



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN HÍDRICA: UN ENFOQUE DESDE LA SEGURIDAD
HÍDRICA EN LA MICROCUENCA PALACARA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERAS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Autores:

Vanessa Estefanía Ordóñez Pozo

Edwin Andrés Ortiz Pabón

Director:

Ing. Dario Paul Arias Muñoz MSc.

Ibarra-Ecuador

2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTADA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN HÍDRICA: UN ENFOQUE DESDE LA SEGURIDAD
HÍDRICA EN LA MICROCUENCA PALACARA

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADO:

Ing. Dario Arias, MSc.

DIRECTOR



.....

FIRMA

Ing. Mónica León, MSc.

ASESOR



.....

FIRMA

MSC. José Ali Moncada, PhD.

ASESOR

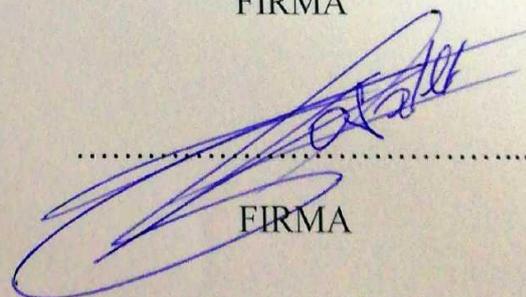


.....

FIRMA

Ing. Oscar Rosales, MSc.

ASESOR



.....

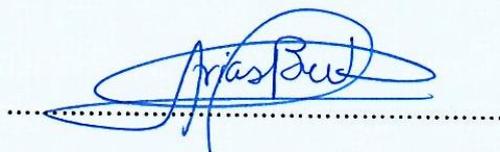
FIRMA

Ibarra-Ecuador

2018

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por señorita **ORDÓÑEZ POZO VANESSA ESTEFANÍA** y **ORTIZ PABÓN EDWIN ANDRÉS**, bajo mi supervisión en calidad de director.



FIRMA

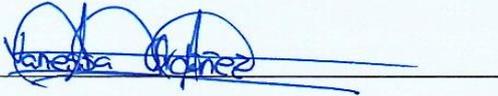
Ing. Dario Paul Arias Muñoz, MSc.

DIRECTOR

DECLARACIÓN

Manifestamos que la presente obra es original y se ha desarrollado sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de junio del 2018.



Vanessa Estefanía Ordóñez Pozo
C.I. 1003628383-3



Edwin Andrés Ortiz Pabón
C.I. 100363617-0

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien, al concedernos el don de la vida nos brindó la oportunidad de llegar a este punto tan importante y satisfactorio de nuestras vidas profesionales.

A la gloriosa Universidad Técnica del Norte por abrirnos sus puertas y permitirnos formar parte de su institución durante estos cinco años de formación académica y científica.

A la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables por inculcarnos el amor, cuidado y conservación del ambiente.

A nuestro director Ing. Paul Arias, MSc. quien a lo largo de esta investigación nos brindó su tiempo, paciencia y conocimientos para formarnos como profesionales competitivos en el ámbito profesional. Al igual que su entera confianza y apoyo para el desarrollo y culminación de este trabajo, llegando a convertirse en un verdadero amigo para nosotros.

A nuestros asesores PhD. José Ali Moncada, MSc. y Ing. Oscar Rosales, MSc. por su tiempo y paciencia infinita para guiarnos en el desarrollo de nuestra investigación. De igual manera por compartir con nosotros todos sus conocimientos sobre nuestro tema, lo cual enriqueció nuestro trabajo.

De manera muy especial a la Ing. Mónica León, MSc. quien nos acompañó en algunos años de nuestra vida universitaria como docente, impartiéndonos no sólo el interés por la investigación, sino motivándonos cada día a ser mejores profesionales y humanos. Cada una de sus enseñanzas impartidas en aula fueron de gran ayuda a lo largo de esta investigación.

Y el agradecimiento más especial va para nuestros padres, quienes han sido el pilar fundamental en nuestras vidas, inspirándonos y motivándonos cada día para dar lo mejor de nosotros en nuestra vida académica y nuestro diario vivir. De todo corazón gracias por todas sus enseñanzas y lecciones de vida.

77Vanessa y Andrés

DEDICATORIA

A mi madre Lucía Pozo, mi ejemplo y orgullo de vida, quien me ha inculcado a lo largo de todos los años que el éxito requiere esfuerzo, trabajo y dedicación y que todo esto al final será recompensado. Gracias a este lema de vida, hoy me encuentro terminando una etapa más de mi vida académica. Mis palabras no alcanzan para agradecerte tu paciencia, apoyo y amor infinito a lo largo de mi vida. Por todo esto yo te dedico este logro mamá.

A mi padre Gerardo Ordóñez, pese a que ya no se encuentre conmigo fue sin duda una de las personas que más impulsó y motivó este sueño a lo largo de su vida. Su carácter perseverante y tenaz me enseñaron que uno debe ser constante y nunca rendirse si quiere lograr algo en la vida. Por esas enseñanzas de vida que me dejaste papá, hoy por fin termino mi etapa universitaria.

A mis hermanas Diana Ordóñez y Carmen Ordóñez, quien con sus logros personales y profesionales me motivaron día a día no solo a ser una mejor profesional sino una mejor hija, hermana y amiga. De igual manera agradezco a mis sobrinos Alejandro, Ana Paula, Juan Esteban y Francisco que siempre han estado pendientes a que llegará a la finalización de mi vida universitaria, con sus palabras llenas de afecto e incentivo.

A mis grandes amigos Alejandro Pérez, Clara Farinango y Sisa Anrango quienes siempre han estado presente en mi vida durante sus diferentes etapas, con sus consejos llenos de amor y sus infaltables palabras de motivación en los momentos que más cuestionaba mis capacidades. Por todo eso gracias amigos.

A mi compañero y amigo de investigación Andrés Ortiz por contribuir a que este sueño se hiciera realidad, ya que su participación y entrega para el desarrollo de este estudio, fue sin duda fundamental para su culminación.

Vanessa Ordóñez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Edwin y María, por inculcarme principios, valores, enseñanzas y dedicación constante a lo largo de mi vida, gracias por brindarme su amor incondicional, su apoyo total, por guiar mis pasos a cada momento y sobre todo por su apoyo tanto económico como moral.

A mis hermanas, Gabriela y Carolina, por motivarme siempre y por creer en mí, gracias por brindarme su apoyo desinteresado y oportuno cuando más lo necesite. Además, sus palabras de aliento influían para seguir adelante y siempre ser perseverante con el objetivo de cumplir con mis ideales.

Y de manera muy especial dedico a mis queridas amigas Dailyn y Jessica quienes estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos a lo largo de mi vida universitaria, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas durante estos 5 años estuvieron a mi lado apoyándome para que este sueño se haga realidad.

Andrés Ortiz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Páginas
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de Investigación:	2
1.2. Preguntas directrices del problema de la investigación	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Marco Teórico	6
2.2.1. Cuenca hidrográfica	6
2.2.2. Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH)	7
2.2.3. Seguridad hídrica	7
2.2.4. Balance hídrico superficial	8
2.2.5. Evapotranspiración	9
2.2.6. Caudal (Q)	9
2.2.7. Infiltración	9
2.2.8. Precipitación	9
2.2.9. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM 3b43_v7).....	10
2.2.10. Métodos de interpolación	10
2.2.11. Función inversa de la distancia (IDW).....	10
2.2.12. Triangulación.....	11
2.2.13. Superficie de mínima cobertura (Spline).....	11
2.2.14. Métodos de interpolación probabilísticos.....	12
2.2.15. Método Kriging	12
2.2.16. Calidad de agua	12
2.2.17. Parámetros físico- químicos	13
2.2.18. Metodología de Matus para determinar zonas de recarga hídrica	14
2.2.19. Zonas de recarga hídrica.....	14
2.2.20. Gestión del riesgo	15
2.2.21. Planificación prospectiva.....	15
2.2.22. Diseño de estrategias de gestión hídrica	16

2.3. Marco legal.....	17
2.3.1. Constitución Política de la República del Ecuador	17
2.3.2. Plan de desarrollo 2017- 2021	18
2.3.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, uso y Aprovechamiento del Agua	19
2.3.4. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	19
2.3.5. Tratado Unificado de Legislación Ambiental, Tulsma (Acuerdo Ministerial 067) 19	
3. MARCO METODOLÓGICO.....	20
3.1. Descripción del Área de Estudio	20
3.2. Materiales y equipos.....	22
3.3. Metodología	23
3.3.1 Balance hídrico superficial	23
3.3.2. Aforo de caudales con moliente electrónico.....	30
3.3.3. Identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica.	32
3.3.4. Usos del recurso hídrico en el área de estudio.....	38
3.4.1. Análisis de la calidad de agua en el territorio.....	39
3.5.1. Evaluación de la seguridad hídrica integrando la percepción social.	43
3.6.1. Caracterización del recurso hídrico.	46
3.7.1. Definición de zonas susceptibles a eventos hidrometeorológicos.....	46
3.8.1. Propuesta de estrategias de gestión para los recursos hídricos de la microcuenca Palacara.....	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Balance hídrico superficial.....	48
4.1.1. Determinación de zonas potenciales de recarga hídrica	51
4.1.2. Usos del recurso hídrico en la microcuenca Palacara.....	53
4.2. Análisis de la calidad de agua de consumo humano	56
4.3. Evaluación de la seguridad hídrica integrando la percepción social.....	58
4.4. Evaluación de susceptibilidad a desastres de origen hidrometeorológico	61
4.5. Estrategias de gestión para los recursos hídricos de la microcuenca Palacara.....	63
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1. Conclusiones	72
5.2. Recomendaciones.....	73
6. REFERENCIAS	74
6.1. Referencias bibliográficas	74
7. ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Páginas
Tabla 1. Coordenadas de ubicación río Palacara	21
Tabla 2. Materiales y equipos	22
Tabla 3. Estaciones meteorológicas empleadas para el cálculo de Balance hídrico superficial	24
Tabla 4. Valor de L (Factor de corrección).....	30
Tabla 5. Ubicación de los caudales medidos en campo	31
Tabla 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la pendiente.....	32
Tabla 7. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la textura del suelo	34
Tabla 8. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca	35
Tabla 9. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica de acuerdo con el uso de la tierra	36
Tabla 10. Matriz posibilidad de recarga.....	38
Tabla 11. Parámetros físico químicos evaluados en la investigación	41
Tabla 12. Parámetros microbiológicos evaluados en la investigación.....	41
Tabla 13. Número de familias por comunidad.....	43
Tabla 14. Operacionalización de variables	45
Tabla 15. Resultados del balance hídrico superficial 2013-2015	49
Tabla 16. Caudales medidos en campo	50
Tabla 17. Ponderación de usos del recurso hídrico con respecto a las zonas de recarga.....	54
Tabla 18. Resultados de los análisis de calidad de agua	57
Tabla 19. Resultados de las encuestas aplicadas en las comunidades del área de estudio	60
Tabla 20. Matriz de formulación estratégica para el análisis FODA.....	63
Tabla 21. Estrategias diseñadas	66
Tabla 22. Estrategia (A3, D2): Regulación y seguimiento continuo del uso del agua en las concesiones otorgadas por la SENAGUA	68
Tabla 23. Estrategia (A3, D2): Diálogo entre los usuarios, administradores de las Juntas de Agua y representantes de la Autoridad Nacional del Agua para generar consensos de usos y mejorar la distribución del recurso hídrico	68
Tabla 24. Estrategia (A3, D2): Asignación de caudales medios de aprovechamiento en las concesiones dependiendo de la actividad de uso	68

Tabla 25. Estrategia (A4, D6): Definir el área de protección hídrica por cada toma de agua concesionada con el fin de evitar la disminución de los niveles en la capa freática.....	69
Tabla 26. Estrategia (A4, D6): Realizar estudios de hidrología subterránea en las vertientes de agua concesionadas y posibles fuentes de agua con el fin de conocer la disponibilidad de uso del recurso hídrico	69
Tabla 27. Estrategia (A1, D1): Implementar un sistema de saneamiento de agua potable en las comunidades ubicadas dentro de la microcuenca Palacara	70
Tabla 28. Estrategia (A1, D1): Establecer un sistema de potabilización del recurso hídrico dentro de las distintas comunidades abastecidas de la microcuenca Palacara.....	70
Tabla 29. Estrategia (A3, D3): Diseñar y socializar planes de contingencia frente a eventos hidrometeorológicos con la SNGR	70
Tabla 30. Estrategia (D5, F4): Talleres de educación ambiental dirigidos a la población de Cahuasquí sobre el uso adecuado del recurso hídrico	71
Tabla 31. Estrategia (D4, O2): Planificar la gestión integral de los recursos hídricos a nivel de microcuenca y articular al Plan de Desarrollo del Cantón ..;	Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Páginas
Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	22
Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas al área de influencia	23
Figura 3. Correlación entre datos de precipitación GES y precipitación INAMHI. (Estación meteorológica Cahuasquí).	25
Figura 4. Correlación entre datos de precipitación GES y precipitación INAMHI. (Estación pluviométrica Cotacachi).....	25
Figura 5. Correlación entre datos de precipitación GES y precipitación INAMHI. (Estación meteorológica El Ángel).	26
Figura 6. Correlación entre temperatura y precipitación de febrero 2013 (Estación meteorológica El Ángel).	27
Figura 7. Correlación entre temperatura y precipitación de diciembre 2015 (Estación meteorológica El Ángel).....	27
Figura 8. Ubicación del punto de medición de caudales	31
Figura 9. Ponderación de zonas de recarga y su relación con la pendiente	33
Figura 10. Ponderación de zonas de recarga Mapa de textura del suelo	34
Figura 11. Ponderaciones de zonas de recarga y su relación con la geología	35
Figura 12. Ponderaciones de zonas de recarga y su relación con la cobertura vegetal.....	37
Figura 13. Ubicación de Toma de muestra de agua en el área de estudio	39
Figura 14. Toma de muestra de agua en el sistema de bombeo (comunidad de Cahuasquí)...	40
IFigura 15. Toma de muestra de agua en el sistema de bombeo (comunidad San Francisco de Sachapamba).....	40
Figura 16. Encuestas realizadas en la comunidad San Francisco de Sachapamba	44
Figura 17. Encuestas realizadas en la comunidad la Florida	44
Figura 18. Diagrama ombrotérmico de la microcuenca Palacara	50
Figura 19. Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica	51
Figura 20. Concesiones de agua dentro de la microcuenca Palacara.....	55
Figura 21. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos.....	62

ÍNDICE DE ECUACIONES

Contenido	Páginas
Ecuación 1. Ecuación del balance hídrico superficial.....	8
Ecuación 2. Media ponderada de alturas	11
Ecuación 3. Cálculo del plano que subtiende un triángulo de Delauney	11
Ecuación 4. Ecuación de la Temperatura determinada	28
Ecuación 5. Ecuación de la Temperatura real.....	28
Ecuación 6. Ecuación de la Evapotranspiración-Thornthwaite	29
Ecuación 7. Ecuación del índice de calor mensual	29
Ecuación 8. Ecuación del parámetro a	29
Ecuación 9. Ecuación de la evapotranspiración corregida.....	30
Ecuación 10. Ecuación de zonas de recarga hídrica	37

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la microcuenca Palacara, ubicada en la parroquia Cahuasquí perteneciente al cantón San Miguel de Urcuquí, la cual sirve como principal fuente de abastecimiento de agua para la comunidad. La presión sobre el recurso hídrico en el lugar ha ido aumentando en los últimos años, debido a factores internos como la falta de políticas y estrategias que planten un buen uso y distribución del agua en la parroquia. Por consiguiente, se vio necesario evaluar la seguridad hídrica del recurso agua en el área de estudio, con el fin de mejorar la gestión del mismo. Para lo cual, se evaluó cada una de las variables que componen el concepto de la seguridad hídrica como son: la disponibilidad del recurso, mediante un balance hídrico para un tiempo de tres años, la calidad del agua mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los usos y la definición de zonas susceptibles a inundaciones se lo realizó mediante cartografía. Se evaluó percepción social de los habitantes sobre la seguridad hídrica, con el fin de contrastar la información biofísica generada. Se concluye que el lugar de estudio presenta una oferta o superávit del recurso hídrico, no existen problemas en la calidad del agua. Factores que la población valido mediante la aplicación de encuestas. Sin embargo, la población percibe que no existen planes de contingencia frente a eventos hidrometereológicos, lo que constituye un riesgo no solo para la población sino para la seguridad y gestión del recurso hídrico en el lugar de estudio. Frente a este escenario se plantearon las siguientes estrategias: diseñar y socializar planes de contingencia frente a eventos hidrometeorológicos con la SNGR, establecer un sistema de potabilización en el área de estudio, y regular el uso continuo del agua en las concesiones otorgadas por la SENAGUA.

Palabras claves: seguridad hídrica, percepción social, calidad, cantidad y gestión hídrica.

Summary

The present investigation was carried out in the Palacara micro-watershed, located in the Cahuasquí parish belonging to the canton of San Miguel de Urucuquí, which serves as the main source of water supply for the community. The pressure on the water resource of the place has been increasing in recent years, due to internal factors such as the lack of policies and strategies that raise good use and distribution of water in the parish. Therefore, it was necessary to evaluate the water security of the water resource in the study area, in order to improve its management. To this end, each of the variables that make up the concept of water security were evaluated, such as: the availability of the resource, through a water balance for a period of three years, the quality of the water through physicochemical and microbiological analysis, the uses and the definition of zones susceptible to floods was made through cartography. The social perception of the inhabitants about water security was evaluated, in order to contrast the biophysical information generated. It is concluded that the place of study presents a supply or surplus of the water resource, there are no problems in water quality. Factors that the population valid through the application of surveys. However, the population perceives that there are no contingency plans for hydrometeorological events, which constitutes a risk not only for the population but also for the safety and management of the water resource in the study site. Faced with this scenario, the following strategies were proposed: design and socialize contingency plans for hydrometeorological events with the SNGR, establish a purification system in the study area, and regularize the continuous use of water in the concessions granted by SENAGUA.

