancia del agua subterránea como variable en el ciclo hidrológico para cualquier balance hídrico radica en que los acuíferos funcionan como embalses que regulan el agua infiltrada. En relación a hidrogeología en el país, en la actualización realizada por el Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT) del UNAH se lograron determinar los acuíferos con que se cuenta en el país.

Para poder estudiar los sistemas de agua subterránea se requiere información de geología, litología, estratigrafía, hidrografía e hidráulica subterránea con sus parámetros de permeabilidad y almacenamiento. En este estudio del régimen natural del recurso hídrico se vio la necesidad de investigar los acuíferos, pues tienen la capacidad de almacenar y regular el agua que percola a las capas subterráneas (Guillén 2015).

3.7 Balance hídrico

El balance hidrológico proporciona información acerca de la oferta hídrica, es decir con cuanto se dispone de agua para las diversas actividades; mientras que la demanda hídrica está condicionada por el consumo en metros cúbicos necesarios para satisfacer los diferentes usos, esto dimensiona la importancia de contar con balance hídrico; ya que brinda los elementos precisos en la toma de decisiones en torno al aprovechamiento de los recursos hídricos de una forma racional y sostenible (Jiménez 2006).

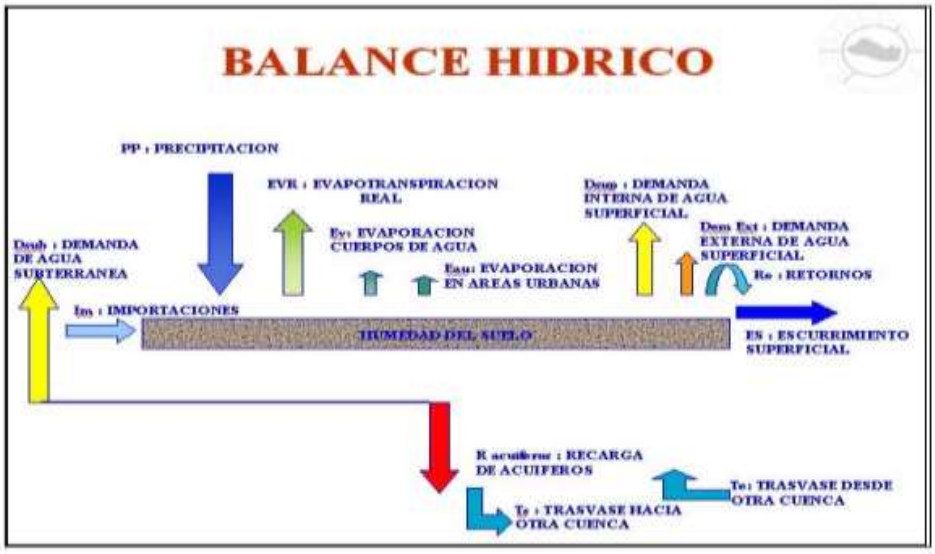


Figura 3. Esquema de balance hídrico analizado

La realización de un balance requiere conocer y medir los flujos de entrada y salida de agua, así como el almacenamiento o reserva. Los términos del balance suelen contener errores de medida, interpretación, estimación y errores debidos a una metodología poco apropiada. Todos estos errores provocan que la ecuación del balance "no cierre" de forma exacta, produciéndose un error de cierre. Es habitual obtener un término del balance, difícil de medir o estimar por otros métodos, como el valor que cierra el balance (Valiente 2001).

3.7.1 Oferta hídrica superficial

La oferta hídrica superficial para el estudio representa el volumen de agua continental que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Esta variable se analiza para unidades temporales anuales y mensuales en condiciones hidrológicas promedio, húmedas y año típico seco.

La oferta natural del país se determina a partir de la escorrentía superficial y está directamente asociada con los aportes de las áreas de las cuencas correspondientes representados en caudal específico o isolíneas de rendimientos hídricos y escorrentía (Agua Superficial 2010)

3.7.2 Elementos principales de un balance hídrico

a) Precipitación: Es el proceso en el cual la atmósfera pierde agua por condensación (lluvia o rocío) o sublimación inversa (nieve y escarcha) que pasan según el caso al terreno a la superficie del mar. En el caso de la lluvia, la nieve y el granizo (cuando las gotas de agua de la lluvia se congelan en el aire) la gravedad determina la caída; mientras que en el rocío y la escarcha el cambio del estado se produce directamente sobre las superficies que cubre (López y Delgado 2009).

b) Infiltración: Basados los estudios realizados por López y Delgado (2009) demuestran que ocurre cuando el agua que alcanza el suelo, penetra a través de sus poros a ser subterránea. La proporción de agua se infiltra y la que circula en la superficie (escorrentía)

depende de la permeabilidad del sustrato, pendiente y de la cobertura vegetal. Otra parte se incorpora en los acuíferos, niveles que contienen agua estancada o circulante.

c) Caudal: La aportación del caudal se mide en las estaciones de aforo a la salida de la cuenca. Las variaciones de reservas pueden calcularse directamente por los métodos conocidos, considerando tres niveles de reserva: superficiales, de humedad del suelo y en las capas freáticas (Zonaingeniería 2012).

3.8 Hidrología del modelo

Se puede definir modelo como una representación simplificada del mundo real, que permite tener una idea de lo que ocurre bajo ciertas circunstancias. Los modelos hidrológicos intentan representar los diferentes procesos que se dan dentro de un espacio (generalmente una cuenca) y que transforman, en principio, una precipitación en escorrentía. Un modelo siempre describe los componentes básicos y más importantes de un sistema complejo, por lo tanto, un modelo trata de representar cierta semejanza y algunas, pero no todas, características del sistema real que simula (Pascual y Díaz 2016). De esa manera, la precipitación incidente es la entrada al sistema, y queda definida como la distribuida en el plano superior del espacio de la cuenca; el caudal es la salida, y es el resultante de la interacción de los distintos planos dentro de los límites de la cuenca: el flujo que se concentró en el espacio del sistema hidrológico y se cuantifica a la salida de esta. La evaporación y el flujo subsuperficial también son salidas, pero si no intervienen como componentes que contribuyen al caudal modelado, se consideran pérdidas que escapan de los límites de la cuenca.

En su visión más esquemática, la representación de la cuenca como sistema a modelar y la estimación de la escorrentía producida en ella en su flujo de salida (hidrograma), puede relacionarse como un proceso agrupado en tres fases: precipitación (entradas), procesos intermedios producidos en el sistema hidrológico y producción de caudal (salidas). Los paulatinos avances del modelado hidrológico se han centrado en la ampliación de esa simplificación, sobre todo en la comprensión de los procesos intermedios y su relación entre las entradas y las salidas al sistema.

3.9 Calidad de Agua

Desde ese punto de vista, no importa que la falta de calidad se deba a causas naturales (impurezas naturales) o artificiales (contaminación). La calidad de una masa de agua natural puede relacionarse también con su cercanía al estado natural (composición) y a la pérdida de calidad se identificaría con su alejamiento de las condiciones naturales (contaminación). El agua se considera contaminada si su composición natural está modificada directa o indirectamente por el hombre ya que se presta menos a usos para los que podría servir en su estado natural.

Se trata de calibrar la modificación inducida en las características del agua a partir de un punto de referencia, que puede ser relativo (estado natural) o absoluto (normativa de calidad). (Sánchez 2006).

3.10 Modelo ArcSwat

Según Teshager, D; *et al* (2015) las aplicaciones del modelo de la Herramienta de Evaluación de Suelos y Agua (SWAT, por sus siglas en inglés) típicamente involucran la delineación de una cuenca hidrográfica en microcuencas y subcuencas que luego se subdividen en unidades de respuesta hidrológica, que son áreas homogéneas de suelo agregado, uso del suelo y pendiente y son las más pequeñas unidades de modelado utilizadas dentro del modelo.

En una aplicación estándar SWAT, varias unidades de respuesta hidrológica potenciales (campos de granja), en una subcuenca se suelen agrupar en una sola característica haciendo múltiples combinaciones, (campos de cultivo) con el mismo uso de suelo/tierra, suelo y pendiente, pero ubicados en diferentes lugares de una subcuenca (espacialmente no único).

El modelo SWAT también requiere muchos parámetros de entrada relacionados con el uso de la tierra, el suelo, el clima, la topografía, la cantidad y calidad del agua, que pueden necesitar ser calibrados y validados antes de usar el modelo para análisis específicos. La calibración y validación de un modelo SWAT para una cuenca hidrográfica es esencial para reducir las incertidumbres y aumentar la confianza del usuario para un análisis eficaz y eficiente. SWAT puede ser calibrado y validado en las escalas de tiempo diarias,

mensuales o anuales dependiendo del propósito del ejercicio de modelado específico (Teshager, D; *et al* 2015).

3.10.1 Componentes del modelo SWAT

Según Barbudo Cadena *et al*. (2016) estos se agrupan en ocho divisiones: clima, hidrología, sedimentación, temperatura del suelo, crecimiento de cultivos, nutrientes, transporte de plaguicidas y manejo del cultivo. En este estudio son de interés los tres primeros componentes.

a. Clima: El clima de una cuenca suministra las entradas, tales como humedad y energía que controlan el balance hídrico y determinan la importancia relativa de los diferentes componentes del ciclo hidrológico.

Las variables climáticas requeridas por el modelo SWAT se componen de precipitación diaria, temperatura del aire mínima y máxima, radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa. El modelo reconoce valores de éstos componentes para ser ingresados como registros de datos observados o generados durante la simulación. Si la precipitación y las temperaturas diarias no están disponibles, se pueden introducir directamente al modelo y el generador climático puede simularlas.

b. Precipitación: El modelo SWAT emplea el modelo desarrollado por Nicks (1974) para generar precipitación diaria, para simulaciones las cuales no son posibles de leer en datos medidos. Este modelo de precipitación se usa también para llenar datos faltantes en registros de medición. El SWAT usa el modelo de la cadena de Markov para definir un día como húmedo o seco, al generar un número al azar entre 0.0 y 1.0 para probabilidades mensuales de recibir precipitación si el día anterior fue húmedo o seco. Este número aleatorio se compara a la probabilidad apropiada húmedo-seco. Si el número aleatorio es igual o menor a la probabilidad húmedo-seco, el día se define como húmedo. Si el número aleatorio es más grande que la probabilidad húmedo-seco, el día se define como seco. Se considera un día húmedo cuando existe un día con 0.1 mm de lluvia o más (Barbudo Cadena *et al* 2016).

En el modelo SWAT, la humedad relativa simula promedios diarios a partir de promedios mensuales, utilizando una distribución triangular al igual que con la temperatura y la radiación. La humedad relativa media diaria se ajusta al tomar en cuenta los efectos de días húmedos y secos. Para calcular la humedad relativa media mensual, que se define como el radio de la presión actual del vapor a la presión del vapor de saturación a una temperatura dada. La evapotranspiración incluye la evaporación de ríos y lagos, suelo desnudo, y superficies con vegetación; la evaporación desde las hojas de las plantas (transpiración); y sublimación de las superficies de hielo y nieve (Barbudo Cadena *et al* 2016).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Materiales

Los materiales que se utilizaron para la investigación son los siguientes:

Vehículo motorizado, machete, GPS, cinta adhesiva, cinta vinílica, trozo de madera, hojas cartográficas, computadora, impresora, formatos, cámara fotográfica, libreta, papelería, cinta métrica, pluviómetro, software Soil and Water Assessment Tool (Swat).

4.2 Metodología

4.2.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en la microcuenca quebrada Pelo de Conejo, ubicada al sur este del municipio de Catacamas, Olancho, la que limita al norte con las comunidades de Las Piñuelas y Cerro del Vijía; al este con la microcuenca San José de Vallecito; al oeste con el Cerro Las Minas y Cerro de Mauricio y al sur con la Quebrada El Carrizal y caserío El Horizonte.

Cuenta con un área superficial de 433 hectáreas y comprende un rango altitudinal de 800 a 1,000 msnm, su ecosistema predominante es el bosque de pino. La microcuenca Quebrada Pelo de Conejo abastece a un aproximado de 150 abonados (750 habitantes población total), cuenta con una vegetación variada, bosque de pino, bosque mixto, guamiles y potreros (Tejeda 2017).

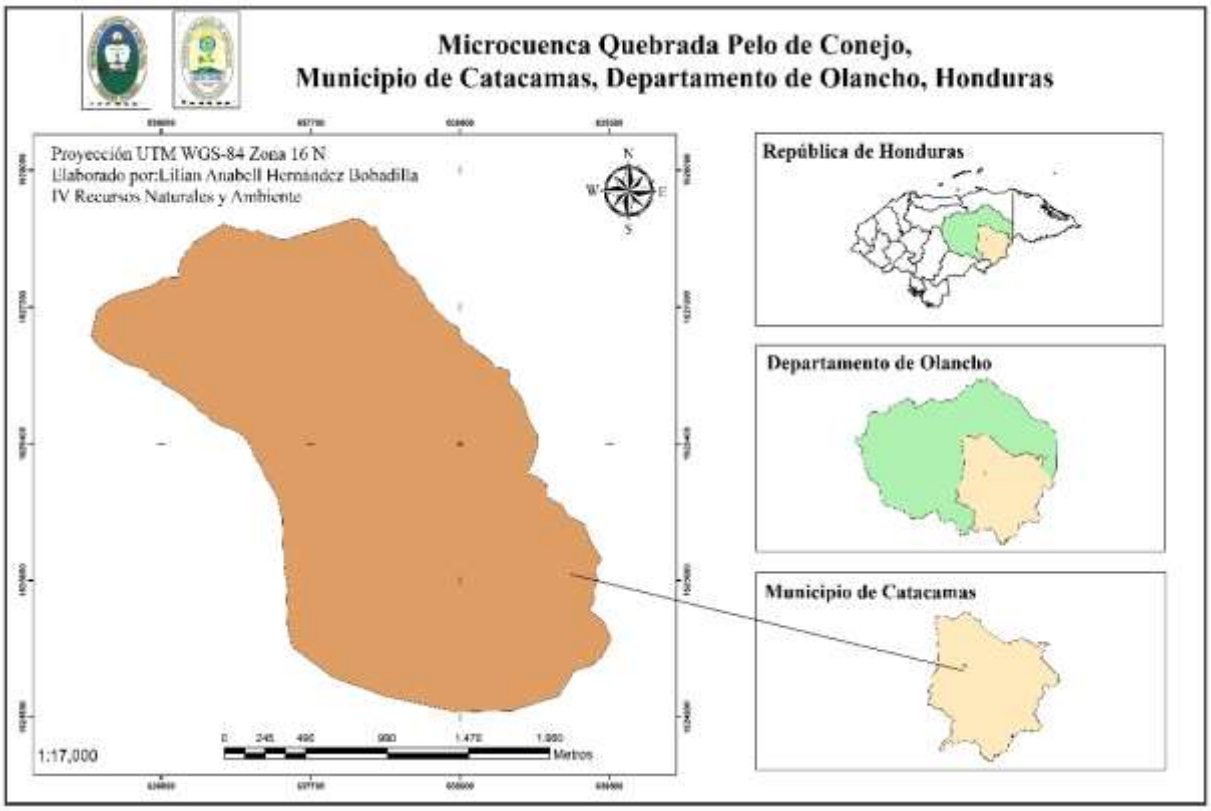


Figura 4. Ubicación de la microcuenca

El trabajo se realizó en cuatro etapas distribuidas en un orden cronológico con el propósito de cumplir cada uno de los objetivos previstos en ello.

4.3 Etapa I

En esta etapa crucial se contó con la aprobación de la población meta y de la misma manera su acompañamiento en el estudio.
A continuación, se detallan actividades de la etapa uno:

4.3.1 Reunión con actores del Instituto de Conservación Forestal

Se hizo una reunión con los técnicos del Instituto de Conservación Forestal para realizar el respectivo convenio con la tesista, y luego se invitó a las personas que integran la junta de agua de la comunidad del Cerro del Vijía y realizar la programación para la socialización.

4.3.2 Socialización

En esta etapa se hicieron tres reuniones, una al inicio de la investigación en la comunidad Cerro del Vijia para socializar y planificar el trabajo que se realizó en el área potencial como zona abastecedora de agua, la segunda reunión se realizó para presentar avances del trabajo de investigación y luego para finalizar se planificó la tercera y última reunión para presentar los datos obtenidos de la misma, de igual forma se impartió una charla sobre el uso racional del agua y el manejo que se debe dar a la microcuenca y los beneficios que se obtiene de la misma.

4.3.3 Delimitación del área de estudio

Con el respectivo uso de las hojas cartográficas se creó un polígono que es el área de la microcuenca, posteriormente se realizaron recorridos por el parteaguas y con el uso de GPS se obtuvieron las coordenadas en campo para modificar o corregir el polígono elaborado inicialmente.

4.3.4 Recorrido en campo para la identificación y selección de los tributarios o afluentes a evaluar

Con acompañamiento de miembros de la comunidad, se desarrolló un recorrido a la microcuenca con el objetivo de identificar cada uno de los afluentes o quebradas que hacen confluencia en la quebrada principal, una vez identificados se clasificaron de acuerdo a su caudal en: Afluente o Quebrada 1, Afluente o Quebrada 2 y Afluente o Quebrada 3.

Utilizando hojas cartográficas, mapas generales de Honduras, Sistemas de Información Geográfica (SIG) se elaboraron mapas definiendo así los tributarios que serían caso de medición o estudio, realizando una zonificación de la microcuenca para facilitar la interpretación de su potencial hídrico.

4.3.5 Aforos

Para el desarrollo de esta actividad se realizaron los aforos a cada una de las quebradas o afluentes seleccionados, se hizo a través del método del flotante, para ello se utilizó un trozo de madera, un cronómetro, cinta vinílica, cuaderno de apuntes, formatos, GPS y cámara.

Clasificación de los afluentes: **Afluente o Quebrada 1** que son los afluentes que tienen un ancho de 1m a 3m, **Afluente o Quebrada 2** los afluentes que tienen un ancho de 1m a 1.5m y el **Afluente o Quebrada 3** son los afluentes que tienen un ancho de 0.5 m a 1m en temporada de invierno.

Cada uno de los afluentes o quebradas aforadas, se georreferenció cada una a través de un GPS con el propósito de aforar en el mismo lugar en la temporada seca.
Dichos aforos se realizaron en los meses de Octubre y Noviembre para un total de 10 aforos un aforo por cada afluente o quebrada. Luego se realizaron aforos el próximo año para poder hacer las respectivas comparaciones y ver su variación de caudal de cada afluente o quebrada en los meses de Febrero y Marzo del año 2018 dando un total de 10 aforos.
Se obtuvieron datos de 20 aforos en total, en donde se obtuvieron diferentes variaciones de caudal por la época de lluvia y época seca.

4.3.6 Taller

Se realizó un taller sobre el uso racional del agua y el manejo que se debe dar a la microcuenca y los beneficios que se obtiene de la misma, se aplicó la metodología de lluvia de ideas, y se explicó el uso y debido mantenimiento que se le debe de dar a una

microcuenca, con el propósito de que las personas conozcan más de cómo pueden proteger sus recursos naturales. En este taller se logró conseguir la participación dinámica en la comunidad en todo el proceso de la investigación y de que las personas obtuvieran un aprendizaje tanto de la comunidad como de la tesista.

4.4 Etapa II

Se realizó la identificación del potencial hídrico para posteriormente definir la oferta hídrica de la microcuenca. A continuación, se detallan actividades de la etapa dos:

4.4.1 Información cartográfica y topográfica

Con la información cartográfica digital y teniendo el polígono de la microcuenca se identificaron todos los afluentes o quebradas primarios, secundarios y terciarios que abastecen al cauce principal utilizando la base de datos de la red hídrica de Honduras, estos mismos fueron validados en el terreno verificando su existencia y su categorización.

En el programa de Global Mapper se descargaron las curvas a nivel de dicha microcuenca, luego se ingresaron al programa de Arcgis teniendo el polígono del área, se hizo un Clip de las curvas con la delimitación del polígono para proceder a la elaboración de un Tin para proseguir a realizar el Slope que es el mapa de pendiente de la microcuenca. Teniendo el mapa topográfico de acuerdo a los rangos de pendiente existentes en| la microcuenca, este se tomó en cuenta al momento de obtener los resultados de los aforos para la medición de la oferta hídrica.

4.4.2 Información de precipitación

Con la capa de estaciones meteorológicas de Honduras se hizo un mapa de Isoyetas e isotermas (IDW) en el programa de Arcgis tomando en cuenta la variable de precipitación y temperatura para identificar sus porcentajes en la zona.
De igual forma se recopiló la información del pluviómetro que el proyecto CLIFOR que se instaló en el mes de marzo del 2017 en la comunidad del Cerro del Vijía donde se

hicieron los análisis correspondientes y comparaciones con la base de datos de estaciones meteorológicas de Honduras.

4.4.3 Infiltración

Mediante el método del infiltrómetro, se realizaron pruebas de infiltración con un anillo metálico concéntrico que consiste en instalar un anillo de 12cm de diámetro y 20 cm de altura. Se introdujo en el suelo 5 cm y se colocó una tela sobre la superficie interna del suelo, para proteger la superficie del suelo durante la aplicación del agua y así evitar que esta se infiltre sin ser cuantificada, el nivel del agua de anillo se mantuvo a una altura mínima de 7,5 cm. Las mediciones se realizaron mediante el uso de una regla graduada a intervalos de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30 minutos.

La prueba de infiltración se realizó en una de las unidades de muestreo que se ubicaron en la parte alta, media y baja de la microcuenca con la finalidad de obtener un dato representativo de cada uno de los sistemas.

4.5 Etapa III

Se utilizó el modelo ArcSwat, que es una extensión de ArcGis. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) con esta herramienta se analizó y estructuró un modelo de la microcuenca el cual permitió calcular el cauce principal, manejo del agua en el suelo, uso de tierra, delimitación de la misma y condiciones sobre un tiempo prolongado.

4.6 Etapa IV

4.6.1 Tabulación de datos

Los datos obtenidos en los análisis de agua y suelo se tabularon y analizaron, a través del modelo hidrológico ArcSwat.

4.6.2 Generación de mapas

Haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica, se elaboró un mapa de red hídrica de la microcuenca mapa de tributarios o afluentes de la microcuenca, mapa de isoyetas, mapa de suelos de la microcuenca; cada uno de los mapas se realizaron con los resultados obtenidos utilizando hojas cartográficas (WGS84), Soil and Water Assessment Tool (Swat) y Sistemas de Información Geográficos (SIG) para realizar una zonificación de la microcuenca y facilitar su hidrología y densidad de drenaje.

4.6.3 Calidad de agua

Se tomaron 8 muestras de agua de los afluentes o quebradas 1 y uno del afluente o quebrada 2 (T 2.1) que son los que obtuvieron mayor caudal de las quebradas para medir la calidad y cantidad que cada afluente.
Las muestras se recolectaban a las 5:00am en botellas de plástico para realizar el análisis químico y el bacteriológico en bolsas pequeñas que el laboratorio brida al momento de ir a consultar para el traslado de las mismas.

Luego estas muestras eran transportadas al laboratorio de la Región Departamental de Olancho (Juticalpa Olancho) donde se hicieron los análisis químicos y bacteriológicos correspondientes y de esta forma se determinó la calidad del agua, lo cual sirvió para la toma de decisiones, así como la selección del sitio para la construcción de la represa.

4.6.4 Presentación de resultados obtenidos

Se realizaron reuniones con los miembros de la comunidad del Cerro del Vijia y usuarios presentes en la microcuenca, personal del ICF; para presentar los resultados del estudio y poder tomar decisiones en base a una información científica. Se desarrollaron reuniones con las autoridades municipales, personal del ICF, CLIFOR y otras instituciones afines con el manejo del agua; para presentar los resultados del estudio y ver de qué manera se pueda replicar.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Zonas de recarga hídrica de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo

La microcuenca Quebrada Pelo de Conejo cuenta con un área aproximada de 493 hectáreas, **y se** representa por el número de quebradas que hacen confluencia en la quebrada principal.



Figura 5. Red hídrica de la microcuenca

Definiendo 10 afluentes o quebradas, las cuales abastecen a la microcuenca y están categorizados como afluente o quebrada 1 y afluente o quebrada 2; contando con 7 quebradas dentro de la categoría 1; siendo estos los que ofrecen mayor producción de agua y se mantienen en temporada de verano y 3 quebradas dentro de la categoría 2 los

cuales ofrecen una cantidad de agua estable, pero varía en temporada de verano. Se encontraron una serie de afluentes o quebradas llamados corrientes efímeras clasificados como afluentes o quebradas 3 que únicamente se mantienen en temporada de invierno.

Cabe destacar que fueron llamados ***afluentes o quebradas*** porque en la microcuenca no se les ha dado ningún nombre distintivo en el que se pueda reconocer a cada uno de los mismos.

A continuación se representa la clasificación y ubicación de cada una de los afluentes o quebradas identificados de la microcuenca:

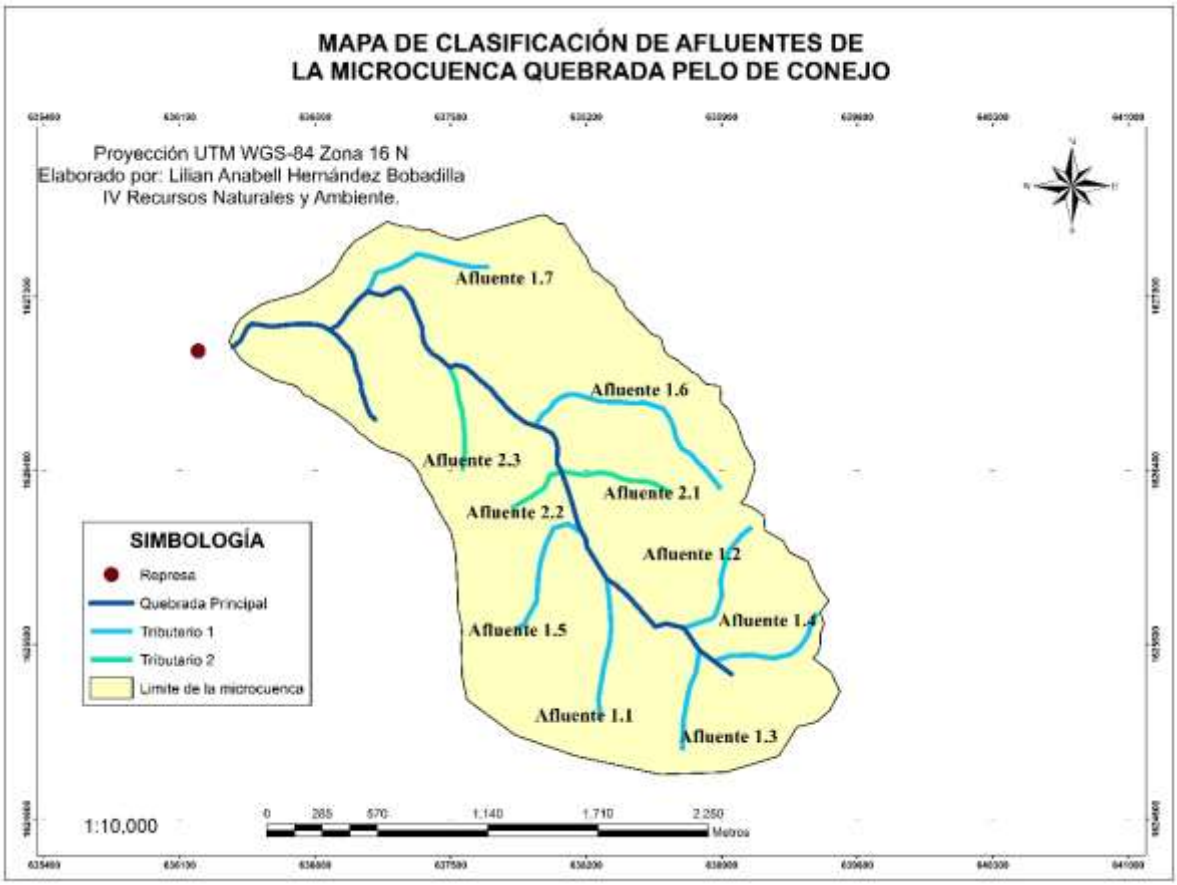


Figura 6. Representación de la clasificación de los afluentes o quebradas

5.1.1 Aforos

Los aforos se realizaron en la temporada de lluvia del año 2017, logrando aforar 10 tributarios o quebradas existentes en la microcuenca de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

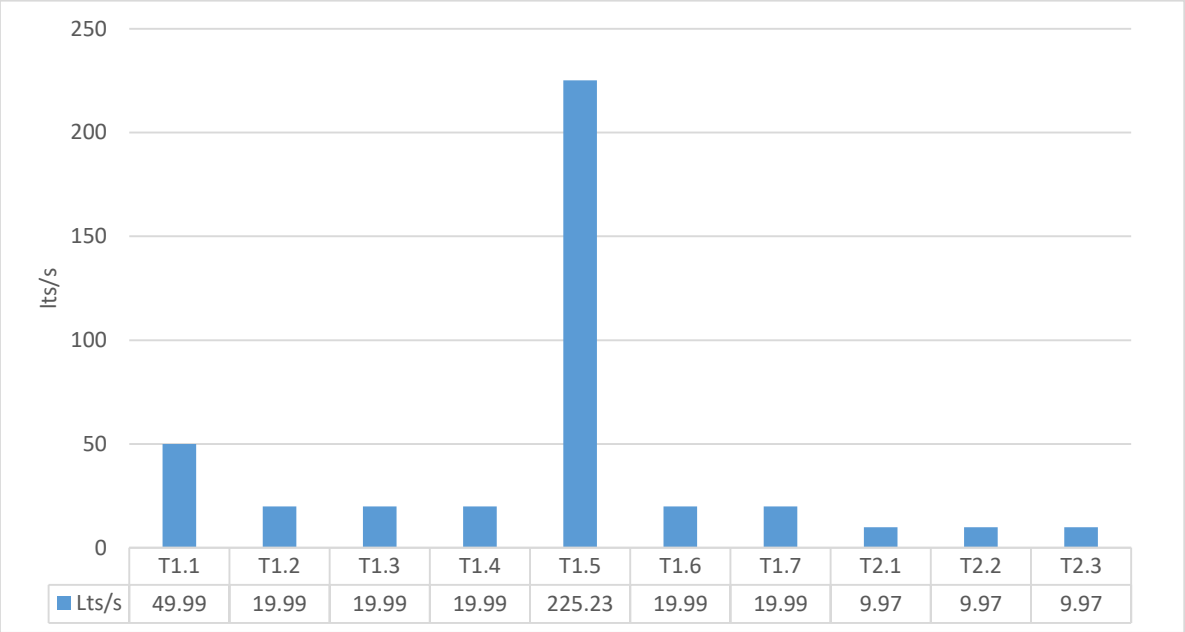


Figura 7. Resultados de aforos en temporada de lluvia

Destacando que el afluente o quebrada con mayor producción de agua es el afluente 1.5 con 225.23 lts/s seguido por el afluente o quebrada 1.1 con una producción de 49.99lts/s en temporada de invierno; siendo estos los que mayor cantidad de agua aportan a la quebrada principal de la microcuenca y la suma de los afluentes 1 (1.2, 1.3, 1.4, 1.6 y 1.7) aportan un total de 99.95lts/s. mientras que los afluentes 2 aportan una mínima cantidad de 29.91lts/s a la misma, siendo un total de 405.08lts/s los que estos 10 afluentes aportan a la quebrada principal.

Esta variación de caudal se debe a la cantidad de agua que la microcuenca absorbe por las aguas lluvias que ocurren en esta temporada y dependiendo de la infiltración que existe en ella.

Además, se debe al tipo de pendiente donde se ubican influye también el área boscosa en donde se encuentran, ya que al tener un área reforestada se obtienen mejores fuentes de agua.

Para tener una idea más amplia del volumen del agua de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo se realizó la toma de aforos en la temporada seca, en los meses de Febrero y Marzo del año 2018 para ver la variabilidad de cada uno de los tributarios o quebradas y los cambios que pudieran surgir en la misma.

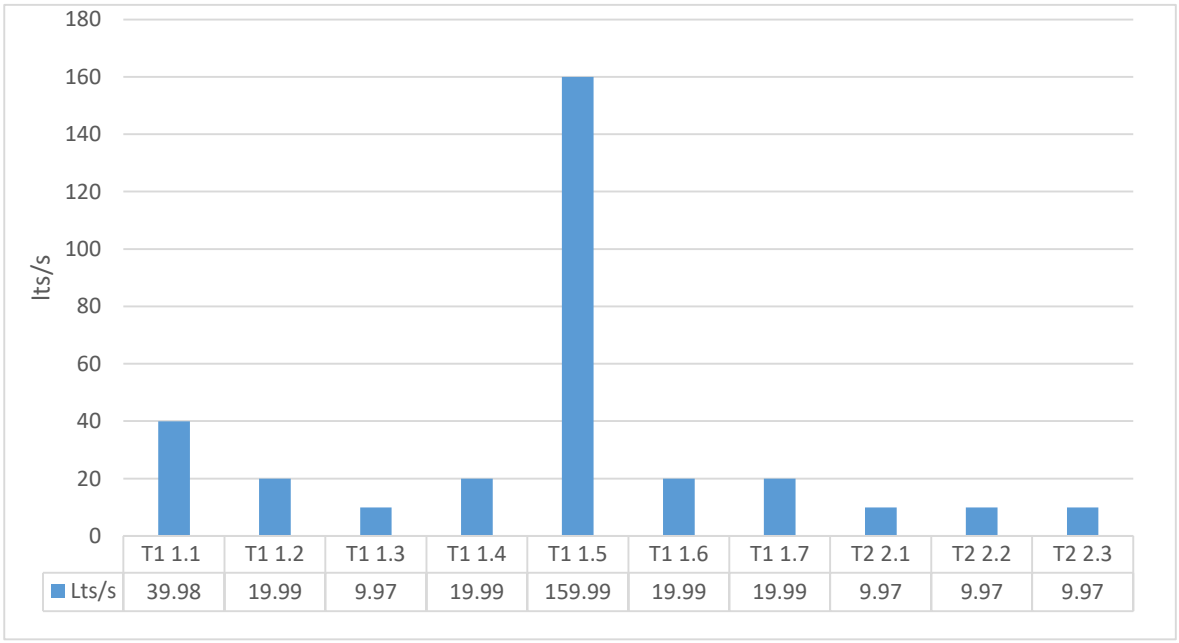


Figura 8. Resultados de aforos en temporada seca

Destacando que el tributario o quebrada con mayor producción de agua en la temporada de verano sigue siendo el afluente 1.5, pero esta vez con 159.99 lts/s seguido por el afluente o quebrada 1.1 con una producción de 39.98lts/s, siendo estos los que mayor cantidad de agua aportan a la quebrada principal de la microcuenca, pero se puede observar que reduce su cantidad de caudal debido a la temporada en época seca que se encuentra.

Los afluentes o quebradas 1 (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.6, 1.7) aportan 89.93lts/s, mientras que los afluentes o quebradas 2 (2.1, 2.2, 2.3) aportan 29.91lts/s; para ello haciendo un total de 319.81lts/s lo que aportan los 10 afluentes en total en la temporada de verano.

Estos tienden a bajar debido a la temporada en que se encuentra, tienden a reducir los caudales debido a la falta de aguas lluvias que no se aporta a la microcuenca, y ésta en vez de ganar pierde, o tratan de sostenerse algunos afluentes gracias a la vegetación existente en la zona.

5.2 Potencial hídrico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo mediante la aplicación de la oferta hídrica.

Se realizaron análisis de los datos que son recolectados a diario de un pluviómetro que está ubicado en la comunidad del Cerro de Vijía cercano a la microcuenca, donde muestra que los meses más abundantes de agua precipitada fueron los meses de junio, julio, agosto, septiembre, siendo el mes de julio el más abundante en agua precipitada con 296 mm y meses
críticos son de marzo abril mayo y octubre siendo el mes de marzo el más deficiente en agua precipitada con 13.5 mm/mes en el año 2017.