Keywords: water security, social perception, quality, quantity and water management

1. INTRODUCCIÓN

El agua es el factor abiótico más importante y abundante del planeta tierra; el hecho de que todos los seres vivos dependan de la existencia del agua da una pauta para percibir su vital importancia. El agua promueve o incentiva al crecimiento económico y el desarrollo social de una región, por lo cual se lo considera como un agente indispensable en el proceso del desarrollo de las comunidades (Brown, 2003).

Sin embargo, aun cuando se considera al agua como un recurso indispensable para la vida y un derecho de todos, cerca de una quinta parte de la población del planeta tierra vive en áreas que presentan una escasez física de agua; aproximadamente un cuarto de la población mundial se encuentra afrontando una escasez económica de agua, puesto que no cuentan con la infraestructura ni los medios necesarios para transportar el agua desde los acuíferos (McDonell, 2008). En el mundo existen alrededor de 1 100 millones de personas que no cuentan con acceso al agua potable, por lo cual luchan día a día por conseguir agua de calidad y en cantidad necesaria para satisfacer sus necesidades. Cada año se registra aproximadamente 3900 muertes de niños, a causa de enfermedades transmitidas por el agua (Organización de las Naciones Unidas, [ONU] 2009).

Uno de los principales desafíos a los cuales se enfrenta la población en el siglo XXI es afrontar la crisis del agua, un fenómeno que está creciendo a grandes escalas. Ecuador no es una excepción a esta realidad, pese a ser uno de los países con el mayor número de reservas de agua a nivel de América del Sur, presenta problemas de escasez de este recurso a causa de una incipiente distribución (Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos y Estadística, [INEC] 2010). Cerca de un 2% de la población ecuatoriana no cuenta con acceso a agua potable y más del 22% no cuenta con un saneamiento adecuado, cerca de cuatro millones de ecuatorianos se abastecen a partir de agua proveniente de ríos, pozos o vertientes y agua de lluvia. Esta realidad provoca graves efectos tanto en el ambiente como en la calidad de vida de muchas personas.

Al respecto, diferentes instituciones, entidades y asociaciones como la Global Water Paternership (2000) se han visto en la necesidad de mejorar la coordinación en el desarrollo y gestión del agua, la tierra y demás recursos asociados sin comprometer la funcionalidad y sostenibilidad de los demás ecosistemas y a esto se lo ha definido como “seguridad hídrica”.

En los últimos años ha tomado relevancia el concepto de seguridad hídrica como un modelo de los objetivos estratégicos para lograr una correcta gestión del recurso agua y conseguir garantizar el bienestar de las comunidades. Grey & Sadoff (2007) definen a la seguridad hídrica como la provisión confiable de agua en términos de cantidad y calidad óptimos para la salud humana, la producción de bienes y servicios y demás medios de subsistencia, junto con un nivel admisible de riesgo vinculados con el agua.

A partir de este nuevo paradigma, que busca mejorar el potencial productivo y limitar la capacidad destructiva del agua, la presente investigación se centra en evaluar cada uno de los componentes de la seguridad hídrica, presentes en el área de estudio, lo que permitirá proponer estrategias de gestión hídrica en el lugar y de esta manera salvaguardar la calidad de vida de los actuales y futuros pobladores del área de estudio.

1.1. Problema de Investigación:

En los últimos años, el planeta tierra se ha visto afectado por la crisis del agua, todas las señales sugieren que esta problemática está creciendo a gran escala, a menos que se tomen medidas correctivas. Factores como una carente administración del recurso hídrico, una mala distribución y uso del recurso por parte de los habitantes, contribuyen a que el problema aumente (Martinez, 2014).

Esta situación se evidencia en la microcuenca Palacara, ubicada en la parroquia Cahuasquí del cantón San Miguel de Urcuquí, en el cual la presión sobre el recurso hídrico ha ido aumentando a grandes escalas en los últimos años debido a factores internos como la falta de políticas y estrategias que planten un buen uso y distribución del agua en la parroquia. A esto se suma el hecho de que el cantón presenta un incipiente PDOT cantonal, en el cual el estudio de las cuencas hidrográficas presentes en el territorio se realiza de manera superficial, es decir, a un nivel de cuencas hidrográficas mas no de microcuencas, por lo cual hablar de un correcto manejo del recurso hídrico en el territorio se plantea como un hecho poco probable.

El uso del recurso hídrico en la microcuenca Palacara presenta una amplia gama de diversos actores involucrados, los cuales presentan diferentes necesidades, prioridades y percepciones

sobre el uso del agua; por consiguiente, la convivencia de la variedad de beneficiarios generalmente provoca conflictos por la distribución y acceso al recurso.

En consecuencia, por la realidad en la que se encuentra el territorio podría tener como efectos: riesgo en la disponibilidad de agua, alteración de su funcionalidad, deterioro de la calidad ambiental y en muchos casos se potenciaría su capacidad destructora de actividades antrópicas, ocasionando que se manifieste un nuevo tipo de inseguridad “la hídrica”, ya que no se aumenta el potencial productor del agua y ni se limita potencial destructor del recurso.

1.2. Preguntas directrices del problema de la investigación

- ¿Qué estrategias de gestión hídrica se pueden implementar para garantizar la seguridad hídrica en la microcuenca?

1.3. Justificación

La población mundial actual se ve afectada por distintos eventos relacionados con el agua que amenazan con alcanzar una correcta gestión del recurso hídrico como son los desastres hídricos, los cuales han ido aumentando en los últimos años por efecto del calentamiento global, afectando no sólo la economía de las naciones sino la calidad de vida de las personas. La escasez y la falta de sistemas de potabilización del agua en ciertos lugares del mundo afecta a la seguridad alimentaria y medios de subsistencia, reduciendo las oportunidades de educación a los sectores vulnerables en todo el mundo, por lo tanto, se consideran como los principales retos para alcanzar la seguridad hídrica.

La presente investigación se enmarca en el sexto objetivo del desarrollo sostenible de la ONU, el cual se refiere a garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, con el fin de asegurar el acceso a agua de calidad, libre de impurezas y óptima para el consumo humano. De igual modo este objetivo pretende mejorar y fortalecer la gestión del recurso hídrico, lo cual no sería posible sin la integración del concepto de la seguridad hídrica, que busca mejorar y asegurar la calidad y cantidad del recurso hídrico y limitar su potencial destructivo.

El Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 se plantea como primer objetivo garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas, lo que se enmarca en la política 1.17,

que busca mejorar el acceso justo y equitativo a agua de calidad para todos los sectores y tiene como meta incrementar el porcentaje de la población con acceso a agua segura a 2021, contribuyendo a mejorar la protección y conservación del recurso hídrico en conjunto con la calidad de vida de las personas, principalmente de los sectores vulnerables.

La Universidad Técnica del Norte, presenta diferentes líneas de investigación, entre las cuales se encuentra el estudio de los recursos naturales renovables como es el agua, el cual constituye el eje principal de la presente investigación, puesto que, al mejorar la calidad, cantidad, acceso al recurso hídrico, se contribuiría a mejorar la calidad de vida en términos económicos y ambientales de los habitantes de la microcuenca Palacara. Situación que fortalecerá la seguridad hídrica dentro del territorio y mejorará la gestión del recurso agua.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Proponer estrategias de gestión para los recursos hídricos en la microcuenca Palacara, con el fin de fortalecer la seguridad hídrica.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad, calidad y usos del recurso hídrico en la microcuenca Palacara.
- Evaluar la seguridad hídrica mediante la integración de la percepción social y la caracterización del recurso hídrico de la microcuenca Palacara.
- Diseñar estrategias de gestión para los recursos hídricos de la microcuenca Palacara.

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

El agua se ha considerado como un recurso renovable e ilimitado, capaz de suministrar y satisfacer las necesidades de la población mundial sin restricciones; este pensamiento era sustentado por numerosas publicaciones, artículos, revistas y libros que argumentaban que el agua era un recurso capaz de recuperarse a través del “ciclo hidrológico” (Brown, 2003).

Sin embargo, hoy en día se considera a la escasez del agua como un problema real a escala planetaria. En los últimos 20 años el consumo de agua se ha disparado de manera descomunal, a causa de una conjunción de los excesos de agua por parte de los países desarrollados, un crecimiento demográfico desmesurado lo que conlleva a una mayor necesidad de (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, [UNDESA] 2005).

Todos estos precedentes propiciaron para que diferentes investigadores, académicos y políticos busquen un enfoque de estudio concerniente, que permita analizar los métodos más convenientes para gestionar el recurso hídrico. De este modo innumerables conferencias y acuerdos internacionales se han suscitado a lo largo de los tiempos, pero no es hasta la conferencia de Mar del Plata, Argentina, llevada a cabo en 1977 que surge el concepto de la “gestión integral del recurso hídrico”, el cual promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua en todos los sectores económicos: agricultura, turismo, industria, finanzas; e incluso en sectores sociales como educación y salud (Global Water Partnership, [GWP] 2000). No obstante, no fue hasta después de la Agenda 21 y la Cumbre de Río 1992 cuando el concepto de la gestión integrada del recurso hídrico fue objeto de profundos debates, debido a que no consideraba dentro de su gestión, el carácter destructor que en ciertas ocasiones tiene el recurso. Por consiguiente, en el II Foro Mundial del Agua, llevado a cabo en el año 2000 en los Países Bajos surge el paradigma de la seguridad hídrica, el cual “busca sacar provecho del poder productivo del agua y minimizar su fuerza destructiva” (GWP, 2013).

El concepto de seguridad hídrica ha presentado un acelerado desarrollo en las últimas décadas (Cook & Bakker, 2012), pero este nuevo modelo trajo consigo el desarrollo de múltiples acepciones y modelos de aplicación (Arias, 2015). Varios autores han abordado el tema de la seguridad hídrica desde distintas percepciones y ejes temáticos.

Entre los enfoques en el cual se ha enmarcado la seguridad hídrica se encuentran: el enfoque de “necesidades humanas” se centra en conocer complicaciones derivadas de la seguridad hídrica como: seguridad alimentaria y retos propios del desarrollo en el cual se encuentra la resiliencia, cambio climático, eficiencia energética entre otros. El enfoque “cuantitativo” el cual se basa en la provisión confiable del agua en términos de cantidad. De igual manera existe el enfoque de “amenazas y vulnerabilidad” el cual prioriza la protección de sistemas de agua vulnerables frente a amenazas hidrometeorológicas (inundaciones, sequías) y otras inusuales como el terrorismo. Por lo contrario, el enfoque de sustentabilidad ha sido uno de los enfoques más holísticos.

2.2.Marco Teórico

2.2.1. Cuenca hidrográfica

Se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se congrega y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo cuerpo de agua. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados (Jiménez, 2015).

La cantidad de agua dentro de la cuenca hidrográfica es gobernada por el ciclo hidrológico y diferentes factores climáticas y geomorfológico como la orografía, altura y altitud, pero en ciertas ocasiones la disponibilidad del recurso agua no es continua o en su presencia es tal que puede provocar inundaciones, deslizamientos de terreno y en algunos casos sequías extremas (Pladeyra , 2003).

Con el fin de poder superar los retos que puede presentar la disponibilidad de agua dentro de un lugar, surge el balance hídrico superficial. Esta herramienta trabaja con tres variables principalmente precipitación, evapotranspiración y caudal. Pladeyra (citado por Ordóñez, 2011) piensa que esta herramienta permite comprender el ciclo hidrológico en sus diferentes etapas, la manera en que esta se recibe y distribuye en los distintos procesos de escorrentía, evapotranspiración e infiltración. Lo cual permite conocer el estado de humedad de la cuenca, en términos de precipitación recibida y pérdida generadas, lo que permite establecer la estacionalidad en el año húmedo, normal o seco (Ordóñez, 2011).

Por consiguiente, conocer la situación actual del recurso agua dentro de la cuenca hidrográfica, permitirá proponer y diseñar adecuadas estrategias de gestión hídrica en el área de estudio.

2.2.2. Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH)

Es el proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinado del recurso hídrico, tierra y demás recursos conexos con el fin de maximizar de manera equitativa al resto de los demás subsistemas como el económico y social, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas (GWP, 2000).

Según la Fundación Avina (Avina, 2012), la GIRH es un proceso que permite establecer funciones al recurso hídrico de una zona, dar cumplimiento con la ley y establecer normas. De igual manera se incluye la recolección de datos e información, considera los intereses, procesos, usos y disponibilidad del recurso hídrico.

El enfoque de la gestión hídrica busca administrar y coordinar el uso del recurso hídrico de forma efectiva y eficiente, en base a la demanda de las actividades sociales y económicas que se desarrollen en el territorio y las necesidades del medio ambiente; lo cual se configura con el concepto de seguridad hídrica, que a partir de los años ochenta se convirtió en un paradigma de los objetivos de la gestión hídrica. Consecuentemente la solución a los problemas del recurso hídrico dentro del territorio de estudio debería ser enfrentada de manera integral, por todos los actores vinculados al agua, desde un enfoque de la seguridad hídrica (ONU, 2009).

2.2.3. Seguridad hídrica

En los últimos años, ciertos países para definir los objetivos estratégicos de la gestión hídrica han incorporado el creciente concepto de seguridad hídrica, el mismo que ha sido incluido en acuerdos ministeriales y múltiples declaraciones a partir del año 2000. La GWP (2000) define a la seguridad hídrica como la provisión confiable de agua en términos de cantidad y calidad aceptables para la salud humana y la producción de bienes. A la vez busca fortalecer y mejorar la gestión del recurso hídrico y la economía.

Calow, Ludi y Tucker (2013) sugieren que la seguridad hídrica es la disponibilidad de una adecuada cantidad y calidad del agua para la salud, los medios de vida, los ecosistemas y la producción, y la capacidad de acceder a ella, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua a personas y ambientes, y la capacidad para gestionar dichos riesgos.

En base a las dos concepciones anteriormente citadas, se observa que no sólo comparten características en común: provisión confiable del recurso en términos de cantidad y calidad, aseguramiento de la salud, protección del medio ambiente, manejo de riesgos y una productividad económica. Cada una de estas características serán los indicadores mediante los cuales se evaluará la seguridad hídrica en el área de estudio, y permitirá diseñar las respectivas estrategias de gestión hídrica en la zona.

2.2.4. Balance hídrico superficial

Es una herramienta que permite conocer ciertas características de una cuenca como son la capacidad de captación de agua, esto lo realiza mediante el principio de conservación de las masas o ecuación de continuidad (Rose, 2004). Dicho principio sugiere cualquier cambio en las entradas o salidas de la cuenca hidrográfica, tendrán efecto en el almacenamiento de agua (Simon, 2010).

Faustino (2007) manifiesta que el balance hídrico ayuda a calcular la disponibilidad o superávit del recurso hídrico en una determinada área y tiempo, lo cual permite establecer conflictos por el uso y aprovechamiento del agua. El balance hídrico superficial está conformado por distintas variables hidrológicas como son la precipitación, la evapotranspiración, caudal y infiltración, las cuales sugieren la variación en el almacenaje del recurso hídrico. A continuación, se detalla la ecuación para el cálculo del balance hídrico:

Ecuación 1. Ecuación del balance hídrico superficial

$$P - E_{tp} = Q + I + \Delta S$$

Donde:

P=Precipitación (mm/mes)

E_{tp}=Evapotranspiración

Q= Caudal (m^3/s)

I= Infiltración

ΔS =Variación de almacenaje

2.2.5. Evapotranspiración

Es el resultado de la combinación de dos procesos diferentes como son la evaporación y la transpiración vegetal, ambos procesos constituyen la pérdida de agua la primera por el paso de estado líquido a gaseoso del recurso hídrico y su incorporación a la atmosfera. El segundo consiste en la vaporación del agua líquida contenida en las plantas. Este fenómeno depende de la energía radiante, del gradiente de presión y de la radiación de la temperatura y presión (Ordóñez, 2011).

Cuando se refiere a evapotranspiración, es necesario diferenciar la evapotranspiración potencial (ETP) o ET máximo, que teóricamente es cuando un suelo está cubierto por vegetación y constantemente provee agua hacia la atmósfera. Mientras que la evapotranspiración real es la cantidad real de agua que se evapora hacia la atmosfera, y por ende es menor que el ETP (Chow, Maidment, y Mays, 1988).

2.2.6. Caudal (Q)

Se define como el volumen de agua que fluye en una sección transversa de río en un determinado tiempo

2.2.7. Infiltración

Es el movimiento de agua desde la superficie del suelo al interior de este por efecto de la gravedad. El agua se acumula en los poros del suelo puede distribuirse en el suelo, llegando a suministrar agua lo distintos vegetales presentes, o puede desplazarse a capas más profundas llegando a la capa freática. La infiltración mide la capacidad de infiltración del suelo en una unidad de tiempo como mm/h o cm/h (Herrera,2017),

2.2.8. Precipitación

Es el agua meteórica que cae de la superficie de la tierra, provocada por el cambio de la temperatura o presión, constituye la única entrada al sistema hidrológico. El agua puede caer en forma líquida como (lluvia, llovizna) o sólida (nieve, granizo) (Ordóñez,2011).

La recolección de datos de esta variable hidrológica suele presentar problemas para el investigador, debido a la falta de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio. Esto se constituye como un obstáculo para el investigador. A partir de estos problemas, ciertos centros de investigación entre ellos la NASA han implementado satélites que ayudan a la medición cuantitativa de la precipitación como es el caso del satélite TRMM 3B43_v7.

2.2.9. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM 3b43_v7)

Es el trabajo integrado y colaborativo entre la NASA y la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA) diseñado con el propósito de monitorear las precipitaciones tropicales y subtropicales entre 35°N y 35°S y así generar información cuantitativa de las lluvias. Su alcance es una amplia franja ubicada bajo el satélite TRMM (Fernández, 2010).

La misión trabaja con cinco herramientas: *Precipitation Radar* (PR), *TRMM Microwave Imager* (TMI), *Visible Infrared Scanner* (VIRS), *Clouds y Earths Radiant Energy System* (CERES) y *Lightning Imaging Sensor* (LSI). PR y TRMM son las principales herramientas para detectar precipitaciones.