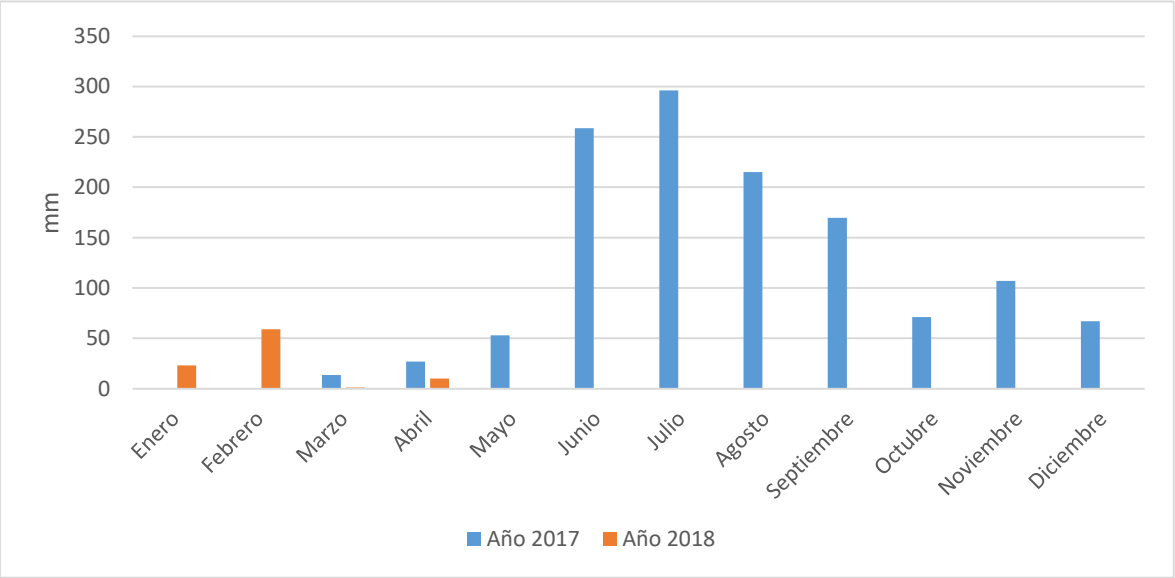


Figura 9. Resultados de precipitación mensual de la comunidad Cerro del Vijía del año 2017.

En los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, la microcuenca se encuentra de forma balanceada, ya que no tiene problemas

en su demanda de agua, por lo que la microcuenca absorbe una gran cantidad de agua de lluvia en esa temporada, esto quiere decir que está teniendo un balance adecuado, lo que indica que la microcuenca lograría abastecer a la comunidad sin problema alguno.
Sin embargo, para el año 2017 la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo se benefició con aproximadamente 1277.5 mm de precipitación, datos que se obtienen del pluviómetro instalado en la comunidad Cerro del Vijía (Ver anexo 7).

Para dar un estimado del potencial hídrico que esta microcuenca ofrece fue necesario tomar en cuenta el porcentaje de pendientes y el tipo de suelo que existe en la microcuenca; para ello se observó que el afluente 1.5 posee la mayor cantidad de agua se encuentra tanto en temporada seca como en temporada lluviosa, encontrándose en una pendiente con un porcentaje de mayores o iguales de 10% a 21% lo que indica que el agua que cae en ese sector de la microcuenca a través de las lluvias, rápidamente llega al afluente o quebrada donde quizá no haya una infiltración adecuada pero si hay rendimiento de agua en dicho afluente.

Existe una variación de los caudales de cada afluente o quebrada debido a la variación de pendiente existente entre 10% a 40% lo que tiene que ver con la inclinación que tiene cada afluente o quebrada.

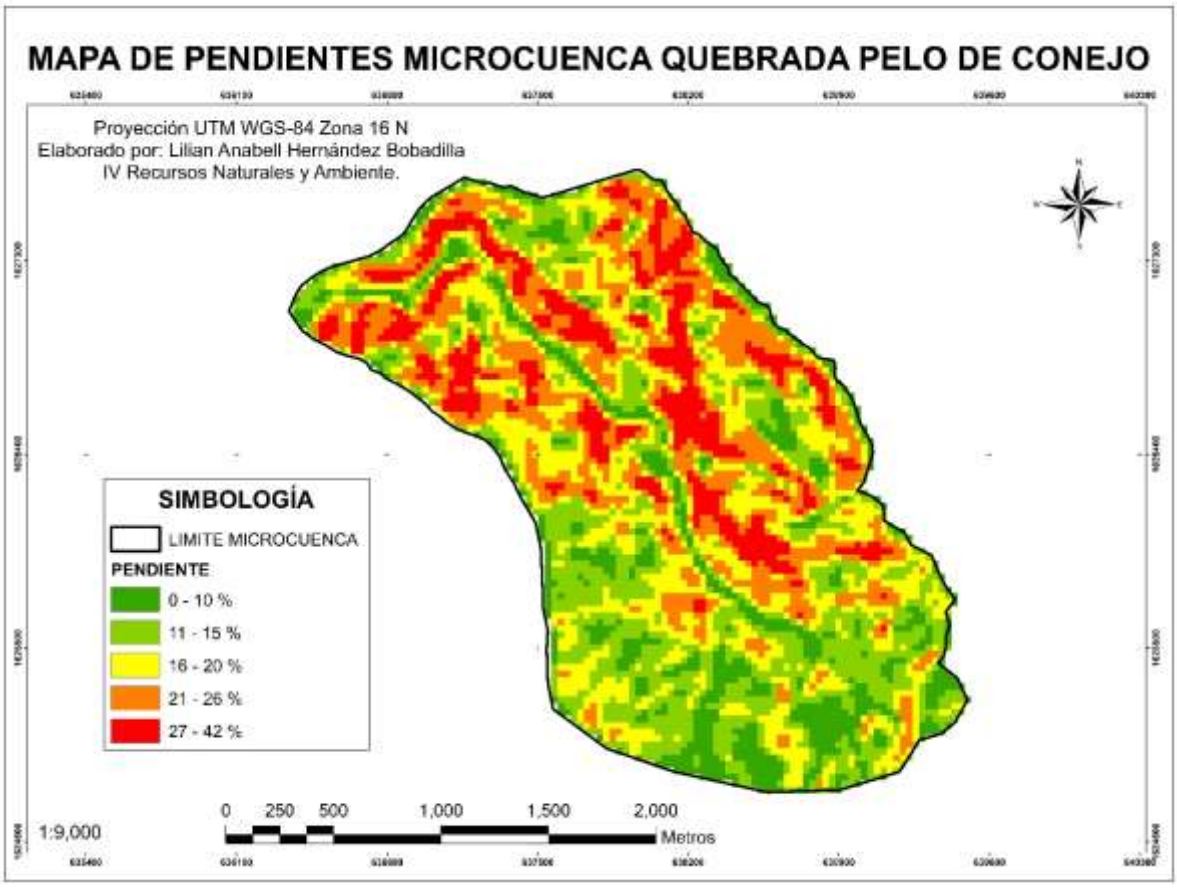


Figura 10. Mapa de pendiente de la microcuenca

Según los resultados obtenidos indican que la oferta hídrica total en los aforos en temporada de invierno fue de 405.08lts/s y en temporada de verano fue de 319.81lts/s, sin embargo, estos resultados indican que el potencial hidrológico varía según la temporada en que se encuentre, pero estos resultados, pueden ir aumentando o disminuyendo cada año según la protección y conservación que se le brinde a la microcuenca.

La oferta que la microcuenca ofrece en temporada de invierno es de 405.08lts/s, mientras que en la temporada de verano la oferta de esta microcuenca disminuye a un 319.81lts/s.

Estimando un consumo de 0.00254lts/s al día por persona según la OMS (2004) y que en la comunidad del Cerro del Vijía cuenta con una población de 750 habitantes, se estima que la demanda es de 1.905lts/s, al día lo que el potencial hídrico de la microcuenca lo cubre y que puede brindar a 212 comunidades más.

Con el mapa de Isoyetas representado en la microcuenca se puede establecer la precipitación promedio por año que esta obtiene, con ello podemos observar que la precipitación promedio anual mayor se detalla entre los 1,280 mm hasta 1,295 mm esta se da en la parte más alta de la microcuenca.

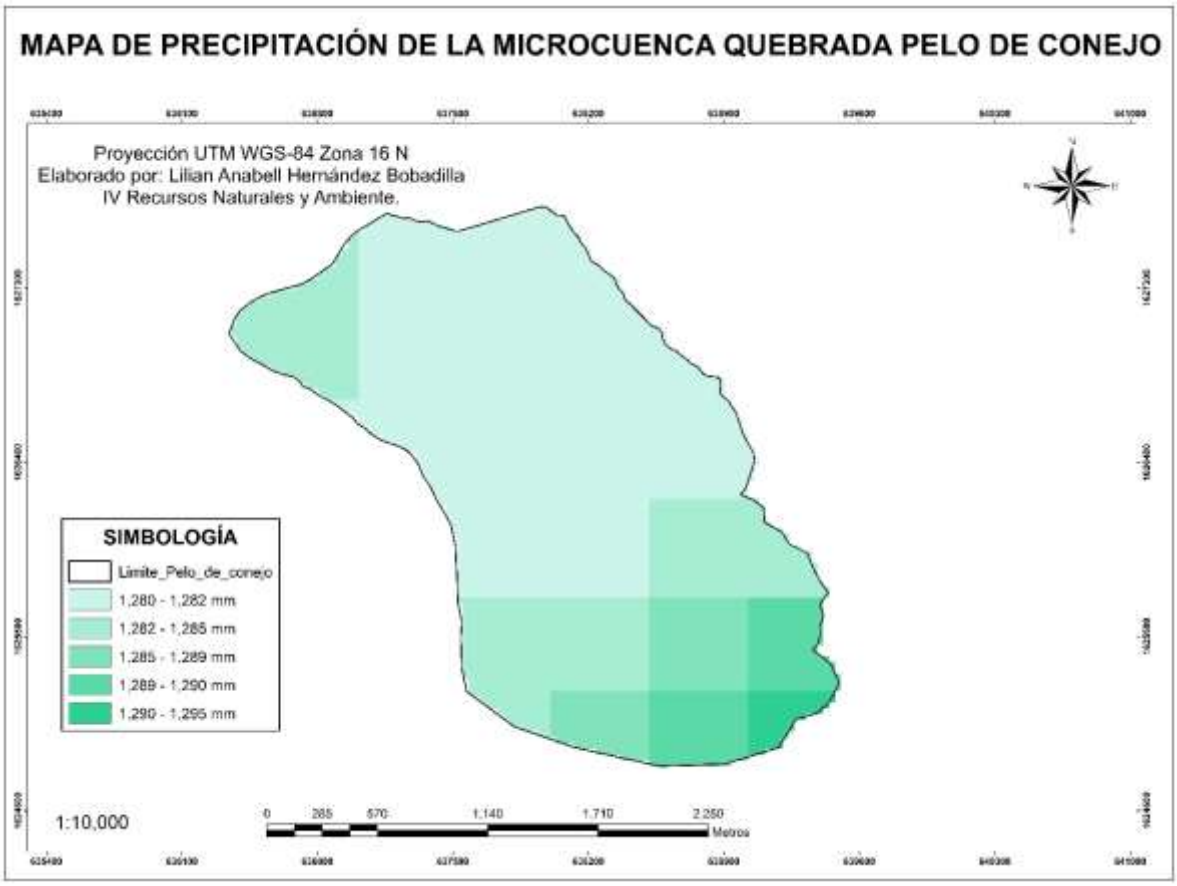


Figura 11. Mapa de precipitación (isoyetas) de la microcuenca

5.2.3 Capacidad de infiltración en la microcuenca

Las pruebas de infiltración fueron realizadas de manera simultánea en cada una de las zonas de la microcuenca, en base a que se colocó el anillo concéntrico en bosque de pino, bosque latifoliado y potreros. Estas pruebas se realizaron en días diferentes y cada una se hizo en la parte alta, media y baja de la microcuenca.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la capacidad de infiltración calculada con tres pruebas aplicadas a cada uno de los sistemas evaluados.

Cuadro 1. Capacidad de infiltración promedio en la parte alta, media y baja de la microcuenca, realizadas en bosque de pino, bosque latifoliado y potreros en la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

Sistema	**Infiltración (cm h^{-1})**
Potreros	**1.08**
Bosque de pino	**2.1**
Bosque latifoliado	**3.84**

Los valores de infiltración obtenidos, con el método del anillo concéntrico indica que la velocidad de infiltración entre cada uno de los sitios donde se aplico es diferente. Así, el lugar donde se encuentran los potreros tuvo 1.08 menos infiltración que el área de bosque latifoliado y el bosque de pino (ver Anexo 6).

Calculo de la velocidad de infiltración

IV= $(\Delta\ de\ lectura * 600)/\Delta\ de\ tiempo$

Donde:

IV: Velocidad de infiltración de mmh^1

$\Delta\ de\ lectura$: $Diferencial\ de\ lectura\ en\ cm$

$\Delta\ de\ tiempo$: $Diferencial\ de\ tiempo\ en\ minutos$

Siendo así con los resultados obtenidos la capacidad de infiltración depende de las características del suelo, como ser la estructura que este tenga, el tipo de cobertura vegetal también es uno de los factores principales para que se realice el proceso de la infiltración, y este fue uno de los lugares en que mayor cobertura presentaron los mejores valores, debido a la cantidad de materia orgánica que existe en esta área de la microcuenca, gracias al efecto esponja que existe en el suelo de los bosque latifoliado, tiene la capacidad de absorber el agua con mayor facilidad, ya que la cobertura del suelo tiene una acción protectora por la que la intercepción y absorción del impacto de la gota de lluvia previene,

así el sellado de la superficie preserva la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la materia orgánica que este tenga.

Es por eso que la infiltración del agua puede ser mantenida a lo largo de la lluvia y gracias a este proceso esta área carece de escorrentía, lo que afectaría en gran manera a las fuentes de agua existentes en la microcuenca.

Con respecto al valor encontrado en el área de bosque de coníferas es media alta la infiltración ya que se encuentra cierto grado de vegetación, pero no existe gran cantidad de materia orgánica, por el tipo de suelo que existe en esta área, ya que son suelos pedregosos y con menos facilidad de infiltración.

Mientras que en potreros la intensidad del pastoreo es una de las razones por la cual afectaría a la capacidad de infiltración, debido a la compactación del suelo por el pisoteo del ganado y a la vegetación que se encuentra en estas áreas.

5.3 Calidad de agua de cada afluente de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

Para analizar la calidad de agua se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del análisis de agua para verificar o mantener la calidad de agua deseable, y así orientar a la comunidad para el desarrollo sostenible de los afluentes.

Las muestras de agua se tomaron a afluente abierto durante el mismo mes en la temporada seca; y para ello se realizaron gráficos comparativos de las concentraciones de los parámetros según resultados de los análisis de agua de cada afluente o quebrada.

5.3.1. Potencial de hidrógeno (pH).

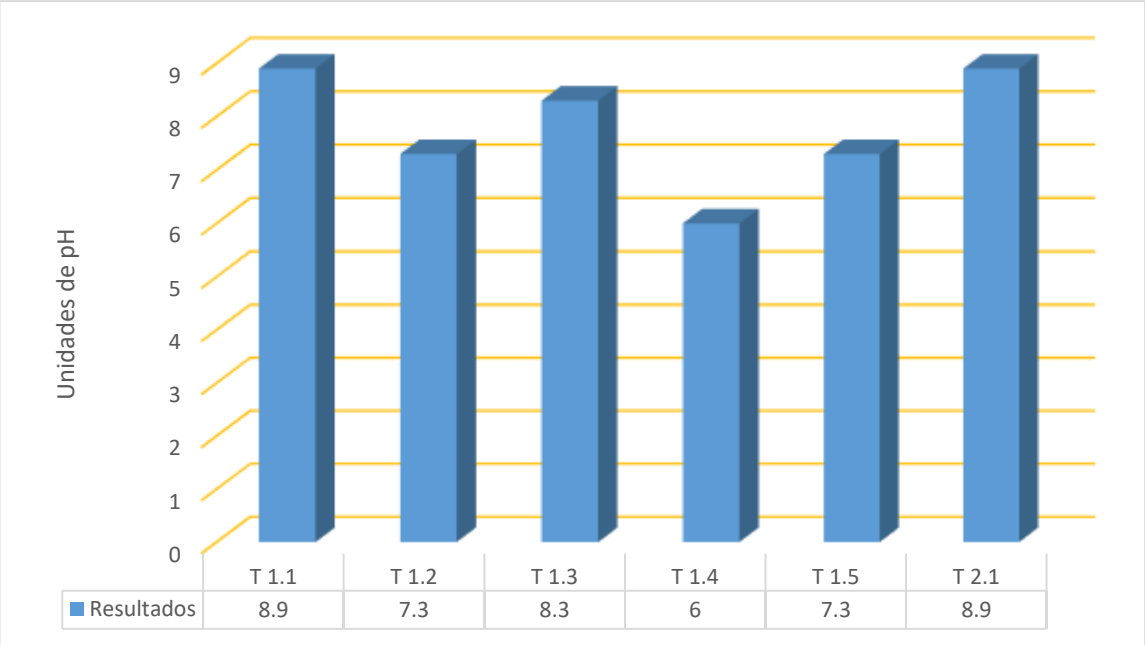


Figura 12. Comparación de pH por afluentes o quebradas

En la figura se puede observar que todos los afluentes o quebradas de la microcuenca se encuentran dentro del valor de pH recomendado de 6.5 a 7.

Como se observa se puede decir que hay una variabilidad dentro del pH para cada uno de los afluentes, habiendo una diferencia en el afluente o quebrada 1.1 y el afluente o quebrada 2.1, ya que se encuentra con un cambio drástico de pH debido a los contaminantes expuestos, como ser ganadería y el uso de agroquímicos dentro de la microcuenca, que contribuyen a provocar la muerte de flora acuática, ya que el encontrarse con un pH menor de 5 podría ocasionar ciertos problemas de reproducción y pH muy bajos o muy altos seria letal para la vida acuática y para consumo humano, por lo que deberían de ser neutros cada uno de los mismos.

5.3.2. Turbiedad o turbidez en el agua

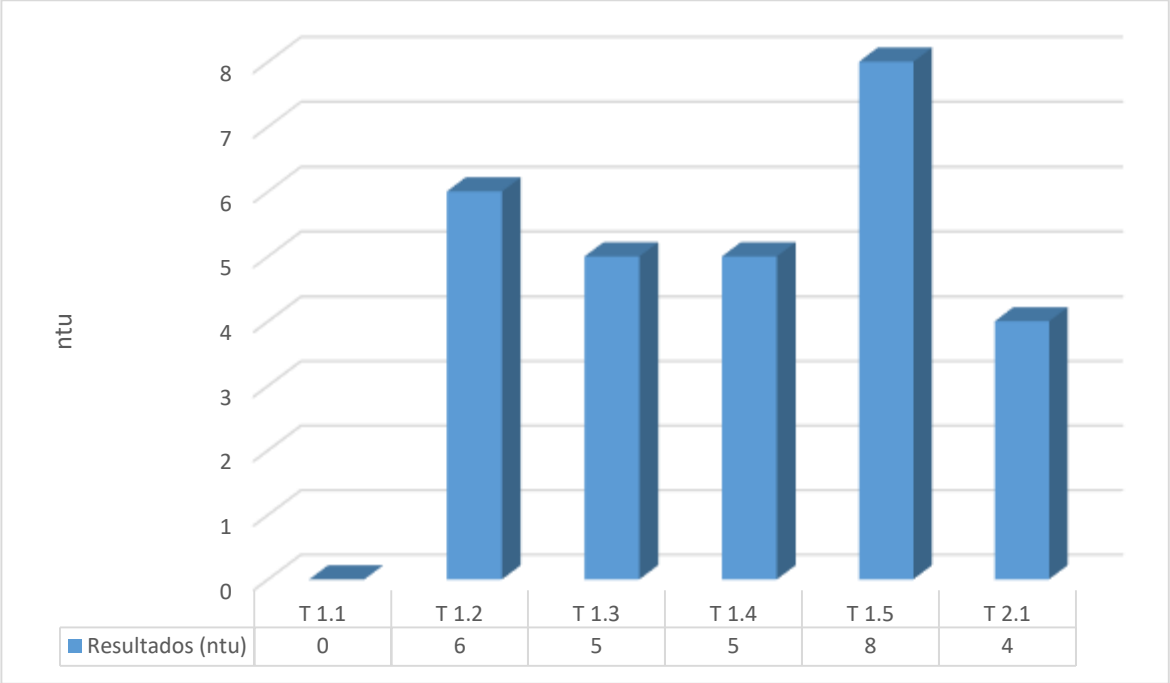


Figura 13. Comparaciones de Turbiedad entre cada uno de los afluentes o quebradas

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, midiendo así la claridad del agua. Este parámetro mide cuantos sólidos hay en suspensión con el agua como ser arcilla, arena y otros materiales distintivos en el agua (González 2011).

Según Norma Técnica Nacional para la Calidad de Agua Potable de Honduras los rangos de la turbidez en el agua son los siguientes:

Valor	Unidad
>5	Muy alta
>3 hasta 5	Alta
3	Máximo admisible
1	Recomendable

Como se observa en la gráfica el único afluente o quebrada con un grado de turbidez adecuado es el afluente 1.1 siendo este en el nivel ***recomendado*** ya que no se encontraron ciertos parámetros que afectarían la calidad de agua del mismo. Mientras que en los demás

tributarios existe una variación entre los mismos con unidades muy altas. Este factor es considerado como uno de los parámetros que es de mucha ayuda en la identificación de la calidad de agua.

5.3.3. Dureza

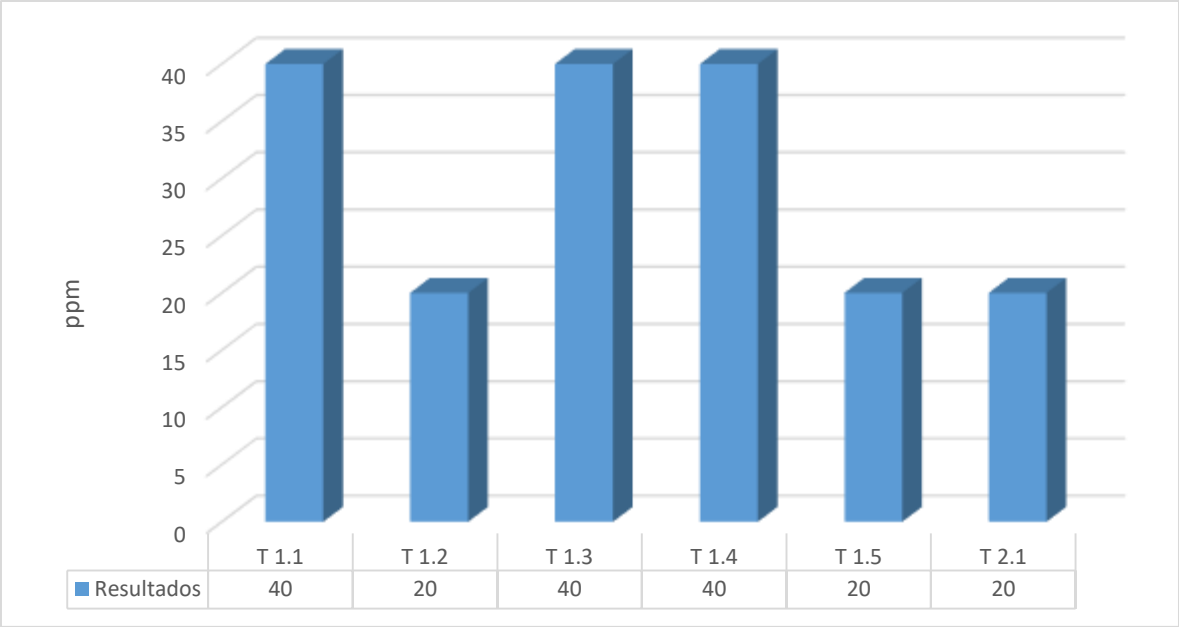


Figura 14. Comparaciones de los resultados de dureza en el agua para cada afluente o quebrada

La dureza se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad del agua. Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espuma de detergentes en contacto con el agua tanto para uso industrial y doméstico, además de ser nociva para consumo humano. La denominación de niveles de dureza en el agua puede ser de muy suaves en un ppm de 0-15 hasta muy duras mayores a 300ppm (Mazzoco 2004).

Según Norma Técnica Nacional para la Calidad de Agua Potable de Hondura de acuerdo a la concentración de carbonatos contenidos en el agua, puede clasificarse los niveles de dureza de la siguiente manera:

Denominación	*Partes por millón (ppm) de carbonatos*
Valor recomendable	400

Mostrando cada resultado obtenido en la gráfica, se observa que la dureza del agua se encuentra en un rango de 20ppm a 40ppm, lo que indica que cuenta con un nivel de dureza suave, y se encuentran en sus solubilidades mínimas que no afectan a la calidad de agua de la misma.

5.3.4. Nitritos

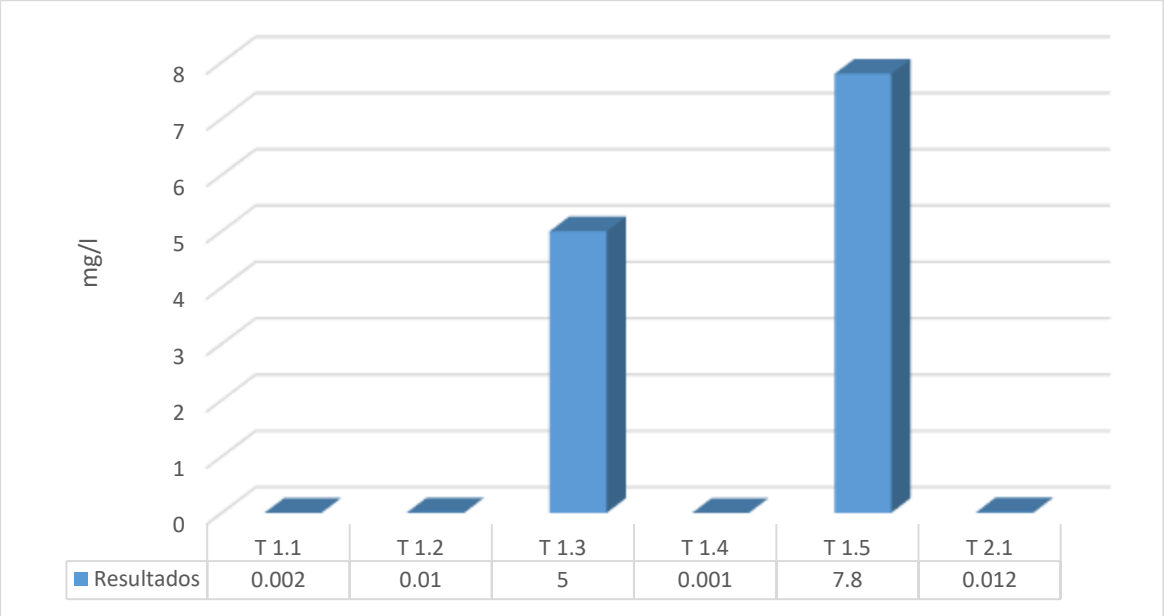


Figura 15. Resultados de Nitritos por afluente o quebrada

La presencia de nitritos en el agua es indicativa de contaminación de carácter fecal reciente. En aguas superficiales, bien oxigenadas el nivel de nitrito no suele superar de 1mg/l los nitritos en concentraciones elevadas reaccionan en el organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosamidas de alto poder cancerígeno y toxico para la salud humana (U.P.C. 2005).

Según Norma Técnica Nacional para la Calidad de Agua Potable de Hondura los límites máximos permitidos de presencia de nitratos en las aguas de consumo humano son los siguientes:

ION	Valor máximo
Nitritos	1mg/l

Como se observa en la gráfica se puede decir que el afluente o quebrada 1.3 y el afluente o quebrada 1.5 es el que representa mayor cantidad de contaminación en nitritos lo cual no es recomendable para el consumo humano. Esto se debe a la contaminación que se genera en la microcuenca, tales como la utilización de agroquímicos en la zona y la ganadería que existe en ella.

5.3.5. Nitratos

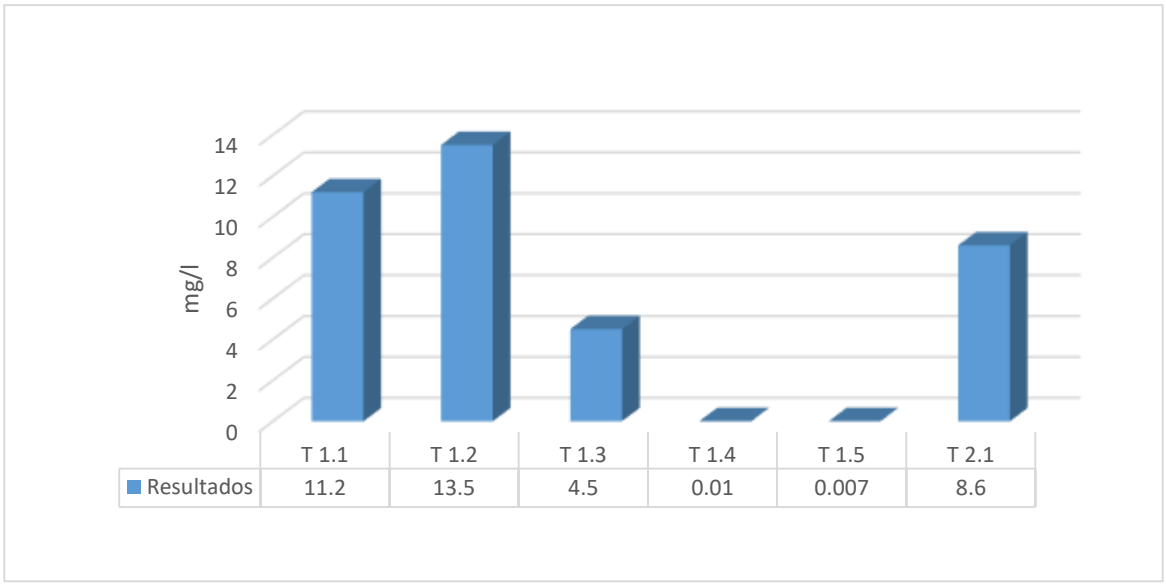


Figura 16. Comparación de nitratos por cada afluente o quebrada

Los nitratos (NO3-) son sales muy solubles, derivadas del nitrógeno, que se pueden encontrar en alimentos y aguas de bebida. Derivan principalmente del empleo de fertilizantes nitrogenados, excretas de animales, descargas de desechos sanitarios e industriales.

En las aguas superficiales, como los ríos y lagos, la concentración de nitratos es habitualmente baja, de algunos mg/l (excepto que exista un nivel importante de contaminación). En los acuíferos profundos también suele ser baja, aunque superior a la que encontramos en aguas superficiales (Oliveras 2015).

La utilización de fertilizantes nitrogenados, que se infiltran en el suelo, y las descargas de deshechos sanitarios e industriales en pozos ciegos o zanjas de absorción, que también terminan infiltrándose en el suelo, contribuyen al aumento de la concentración de nitratos en los acuíferos subterráneos. A medida que todos estos compuestos nitrogenados son arrastrados por el agua hacia los acuíferos, a través del suelo, se producen reacciones químicas que terminan oxidando estos compuestos hasta el estado de nitratos. De esta manera la concentración de nitratos puede aumentar en aguas subterráneas. Las características del suelo, las condiciones climatológicas, las cantidades de productos nitrogenados descargadas, las características de las aguas subterráneas, etc. determinan los niveles de concentración a los que pueden elevarse los nitratos en estos acuíferos (Oliveras 2015).

ION	**Valor máximo**
Nitratos	50 mg/l

Concentraciones de nitratos que no sobrepasan las 5 a 10 mg/l es posible encontrarlas tanto en ríos como en acuíferos no contaminados. Cuando hay contaminación, en los acuíferos subterráneos esta concentración trepa a valores de 50 mg/l, 100 mg/l o superiores. Esto quiere decir que se encuentra una debida variación en cada uno de los tributarios de los cuales no sobrepasa el límite de nitratos existentes en cada tributario o afluente.

5.3.6. Nitrógeno de Amoniaco

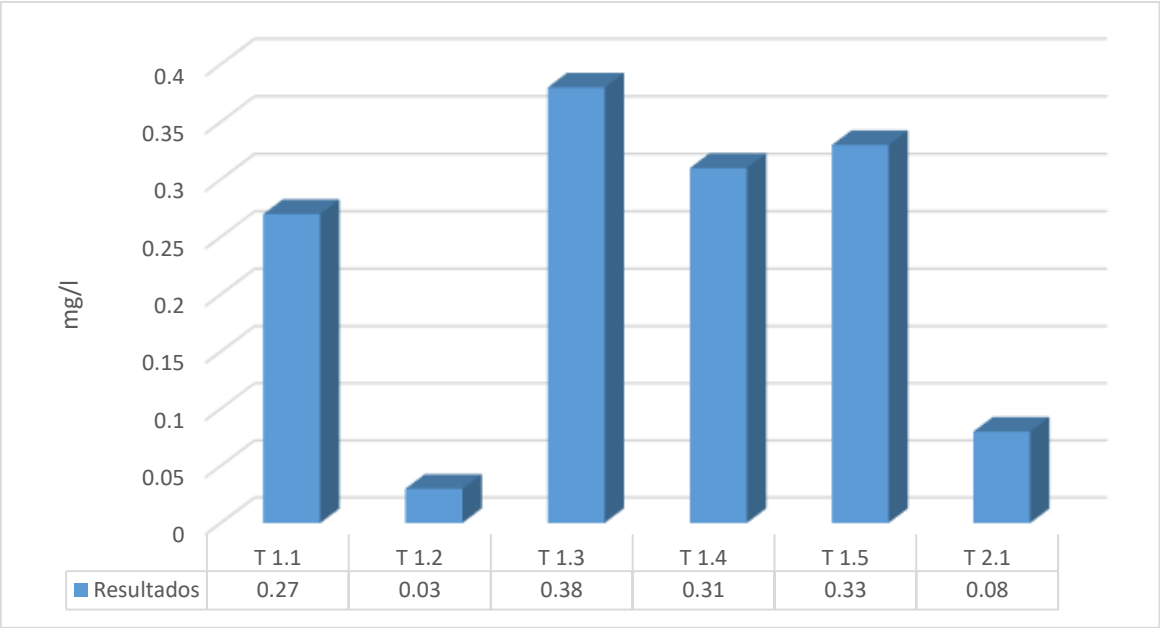


Figura 17. Comparaciones de nitrógeno de amoniaco por cada afluente o quebrada

Las descargas de aguas residuales y domésticas incrementan las concentraciones de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas, afectando la calidad de las mismas. En condiciones normales la fuente de nitrógeno amoniacal en aguas superficiales proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza. Es uno de los componentes transitorios en el agua, porque es parte del ciclo del nitrógeno, y se ve influido por la actividad biológica1. En ambos casos el nitrógeno amoniacal, se origina de la degradación del nitrógeno orgánico y, este a su vez, por acción bacteriana, se va oxidando gradualmente a nitritos y finalmente a nitratos (Gonzales, 2016).

Como se observa en las gráficas los afluentes con mayor cantidad de nitrógeno de amoniaco son los afluentes1 (1.1, 1.3, 1.4, 1.5) siendo así los aportes adicionales de nitrógeno amoniacal que alteran las concentraciones normales de este recurso importante, ya que implican una alteración perjudicial del medio ambiente. Puede provocar entre otras consecuencias, la disminución de los niveles de oxígeno disuelto de los ríos, el cual es consumido en los procesos de degradación bacteriana de nitrógeno amoniacal; lo que provoca un ambiente anóxico, desencadenándose así una serie de reacciones químicas y

microbianas que dan como resultado la disminución de la calidad del agua, muerte de especies que habitan en el sitio, entre otras consecuencias.

5.3.7. Fosfatos

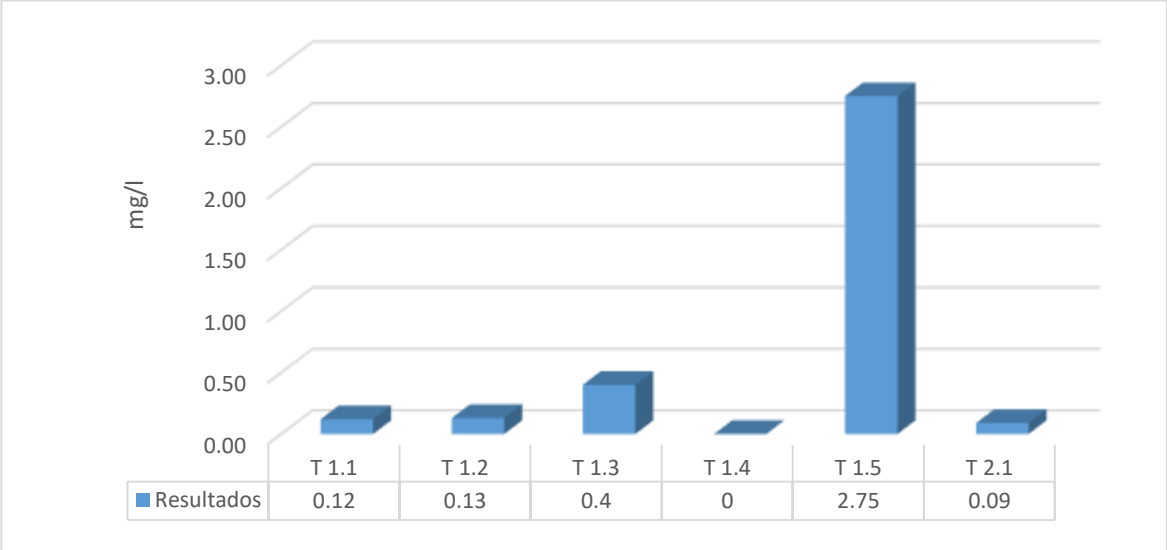


Figura 18. Comparaciones de fosfatos encontrados en cada uno de los afluentes o quebradas

El aumento del crecimiento de las algas, es el peor de los casos puede llevar a la eutrofización de las aguas superficiales, ya que se debe a consecuencia de unas altas concentraciones de fosfato. Los valores de límites legales para PO4-P en las descargas de aguas residuales deberían evitar escenas tales como las antes mencionadas. Un análisis de PO4-P fiable es indispensable, no sólo para cumplir con el control de los valores límite sino también para el control óptimo, y por tanto más rentable, de la eliminación de fósforo (Pütz, 2008).