El TRMM es un sensor de microondas pasivo que mide cuantitativamente las precipitaciones en una amplia franja baja el satélite TRMM. El TMI (por sus siglas en inglés) puede medir las mínimas cantidades de energía de microondas emitidas por la tierra. Lo cual permite medir el agua de la nube, la intensidad de lluvias en la atmosfera y el vapor de agua (Paredes, Salinas, Martínez y Jiménez, 2012).

Los datos de precipitación generados por el satélite TRMM, para ciertos años presentan datos ausentes para completar la información se utilizan distintos métodos de interpolación, a partir de la información existente.

2.2.10. Métodos de interpolación

La interpolación espacial es un método que permite conocer el espacio de un determinado punto en el espacio a partir de la posición conocida de otra variable en el espacio (Bosque, 2000). Dicha relación se explica a partir de la interacción entre las variables independientes que permiten estimar el comportamiento de la variable dependiente. Existen diferentes técnicas de interpolación como son: probabilístico y determinístico.

A continuación, se detallan algunos modelos de interpolación determinístico utilizados con los Modelos Digitales de Elevación (MDE), en el que su variable independiente es la altura.

2.2.11. Función inversa de la distancia (IDW)

Esta técnica de interpolación sugiere que aquellos puntos cercanos entre sí tendrán una altura similar, y dicha similitud se reduciría entre mayor distancia existe entre dichos puntos. Cuando se desconoce el dato de la altura (Z), este se calcula a través de la media ponderada de las

alturas de los puntos adyacentes. Los valores para la ponderación se establecen a partir del inverso de las distancias entre cada punto conocido con relación al punto desconocido.

La ecuación matemática para el cálculo de la función inversa de la distancia es la siguiente:

Ecuación 2. Media ponderada de alturas

$$Z_i = \frac{\sum_j (Z_j \cdot W_{ij})}{\sum_j W_{ij}}$$

$$W_{ij} = \frac{1}{D_{ij}^a}$$

Donde:

Z_i : Valor estimado de altura en el punto i , media ponderada de alturas conocidas de puntos

Z_j : Valores conocidos de alturas en todos los puntos j

W_{ij} : Pesos de ponderación, distancia inversa entre el punto i respecto a los demás puntos j

D_{ij} : Distancia entre el punto i y los demás puntos j de altura conocida

2.2.12. Triangulación

Consiste en dibujar una red de triángulos a lo largo de toda la superficie, colocando los datos de altura conocida en los vértices de los triángulos. Dichos triángulos deben ser equiláteros y tener ángulos internos aproximados a 60° , para esto se deben trazar polígonos de Thiessen en torno a los puntos conocidos, uno de los lados debe ser perpendicular al polígono de Thiessen.

La fórmula para el cálculo de los puntos de altura del plano que subtiende a cada triángulo es:

Ecuación 3. Cálculo del plano que subtiende un triángulo de Delauney

$$Z = A \cdot Y + B \cdot X + C$$

Los puntos A, B y C se calculan a partir de los valores conocidos de los vértices del triángulo (x,y,z). Es decir para cualquier punto ubicado dentro el plano su altura (z) se puede calcular a partir de los datos de posición x,y.

2.2.13. Superficie de mínima cobertura (Spline)

Es un método de interpolación determinístico que utiliza métodos de regresión matemática, en el que a partir de los valores Z conocidos se puede ajustar a una superficie Z y sus variaciones serán mínimas, es decir se ajusta a la teoría de mínimos cuadrados (Ramos, 2004).

La confiabilidad del ajuste dependerá de la cantidad de puntos de altura que se disponga. Otra de las condiciones a tener en cuenta es el coeficiente de correlación, entre más cercano a uno (1) menor será su desviación y mayor el ajuste.

2.2.14. Métodos de interpolación probabilísticos

Describen el comportamiento de un conjunto de datos cuyo comportamiento se supone aleatorio. Los métodos estocásticos se componen por eventos predecibles o aleatorios, por lo tanto, la probabilidad determina el comportamiento de una variable.

2.2.15. Método Kriging

Trabaja en función de la autocorrelación espacial, que sugiere que las cosas más próximas se parecen más (Tobler, 2009). Es decir, cuando se conocen datos de un punto sobre una variable en específica, la variación será mínima en los puntos más cercanos. No obstante, a mayor distancia entre los puntos la variación de la variable será mucho mayor.

Este método es aquel con mayor aceptación científica debido a que genera los mejores resultados de estimación, puesto que ofrece el cálculo de la varianza del error de predicción.

2.2.16. Calidad de agua

Se cree que la escasez es el principal problema que el recurso hídrico puede presentar. Sin embargo, la calidad de agua es un indicador de igual importancia que se debe tener en cuenta al momento de hablar de seguridad hídrica. Dicho término hace referencia a la presencia de ciertas condiciones o parámetros que muestran que el agua puede ser usada para diferentes actividades tanto domésticas como agrícolas y de recreación (OMS, 2016).

La Directiva Marco de las Aguas la define como el conjunto de condiciones óptimas y necesarias que debe presentar el agua, tanto para el consumo humano como para la ejecución de distintas actividades productivas, manteniendo un equilibrio con el ecosistema y cumpliendo así objetivos de calidad.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1993) mantiene que el análisis de la calidad de agua es un proceso de enfoque múltiple, puesto que integra la naturaleza física, química y biológica del agua con su correlación a la calidad natural y los efectos en la salud humano y de los ecosistemas acuáticos.

Los análisis de agua contribuyen a revelar la presencia de elementos de origen natural y elementos procedentes de las distintas actividades de producción y consumo humano como

sólidos en suspensión y microorganismos patógenos (Sáenz, 1995). Distintas actividades como la deforestación, el mal uso de las tierras, ciertos efluentes de uso doméstico e industrial afectan directamente a la calidad de agua de los distintos cuerpos de agua lo cual genera una reducción notable en la disponibilidad de agua (Organización Panamericana de la Salud, [OPS] 1993).

En Ecuador los límites permisibles para todo uso están definidos en el Acuerdo Ministerial 097A y en la Norma Inen la cual establece los límites máximos permisibles para agua de uso doméstico y consumo humano. El objetivo de estas normas es proteger la salud humana de distintas enfermedades como a los ecosistemas por la presencia de ciertos elementos que afectan a su correcto funcionamiento.

2.2.17. Parámetros físico- químicos

Los parámetros fisicoquímicos del agua se encuentran comúnmente relacionados con el uso de agroquímicos que tienen como efecto la presencia de innumerables metales pesados y desechos tóxicos en el agua, los cuales son considerados un riesgo para la salud humana (García, 2012). Los parámetros fisicoquímicos a evaluarse en el agua de riego o uso agrícola son los siguientes:

- **Conductividad eléctrica (CEa).** - La conductividad eléctrica se expresa como la relación directa de la presencia de sólidos disueltos en el agua. Se considera que a mayor cantidad de sales disueltas el agua puede conducirlos más rápidamente, por lo cual se considera que el agua pura es un mal conductor de la electricidad. Generalmente las aguas de riego presentan una conductividad eléctrica menor a $0.1S^{-1}$.
- **Total de sólidos disueltos (TSD).** - Se define como la presencia de cualquier sustancia en el agua como sustancias orgánicas o inorgánicas como aniones, cationes o sales en el agua. Los sólidos totales disueltos es la suma de los iones de carga positiva y negativa en el agua. El valor de sólidos disueltos de la mayoría de las aguas de riego tiende a ser menor de 100 mg l^{-1} (García, 2012).
- **pH.** -Se define como un indicador del potencial de hidrógeno del agua, puesto que expresa el nivel de alcalinidad que presenta. Si la sustancia es ácida estaría indicando la presencia en alta o bajas cantidades de iones de hidrógeno. Mientras que en las sustancias básicas o alcalinas no existe presencia de iones hidrógeno.

Según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA, 2015) menciona que el agua para consumo humano es aquella que se obtiene de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será utilizada por individuos o comunidades. Los parámetros fisicoquímicos por evaluarse en el agua de consumo son los siguientes:

- **Coliformes fecales.** – Este parámetro es un factor de importancia sanitaria debido a que las heces fecales contienen una gran variedad de microorganismos los cuales pueden contener incluso microorganismos como bacterias.
- **Color** - Este parámetro consiste en ver el color del agua el cual se atribuye a la presencia de ácidos grasos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, etc. Se considera que el color del agua puede originarse por descomposición de materia orgánica o la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos.
- **Turbiedad.** – Este parámetro permite conocer la cantidad de material particular suspendido en el agua, cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada mayor turbidez. Los materiales que causan que el agua sea turbia son: materia orgánica e inorgánica, arcilla, limo, plancton y organismos microscópicos.

2.2.18. Metodología de Matus para determinar zonas de recarga hídrica

La metodología de Matus se conoció en una guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica en el año 2009, seguido de una aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa en Nicaragua. Para la aplicación de esta metodología se seleccionaron ocho fuentes de agua ubicadas en siete comunidades de la subcuenca seguido de un mapa de zonas potenciales de recarga hídrica de las ocho fuentes, rápidamente se determinó el potencial de recarga de las zonas identificadas. Además, esta investigación contó con la participación social del sector en donde se procedió a georreferenciar todas las zonas potenciales de recarga hídrica con la ayuda de un GPS. (Matus, 2009).

Esta metodología es simple y de bajo requerimiento económico por lo cual otros estudios se basan en ella, es el caso de la identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río negro en la ciudad de Guatemala en donde la mayor parte de la zona de estudio contaba con zonas de recarga muy bajas lo cual se supo validar a través de la revisión de antecedentes de deforestación en la zona. (Donis, 2015)

2.2.19. Zonas de recarga hídrica

Se conoce como recarga al proceso que ocurre de forma natural, en donde se incorpora agua procedente de la infiltración de la lluvia, por aguas superficiales y acuíferos. En el territorio donde ocurre la recarga se le da el nombre de zona de recarga ya que son sitios con mayor capacidad de infiltración o con rocas superficialmente permeables (Matus, 2009).

Existen zonas que por sus características facilitan la infiltración y ofrecen mayores contribuciones a la recarga hídrica, de igual forma existen zonas que por sus particularidades específicas son susceptibles de disminuir su potencial de recarga hídrica al ser sometidas a un manejo diferente a su capacidad de uso. A estas áreas se les denomina zonas críticas de recarga hídrica (Matus, 2009).

Por ejemplo, los bosques ayudan a la preservación de una adecuada estructura del suelo favoreciendo a que el agua de las precipitaciones se infiltre ayudando a mantener los caudales durante el verano. De igual forma favorecen a reducir la escorrentía resultante de la precipitación debido a la obstrucción que existe con la presencia de árboles, igualmente la capa de materia orgánica existente en los bosques reduce el flujo de agua y favorece la infiltración. Además, mejora la calidad del agua debido a que los suelos de los bosques funcionan como filtros de agua; siendo las cuencas con mayor cobertura vegetal las que presenten mejor calidad de agua (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, [IARNA] 2006).

2.2.20. Gestión del riesgo

Según Díaz, Chuquisengo y Ferradas (2005) la gestión de riesgo es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, región o país, ligado a la búsqueda de su desarrollo sostenible. Es esencial la integración de este enfoque en los programas y proyectos de desarrollo y de la intervención integral de cada uno de los actores involucrados.

Narváez y Llavel (2009) hace referencia a la gestión de riesgo como un proceso social el cual tiene como fin la prevención, reducción y control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, sin embargo la Secretaría General de la comunidad Andina (2009) indica que la gestión de riesgos tiene implicaciones de carácter político, social y cultural, debido a que los actores que participan en la construcción del riesgo, son de igual forma responsables de intervenir en la prevención del mismo.

2.2.21. Planificación prospectiva

La planificación prospectiva es el saber lo que sucederá en el futuro sin embargo cabe señalar que siempre se orientará a indagar sobre lo desconocido, sobre lo que hay más allá del tiempo presente (Huerta, 2000). Se considera un proceso sistemático y continuo que relaciona las decisiones actuales con el futuro, en el contexto de cambios situacionales y que se expresa en la formulación de planes interrelacionados (Soriano, 2013) . Construir el futuro significa dar

un paso adelante respecto a la anticipación pues además de la voluntad de actuar, añade la necesidad de tomar conciencia y crear habilidades para definir y proyectar el futuro en función de los objetivos deseados éticamente compatibles con el desarrollo humano y sostenible de la humanidad (Wiesner & Medina, 2006).

Huerta (2000) afirma que:

“Los estudios de prospectiva se ubican en el contexto del futuro el cual parte de lo real y se proyectan al campo de lo virtual”.

Emprender procesos de planificación o de evaluación implica desarrollar acciones sobre lo real; intervenir sobre los componentes y dimensiones de esa realidad, una realidad que se construye día a día por medio de las experiencias de los sujetos. En esta realidad existen situaciones objetivas con problemas objetivos, pero también existen racionalidades que no siempre conviven con objetividad; más bien, se relacionan cotidianamente de manera subjetiva.

De igual manera los estudios de prospectiva parten de ideas sobre el futuro y de intenciones de transformarlo. De hecho, los procesos de planificación prospectiva se crean a partir de escenarios virtuales, es decir a partir de un futuro y a partir de esto se proyectan estrategias hacia el presente para direccionar la factibilidad de los procesos (Huerta, 2000). Es decir, la proyección virtual se diseña en el futuro, pero se le da sentido a partir del presente.

2.2.22. Diseño de estrategias de gestión hídrica

Las estrategias son actividades planeadas con el fin de construir medios de vida sustentable (Farrington, 2002), como es el caso de esta investigación la cual procede a identificar los desafíos que debe enfrentar la gestión del agua en la región para alcanzar una adecuada seguridad hídrica. Dichas estrategias se relacionan con los acelerados cambios sociales, económicos y políticos que experimentan las poblaciones rurales de la zona.

De acuerdo con Tréllez (2002), la educación ambiental es un campo abierto al pensamiento y a la acción constructiva, en donde los resultados pueden convertirse gradualmente en propuestas creativas para un futuro diferente; de esta forma, la educación ambiental permite flexibilizar el pensamiento, crear escenarios y construir procesos orientadores para el cambio. Esta estrategia de educación ambiental implementada a través de la huella hídrica permite

generar la apropiación por parte de las comunidades con respecto a la gestión del recurso hídrico. A partir del concepto de huella hídrica (HH) propuesto por Hung (2002), permite estimar el agua que ha sido necesaria en la producción de bienes y servicios, con las que se logró generar un cambio de percepción en el uso del agua y generar un cambio en las relaciones hombre, naturaleza y sociedad.

De diferente manera la revisión de documentación sobre políticas internacionales de gestión del agua asociadas a eventos internacionales relacionados con el tema es de vital importancia al igual que la revisión de artículos sobre políticas del agua realizadas en países con alta tradición en el tema, en particular Francia, Alemania, España y EE. UU. Con el fin de entender mejor la aplicación de los instrumentos de gestión del agua en cada país (Delgada, Trujillo, & Torre, 2012).

2.3. Marco legal

La presente investigación se encuentra enmarcada en la actual política del Ecuador, sobre el uso, calidad y manejo del recurso hídrico que actualmente rigen en el país. A continuación, se detallan las leyes correspondientes al recurso hídrico, comenzando por un análisis de la actual Constitución de la República del Ecuador, seguida por la legislación vigente

2.3.1. Constitución Política de la República del Ecuador

Como se describe en la constitución del Ecuador, en el capítulo segundo derechos del buen vivir-sección primaria agua y alimentación en el art 12. el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

De igual manera, en el mismo capítulo sección segunda ambiente sano, el artículo 14 mantiene que se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

El artículo 71, del capítulo séptimo del título II sobre los derechos de la naturaleza promueve que la naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente y el mantenimiento para regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Capítulo Segundo Biodiversidad y recursos naturales- Sección sexta Agua.

- Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.
- Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

Es así como la constitución actual de Ecuador (2008), se centra en la conservación de la naturaleza y los recursos naturales, por lo cual promueve y garantiza, el acceso al agua en términos de calidad, cantidad y usos. De igual manera promueve procesos de saneamiento, manejo y gestión del recurso hídrico.

2.3.2. Plan de desarrollo 2017- 2021

El Plan de Desarrollo es un documento en el cual establece 3 ejes a cumplirse: derechos para todos durante toda la vida, economía al servicio de la comunidad y más sociedad mejor estado, los cuales se cumplirán a través del cumplimiento de nueve objetivos, con la finalidad de conseguir el buen vivir y el desarrollo dentro de las poblaciones.

La presente investigación se basa en el objetivo uno el cual es Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas, en donde hace referencia al uso de espacios públicos para el fortalecimiento de temas como el agua, el acceso y la calidad para el consumo humano, los servicios de saneamiento, producción y sistemas de riego. Mediante la política 1.17 Garantizar el acceso, uso y aprovechamiento justo, equitativo y sostenible del agua; la protección de sus fuentes; la universalidad, disponibilidad y calidad para el consumo humano, saneamiento para todos y el desarrollo de sistemas integrales de riego, buscando mejorar el acceso equitativo de agua de calidad teniendo como meta incrementar el porcentaje de población con un adecuado acceso a agua segura a 2021 (Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo, [SENPLADES] 2017).

2.3.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, uso y Aprovechamiento del Agua

Hace referencia a la conservación del recurso hídrico en los artículos 4, 18, 33, 64, 66, 78, 79, 81, 82, 84 y 151 en los que se menciona una adecuada protección de los recursos hídricos mediante una gestión sostenible y sustentable la cual garantice su permanencia y calidad promoviendo el cumplimiento del sumak kawsay.

Además se establece que la gestión pública de los recursos hídricos comprenderá la planificación, formulación de políticas nacionales, gestión integrada en cuencas hidrográficas, el otorgamiento, seguimiento y control de autorizaciones de uso y de autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua, la determinación de los caudales ecológicos, la preservación y conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica, la regulación y control técnico de la gestión, la cooperación con las autoridades ambientales en la prevención y control de la contaminación del agua y en la disposición de vertidos, la observancia de los derechos de los usuarios, la organización, rectoría y regulación del régimen institucional del agua y el control, conocimiento y sanción de las infracciones.

2.3.4. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

Capítulo VI (De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas)

El artículo 16 señala que queda prohibido descargar aguas residuales sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna y a las propiedades.