Los compuestos de fosfato que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento y excreciones humanas como de animales, por lo que el valor máximo existente en el agua es de 0.83mg/litro (Pütz, 2008).

En la gráfica se puede observar que el afluente o quebrada 1.5 es el que cuenta con mayor cantidad de fosfatos, lo que indica que puede ser que hay mucha contaminación de excreciones humanas como de animales, por lo que no es apta para el consumo humano.

5.3.8. Sulfatos

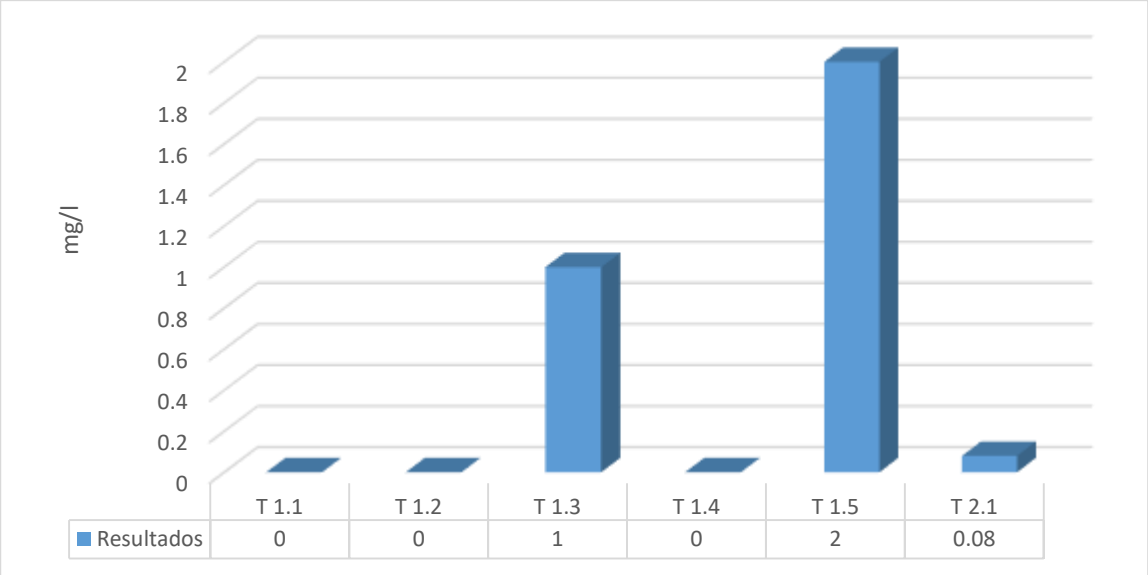


Figura 19. Comparaciones de sulfatos para cada afluente o quebrada

En zonas cuyas aguas de consumo contienen concentraciones altas de sulfato, el agua de consumo puede ser la principal fuente de ingesta. Los datos existentes permiten determinar la concentración de sulfato en el agua de consumo que probablemente ocasiona efectos adversos para la salud de las personas. Al existir gran presencia de sulfatos se sientes un sabor amargo, o que indica que no es ata para consumo, y el rango adecuado que debería existir es de 250mg/l (OMS, 2003).

Se aprecia en la gráfica que el afluente 1.5 es el que contiene mayor cantidad de sulfato; esto podría llegar a ocasionar diarrea, deshidratación o pérdida de peso, por lo que no es apto para consumo humano.

5.3.9. Hierro

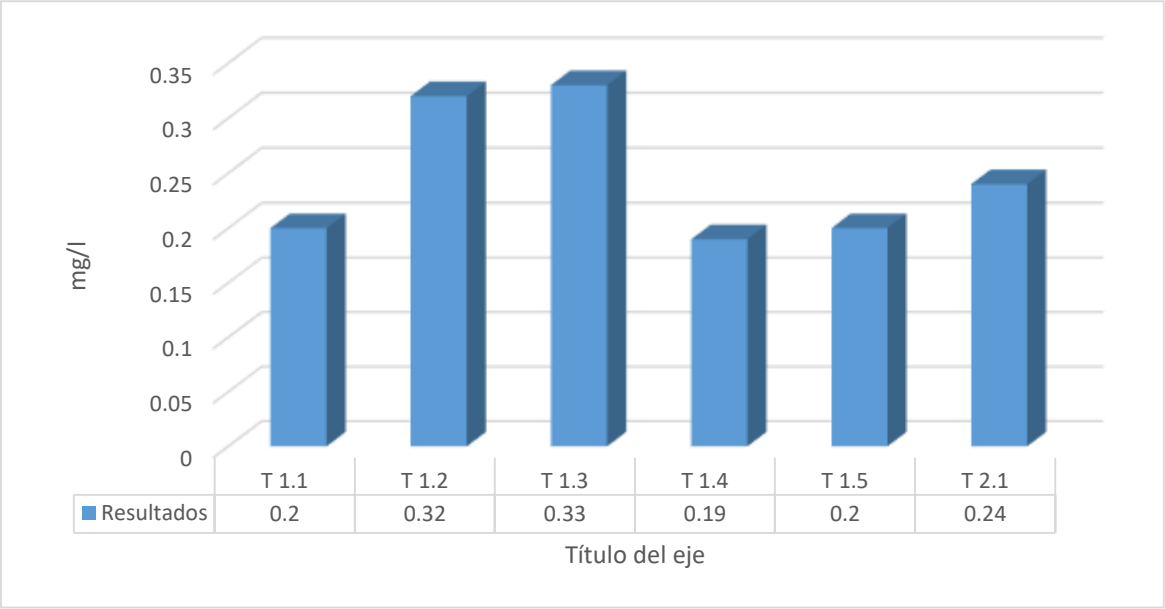


Figura 20. Comparaciones de hierro encontrado en cada afluente o quebrada

El hierro es un nutriente esencial en la dieta humana y no posee ningún riesgo en la salud, pero la inadecuada cantidad de hierro puede producir anemia, una deficiencia en los componentes que transportan el oxígeno en la sangre. Sin embargo, alta concentración de hierro en el agua puede causar problemas con sedimentos en tuberías o sabor metálico y el valor del hierro puede llegar a ser de 0,3mg/l (Singler, 2012).

En la gráfica se puede apreciar que los afluentes 1.2 y 1.3 son los que se encuentran con mayor cantidad de hierro o metales pesados, lo que provoca ciertas enfermedades, por lo que no es apta para el consumo humano.

5.3.10. Coliformes totales

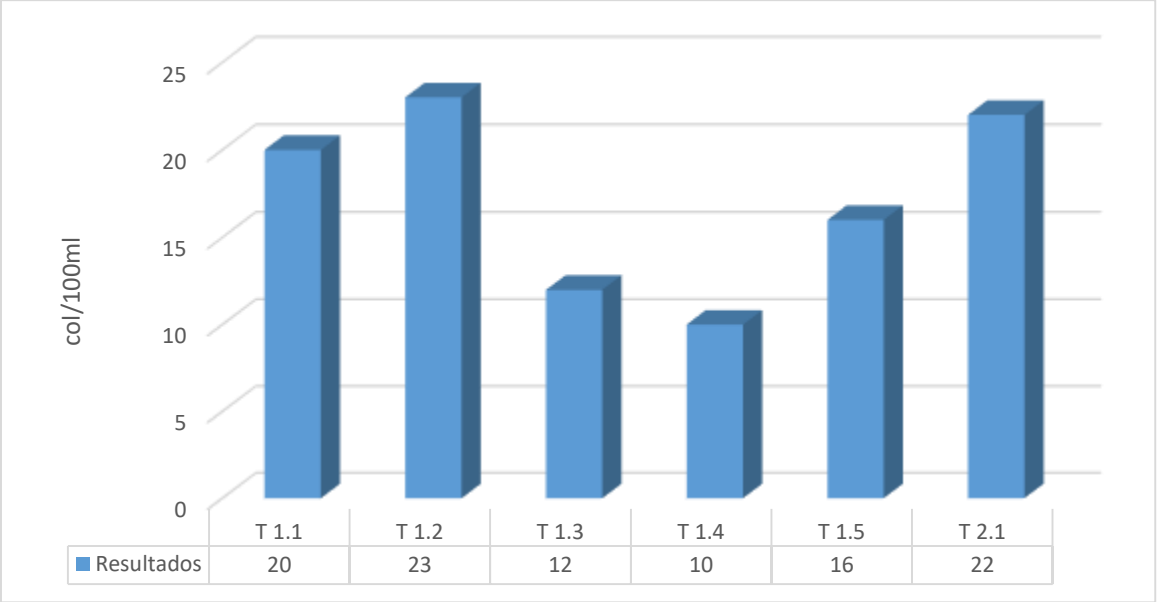


Figura 21. Comparaciones de coliformes totales encontrados afluente o quebrada

Las bacterias coliformes son un grupo de microorganismos que se encuentran comúnmente en el suelo, aguas sobre la superficie y en las plantas. También están presentes en los intestinos de animales y humanos. Las bacterias coliformes que la lluvia arrastra por el suelo, usualmente quedan atrapadas en las rocas y a medida que el agua pasa por las rocas llega a los sistemas de agua subterránea. Sin embargo, los pozos que no están bien construidos, que están rajados o que no están bien sellados pueden proveer una puerta para que las bacterias coliformes entren al agua subterránea y contaminen el agua que se usa para beber (DSP, 2009).

Se aprecia en la gráfica que los afluentes 1 y afluentes 2 tienen ciertos grados de similitud, lo que quiere decir que esta fuente de agua no es apta para el consumo humano, ya que contiene gran cantidad de coliformes totales y puede llegar a causar una zoonosis que es una enfermedad infecciosa causada por heces fecales o de humanos, causando grandes problemas de salud a toda la población.

5.4 Generación de información cartográfica de los principales hallazgos mediante el uso de sistemas de información geográfica.

El proceso de la modelación hidrológica con SWAT, se logra obtener mediante un balance hídrico, considerando bases de datos tales como un modelo de elevación digital de la microcuenca o área donde se evalúa y se genera la red de drenaje que componen el sistema hidrológico a modelar, lo que permite la caracterización mediante parámetros morfológicos del sistema hidrológico.

En cuanto a los tipos de suelo, uso de suelo, cobertura vegetal y la pendiente del territorio, presentan una respuesta similar a la precipitación y un balance hidrológico homogéneo lo que permite al modelo reflejar diferencias en la evapotranspiración para los distintos tipos de suelos y cobertura vegetal de la microcuenca. Es por ello que los datos simulados en la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo se realizaron basándose en años anteriores desde el año 2010 hasta el año 2015, por lo que se da un aproximado de la variación existente en el recorrido de estos años.

Para ello se determinan dos de los factores más importantes para el potencial hidrológico de la microcuenca como ser hidrología y sedimentación. Previo a los análisis de tendencia se llevaron a cabo análisis de homogeneidad de las series hidrológicas usadas en esta investigación con el objetico de determinar la modelación hidrológica de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo. Los gráficos se desarrollaron de la manera siguiente:

5.4.1 Precipitación y caudal

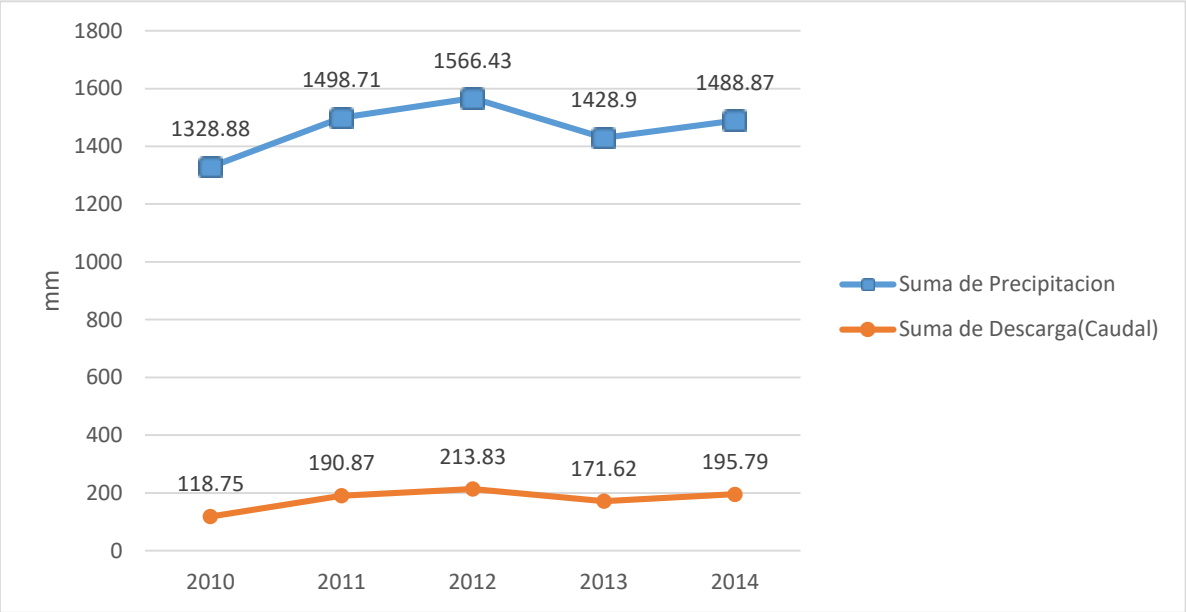


Figura 22. Simulación de análisis de precipitación y caudal de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

La precipitación existente en la microcuenca quebrada Pelo de Conejo varía de acuerdo a los años, por lo que en el año 2012 se observa mayor cantidad de precipitación anual por lo que también fue alto el caudal, por el tipo de cobertura vegetal existente en el área. Pero baja en el año 2013 esto puede ser por incendios que se provocaron dentro de la microcuenca o el uso irracional de la microcuenca como tal.

5.4.2 Precipitación y agua subterránea

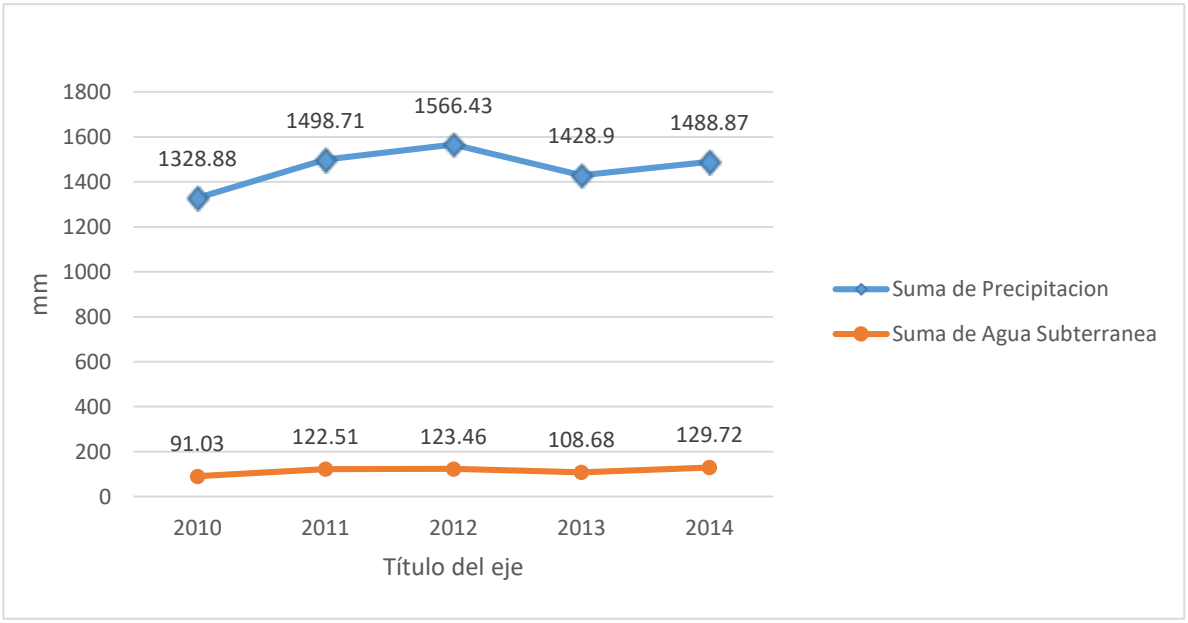


Figura 23. Simulación de análisis de precipitación y agua subterránea de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

En esta grafica se observa la variación existente entre precipitación y agua subterránea, la precipitación es alta con 1566.43 mm en el año 2012 pero el agua subterránea es baja con un aproximado de 123.46 mm. Esto se debe a que el rendimiento del agua se va directamente en la quebrada principal, lo que quiere decir que no hay buena infiltración por falta de vegetación y tiene que ver la pendiente existente dentro de la microcuenca.

5.4.3 Precipitación, Evapotranspiración real y evapotranspiración potencial

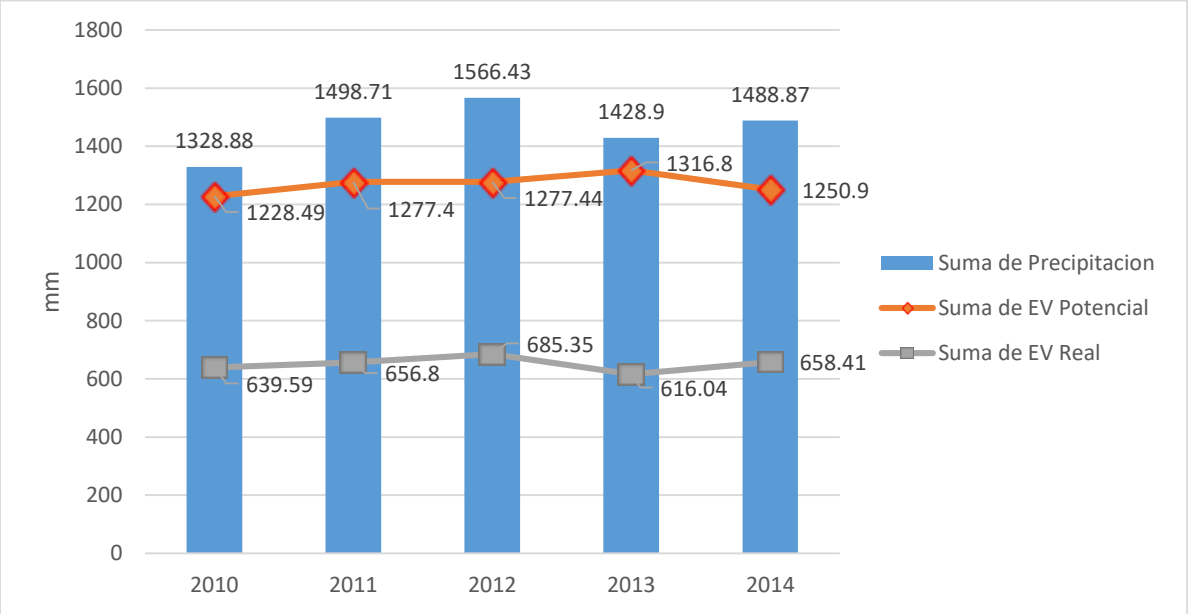


Figura 24. Simulación de análisis de evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y precipitación de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

La evapotranspiración potencial se refiere a la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones, y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad de agua. Según esta definición, la magnitud de ETP se encuentra regulada y esto se debe mediante las variaciones climáticas que existen actualmente. Se observa que el valor más alto es de 1316.8 mm en al año 2013, mientras que la evapotranspiración real es aún más baja en ese mismo año, esto se debe a la variación de climática existente en la zona y es cuando más intervienen en la magnitud de las reservas de humedad en el suelo, lo que quiere decir que fue poca la retención debido a la baja precipitación existente en ese año.

5.4.4 Rendimiento y sedimento del agua

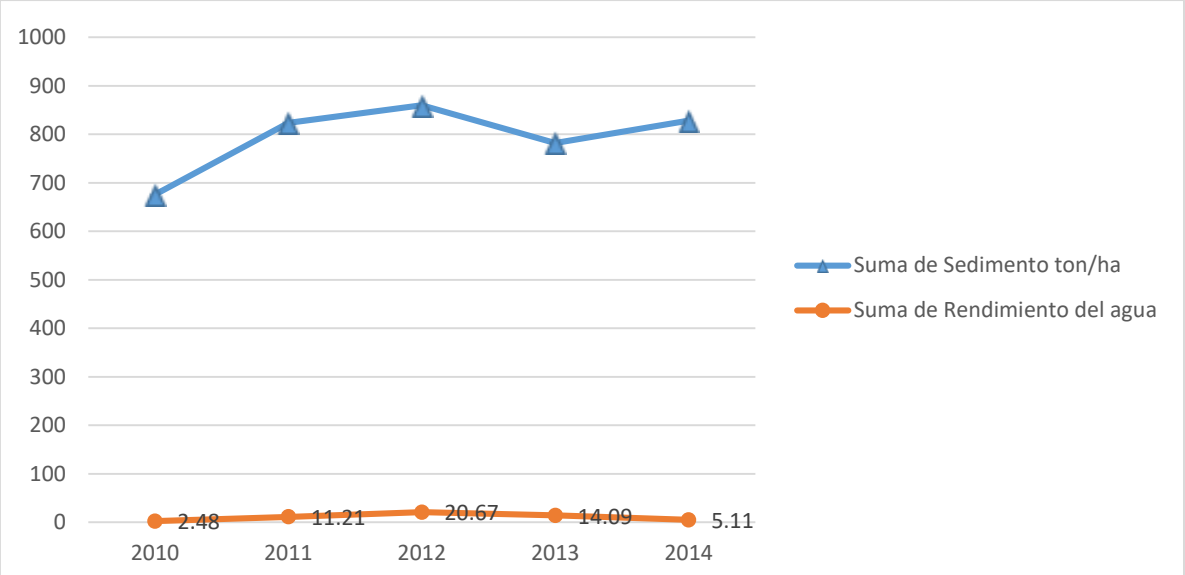


Figura 25. Simulación de análisis de rendimiento de agua y sedimento del agua de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

El sedimento es un material sólido acumulado sobre la superficie terrestre circulación de aguas superficiales o subterráneas desplazamiento de masas de agua permanecer estables durante largos períodos, millones de años, hasta consolidarse en rocas. Según datos obtenidos se muestra que el año 2012 el porcentaje de sedimento es alto con 20.67 ton/ha y va de acuerdo al área de la microcuenca, esto varia por diferentes factores como ser variaciones climáticas, movidos por fuerzas naturales como el viento o escurrimiento de agua, ya sea en superficie, inmediatamente después de las lluvias, o por curso de agua, ríos y arroyos.

En la parte de rendimiento del agua (caudal) es porcentaje más bajo fue en el año 2013 con 782.03 mm a causa de variaciones climáticas que existieron en la época, entre otras variables como tala y quema dentro de la microcuenca o el uso irracional de la misma.

5.4.5 Balance hídrico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo

a) Hidrología

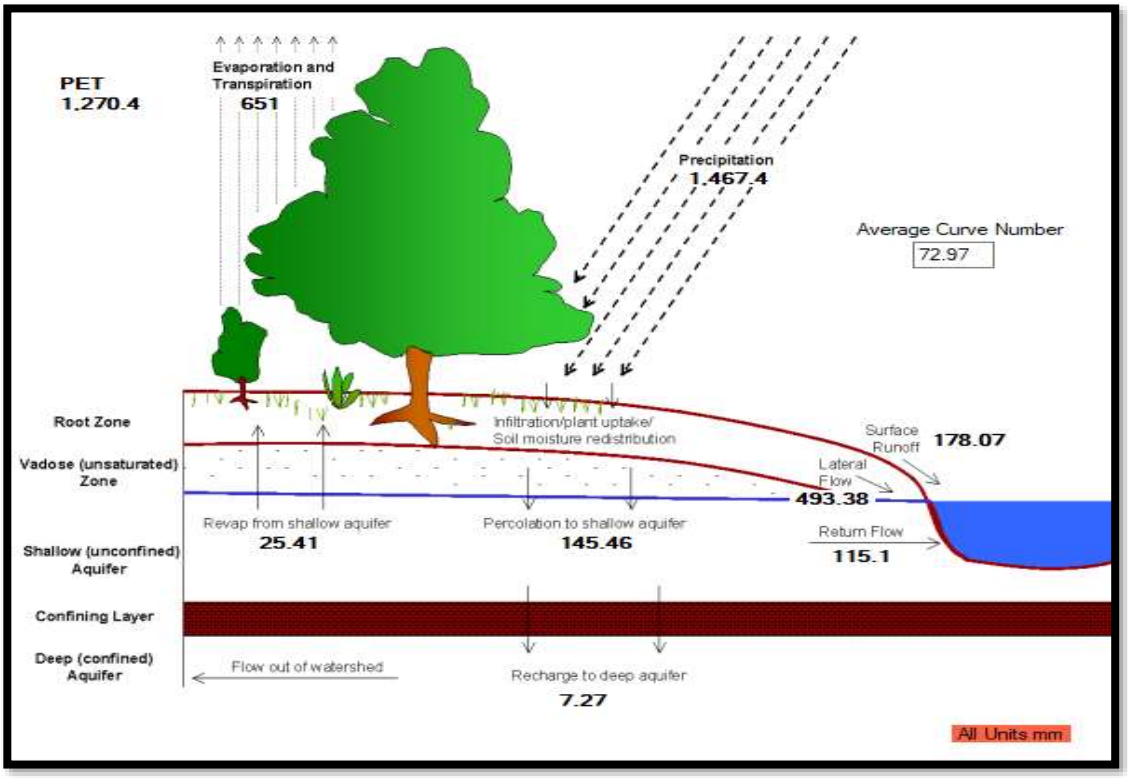


Figura 26. Simulación de análisis del balance hídrico de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

Como se observa en el balance hídrico de la microcuenca, se observa que entra a la microcuenca 1467.4 mm de precipitación y de esta sale 676.4 mm de evapotranspiración que realizan las plantas en ella y agua superficial sale un 25.41mm.

Lo único que queda en la microcuenca es 178.07mm de la escorrentía superficial, 145.5mm de la percolación a un acuífero poco profundo y 494 mm que sería el flujo lateral de la microcuenca, esto relacionado a un periodo de 5 años evaluados aproximadamente. Lo único que queda en la microcuenca de precipitación es 816.91mm de los 1467.4mm

b) Sedimento

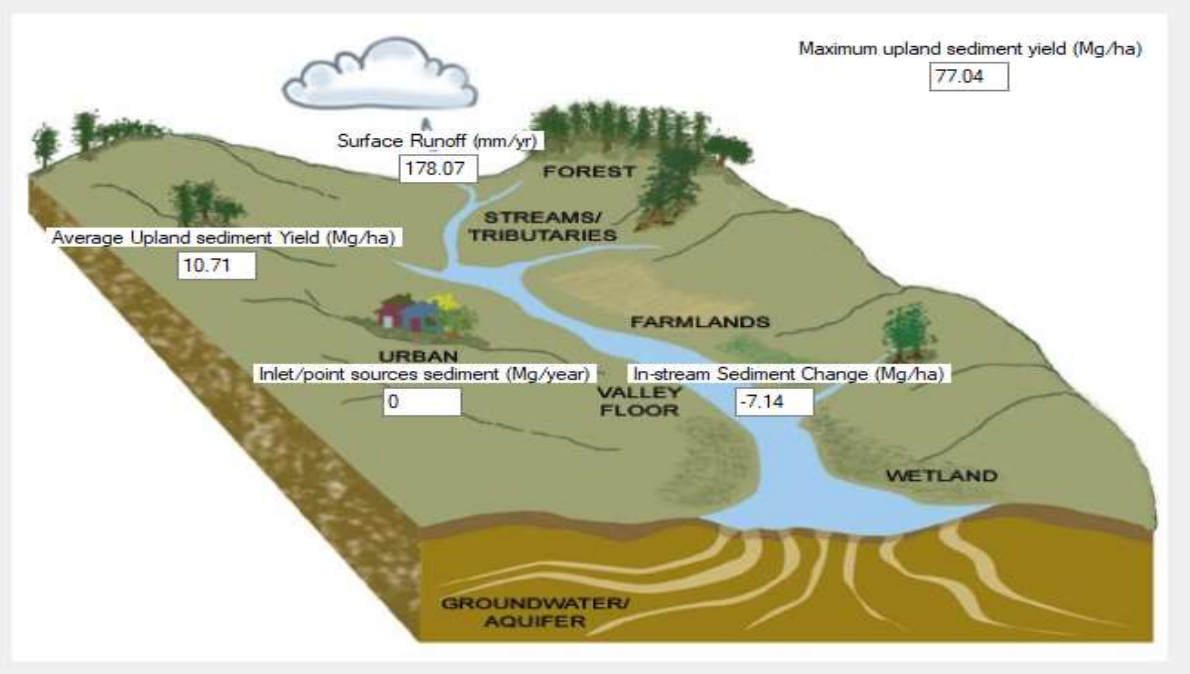


Figura 27. Simulación de análisis de sedimento del agua de la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo.

La pérdida de sedimentos del paisaje depende de muchos factores. La sobre estimación de sedimentos en Swat es más, comúnmente debido a la producción inadecuada de biomasa ya que se debe al uso específico de la tierra y esto ocurre a menudo.

Las corrientes pueden ser un recurso neto de sedimentos o un sumidero. La modificación del sedimento en la corriente se ve afectada por las características del canal físico (pendiente, ancho, profundidad, y características del sustrato) esto tiene que ver con la cantidad del flujo de sedimentos y aguas arriba.

Como se observa en la imagen, el rendimiento promedio de sedimentos de las tierras altas es de 10.71 mg/ha (equivalente a 10 ton métricas/hectáreas en rango superior) este dato es relativamente bajo, lo que indica que es una mínima cantidad y va de acuerdo al área donde se realizó el estudio.

VI. CONCLUSIONES

Según la cartografía muestra los tributarios o quebradas son permanentes, como el tributario 1.8 pero con la validación de campo se observó que solo permanece en temporada de invierno.

En la parte alta de la microcuenca se encuentran los tributarios o quebradas con más caudal pero al mismo tiempo, son las áreas donde hay mayor cambio de uso del suelo (potreros y vivienda) lo que incide en la calidad de la fuente de agua.

En la parte del análisis fisicoquímica del agua de la microcuenca anda en los parámetros adecuados para consumo humano, mientras que en la parte del análisis bacteriológico del agua de la microcuenca anda por encima de los parámetros no aptos para el consumo humano.

Según los resultados obtenidos la microcuenca quebrada pelo de conejo la cantidad de agua que genera sobrepasa la necesidad de agua que demanda la población beneficiaria de la comunidad del Cerro el Vijia.

La microcuenca cuenta con gran parte de vegetación por lo que se debe de conservar la biodiversidad existente en ella.

Una de la problemáticas que se encontró para desarrollar de esta investigación, fue la tenencia de la tierra, aunque es de tenencia nacional existen muchos usufructuarios.

VII. RECOMENDACIONES

Al realizar este tipo de investigaciones es necesario realizar siempre los recorridos en campo, con la participación de la comunidad donde se realice el estudio; de esta manera se hace mejor el análisis de la investigación y con ello se contribuye a la ampliación de nuevos conocimientos a los beneficiarios de la misma.

Realizar una oferta hídrica en temporada seca, es de mucha importancia ya que permite ver los diferentes cambios que surgen en temporada de lluvia y se deben de evaluar otras variables hidrológicas como la evapotranspiración, con la finalidad de conocer más a detalle el ciclo hidrológico de dicha microcuenca y estimar con mayor detalle el potencial que esta ofrezca.

Aunque la producción de agua es alta en la microcuenca se debería realizar una distribución equitativa del agua para todos los beneficiarios de la comunidad, como también realizar continuamente talleres que favorezcan al cambio de mentalidad de las personas y de esta manera se evitará al malestar de escasez de agua con algunos beneficiarios de la comunidad.

Para un mejor análisis de calidad de aguas en cada uno de los tributarios o afluentes de la microcuenca, se recomienda dar un seguimiento más regular con respecto a la toma de muestras para la base de datos mensual, aplicando análisis de contaminantes como ser fisicoquímico y bacteriológico para verificar localidad de agua que esta ofrecería para el consumo humano.

Se deberían instalar estaciones meteorológicas distribuidas en la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo para verificar la variación de precipitación y temperatura en las diferentes zonas de la microcuenca y así conocer la variabilidad que existe en cada una de las zonas.

Se debería calibrar el modelo Swat para que permita la obtención de datos más precisos, para ello realizar comparaciones con los datos de campo realizados en dicha microcuenca como ser los aforos. Por lo que se debería de realizar al menos un aforo mensual por cada tributario o afluente y así realizar comparaciones de caudal existentes en la microcuenca.

En los siguientes estudios se debe continuar con estas tipos de investigaciones en el área de modelaciones hidrológicas, ya sea para esta microcuenca o en para las otras del país dándole seguimiento a la metodología de Arc Swat, ya que con este programa se retoman datos históricos de al menos cuatro años consecutivos y que llegan a ser de mucha importancia para que permitan respaldar los resultados encontrados en campo, la variación que existe con los años y sobre todo al manejo de los recursos naturales existentes en dicha microcuenca.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Agua Superficial. 2010. Caracterización y análisis de la oferta. (En línea). Consultado el 03 Ago. 2017. Disponible en: http://*documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP3.pd*

Argeñal,J., Urtecho, G. 2013. Modelación Hidrológica para la Sub cuenca de Río Guacerique por medio de la Herramienta ArcSwat, bajo escenarios de cambios en el uso de suelos y precipitación. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Tegucigalpa, HN. (en línea). Consultado el 03 Ago. 2017. Disponible en: https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/08/modelacic3b3n-hidrolc3b3gica-para-la-sub-cuenca-de-rc3ado-guacerique-por-medio-de-la-herramienta-arcswat.pdf

Barbudo Cadena, L., Ochoa Daza J, M., Verbel Acosta, E, Y. 2016. APLICACIÓN DEL MODELO SWAT EN EL ESTUDIO HIDROSEDIMENTOLOGICO DE LA CUENCA QUEBRADA SAN PEDRO EN EL MUNICIPIO DE CURUMANÍ, DEPARTAMENTO DEL CESAR. (En línea). Consultado el 18 Ago. 2017. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2667/Barbudo_Cadena_Loida_2016.pdf?sequence=4&isAllowed=y

CORPONARIÑO. (Corporación Autónoma Regional de Nariño). 2008. Índice de Escasez de Agua Superficial Cuenca Río Pasto. (En línea) Consultado el 03 Ago. 2017. Disponible en: http://www.corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmirafloresp3.pdf p 21 y 22.

Cruz Matute, F. 2002. Valoración económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la cuenca del río Calan, Siguatepeque. Ingeniería forestal. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) Siguatepeque, Comayagua. Honduras. 97p.

DSP, 2009. Division de salud publica. Hoja informativa sobre las bacterias coliformes en pozos. USA. Consultado el 10 Abril 2018. (en línea). Disponible en: http://epi.publichealth.nc.gov/oee/docs/Las_Bacterias_Coliformes_WellWaterFactSt.pdf

Duarte Castañeda, E. 2007. Valoración Económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicio ambiental en la microcuenca El Cianuro, Las Vegas, Santa Bárbara. Honduras. 21 p

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. (en línea). Roma, IT. Consultado el 20 Ago. 2017. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils2015/docs/Fact_sheets/print_IYS_Water_es.pdf

Faustino Manco, J., & Jiménez Otárola, F. (2000). Manejo de cuencas hidrográficas. (En línea). Consultado el 05 Ago. 2017. Disponible en: https://scholar.google.com/citations?user=VGImMHEAAAAJ

Faustino, J. 2004. Estrategia para la gestión de cuencas fronterizas en Centroamérica. (En línea). Consultado el 12 Dic. 2017. Disponible en: www.catie.ac.cr

Gaspari, F, J. 2016. Valoración de servicios ambientales para el ordenamiento agrohidrológico en cuencas hidrográficas. Manejo de cuencas hidrográficas. (en línea). Libro digital. 1(2):11. Consultado el 20 Ago. 2017. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52722/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

Gozales, T, C. 2011. Monitoreo de la calidad de agua. La Turbidez. Servicio de extensión agrícola. (en línea). Consultado el 10 de Abril 2018. Disponible en: http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf

Gonzales, L. 2016. Portal de revistas de la Universidad Tecnológica de Panamá. Nitrogeno de Amoniaco. Vol. 1. No. 1. (en línea). Consultado el 11 de Abril 2018. Disponible en: http://revistas.utp.ac.pa/index.php/mente-y-materia/article/view/334/pdf

Guillen, R. 2015. Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica. (en línea). Tegucigalpa, HN. Consultado el 20 Ago. 2017. Disponible en: http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/srh_honduras_2016.pdf

IDEAM. Metodología para El Cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial. 2004. BOGOTA, COL. p 10.