2.3.5. Tratado Unificado de Legislación Ambiental, Tulsma (Acuerdo Ministerial 067)

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, dando a conocer los parámetros físicos, químicos y biológicos con

potencial riesgo de contaminación del agua. La finalidad es proteger la calidad del recurso hídrico, para así asegurar la integridad de las personas, la calidad y funcionamiento de los ecosistemas y sus interrelaciones.

En donde de acuerdo con los diferentes tipos de uso, se detallan los siguientes puntos:

- a) Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- c) Los métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describen los materiales y los procesos metodológicos a efectuarse, para cumplir los objetivos que pretende alcanzar esta investigación.

3.1. Descripción del Área de Estudio

El área de estudio se ubica en la zona Norte del Ecuador, a 45 km de la provincia de Imbabura del Cantón San Miguel de Urucuquí, limitando al norte con la parroquia la Carolina, al sur con Pablo Arenas y parte de San Blas al oeste con Buenos Aires y al este con Pablo Arenas. La palabra Cahuasquí se deriva del idioma inga que significa cahuas= tierra y qui= fértil, denominando a esta como tierra fértil. Según datos del INEC (2010) la actividad predominante dentro de la parroquia es la agricultura con un 36.02% de la población dedicada a esta actividad. El clima templado de la zona contribuye al cultivo de ciertos cereales, legumbre hortalizas, aguacates y muchos productos más.

La principal fuente de abastecimiento de agua dentro de la comunidad de Cahuasquí proviene de la microcuenca Palacara, que se encuentra a un rango altitudinal de 1760 a 3317msnm. Las coordenadas de ubicación del área de estudio se detallan en la Tabla 1. La microcuenca Palacara

está conformada por dos ríos de igual importancia el río Pablo Arenas y el río Chiquito. Además, de varias quebradas como: quebrada de San Guillermo, quebrada Santa Barbara, quebrada Pichavi y entre otras (Instituto Geográfico Militar, [IGM] 2013). El área de estudio presenta una extensión de 14.573 hectáreas; conformada por diferentes centros poblados como: Cahuasquí, Pugará, Palagá, La Florida y San Francisco de Sachapamba (Figura 1).

Tabla 1. *Coordenadas de ubicación río Palacara*

Punto	X	Y	Z
N	807014	10061317	3320
S	806948	10053412	3120
E	818719	10058059	1700
W	798817	10057940	3960

Las formaciones vegetales que cubren esta zona, según la capa de cobertura vegetal obtenida del Sistema Nacional de Información (SNI) 2013 son: arbustal montano, bosque montano alto y páramo.

MAPA DE UBICACIÓN

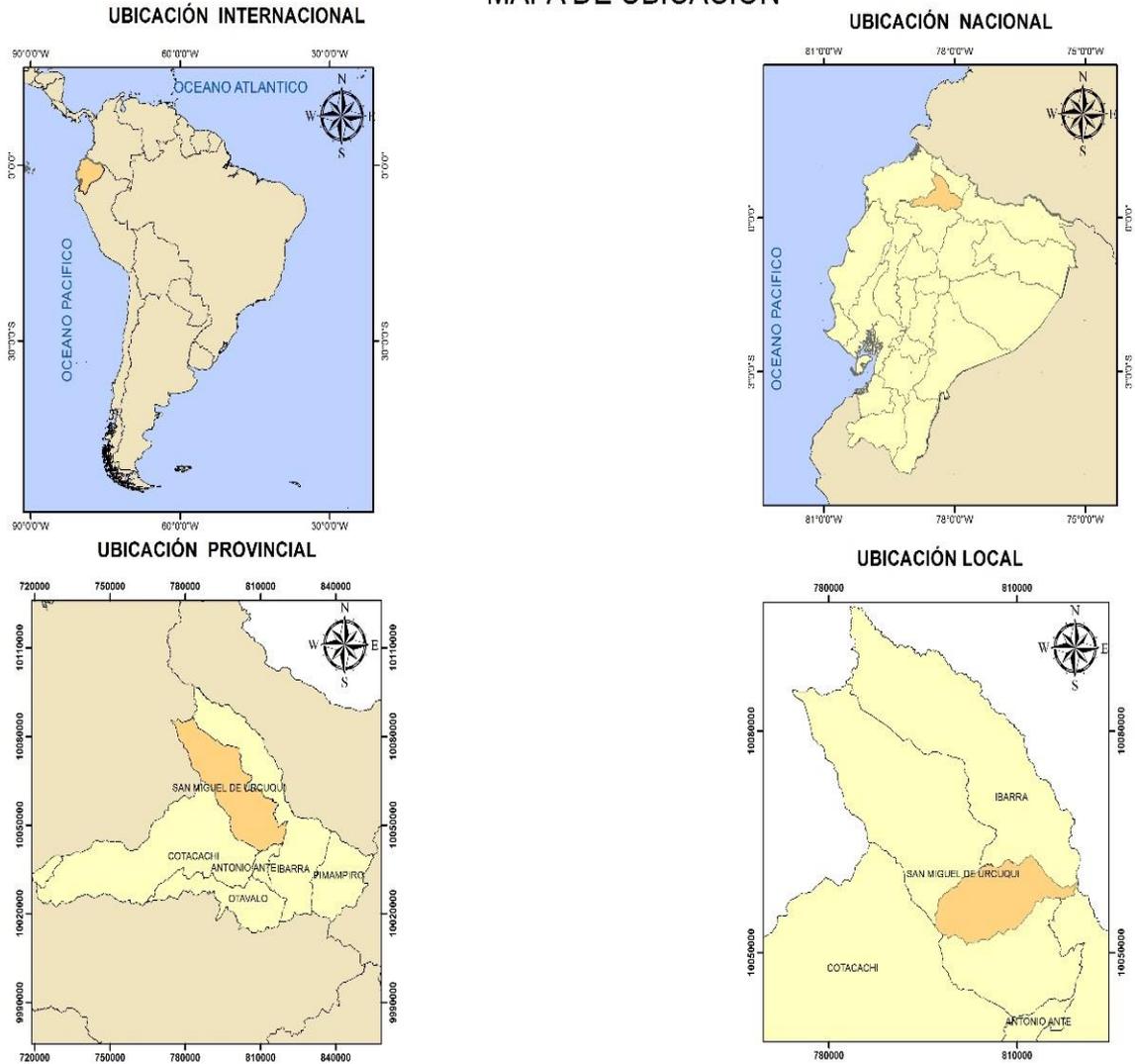


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

3.2. Materiales y equipos

Los materiales, equipos y recurso humanos utilizados durante el desarrollo de la presente investigación se detallan a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Materiales y equipos

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Software ArcGis 10.4, ArcMap con licencia temporal • Datos de Estaciones Meteorológicas (INAMHI) • Libreta de campo • Botellas plásticas de 500ml. • Envases herméticos esterilizados de 300 ml • Guantes de latex 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora portátil (HP Envy 15). • Cámara fotográfica • Impresora EPSON L375 • GPS GARMIN 64CSx • Transporte • Flash memory

3.3. Metodología

En este apartado se describe la metodología utilizada para la determinación de la cantidad del recurso hídrico existente en la microcuenca, los análisis de calidad de agua realizados de las distintas tomas de agua, los usos, la percepción social de la población sobre el recurso hídrico y la caracterización de este, lo cual permitió proponer estrategias de gestión hídrica en el área de estudio.

3.3.1 Balance hídrico superficial

Para realizar los cálculos del balance hídrico superficial, se emplearon datos de precipitación y temperatura mensual de las diferentes estaciones meteorológicas cercanas y dentro del área de influencia (Figura 2). En la Tabla 3 se detalla únicamente la distancia que existe entre las estaciones meteorológicas cercanas al área de influencia. No se detalla información de las estaciones dentro del área de estudio como son Cahuasquí y Pablo Arenas.

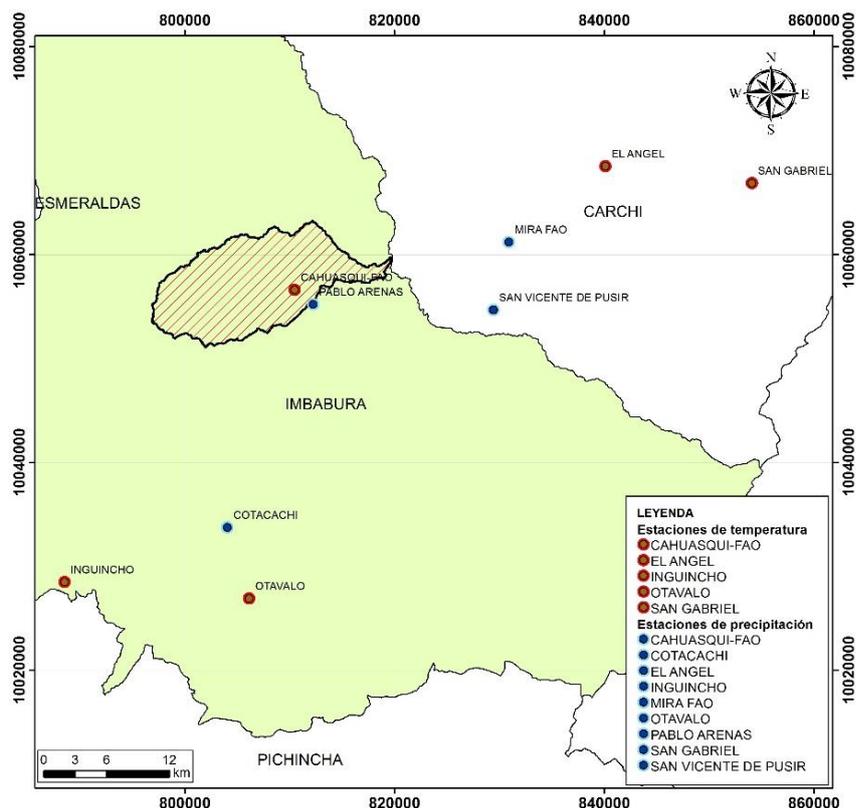


Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas al área de influencia

Tabla 3. Estaciones meteorológicas empleadas para el cálculo de Balance hídrico superficial

Estaciones	Coordenadas X	Coordenadas Y	Distancia (km)
Cotacachi	804041	10033750	17.71
Otavalo	806122	10026927	24.61
Inguincho	788521	10028495	25.83
San Gabriel	854464	10066400	35.08
El Ángel	841468	10068300	22.23
San Vicente de Pusir	830252	10053500	10.81
Mira FAO	832105	10060900	11.29

A partir de los datos obtenidos se realizaron archivos geográficos tipo *raster* mediante el uso del software Arc gis 10.4, los cuales ayudaron a calcular y generar el *raster* de la evapotranspiración del área de estudio. A continuación, se detallan los datos y metodología aplicada para el cálculo del BHS:

- **Precipitación**

Se solicitaron datos de precipitación media mensual para los años 2013- 2015 al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2016) de las estaciones cercanas al área de influencia (Tabla 3). Los datos de precipitación media mensual para las estaciones de Cahuasquí, Mira FAO, Cotacachi, presentaban datos incompletos ver Anexo1, para el relleno de dichos datos se realizó una correlación con los datos de precipitación media mensual obtenidos del satélite de la NASA TRMM 3B43 V7, que trabaja con una resolución espacial de 770.06 km^2 y una resolución temporal mensual. La correlación se estableció entre los datos de precipitación INAMHI (variable dependiente) y datos de precipitación del satélite (variable independiente).

Los datos fueron completados a partir de la ecuación de la recta ($y=mx+b$). Finalmente se estableció que existía una correlación positiva entre las variables de estudio, debido a que los datos son directamente proporcionales entre sí, y dicha correlación se representa a manera de una recta, como se observa en la Figura 3, 4 y 5. El valor de R^2 (representado en la gráfica) al ser próximo al valor de 1 refleja que existe una correlación (Martínez, 2005).

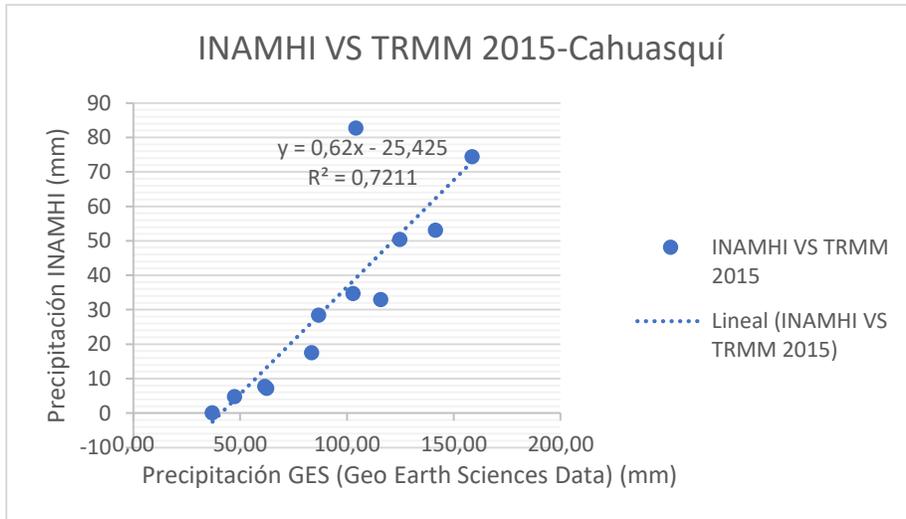


Figura 3. Correlación entre datos de precipitación GES y precipitación INAMHI. (Estación meteorológica Cahuasquí).

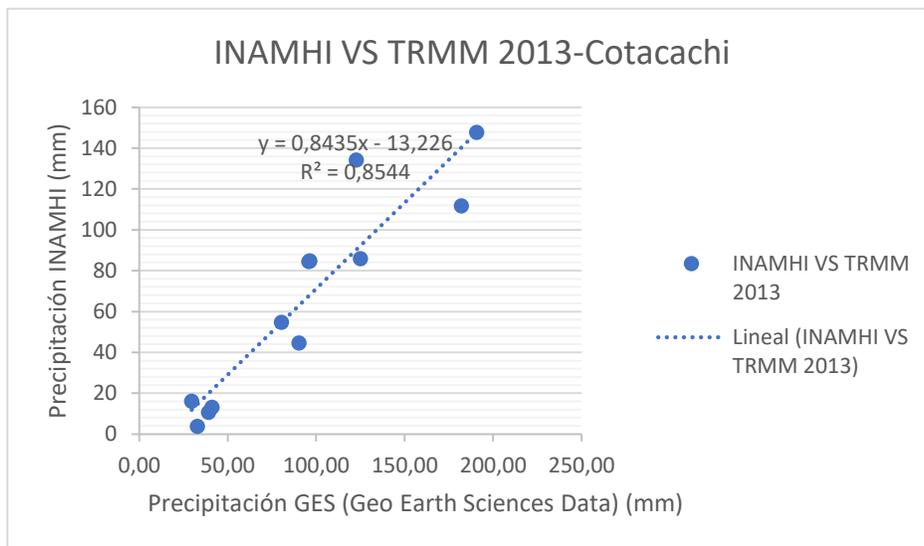


Figura 4. Correlación entre datos de precipitación GES y precipitación INAMHI. (Estación pluviométrica Cotacachi)

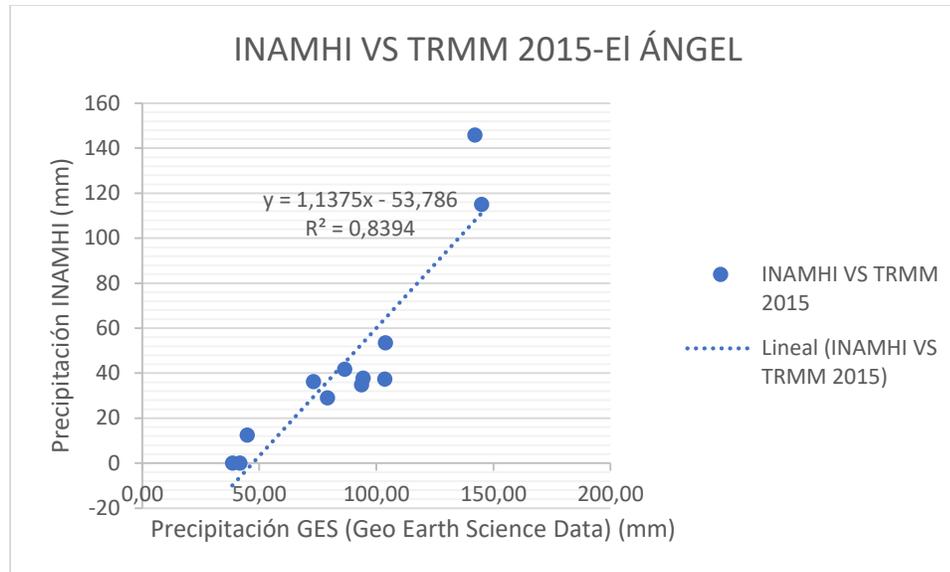


Figura 5. Correlación entre datos de precipitación GES y precipitación INAMHI. (Estación meteorológica El Ángel).

Una vez completado los datos de precipitación se interpoló los mismos, mediante el uso del modelo de interpolación determinístico Inverse Distance Weight (IDW) en el software ArcGIS 10.4 de licencia temporal. Por los tres años del estudio, se generaron un total de 36 *rasters* (20 m de resolución espacial)

- **Temperatura**

Se trabajó con datos de temperatura media mensual para los años 2013-2015, los datos fueron otorgados por el INAMHI. Las estaciones meteorológicas con las cuales se detallan en la Tabla 2. Al existir datos de temperatura faltantes se realizó una correlación entre la altitud (variable independiente) de cada una de las estaciones que presentaban datos incompletos (El Ángel y Cahuasquí) y la temperatura mensual (variable dependiente). Se observó que existía una dispersión lineal en las correlaciones establecidas y los valores de R^2 obtenidos al ser próximo a 1, definen una validez estadística en los datos obtenidos ver Figura 6 y 7.