Jiménez O, F. 2006. Conceptos básicos en manejo de cuencas. Material de referencia en curso de maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas I. Turrialba, CR, CATIE. 6p.

López, A; Delgado, K. 2009. Modelación Hidrológica de la Subcuenca Lempa Alto, en cooperación con la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (El Salvador, Honduras, Guatemala). Tesis Lic. Ing. Santa Ana, SV, Universidad de El Salvador. 184 p.

Llerena, C. A. 2003. Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú. FAO Presentado en el Foro Regional sobre Sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), Arequipa, Perú, 9-12 junio 2003, durante el Tercer Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas.

Manzano, M. 2008. Hidrología Subterránea (Itop) / Hidrogeología (Itm) Upct. (en línea). Consultado el 20 Ago. 2017. Disponible en: http://www.upct.es/~minaeees/hidrogeologia_1.pdf

Marcó, L; Azario, R; Metzler, C; Garcia, M. 2004. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. Higiene y Sanidad Ambiental. 4: 72-82. (en línea). Consultado el 10 abril 2018. Disponible en: http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid. Ambient.4.72-82(2004).pdf

Morales M, D. 2010. Caracterización básica de siete microcuencas y determinación de zonas con potencial para reservorios en el municipio de Tomalá, Lempira. Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 53 p.

Mazzoco, R. 2004. Exploración de posibilidades para poner un tren de tratamiento para remoción de dureza que logre la optimización técnica y económica del proceso. Mexico. (en línea). Consultado el 10 Abril 2018. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/valenzuela_m_td/

Mojica, L, F; Romero, L, K; Trujillo, S, M. 2011. Cuenca hidrográfica, lago de tota. (en línea). Consultado el 27 Abril 2018. Disponible en: https://catalinaromero.blogia.com/2011/032602-cuenca-hidrografica-lago-de-tota.php

O.E.A. (Organización de los Estados Americanos).1994- Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja-Ecuador. (En línea). Disponible en: https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea02s/oea02s.pdf

Oliveras, J. 2015. Contaminación por nitratos en las aguas de las fuentes naturales de la comarca de osona. El régimen pluviométrico como variable. España. (en línea).

Disponible en: http://mon.uvic.cat/tlc/files/2013/07/article-nitrats-aigua-fonts-30-set-2015-Fortia-Prat-Julita-Oliveras.pdf

OMS, 2003: Sulfate in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud. (en línea). Consultado el 11 de Abril 2018. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/cd-gdwq/docs_quimicos/Sulfato.pdf

Ordoñez, Gálvez, JJ. 2011. Cartilla Técnica: ¿Que es una cuenca Hidrológica? SENAMHI.1 (1):1-44. (En línea) Consultado el 03 de Ago. 2017. Disponible en: http://conselva.org/wp-content/uploads/2016/07/Ordo%C3%B1ez-G%C3%A1lves.-2011.-Qu%C3%A9-es-cuenca-hidrol%C3%B3gica-2.pdf

Pascual, J, A., Díaz, A. 2016. Guía práctica sobre la modelización hidrológica y el modelo HEC-HMS. Madrid, ES. (en línea). Consultado el: 19 Ago. 2017. Disponible en: http://www.agua.imdea.org/sites/default/files/pdf/news/20161215/Cuadernos%20de%20Geoma%CC%81tica%204_b.pdf

Pütz, P. 2008. Analítica de laboratorio y sistema de control de proceso nutrientes; Fosfato. Alemania. (en línea). Consultado el: 9 Abril 2018. Disponible en: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87050/fosfatos.pdf

Ramirez, F. 2018. El agua potable. LOS NITRATOS Y LOS NITRITOS Y EL AGUA DE CONSUMO. Madrid, ES. (en línea). Consultado el 01 May. 2018. Disponible en: http://www.elaguapotable.com/Los%20nitratos%20y%20los%20nitritos%20y%20el%20agua%20de%20consumo.pdf

Rendón, L. 2003. La cuenca: sistema hidrológico o curso de agua natural. IMTA. (En línea). Consultado el: 03 Ago. 2017. Disponible en: www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/.../varios/cuenca_hidrologica.pdf

Revistazo. 2002. Honduras tiene el potencial hídrico más grande de Centroamérica. Consultado en línea 03 Ago. 2017. Disponible en: www.revistazo.com/sep-02/rep5.html.

Robredo, J, C., Mintegui, J, A. 1994. Ingeniería del Agua: DISEÑO DE UN MODELO DISTRIBUIDO ELEMENTAL PARA EL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDROLOGICO DE UNA CUENCA VERTIENTE. Vol. 1 (4) 100p. (En línea). Consultado el 03 Ago. 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/39431173_Diseño_de_un_modelo_distribuido_elemental_para_el_analisis_del_comportamiento_hidrologico_de_una_cuenca_vertiente.

Sánchez Ramos, D. (2006). Ingeniería Ambiental. Calidad del agua y su control. (En línea). Consultado el 12 Dic. 2017. Disponible en: http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf

Sarría, F, A. 2016. Sistemas de Información Geográfica. (En línea). Consultado el 22 Ago. 2017. Disponible en: http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf

Sigler, A. 2012. Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales. Consultado el 10 Abril 2018. (en línea). Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Iron%202012-11-15-SP.pdf

SNET (Sistema Nacional de Estudios Territoriales, ES). 2005. Balance hídrico integrado y dinamico en El Salvador. Componente evaluación de recursos hídricos.

SERNA (Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente, HN). 2000. Informe Nacional sobre la implementación de la convención de desertificación en Honduras. 97 p.

Tejeda, E, A. 2017. Metodología. (entrevista). Catacamas. HN. ICF (Instituto de Conservación Forestal). (edwintejeda77@gmail.com).

Teshager D., Gassman, P., Secchi, S., Schoof, J., Misgna, G., 2015. Modelación de las cuencas hidrográficas agrícolas con la herramienta de evaluación de suelos y agua (SWAT): Calibración y validación con un nuevo procedimiento para explícitamente espaciales. (en línea). Consultado el 20 Ago. 2017. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4785226/

U.P.C. (Universidad Politécnica de Catalunya). 2005. Calculo y elección optima de un depósito de agua. (en línea) Consultado el 12 abril 2018. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3258

Valiente, M,Ó. (2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas ESP*. 26p.

Zonaingeniería. 2012. Balance Hídrico. Consultado en línea 02 Ago.2017. Disponible en: www.entradas.zonaingenieria.com/2012/03/balance-hidrico.html

ANEXOS

Anexo 1. Delimitación del área de estudio



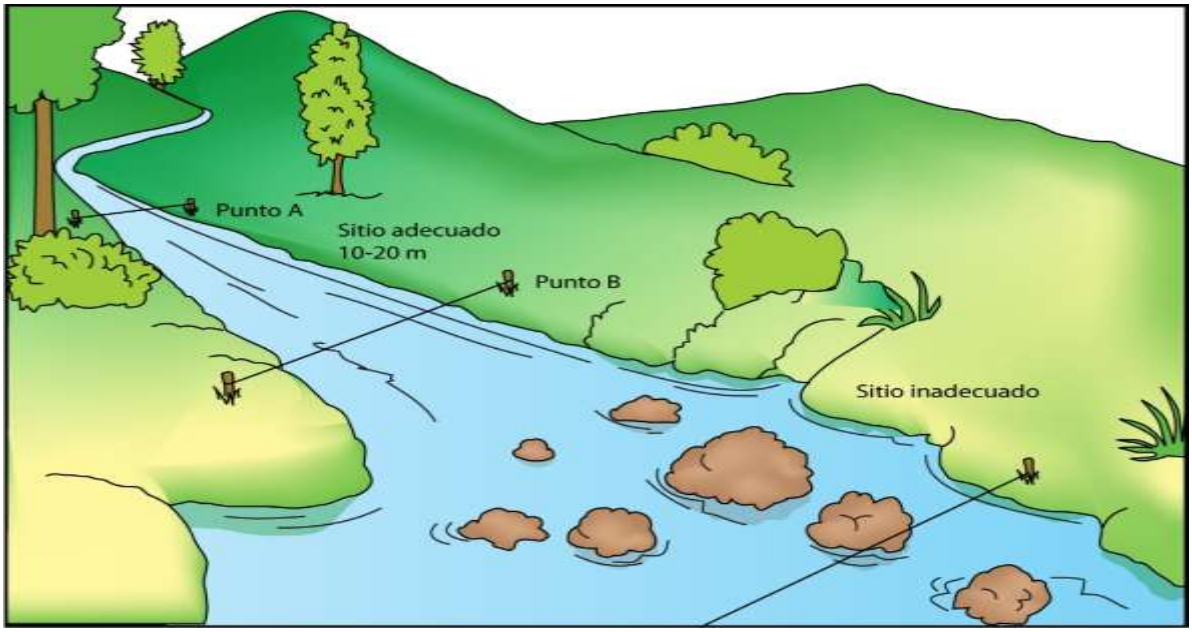






Anexo 2. Medición del caudal a través del método del flotador

Para el desarrollo de esta metodología se necesitó la ayuda de tres personas; se aforó en una parte del tributario o afluente, en un área un poco plana y se mide una distancia de 5m a 7m de largo para la realización del aforo. Luego se midió el ancho, lado A y el lado B, en cada uno de los lados se coloca cinta vinílica. Luego una persona estuvo con el formato donde se anotaron los datos en segundos que se tardara el trozo de madera al tomar el tiempo. Con un cronómetro estuvo otra persona y otra se encargó de soltar en el momento indicado el trozo de madera pasando por el lado A y finalizando en el lado B.



Representación del método del flotante para respectivos aforos.



Imagen 1 Medicion de largo de la del tributario



Imagen 2 Medicion de lado A y lado B



Imagen 3 Inicio de lectura de datos



Imagen 4 Lectura de datos



Imagen 5 toma de datos de profundidades (Lado A y Lado B)



Imagen 6 LLenado de formato

Anexo 3. Medición de infiltración con el método del infiltrómetro.

Imagen 1Medición de infiltración







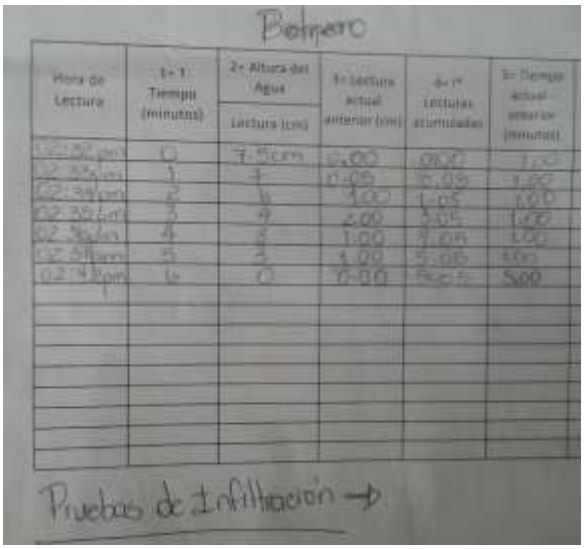
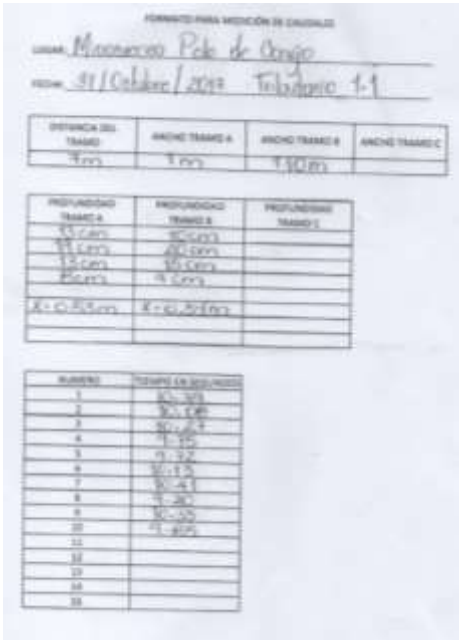
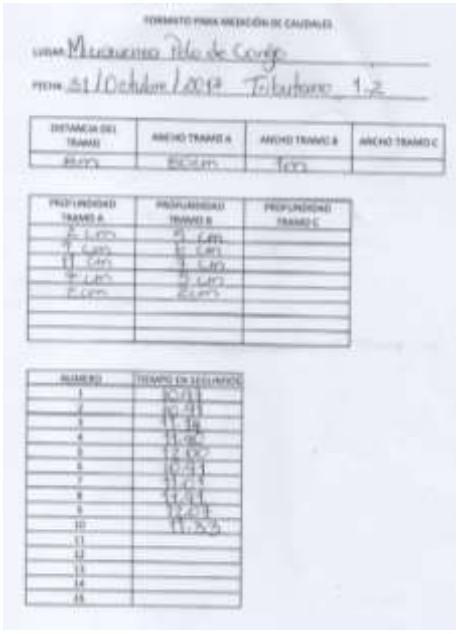
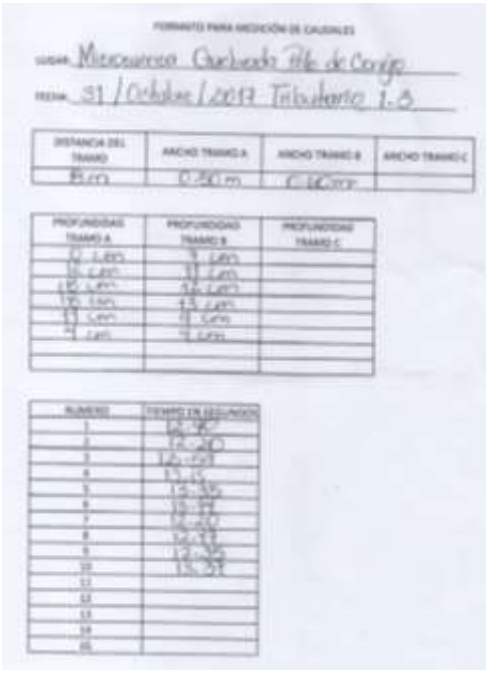


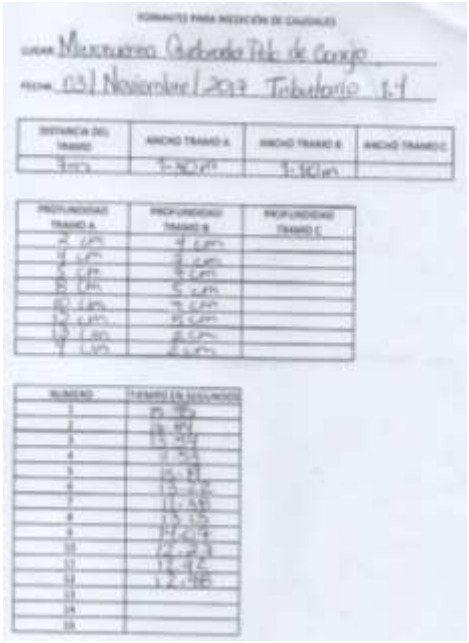
Imagen 2 LLenado de formato de infiltración

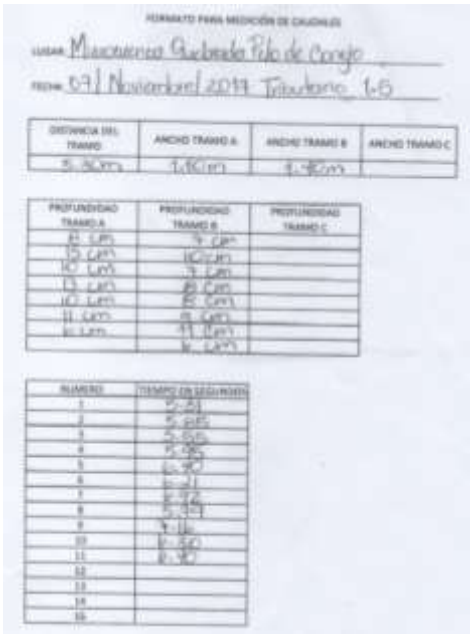
Anexo 4.Formatos con resultados de aforos obtenidos en la temporada de **lluvia.**