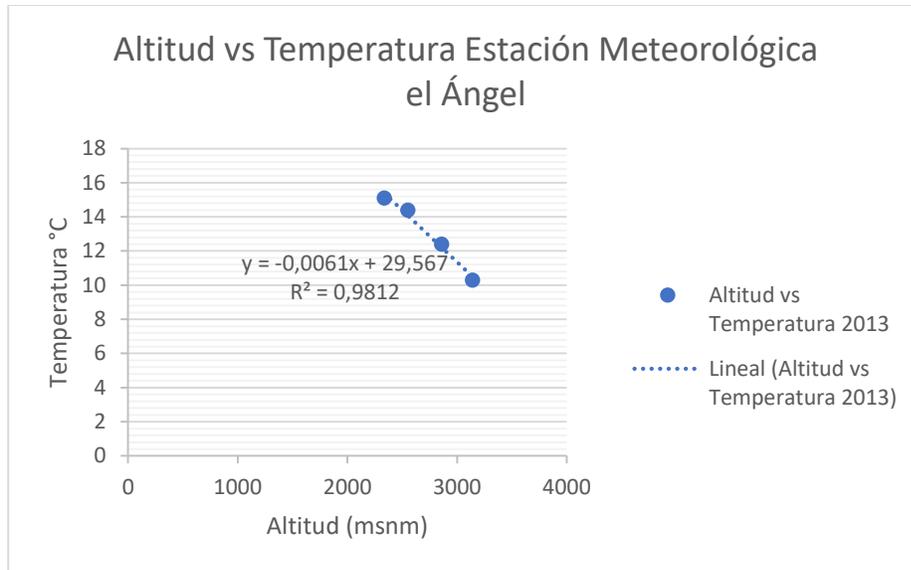


Figura 6. Correlación entre temperatura y precipitación de febrero 2013 (Estación meteorológica El Ángel).

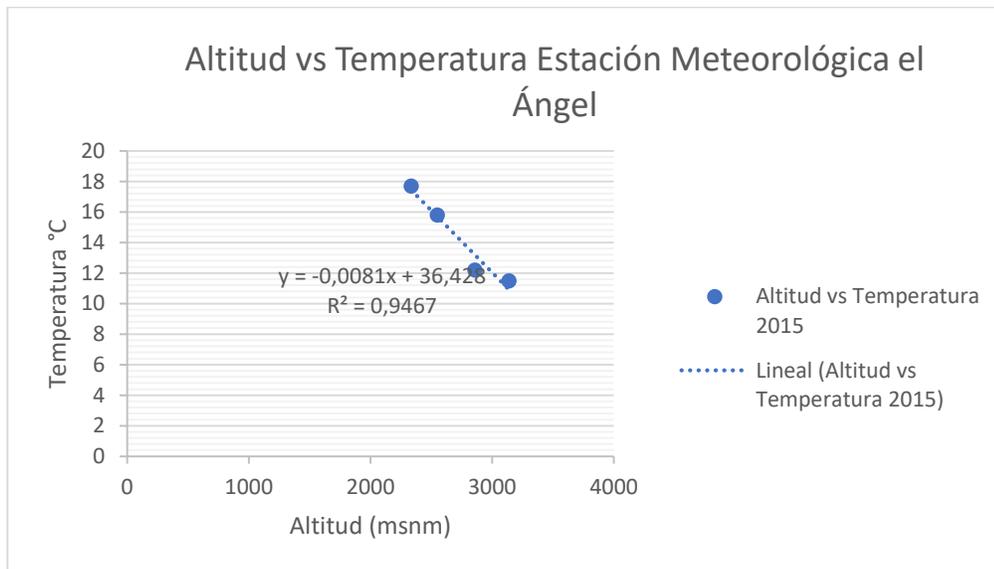


Figura 7. Correlación entre temperatura y precipitación de diciembre 2015 (Estación meteorológica El Ángel)

Completado los datos de temperatura se interpoló la información, para lo cual se realizó una correlación entre la altitud de cada una de las estaciones con datos ausentes y la temperatura media mensual que presentaban. Con estos datos se procedió a calcular la temperatura determinada para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Ecuación de la Temperatura determinada

$$T_{det} = T_{mensual} + (r(Z_{det} - Z_{estación}))$$

Donde:

T_{det}= Temperatura determinada

T_{mensual}=Temperatura mensual

r=valor nx de la ecuación de la recta

Z_{det}= valor de altitud referencial

Z_{estación}= altitud de la estación

A partir del valor (nx) obtenido de la ecuación de la recta del grafico de dispersión y el valor de homologación o altitud referencial de 1000m, se calculó el valor de temperatura determinada que ayudó a calcular la temperatura real en el sitio. Se lo realizó a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Ecuación de la Temperatura real

$$T_{xy} = T_{Det} + (r(Z^{DEM(x,y)} - Z_{Det}))$$

Donde:

T_{det}= Temperatura determinada

r=valor nx de la ecuación de la recta

Z^{DEM(x,y)}= DEM (modelo digital de elevación)

Z_{det}= valor de altitud referencial

Para el cálculo de la temperatura real se utilizó un modelo digital de elevación (DEM) del área de estudio a una resolución espacial de 20 m² de pixel. Dicho cálculo se lo realizó con la herramienta *raster calculator* del software ArcGis, generándose un total de 36 *rasters* correspondiente a cada uno de los meses en un período de tres años (2013-2015).

- **Evapotranspiración potencial según el método de Thornthwaite**

La evapotranspiración potencial para el área de estudio se calculó según el método de Thornthwaite, el cual trabaja en función de la temperatura media mensual y el índice de calor mensual, como se observa en la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Ecuación de la Evapotranspiración-Thornthwaite

$$e = 16 * (10 * tm/l)^a$$

Donde:

e= evapotranspiración mensual sin ajustar en mm (mm/mes)

tm= temperatura media mensual en °C

I=Índice de calor anual

El índice de calor anual se calcula a partir de la sumatoria de los doce meses del índice de calor mensual, que se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 7. Ecuación del índice de calor mensual

$$ij = (tm/5)^{1.514}$$

Donde:

ij=índice de calor mensual

tm=temperatura media mensual

Ecuación 8. Ecuación del parámetro a

a = parámetro calculado en función de I

$$a=0,000000675*I^3 - 0,0000771*I^2 + 0,01792*I+0,49239$$

Los cálculos para la evapotranspiración según el método de Thornthwaite para el área de estudio, fueron realizados mediante el uso de los 36 *rasters* de la temperatura media mensual, utilizando la herramienta *raster calculator* y empleando la ecuación para el cálculo de evapotranspiración mensual.

Para el calcular el ETP de cada mes fue necesario multiplicar por un factor de corrección (L) como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 9. Ecuación de la evapotranspiración corregida

$$ETP_{THO} = e * L$$

Donde:

e=evapotranspiración mensual sin ajustar en mm

L=factor de corrección

El factor de corrección (L) se basa en función de la latitud del lugar de estudio, en este caso se trabajó con latitud cero y con los siguientes valores (Tabla 4).

Tabla 4. Valor de L (Factor de corrección)

Latitud°	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0°	1.03	0.93	1.03	1.00	1.03	1.00	1.03	1.03	1.00	1.03	1.00	1.03

Fuente. Hidrología (Rendón, 2013).

Los cálculos para determinar el (ETP_{THO}) mensual fueron realizado con la herramienta *raster calculator* del programa ArcGis, para lo cual se empleó los *rasters* de evaporación mensual calculados previamente.

3.3.2. Aforo de caudales con moliente electrónico

La medición de aforos de caudales se realizó empleando el moliente electrónico Rickly Hydrological, para un período de seis meses correspondiente al período de junio a diciembre del año 2017. Los caudales fueron medidos en el punto de aforo del río (Figura 7). Las coordenadas de ubicación y altitud se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Ubicación de los caudales medidos en campo

LUGAR	COORDENADAS X	COORDENADAS Y	ALTITUD msnm
Punto de aforo	816927	10058254	1560

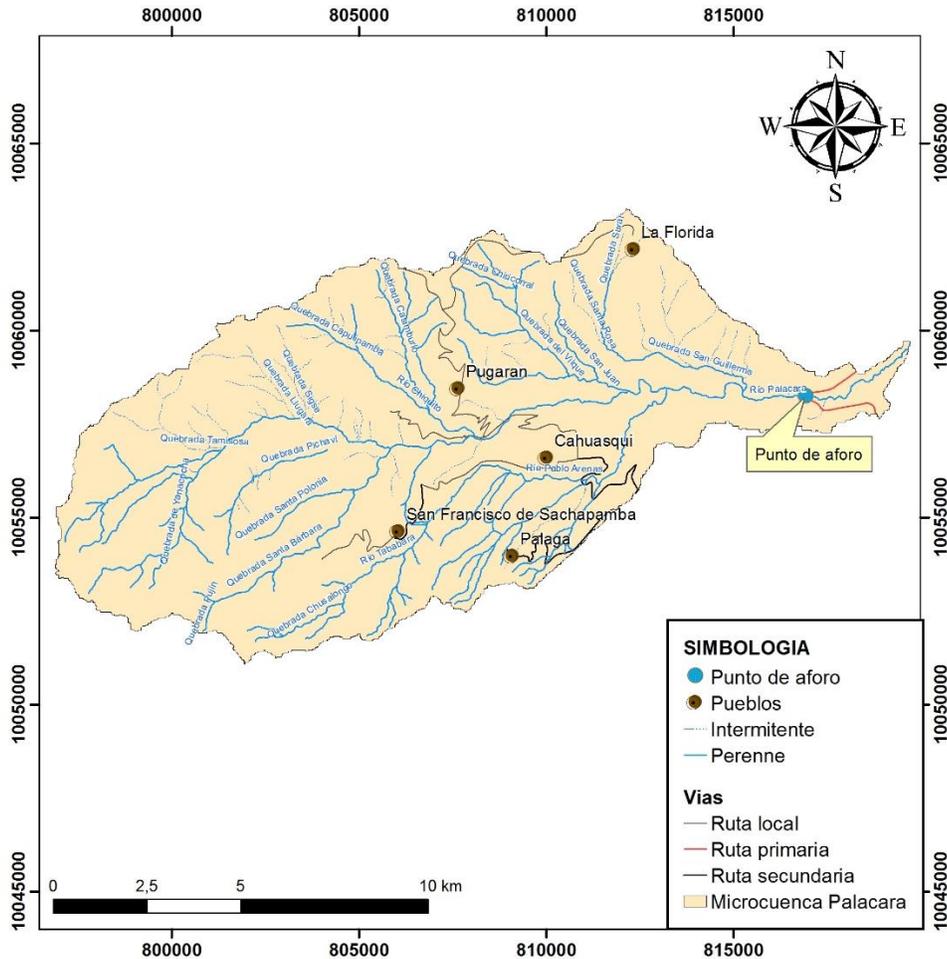


Figura 8. Ubicación del punto de medición de caudales

Para la medición de los caudales se calculó el área transversal o área mojada del río. Se midió la profundidad del río cada 1,00 m. Se trabajó a una altura mínima de 10 cm para la hélice esto de acuerdo con la profundidad del río. Se registró el número de revoluciones y tiempo marcado por el molinete electrónico. A partir de esta información se realizó el cálculo del caudal

3.3.3. Identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica.

La metodología propuesta y elaborada por Matus (2009) realizada en Centro América fue adaptada a la zona de estudio del presente trabajo. Se basa en el análisis de cinco elementos (pendientes, textura del suelo, litología, usos del suelo y cobertura vegetal) que influyen directamente en la determinación de zonas con altas o bajas posibilidades para que ocurra la recarga hídrica. A continuación, se detalla la metodología de los mapas empleados, para la definición de las zonas de recarga hídrica.

- **Mapa de pendientes.** Se realizó un DEM del área de estudio, para aplicar la herramienta *slope* del software Arcgis 10.4. Se reclasificó el porcentaje de pendientes en los siguientes 4 rangos: (0-6), (6-15), (15-45) y (45-65). El *raster* generado fue convertido a formato *shapefile*, con el propósito de ingresar las ponderaciones de la posibilidad de recarga en relación con los porcentajes de pendiente dentro del área de estudio (Tabla 6).

Tabla 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la pendiente

Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
0-6	Muy alta	5
6-15	Alta	4
15-45	Moderada	3
45-65	Baja	2

Fuente: (Matus,2009).

En la Figura 9 se detalla la ponderación de las pendientes en base a la metodología de Matus, (2007).

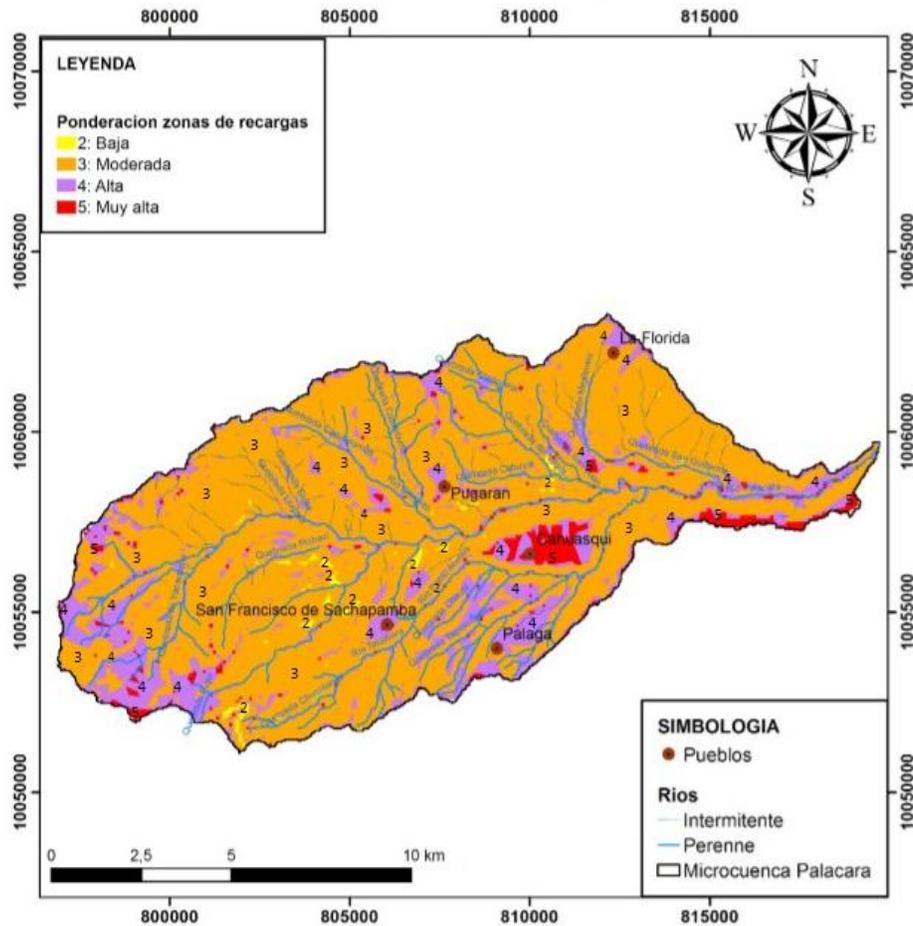


Figura 9. Ponderación de zonas de recarga y su relación con la pendiente

- **Tipo de suelo.** Se utilizó la capa de textura de suelo del Ecuador, descargada (SNI, 2013), a una escala 1:50 000. La capa generada se delimitó con la microcuenca Palacara. Matus (2007) detalla que la posibilidad de recarga de un suelo depende de la textura que presente (Tabla 7).

Tabla 7. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la textura del suelo

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelo franco arenoso	Muy alta	5
Suelo franco	Alta	4
Suelo franco limoso	Moderada	3
Suelo franco arcilloso	Baja	2

Fuente: (Matus,2009).

En la Figura 10, se detalla la textura de suelo que se encontró dentro del lugar de estudio y su relación de posibilidad de recarga con relación a la clase del suelo.

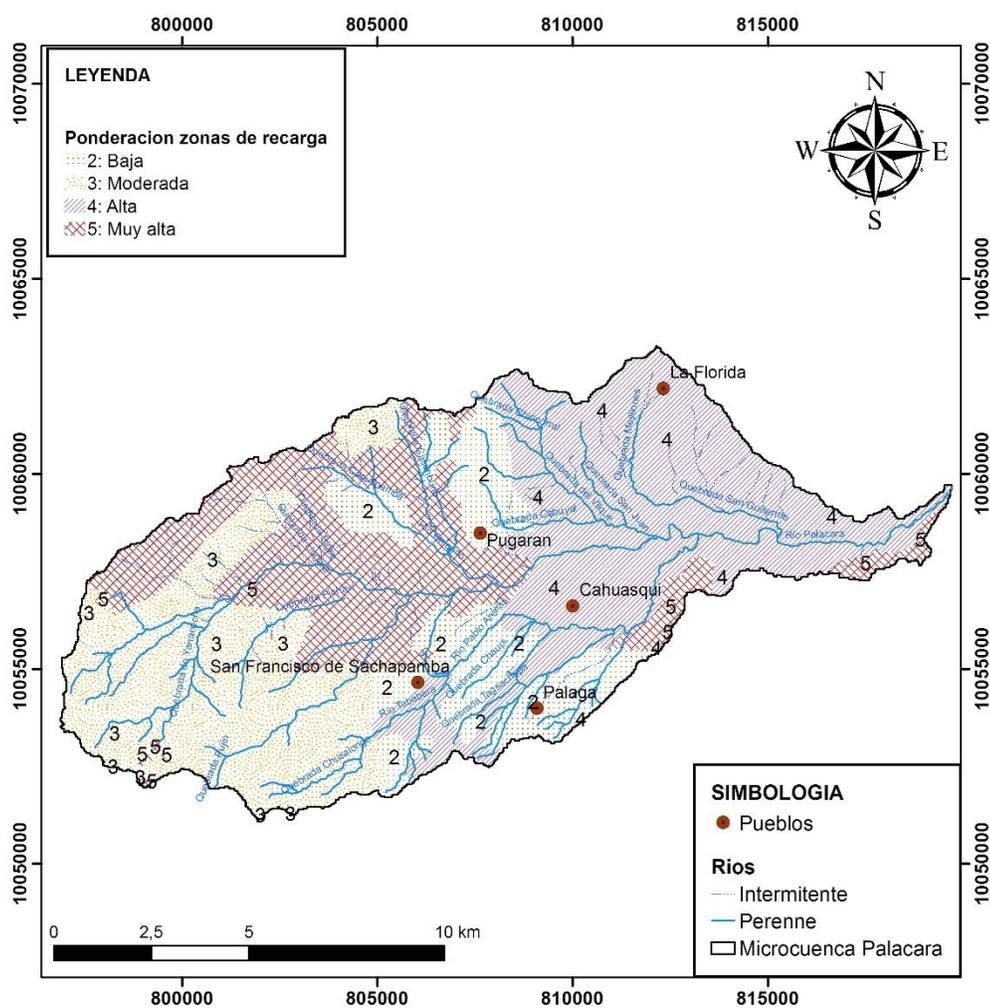


Figura 10. Ponderación de zonas de recarga Mapa de textura del suelo

- **Mapa geológico.** Se trabajó a una escala de 1:50 000, con la capa de geología del Ecuador, descargada del geo portal del SIN (2013). La categorización del tipo de roca, se lo realizó en base a cartografía temática. La posibilidad de recarga se lo realizo en base al tipo de roca presente en el lugar de estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca

Rocas	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables	Muy alta	5
Rocas permeables	Alta	4
Rocas poco permeables	Baja	2
Rocas impermeables	Muy baja	1

Fuente: (Matus,2009).