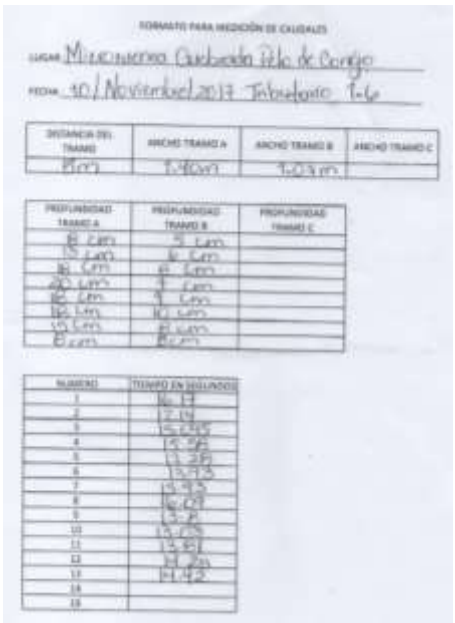


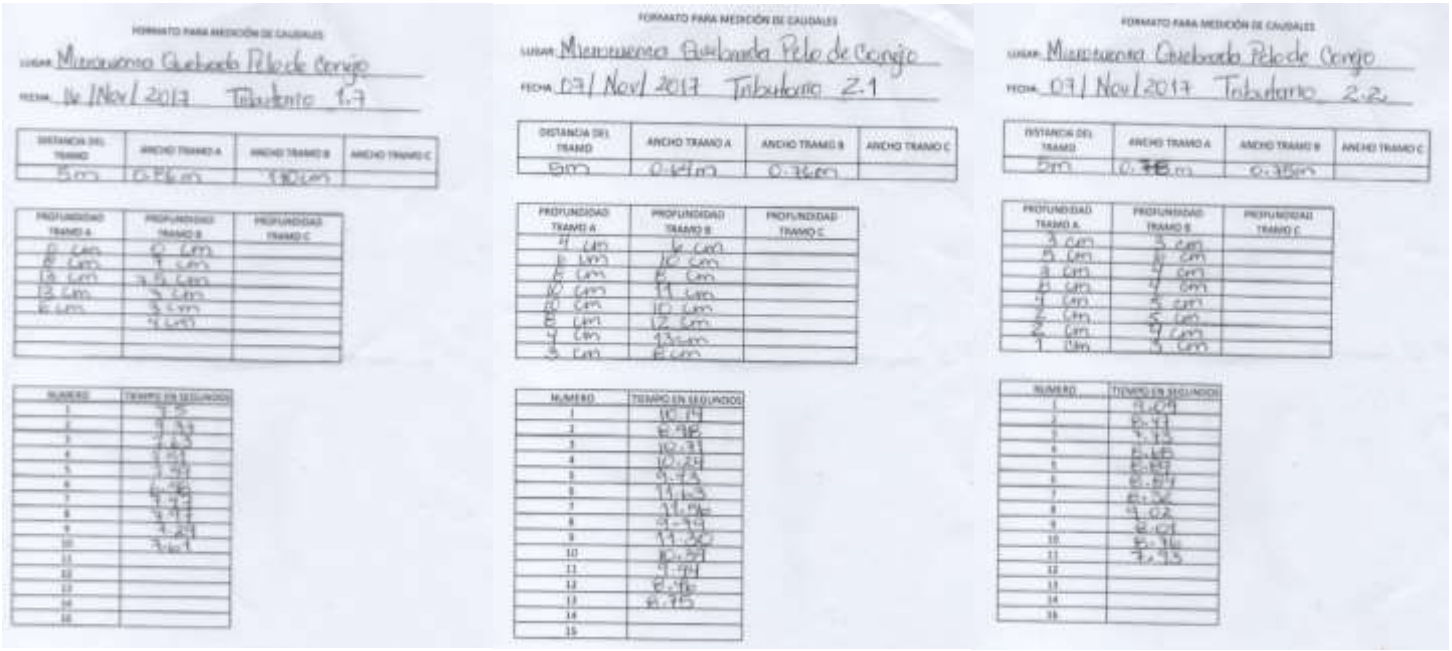












FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

LUGAR: Microcuenca Quebrada Pelo de Conejo

FECHA: 16/Nov/2017 Tributario 1.7

DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5m	0.86m	1.80cm	

PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
8 cm	10 cm	
8 cm	7 cm	
13 cm	3.5 cm	
13 cm	3 cm	
8 cm	3 cm	
	4 cm	

NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	9.36
2	9.33
3	9.63
4	9.81
5	9.47
6	9.96
7	9.43
8	9.93
9	9.29
10	9.69
11	
12	
13	
14	
15	

FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

LUGAR: Microcuenca Quebrada Pelo de Conejo

FECHA: 09/Nov/2017 Tributario 2.1

DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5m	0.69m	0.36m	

PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
4 cm	6 cm	
6 cm	10 cm	
6 cm	8 cm	
10 cm	11 cm	
10 cm	10 cm	
8 cm	12 cm	
4 cm	13cm	
3 cm	8 cm	

NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	10.19
2	9.98
3	10.31
4	10.24
5	9.98
6	10.63
7	10.96
8	9.99
9	11.32
10	10.29
11	9.94
12	9.96
13	9.95
14	
15	

FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

LUGAR: Microcuenca Quebrada Pelo de Conejo

FECHA: 09/Nov/2017 Tributario 2.2

DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5m	0.78m	0.35m	

PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
3 cm	5 cm	
5 cm	8 cm	
3 cm	4 cm	
5 cm	4 cm	
4 cm	5 cm	
5 cm	5 cm	
2 cm	4 cm	
1 cm	3 cm	

NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	9.09
2	8.71
3	9.13
4	8.68
5	8.89
6	8.87
7	8.92
8	9.02
9	8.69
10	8.96
11	9.93
12	
13	
14	
15	

FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

LUGAR: Microcuenca Quebrada Pelo de Conejo

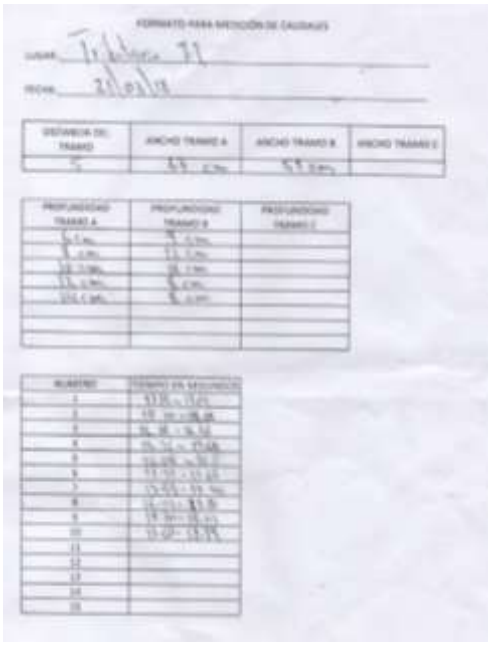
FECHA: 17/Nov/2017 Tributario 2.3

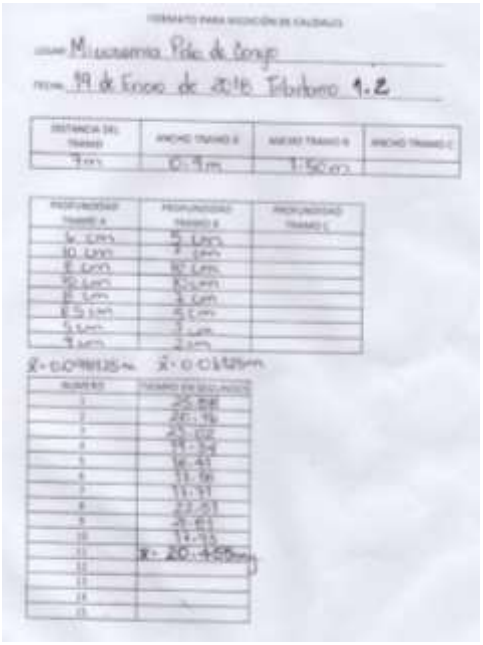
DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5m	0.80m	0.40m	

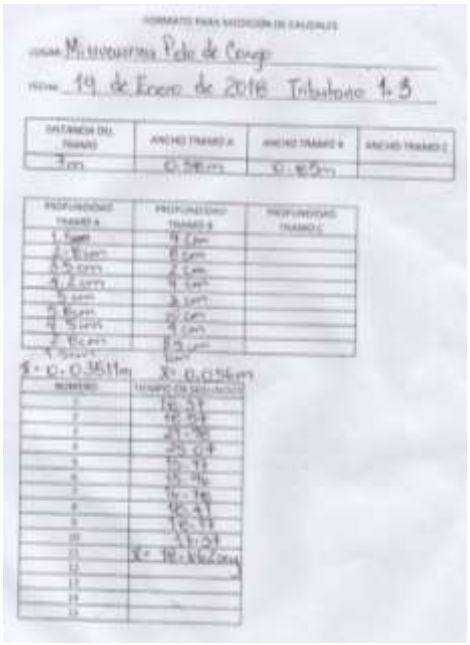
PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
5 cm	5 cm	
9 cm	10 cm	
4 cm	9 cm	
6 cm	5 cm	

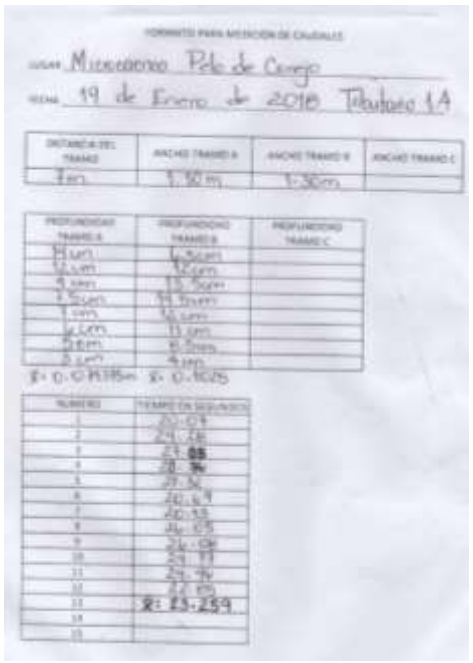
NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	12.40
2	12.96
3	13.96
4	13.98
5	12.21
6	12.87
7	11.85
8	11.62
9	12.36
10	11.28
11	
12	
13	
14	
15	

Anexo 5. Formatos con resultados obtenidos en la temporada **seca.**

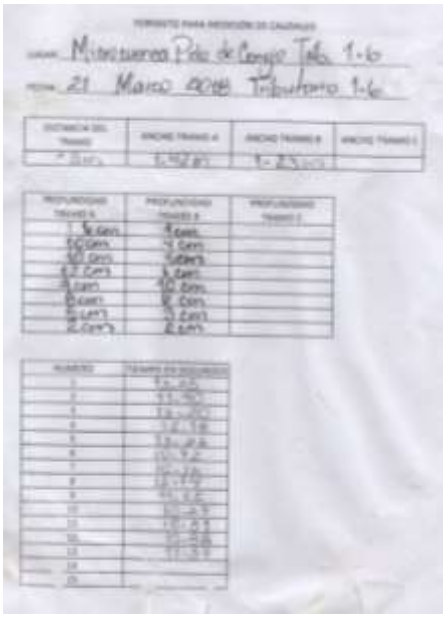














FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

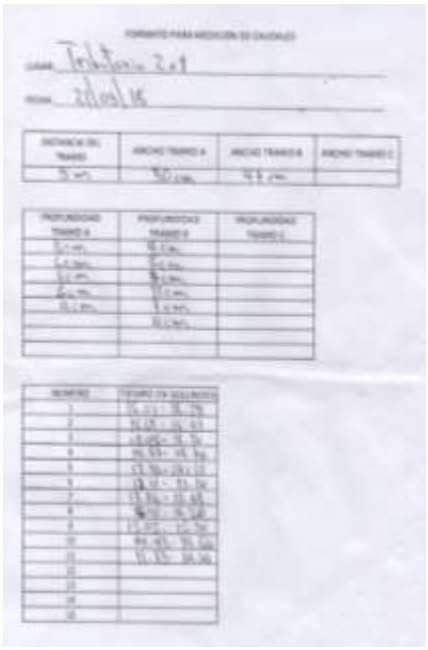
LUGAR: Manzanares Pilo de Conejo

FECHA: 21 Marzo 2018 Tributario 1.1

DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5m	0.90m	0.80 m	

PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
2 cm	10 cm	
3 cm	8 cm	
4 cm	9 cm	
5 cm	11 cm	
6 cm	12 cm	
7 cm	13 cm	
8 cm	14 cm	
9 cm	15 cm	
10 cm	16 cm	
11 cm	17 cm	

NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	20.98
2	21.47
3	21.48
4	21.53
5	21.75
6	22
7	22.5
8	21.56
9	21.78
10	21.78
11	x= 22.995
12	
13	
14	
15	



FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

LUGAR: Tributario 2.1

FECHA: 22/03/18

DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5 m	50 cm	44 m	

PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
2 cm	8 cm	
3 cm	11 cm	
4 cm	9 cm	
5 cm	11 cm	
6 cm	7 cm	
7 cm	8 cm	

NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	15.11 - 15.79
2	15.15 - 15.69
3	15.65 - 15.74
4	15.55 - 15.96
5	15.96 - 16.12
6	15.96 - 16.43
7	15.96 - 16.42
8	16.01 - 16.42
9	15.96 - 16.39
10	16.41 - 16.66
11	16.15 - 16.36
12	
13	
14	
15	



FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

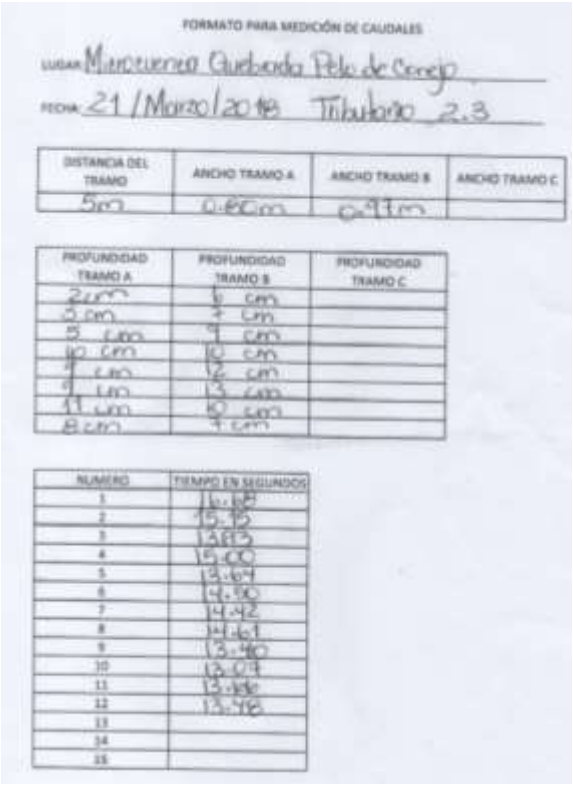
LUGAR: Manzanares Quebrada Pilo de Conejo

FECHA: 21/Marzo/2018 Tributario 2.2

DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5m	0.60m	0.49 m	

PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
4 cm	2 cm	
5 cm	8 cm	
6 cm	5 cm	
7 cm	7 cm	
6 cm	7 cm	
5 cm	5 cm	
7 cm	7 cm	
5 cm	5 cm	

NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	8.39
2	8.04
3	8.30
4	8.35
5	8.96
6	8.25
7	8.60
8	8.41
9	8.96
10	8.60
11	8.96
12	8.42
13	
14	
15	



FORMATO PARA MEDICIÓN DE CAUDALES

LUGAR: Manzanares Quebrada Pilo de Conejo

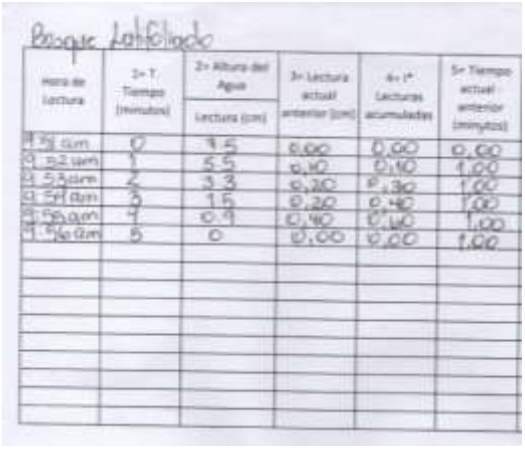
FECHA: 21/Marzo/2018 Tributario 2.3

DISTANCIA DEL TRAMO	ANCHO TRAMO A	ANCHO TRAMO B	ANCHO TRAMO C
5m	0.85m	0.97m	

PROFUNDIDAD TRAMO A	PROFUNDIDAD TRAMO B	PROFUNDIDAD TRAMO C
2 cm	6 cm	
3 cm	7 cm	
5 cm	9 cm	
10 cm	10 cm	
9 cm	12 cm	
9 cm	13 cm	
11 cm	10 cm	
8 cm	9 cm	

NUMERO	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	16.68
2	15.95
3	13.83
4	15.00
5	13.64
6	14.90
7	14.42
8	14.61
9	13.90
10	13.09
11	13.66
12	13.96
13	
14	
15	

Anexo 6. Formatos de datos de infiltración



Bosque Intervenido

Hora de Lectura	1= T Tiempo (minutos)	2= Altura del Agua Lectura (cm)	3= Lectura actual anterior (cm)	4= I* Lecturas acumuladas	5= Tiempo actual - anterior (minutos)
9:51 am	0	9.5	0.00	0.00	0.00
9:52 am	1	5.5	0.40	0.40	1.00
9:53 am	2	3.3	0.20	0.60	1.00
9:54 am	3	1.5	0.20	0.80	1.00
9:55 am	4	0.9	0.60	1.40	1.00
9:56 am	5	0	0.00	1.40	1.00



Potrero

Hora de Lectura	1= T Tiempo (minutos)	2= Altura del Agua Lectura (cm)	3= Lectura actual anterior (cm)	4= I* Lecturas acumuladas
1:27 pm	0	9.5	0.00	0.00
1:28 pm	1	6.8	0.30	0.30
1:29 pm	2	5.3	0.50	0.80
1:30 pm	3	5.1	0.10	0.60
1:31 pm	4	5.1	0.10	0.20
1:32 pm	5	5.1	0.10	0.20
1:37 pm	10	4.8	0.80	0.90
1:51 pm	15	4.4	0.40	0.120
2:10 pm	20	3.7	0.70	0.80
2:40 pm	30	1.6	0.10	0.80



Conifera

Hora de Lectura	1= T Tiempo (minutos)	2= Altura del Agua Lectura (cm)	3= Lectura actual anterior (cm)	4= I* Lecturas acumuladas	5= Tiempo actual - anterior (minutos)
2:32 pm	0	9.5	0.00	0.00	0.00
2:33 pm	1	9	0.20	0.20	1.00
2:34 pm	2	6	0.40	0.40	1.00
2:35 pm	3	4	0.40	0.40	1.00
2:36 pm	4	3	0.10	0.90	1.00
2:37 pm	5	3	0.10	0.10	1.00

Anexo 7. Cuadro resumen de precipitación por mes por año de la comunidad de Cerro del Vijía en un período de dos años.

Meses	***Año: 2018***
Marzo	13.5
Abril	27
Mayo	53
Junio	258.5
Julio	296
Agosto	215
Septiembre	169.5
Octubre	71
Noviembre	107
Diciembre	67

Meses	***Año: 2018***
Enero	23
Febrero	59
Marzo	1
Abril	10

Anexo 8 Aforos realizados en la microcuenca Quebrada Pelo de Conejo

No.	Tributarios o afluentes	Coordenadas	
		X	Y
1	T. 1.1	638306	1625239
2	T. 1.2	638704	1625587
3	T. 1.3	638785	1625470
4	T. 1.4	638946	1625448
5	T. 1.5	638058	1626111
6	T. 1.6	637963	1626675
7	T. 1.7	637093	1626399
8	T. 2.1	638142	1626399
9	T. 2.2	637994	1626350
10	T. 2.3	637497	1626934