En la Figura 11 se detallan los distintos tipos de roca, presentes en el área de estudio y su correspondiente ponderación según la metodología de Matus (2009).

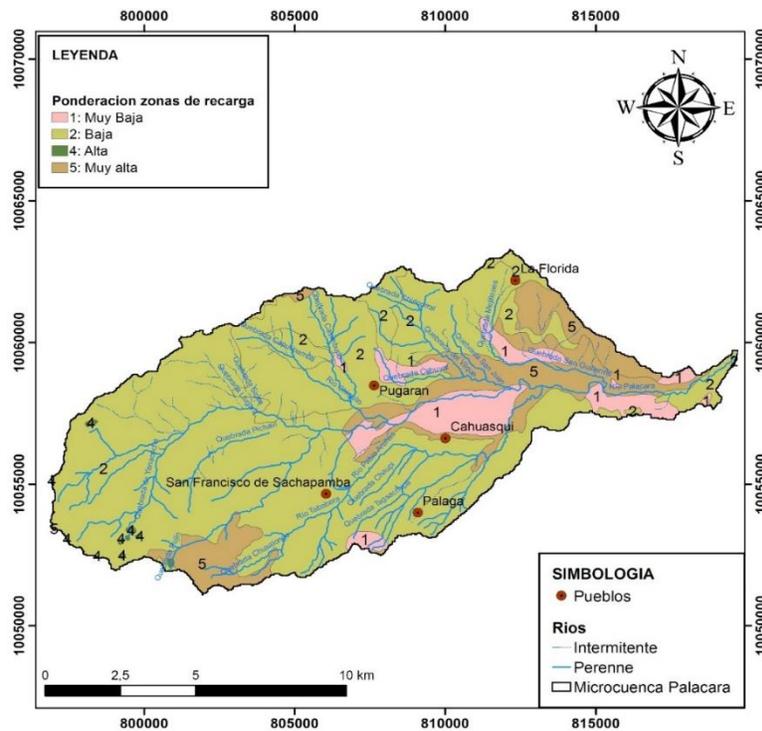


Figura 11. Ponderaciones de zonas de recarga y su relación con la geología

- **Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo.** Se trabajó a una escala de 1:50 000, con la capa de geología del Ecuador, descargada del geo portal del SNI (2013). La ponderación se realizó según el tipo de cobertura vegetal y el área correspondiente a cada cobertura existente dentro de la microcuenca Palacara (Tabla 9).

Tabla 9. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica de acuerdo con el uso de la tierra

Uso de la tierra	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque y paramo	Muy alta	5
Sistemas agroforestales	Alta	4
Terrenos cultivados con conservación de suelo	Regular	3
Terrenos cultivados sin conservación de suelo y agua	Baja	2
Terrenos agropecuarios	Muy baja	1

Fuente: (Matus,2009).

En la Figura 12 se detallan los distintos tipos de cobertura vegetal presentes en el área de estudio y su correspondiente ponderación según la metodología de Matus (2009).

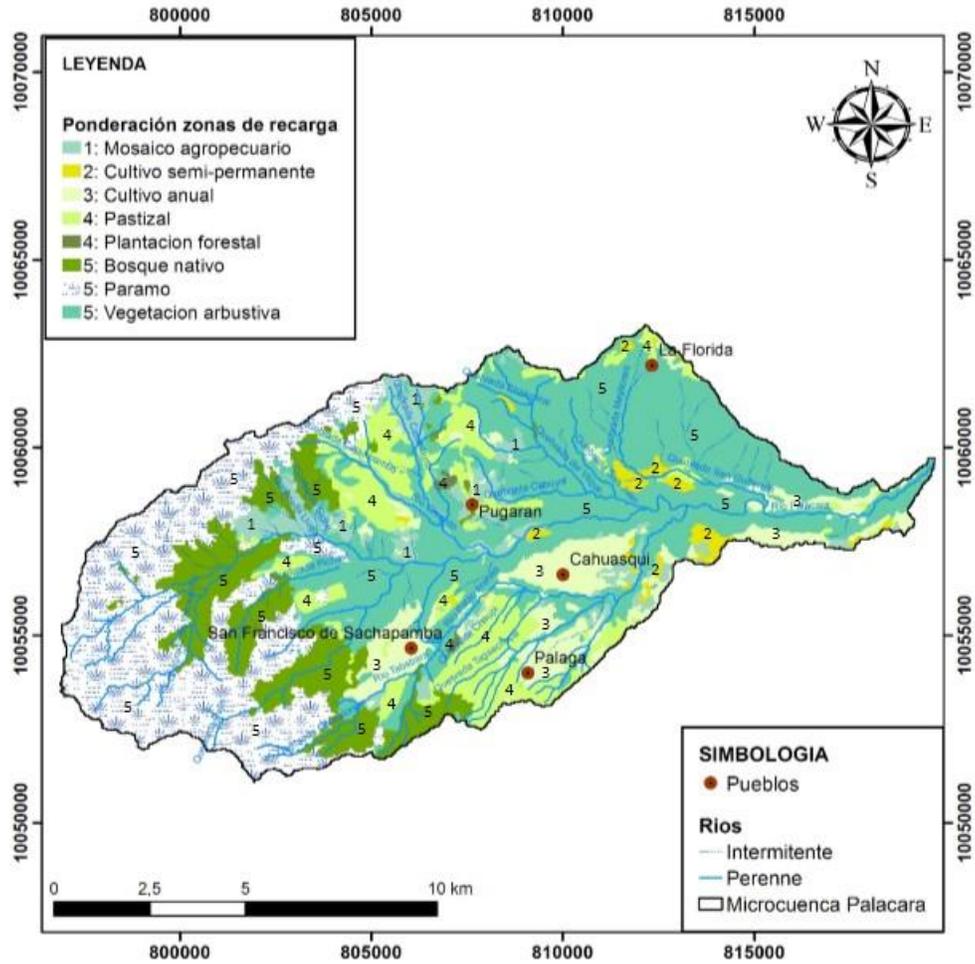


Figura 12. Ponderaciones de zonas de recarga y su relación con la cobertura vegetal

Se utilizó un algebra de mapas, que combinó diferentes *shapefiles* como: uso del suelo, pendiente, textura del suelo, tipo de roca y cobertura vegetal, se convirtió los *shapefiles* a formato *raster*, para procesar la información por medio de la herramienta *raster calculator*, en la cual se realizó el cálculo para la delimitación de zonas de recarga, utilizando la ecuación descrita a continuación.

Ecuación 10. Ecuación de zonas de recarga hídrica

$$ZR = 0.27 (\text{Pend}) \pm 0.23 (\text{Ts}) \pm 0.12 (\text{Tr}) \pm 0.25 (\text{Cve}) \pm 0.13 (\text{Us})$$

Donde:

ZR= zona de recarga hídrica;

Pend= pendiente

Ts= tipo de suelo

Tr= tipo de roca

Cve= cobertura vegetal

Us= uso del suelo

Los valores dados en la ecuación (0.27, 0.23, 0.12, 0.25, 0.13) son los factores de peso de cada elemento según su importancia o influencia en la infiltración. Una vez ejecutada la fórmula se procede a reclasificar la posibilidad de recarga hídrica, como se observa en la Tabla 10. De acuerdo con la posibilidad de recarga de cada zona identificada se multiplica el resultado obtenido con su factor correspondiente y se suman los elementos. Una vez realizado la sumatoria se otorga un valor, que representa las zonas de recarga hídrica del territorio y su ponderación.

Tabla 10. Matriz posibilidad de recarga

Posibilidad de recarga	Valor resultante
Muy alta	4,1 – 5
Alta	3,5 – 4.09
Moderada	2,6 – 3.49
Baja	2 – 2.59
Muy baja	1 – 1.99

Fuente: (Matus, 2009).

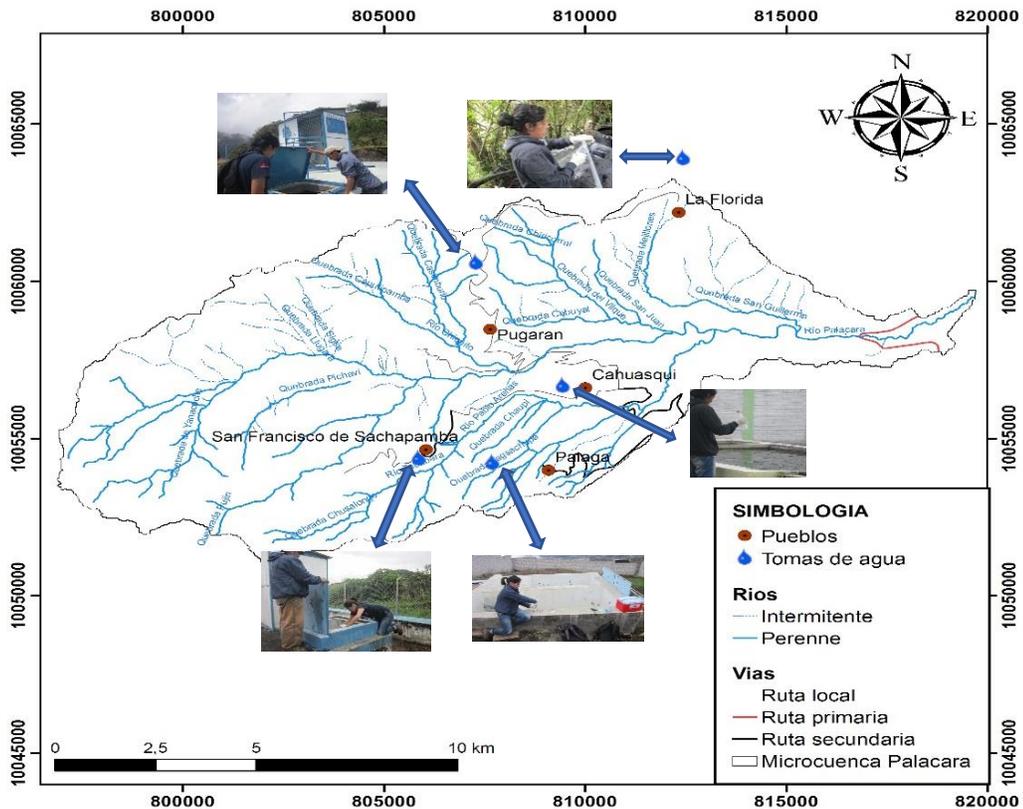
3.3.4. Usos del recurso hídrico en el área de estudio

Se recopiló información georreferenciada de la SENAGUA, en coordenadas geográficas de las concesiones de agua otorgadas ver Anexo 3. Estas coordenadas fueron transformadas a

coordenadas UTM Zona 17 Sur, y mediante el uso del software ArcGIS 10.4 de licencia temporal se cartografió las concesiones.

3.4.1. Análisis de la calidad de agua en el territorio.

La calidad es otra de las variables que compone el concepto de la seguridad hídrica, por lo cual fue evaluada durante la investigación, para esto se recolectaron muestras de agua de las cinco comunidades ubicadas dentro del área de estudio (Figura 13).



Figuran 13. Ubicación de Toma de muestra de agua en el área de estudio

Las muestras se recolectaron del sistema de distribución del agua de consumo, el cual no presentó ningún sistema de potabilización o tratamiento de agua por lo cual el agua en estudio se denomina agua cruda Figura 14 y 15. En el Anexo 2 se detallan las coordenadas GPS de cada uno de los puntos de muestreo.



Figura 14. Toma de muestra de agua en el sistema de bombeo (comunidad de Cahuasquí)



Figura 15. Toma de muestra de agua en el sistema de bombeo (comunidad San Francisco de Sachapamba)

Se tomaron dos muestras de agua por comunidad con la finalidad de evaluar las características físico químicas y microbiológicas. Para recolectar las muestras de análisis microbiológicos, se utilizaron guantes de látex y envases de plástico esterilizados con una capacidad de 300 ml, tal como lo estipula la norma INEN 2176. Las muestras para análisis físicos y químicos se recolectaron en envases de plástico con una capacidad de 500 ml. Cada una de las muestras recolectadas, fueron rotulada in situ y colocadas en una refrigeradora portátil a una temperatura de 5°C, con la finalidad de mantener sus características. Finalmente, las muestras fueron transportadas a los laboratorios de Emapa-I para los respectivos análisis a efectuarse (Tabla 11 y 12).

Tabla 11. *Parámetros físico químicos evaluados en la investigación*

Parámetro	Unidad
Color	Pt-Co
pH	upH
Turbiedad	NTU
Conductividad	uS/cm
Sólidos Totales Disueltos	mg/l
Dureza total	mg/l ($CaCO_3$)
Alcalinidad Total	mg/l

Tabla 12. *Parámetros microbiológicos evaluados en la investigación*

Parámetro	Unidad
Coliformes totales	UFC/ 100 mL
E. coli	UFC/ 100 mL

En las aguas de consumo humano es imprescindible monitorear parámetros como el color, pH, turbiedad, coliformes totales, dureza total entre otros. El pH es un importante parámetro en la calidad de agua Jiménez (2001), manifiesta que su presencia en bajas cantidades puede provocar que ciertos metales de las tuberías se disuelvan en el agua, teniendo como consecuencia graves afecciones en la salud humana (irritación de la mucosa gástrica, irritación de órganos incluso provocar úlceras) (Citado en Pérez, 2016, p. 6).

La dureza total es la suma de las diferentes durezas (temporal y permanente) representa la presencia de iones metálicos divalentes. La presencia de calcio y magnesio en grandes cantidades provoca que el agua sea dura lo que permite formar incrustaciones e imposibilita la formación de espuma del jabón (Rodríguez, 2009). Un agua dura imposibilita una buena cocción de las legumbres y lavado de los utensilios puesto que forma incrustaciones en dichas superficies. Rodríguez (2010), sugiere que la presencia excesiva de calcio y magnesio pueden provocar ciertas enfermedades en la salud del ser humano como la presencia de cálculos renales, aumento en incidencia de ataques cardíacos, asperezas en la piel, entre otros) (Citado en Pérez, 2016, p. 6).

La alcalinidad total es un parámetro que señala la capacidad del agua para neutralizar el pH a pesar de recibir una sustancia ácida o alcalina. La presencia de carbonatas, bicarbonatos y ciertos iones

metálicos como el Ca, Mg Na y K, pueden determinar la presencia de alcalinidad de agua al igual que ciertas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos y nitratos. Jiménez (2011), menciona que un elevado índice de alcalinidad puede provocar fácilmente incrustaciones calcáreas (Citado en Pérez, 2016, p. 6).

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia para transmitir una corriente eléctrica, lo cual depende de las sales disueltas, temperatura y concentración. La presencia de materia inorgánica (nitrato, sulfato y fosfato) facilita a una mayor conductividad, mientras que la presencia de materia orgánica (aceites y fenoles) en soluciones acuosas dificulta la conductiva, ya que no se disocian en el agua (Seoáñez, 2001).

Los coliformes fecales y *E. coli* son parámetros microbiológicos de suma importancia a monitorear en aguas de consumo humano, ya que su presencia señala la calidad sanitaria del recurso hídrico, y la efectividad del sistema de potabilización (Olivas, et al., 2011). La presencia de *E. coli* en el recurso hídrico indica contaminación de tipo fecal, ya sea humana o animal. Rock y Rivera (2014) señalan que, la presencia de restos fecales en el agua puede acarrear agentes patógenos que provocarían enfermedades en el ser humano.

La turbidez y sólidos suspendidos totales son dos parámetros físicos que mantienen una estrecha relación, siempre y cuando las muestras de agua pertenezcan a un mismo punto o fuente de agua, puesto que la materia en suspensión es una característica propia de cada río o arroyo (Truhlar, 2015) mientras la primera se mide dependiendo de la cantidad de luz que entra o sale del sistema, la segunda son los minerales, sales, cationes o aniones que se encuentran en suspensión, los cuales permitirían el traspaso de la luz con mayor o menor dificultad

A partir de esta información se seleccionaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos a evaluar en las distintas muestras de agua recolectadas en el área de estudio.

3.5.1. Evaluación de la seguridad hídrica integrando la percepción social.

Con el fin de conocer la percepción social que los habitantes tienen sobre la seguridad del recurso hídrico, se realizaron encuestas (Anexo 4) en las distintas comunidades del área de estudio. Las encuestas fueron diseñadas con la finalidad de conocer:

- información general, sobre la persona encuestada como: edad, género, nivel de estudios.
- información sobre la actividad económica, a la cual se dedica la población del área de estudio como la agricultura o ganadería.
- información sobre los servicios básicos con los que cuentan, y precio de estos.
- seguridad alimentaria y seguridad hídrica, donde se recopilará datos sobre seguridad hídrica, percepción social sobre el estado del agua.

Se realizó un muestreo no probabilístico por cuotas dentro del área de estudio, para lo cual se dividió a la población en cinco grupos según su comunidad. Las cuotas o el número de individuos por encuestar en cada grupo se establecieron de forma proporcional al número de familias existentes en cada comunidad. En la Tabla 13 se indica un total de 207 familias presentes en la parroquia de Cahuasquí al igual que el porcentaje que representan estos datos dentro del territorio. Respecto a este dato se realizó el cálculo de las cuotas para cada comunidad. Las cuotas a encuestarse por comunidad se detallan en la Tabla 13.

Tabla 13. *Número de familias por comunidad*

Comunidad	N° de Familias	% de Representatividad	# Cuotas por familia
Cahuasquí	100	48.33	57.98
San Francisco de Sachapamba	60	28.98	34.77
Pugará	25	12.08	14.50
La Florida	12	5.78	6.95
Palagá	10	4.83	5.80
TOTAL	207	100	120

Las cuotas calculadas fueron el número de hogares a encuestarse por comunidad. La encuesta fue aplicada a cada jefe de hogar como se indica en la Figura 16 y 17.



Figura 16. Encuestas realizadas en la comunidad San Francisco de Sachapamba



Figura 17. Encuestas realizadas en la comunidad la Florida

Los resultados de las encuestas fueron analizados mediante la prueba estadística V de Crammer, que permite ver la relación o asociación entre variables nominales, dicha relación se estableció determinando la variable en estudio y sus dimensiones. La encuesta se basó en evaluar la cantidad, calidad, accesibilidad al recurso hídrico, producción de bienes y prevención de riesgo frente a eventos hidrometeorológicos, las cuales surgen o se enmarcan en el concepto de la seguridad hídrica (Tabla 14).

La relación estadística entre las dimensiones de la seguridad hídrica y el estadístico V de Cammer se estableció a con una significancia menor al 7%. Los datos fueron procesados mediante el programa SPSS Statistics 22.

Tabla 14. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Percepción social sobre el recurso hídrico	Proceso por el cual las personas interpretan el estado del recurso agua dentro del territorio.	Perfil demográfico	Género, edad, nivel de estudios, actividad principal de la familia
		Cantidad	Suficiente agua para consumo Suficiente agua para la agricultura Fuente de agua para consumo Riesgo de escasez de agua dentro de la comunidad Conflictos por el agua
		Calidad aceptable para la salud humana	Los niños se enferman por la calidad de agua Provisión confiable del agua Servicio de alcantarillado
		Accesibilidad al recurso hídrico	Tarifa de agua
		Prevención de riesgos	Comunidades con acciones de prevención
		Sustentabilidad del recurso hídrico	Acciones para la conservación del r.h

3.6.1. Caracterización del recurso hídrico.

La susceptibilidad examina la distribución espacial de las condiciones naturales del terreno en donde se ve la capacidad del paisaje para responder ante un fenómeno natural. Uno de los principales retos dentro de la seguridad hídrica es la protección ante eventos hidrometeorológicos relacionados con el cambio climático (GWP, 2009). En base a antecedentes históricos de la zona de estudio recopilados desde el año 2015 al 2017, se evidenció la presencia de distintos fenómenos naturales relacionados con el recurso hídrico como son: deslizamientos por sequías y deslizamientos por fuertes precipitaciones las cuales suelen afectar el entubado de agua potable.

3.7.1. Definición de zonas susceptibles a eventos hidrometeorológicos.

La susceptibilidad reconoce la distribución espacial de las condiciones naturales del terreno en donde se ve la capacidad del paisaje para responder ante un fenómeno natural. Dentro de la seguridad hídrica se define que es importante garantizar suficiente agua cumpliendo un adecuado nivel en las variables de cantidad y calidad, así como un adecuado nivel de riesgos frente a eventos hidrometeorológicos (GWP, 2009).

Además, eventos meteorológicos extremos como el Fenómeno del Niño provoca cambios en el clima como incremento en la humedad o sequías las cuales ocasionan incendios forestales causando la pérdida de bosques y la estacionalidad e intensidad de la precipitación (Vázquez, 2016).

Se delimitó las zonas susceptibles a eventos hidrometeorológicos de la microcuenca Palacara mediante el software ArcGis 10.4, en donde se utilizó cartografía de inundación y remoción de masa obtenidas del Geoportal del Sistema Nacional de Información Geográfica, [SNI] a una escala 1:50 000. Además, se recopiló información en base a antecedentes históricos de la zona de estudio sobre eventos hidrometeorológicos.

3.8.1. Propuesta de estrategias de gestión para los recursos hídricos de la microcuenca Palacara.

Para el diseño de las estrategias de gestión hídrica dentro de la microcuenca Palacara, se realizó una matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), la cual permitió visualizar y analizar de manera más concisa y resumida los resultados alcanzados, para cada uno de los objetivos planteados en esta investigación. Una vez establecido el FODA, se ejecutó un cruce entre las distintas variables que componen el mismo (FA, FO, DA, DO). De este modo se consiguió las estrategias generales, para cumplir los objetivos planteados (Posso, 2011).

Las fortalezas y debilidades en la matriz FODA, son factores internos controlables mientras que los factores externos son aquellos no controlables es decir oportunidades y amenazas. Una vez obtenido los factores externos e internos se realizó un cruce entre: fortalezas y amenazas (FA), fortalezas y oportunidades (FO), debilidades y amenazas (DA) y entre debilidades y oportunidades (DO). De esta manera se formuló las posibles potencialidades, desafíos, riesgos y limitaciones dentro del área de estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan los resultados alcanzados para cada uno de los objetivos específicos planteados al inicio de la investigación, luego de haber sido desarrollada las respectivas técnicas y metodologías. De igual modo, se realiza la discusión de los resultados, en base a estudios o investigaciones concernientes o similares, con el propósito de contrastar o discernir la información generada.

Los resultados se realizaron en base a cada uno de los tres objetivos específicos que presentaba la investigación. A continuación se detallan los resultados para el balance hídrico, los análisis de agua, usos del recurso hídrico, caracterización del recurso hídrico y percepción social de la población sobre la seguridad hídrica dentro del territorio.

4.1. Balance hídrico superficial

En la Tabla 15 se observa que en los años 2013 y 2014 existió una oferta o superávit de agua con 14.95 mm y 689.85 mm respectivamente. En los meses de junio a octubre del 2013 los datos de precipitación fueron menores al ETP ($P < ETP$), por lo cual según Otaya, Vásquez y Bustamante (2008) definen a esto como un déficit en la oferta del recurso hídrico en el territorio.

Sin embargo, Otaya *et al.* (2008) refieren que si el valor de precipitación es mayor que el ETP existe un excedente de agua ($P > ETP$), como se observa en la Tabla 15 para el año 2013, con un valor de 14.95 mm. Lo que demuestra la presencia de la disponibilidad del recurso hídrico en el territorio, el cual podría estar distribuido en las variables hidrológicas que componen la ecuación del balance hídrico como son el caudal, la infiltración y la variación de almacenaje.

En el año 2014 existió un déficit de agua para el mes de septiembre ($P < ETP$) con un valor de -9.13 mm, lo que también ocurrió en el año 2013. No obstante, este valor no afecta en la cantidad anual del excedente de agua ($P < ETP$) para el año 2014 como se observa en la Tabla 15, en el cual se obtuvo un valor de 689.95 mm, lo que representa una oferta hídrica del recurso.

No obstante, para el año 2015 se observa un mayor número de meses con precipitaciones deficitarias, como consecuencia existe una escasez del recurso hídrico para este año con un valor

de -36.22 mm (Tabla 14), Este dato anómalo se explicaría por la presencia del Fenómeno del Niño en el período 2015-2016, el cual presentó un comportamiento diferente en el territorio ecuatoriano, en comparación a los suscitados en los años 1982 y 1997, en los cuales se registró altos niveles de precipitación, a diferencia del período 2015-2016, en los cuales se registraron niveles bajos de precipitaciones en la sierra central y sur del país (Pinto, 2016).

Pinto (2016) manifiesta que en el último trimestre del año 2015 existe una precipitación deficitaria en comparación a los años anteriores Se realizó una comparación de las precipitaciones del último trimestre del año 2014 y del año 2015, en las cuales se evidencia que existe una reducción en la disponibilidad de agua. En el mes de octubre existe un déficit de -6.99 mm, noviembre presenta un déficit de -50.11 mm y diciembre con un déficit de -33.10 mm.

Tabla 15. Resultados del balance hídrico superficial 2013-2015

Año 2013	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación (mm)	57.03	95.49	66.72	74.66	147.07	1.67	10.56	9.54	2.46	62.81	95.37	62.97	686.35
ETP	56.08	45.42	58.98	57.13	55.73	55.73	54.99	57.34	58.54	59.25	55.75	56.46	671.40
P-ETP	0.95	50.07	7.74	17.53	91.34	0	0	0	0	0	39.62	6.51	14.95
Año 2014	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación (mm)	81.69	40.01	105.10	36.32	160.64	45.89	12.51	18.02	2.46	115.5	126.6	86.78	831.51
ETP	12.26	11.50	10.63	13.10	11.76	12.85	11.70	11.70	11.59	11.97	11.29	11.31	141.66
P-ETP	69.43	28.51	94.47	23.22	148.88	33.04	0.81	6.31	0	103.5	115.3	75.46	689.85
Año 2015	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación (mm)	61.91	39.53	126.53	0.78	132.32	35.97	3.75	5.27	28.32	107.4	63.16	58.05	663.02
ETP	55.15	51.49	57.96	55.59	59.09	56.66	57.25	72.26	58.60	60.61	54.66	59.91	699.23
P-ETP	6.79	0	68.57	0	73.23	0	0	0	0	46.81	8.50	0	0

Los resultados de los caudales aforados en campo para el período julio-diciembre del año 2017, sirven como indicador para demostrar que existió un superávit o excedente de agua en el área de estudio (Tabla 16).

Tabla 16. Caudales medidos en campo

Meses	Caudal m^3/s	COORDENADAS X	COORDENADAS Y	ALTITUD msnm
Julio	0.180	816927	100582545	1560
Agosto	0.201	816927	100582545	1560
Septiembre	0.077	816927	100582545	1560
Octubre	0.14	816927	100582545	1560
Noviembre	0.15	816927	100582545	1560
Diciembre	0.217	816927	100582545	1560

Se realizó un diagrama ombrotérmico multianual para la microcuenca Palacara (Figura 17), con información de precipitación y temperatura media de distintas estaciones como: Cayapas, La Concordia, Lita, y Mira Fao. El diagrama ombrotérmico indica la presencia de dos meses secos correspondiente a julio y agosto. De igual manera se observa diez meses húmedos de enero a mayo y de septiembre a diciembre. La información obtenida a través del diagrama valida los valores del balance hídrico, en el cual la época seca corresponde de julio y agosto en todos los años (2013-2015).

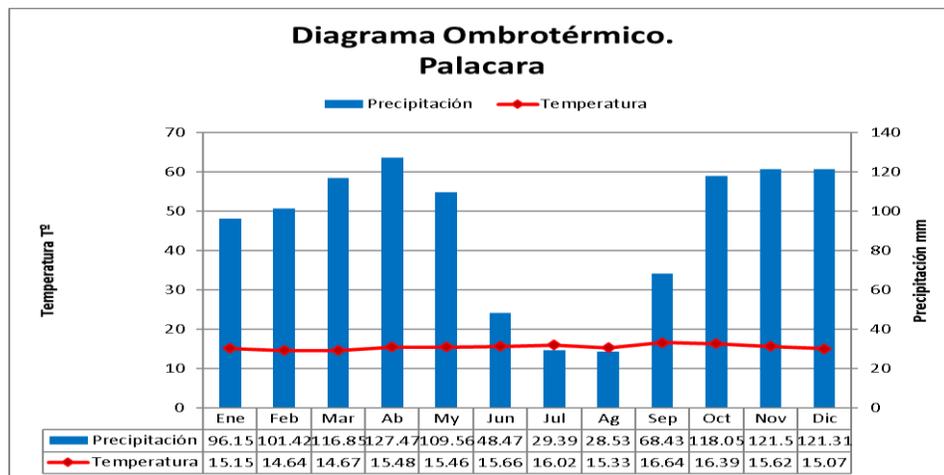


Figura 18. Diagrama ombrotérmico de la microcuenca Palacara

4.1.1. Determinación de zonas potenciales de recarga hídrica

Las zonas potenciales de recarga hídrica (ZPRH) de la microcuenca Palacara en su mayoría posee una recarga media con un porcentaje del 81% (Figura 18). En lo que se refiere a los centros poblados se demostró que en los alrededores de los pueblos de Palagá, Pugará y San Francisco de Sachapamba existe una zona de recarga baja mientras que la Florida y Cahuasquí poseen una zona de recarga media y en sus alrededores existen zonas pequeñas con alto potencial de recarga hídrica.

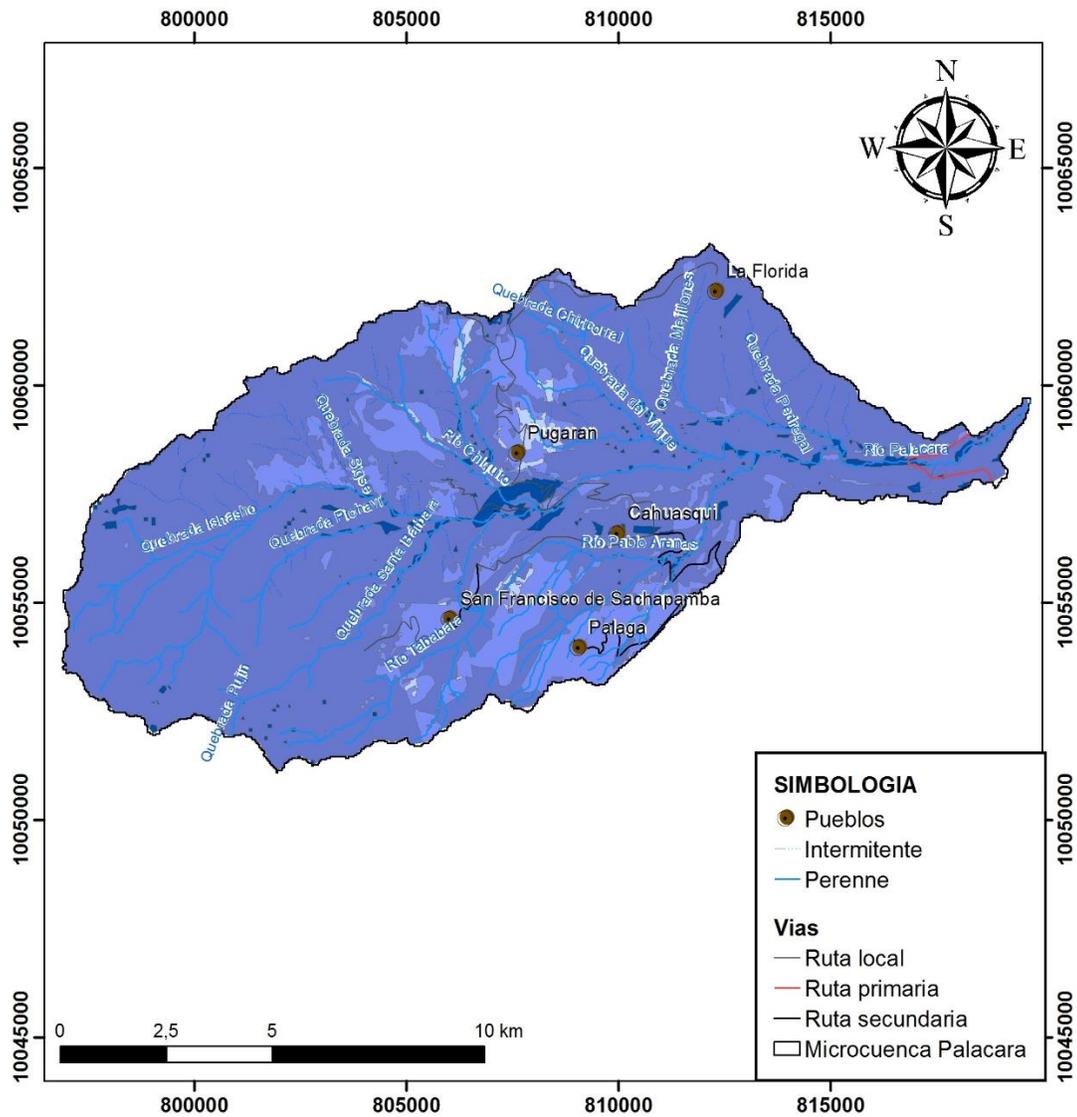


Figura 19. Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica

- **Zonas de recarga alta**

Las zonas de recarga alta cubren un 3% de la zona de estudio, estas se encuentran en un rango de pendiente de 6 - 15%, en su mayoría en suelos francos aptos para sistemas agroforestales con partes iguales de arena limo y arcilla los cuales poseen una alta capacidad de infiltración.

- **Zonas de recarga media**

Las zonas de recarga media cubren un 81% siendo estas de mayor dominancia dentro de la zona de estudio, se encuentran en un rango de pendiente de 15 – 45% con suelos franco-limosos en su mayoría y presencia de rocas moderadamente permeables. Además de la existencia de áreas cultivadas con obras de conservación de suelos.

- **Zonas de recarga baja**

Las zonas de recarga hídrica baja cubren un 15% de la zona de estudio, estas se encuentran en un rango de pendiente entre 6 - >45 %, esto se debe a la presencia de suelos franco-arcillosos con zonas de terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo.

- **Zonas de recarga muy baja**

Las zonas de recarga hídrica muy baja ocupan un 1% dentro de la zona de estudio, estas se encuentran en un rango de pendiente entre 15 – 45%, con presencia en su mayoría de suelos arcillosos compactos con muy lenta capacidad de infiltración con rocas impermeables, suelos erosionados a causa de un manejo intensivo de actividades agropecuarias y tierras improductivas.

Donis (2015), argumenta que la presencia de cualquier fenómeno que altere el estado de la microcuenca provocara un efecto negativo en el sistema hidrológico, causando que la cantidad y calidad del recurso hídrico tenga un uso poco eficiente para la población. Los impactos potencialmente negativos dentro de la dinámica de la recarga hídrica son varios; entro ellos está el crecimiento demográfico, urbanismo, deforestación, actividad agropecuaria, entre otros. Estos factores son causantes de la reducción de la permeabilidad del suelo mismo que provoca la reducción de la tasa de recarga hídrica (New Jersey Stormwater, [NJS] 2004).

Dentro de la zona de estudio se pudo comprobar a través de cartografía (Anexo 9) la perdida de cobertura vegetal para la implementación de actividades agrícolas y ganaderas con el fin de obtener

ingresos económicos, este tipo actividades posee una afectación negativa dentro del sistema hidrológico lo cual se ve reflejado en el poco porcentaje de (ZPRH) altas existentes en la microcuenca Palacara. Para un adecuado manejo en las (ZPRH) en la microcuenca Palacara es necesario proponer estrategias orientadas al aprovechamiento adecuado del recurso hídrico mediante la conservación de las tomas de agua, gestión de convenios y concientización ambiental. Gonzales (2011) realizó un estudio para identificar las principales (ZPRH) comparando con criterios técnicos, en la cual se establecieron medidas para el fortalecimiento de leyes y normas relacionadas, el ordenamiento territorial y mejoramiento de condiciones socioeconómicas de la población.

De igual manera Gonzales manifiesta la importancia de proponer medidas para mejorar las condiciones de protección de las ZPRH en coordinación con entidades locales y externas. Tomando en cuenta las condiciones de los centros poblados dentro de la microcuenca Palacara es necesario realizar capacitaciones en temas relacionados a cómo afrontar desastres hidrometeorológicos, uso adecuado del agua, educación ambiental y temas legales sobre el recurso hídrico. Rodríguez y Álvarez, (2014) muestran cierta similitud con su estudio “Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica Guara, Cuba” en el cual para determinar las ZPRH es necesario fortalecer las capacidades humanas mediante programas de educación ambiental para garantizar el cumplimiento de las medidas propuestas con la intervención de la población.

4.1.2. Usos del recurso hídrico en la microcuenca Palacara

Los usos del recurso hídrico dentro de la microcuenca Palacara son variados. Se obtuvo que el 63% de las tomas de agua son para riego con un número total de 33 concesiones, un 21% corresponde a uso para consumo humano con 11 concesiones, un 12% pertenece a las tomas de abrevadero para ganado con 6 concesiones y un 4% para actividades piscícolas, las cuales en la sumatoria de sus caudales se obtiene 670,92 l/s (Figura 20).

Con la combinación de cartografía entre el mapa de usos y de zonas de recarga, se obtuvo el porcentaje de cada concesión dentro de la zona de estudio con su respectiva posibilidad de recarga dando como resulta que ninguna de ellas está en zonas de recarga hídrica altas (Tabla 17).

Tabla 17. *Ponderación de usos del recurso hídrico con respecto a las zonas de recarga*

Tipo de uso	N de concesiones	Zona de recarga	Porcentaje
RIEGO	10	Muy baja	19%
RIEGO	20	MEDIA	38%
RIEGO	3	BAJA	6%
ABREVADERO	2	Muy baja	4%
ABREVADERO	1	MEDIA	2%
ABREVADERO	3	BAJA	6%
CONSUMO	3	Muy baja	6%
CONSUMO	7	Media	13%
CONSUMO	1	BAJA	2%
PISCICOLA	2	BAJA	4%

El uso predominante en la zona de estudio es el de riego el cual en su mayoría se encuentra en zona de recarga media con un porcentaje del 38%. En lo referente al uso de consumo se evidenció que su mayor número de concesiones se encuentra dentro de la zona de recarga media.

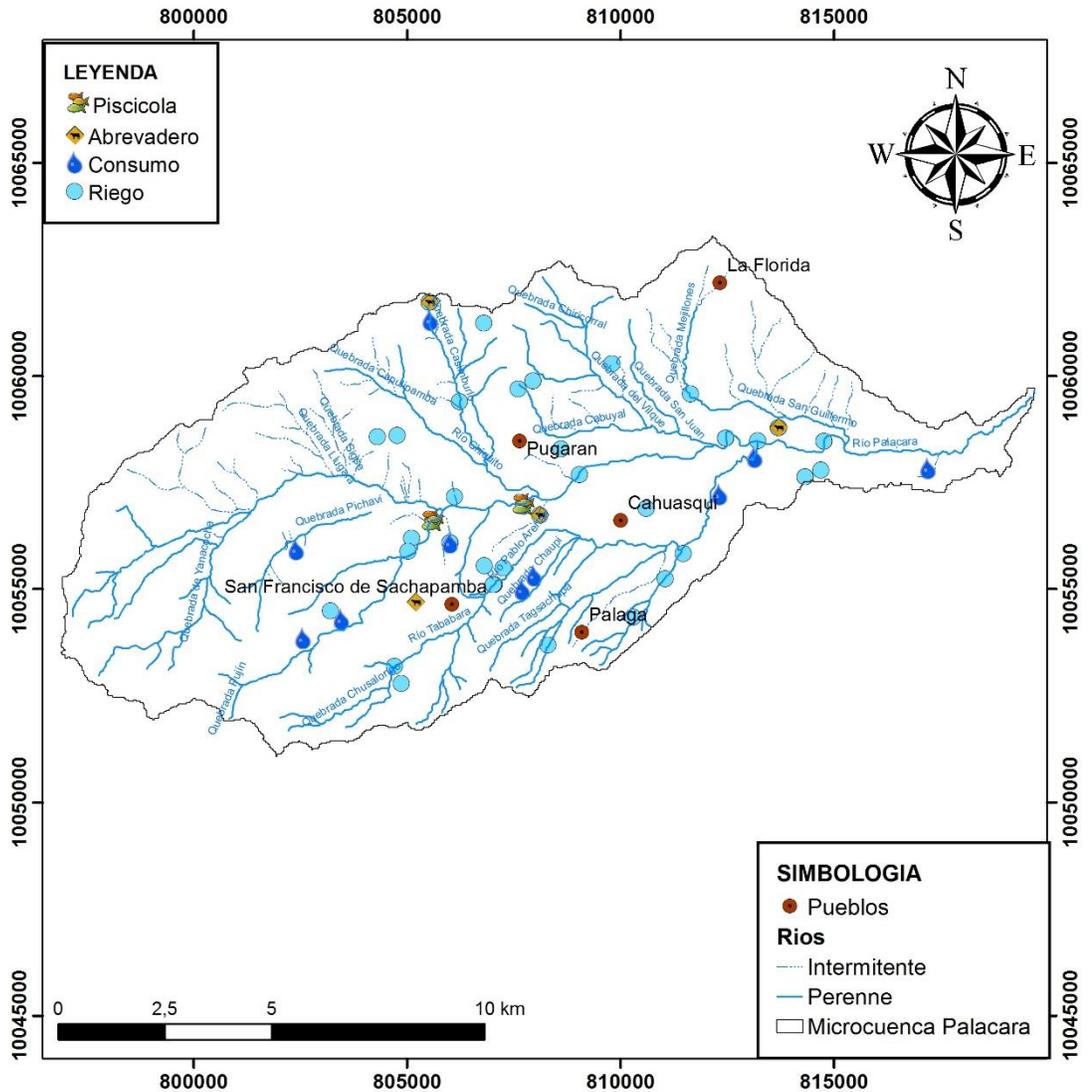


Figura 20. Concesiones de agua dentro de la microcuenca Palacara

En la información de las concesiones de agua otorgadas por la SENAGUA se verificó que algunas concesiones poseen varios usos como es el caso de la concesión llamada asociación de conservación vial camino al paramo la cual posee los 4 usos identificados dentro de la zona de estudio. En la concesión Cruz Elias Subia Gordillo se identificó tres usos (riego, abrevadero y piscícola) y en otras 2 concesiones se identificó un doble uso como es le casa de Gualaga Maldonado Juan Ruben (riego y abrevadero) y Junta de agua de Guañabuela (consumo y riego).

4.2. Análisis de la calidad de agua de consumo humano

En los resultados de los análisis de agua (Tabla 18), se observa que la comunidad de Cahuasquí presenta valores anómalos para los parámetros microbiológicos como *E. coli* y Coliformes fecales (1 UFC/ 100 ml y 57 UFC/100ml respectivamente), los cuales son valores superiores a los definidos en el Libro VI-Anexo 1, que manifiesta un valor máximo de 50 UFC/100ml para *E. coli*. Mientras que la norma INEN 1108 detalla que un valor inferior a 1 para coliformes fecales sería lo óptimo, ya que no se observarían colonias, pero en el caso de Cahuasquí se obtuvo un valor superior a lo establecido en la norma con un valor 1 UFC/100 ml.

Dichos resultados indicarían la presencia de excrementos de animales o de otros mamíferos de sangre caliente, lo que puede tener como consecuencia graves problemas gastrointestinales en la salud de los pobladores de Cahuasquí. Ortega *et al.* (2013) menciona que la presencia de *E. Coli* y coliformes fecales en el agua se puede dar fácilmente cuando no existe un saneamiento adecuado de los contenedores de agua, lo cual fue observado en los sistemas de distribución de agua de Cahuasquí, que carecen de una cobertura y saneamiento adecuado, lo que permitiría con mayor facilidad la contaminación del recurso hídrico. De igual manera, Rock y Rivera (2014) manifiestan que la presencia de *E. coli* en sistemas hídricos se puede dar fácilmente por efecto de arrastre de la bacteria después de una lluvia o por la presencia de fauna silvestre.

Las comunidades dentro del área de estudio no presentan un sistema de potabilización del agua, lo que incrementaría las enfermedades en la población como lo detallan Córdova, Coco y Basualdo (2010) en su estudio “Agua y Salud” que aproximadamente un 80% de las enfermedades en el mundo son transmitidas por el consumo de agua cruda y cerca de un tercio de las defunciones en el mundo son por el consumo de agua contaminada, como efecto subyacente de la ausencia de un sistema de potabilización y saneamiento del agua. Por consiguiente, en la realidad que se encuentra el territorio incidiría en el incremento de la tasa de morbilidad de los habitantes, principalmente en Cahuasquí.

Briñez, Guarnizo y Arias (2012) exponen sobre el efecto positivo de la implementación y planificación de un sistema de purificación de agua, sobre la salud humana. Sin embargo, Sánchez (2016) sostiene que mejorar la calidad del agua implica un trabajo integral entre lo social y administrativo o institucional, lo que implica en algunos casos un verdadero desafío.

Tabla 18. Resultados de los análisis de calidad de agua

Parámetros físicos y químicos	Unidades	LMP ¹	LMP ²	Pugará	La Florida	San Francisco de Sachapamba	Cahuasquí	Palagá
Color	Pt-Co	20	15	0	5	0	0	0
pH	UpH	6—9	--	7.35	6.74	7.27	7.57	7.97
Turbiedad	NTU	10	5	0.36	3.24	0.36	0.70	0.95
Conductividad	us/cm	--	--	137.5	202	150.9	121.2	165.2
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	500	--	76	111	83	67	91
Dureza total	mg/l / (CaCO ₃)	500	--	61	91.51	72.44	57.19	76.25
Alcalinidad	mg/l	--	--	76	84	84	64	88
<i>E. coli</i>	UFC/100ml	--	<1 No se observan colonias	0	0	0	1	0
Coliformes fecales	UFC/100ml	50	--	0	0	26	57	0

Nota: LMP¹ límites permisibles según la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua (Libro VI Anexo I). LMP² límites máximos permisibles según Norma INEN 1108.

El parámetro físico del color fue evaluado con el objetivo de conocer la presencia de agentes externos que puede variar o hacer cambiar el color natural del agua como puede ser el caso de aguas amarillas por la presencia de ácidos húmicos, o aguas negras por la presencia de manganeso (Cabrerizo, 2008). En base a los resultados detallados en la Tabla 19, se obtuvo que la comunidad de la Florida presenta el valor más alto de color con 5 Pto-Co. Aunque un valor medio o alto de color no califica a un agua como potable o no, puede hacer que su consumo se vea reducido por condiciones de estética (Payeras.,s.f). El resto de las comunidades presentan un valor de 0 Pt-Co. Sin embargo, ninguna de las comunidades presenta valores superiores a 20 Pt-Co como se detalla en la norma INEN 1108 o 15 Pt-Co como se manifiesta en el Libro VI-Anexo 1.

Respecto al pH, parámetro que evalúa la alcalinidad o acidez, el valor más bajo que se obtuvo de las muestras fue el correspondiente a la comunidad de la Florida con 6.74 UpH, el cual al ser próximo al valor mínimo permisible como lo detalla el libro VI Anexo 1, puede tener efectos de corrosión en las tuberías. El valor más alto fue de 7.97 UpH para Palagá, el cual se encuentra dentro de los límites máximos permisibles definidos por el Libro VI anexo 1. Un valor alto de pH

puede provocar problemas en la salud humana y originar la formación de incrustaciones en las tuberías (Pérez, 2016).

Los resultados de turbidez y sólidos suspendidos para las muestras de agua señalan que ninguna de las comunidades presenta valores fuera de los parámetros establecido por la norma INEN 1108 o el libro VI Anexo 1, que establecen un valor máximo de 5 y 10 NTU correspondientemente. De igual manera los parámetros de alcalinidad y dureza total no presentaron valores por sobre lo establecido en el libro VI Anexo 1. Los resultados completos otorgados por el EMAPA-I se detallan en el Anexo 6.

4.3. Evaluación de la seguridad hídrica integrando la percepción social

En la Tabla 19 se indican las variables de seguridad hídrica, que la población percibe con relación o influencia para que exista un manejo eficiente del recurso hídrico en el área de estudio. Los pobladores manifestaron que existe suficiente agua para consumo, por lo cual no perciben un riesgo de escasez del recurso dentro de las comunidades, por lo tanto, la gente aprecia que no existen conflictos por el agua.

La percepción social sobre la oferta del recurso hídrico dentro del lugar de estudio, se valida a través del balance hídrico realizado para el período 2013-2014, en el cual se evidenció un superávit del recurso hídrico con valores de 14.95 mm y 689.85mm correspondientemente. Del mismo modo el mapa de zonas de recarga hídrica presenta en su mayoría zonas de potencial hídrico medio. La ocurrencia de estos factores sociales como físicos valida, la percepción social de la población con respecto a la oferta hídrica del recurso hídrico.

Por consiguiente, la variable de la cantidad dentro del territorio se enmarca en el concepto de la seguridad hídrica el cual trabaja por asegurar el abastecimiento equitativo del recurso hídrico, con el fin de satisfacer las necesidades básicas del ser humano (Global Water Partnership, [GWP. 2009]). La seguridad hídrica se define como el eje principal de la gestión hídrica, puesto que define de manera más detallada los pasos y variables que deberá cumplir la gestión para alcanzar un manejo sustentable del recurso hídrico. De este modo al mejorar la seguridad hídrica se contribuye a optimizar la gestión integral del recurso hídrico.

La seguridad hídrica define de igual manera, la importancia de no solo tener acceso a agua en términos de cantidad, sino también en calidad óptimos para el consumo humano (Martínez, 2013).

Respecto a la variable de calidad, el área de estudio no presenta problemas en este sentido, puesto que la población manifestó que no sienten que los niños se enferman por la calidad de agua. Sin embargo, la gente cree que esta variable no influye en una correcta gestión del recurso hídrico (Tabla 19).

Aunque la opinión de la población refleja que no existen problemas con la cantidad ni la calidad del recurso hídrico, la población aprecia que existen dificultades en la falta de implementación de acciones frente a eventos hidrometeorológicos. En base a la revisión de diferentes antecedentes históricos, se verificó que en los últimos tres años dentro del área de estudio han existido deslizamientos y aluds. Situación por la cual la producción económica de las comunidades se vio limitada, por la pérdida de cultivos y el cierre de vías que impedía la comercialización de sus productos (Espino, 2015).

Sarli (2005) define a una población como vulnerable aquella que se encuentra expuesta o desprotegida frente a un desastre natural, es decir su capacidad de resiliencia es muy baja o nula. Esta situación se incrementa en el área de estudio, por la falta de una cultura frente a la prevención de riesgos. Domínguez (2014) dice que el desconocimiento sobre planes de contingencia frente a desastres naturales en la población podría tener graves efectos en el funcionamiento básico de los diferentes ámbitos como son: lo social, ambiental y económico. Causando la pérdida de infraestructuras, viviendas y carreteras que merman la capacidad productiva de una zona (Domínguez, 2014).

Villamarin, Grunaer y Salcedo (2016) explican que una población preparada para actuar frente a una catástrofe natural es aquella en la que su gobierno planteó no solo una adecuada política de riesgos, sino aquella que lo socialice con los principales actores involucrados, por lo cual es necesario no sólo la implementación de una política pública frente a riesgos sino la participación de la población en el proceso e implementación de dichas políticas. Vargas (2002) sostiene que el desarrollo de planes de contingencia se lo debe hacer de manera conjunta con las organizaciones involucradas como son los municipios, GAD's y la población, esto con el fin de obtener mejores resultados. Respecto a esto es necesario que las diferentes organizaciones dentro del área de estudio trabajen de manera interconectada, compartiendo la información recolectada y generado, esto con el

propósito de contribuir a fortalecer la gestión de riesgos en el sitio y reducir la vulnerabilidad de los habitantes de Cahuasquí.

Uno de los principales retos para alcanzar la seguridad hídrica dentro del área de estudio la presencia de diferentes fenómenos naturales como El Niño, La Niña y la Oscilación del sur en el Ecuador, debido a las variaciones en los patrones de precipitación en la sierra, ocasionando escasez del recurso hídrico. Por lo cual existe una carencia, desde este punto en la seguridad hídrica dentro del territorio, puesto que uno de los objetivos de este paradigma, es limitar la capacidad destructiva del recurso hídrico y potenciar la capacidad productiva de la misma (Ávila, 2008).

Tabla 19. Resultados de las encuestas aplicadas en las comunidades del área de estudio

Variables de la seguridad hídrica	Cahuasquí	Florida	Pugará	Palagá	San Francisco de Sachapamba	TOTAL
Significancia						
Suficiente agua para consumo	0.697	0.0492	0.843	0.012	0.043	0.0016
Suficiente agua para la agricultura	0.284	0.215	0.683	0.728	0.096	0.385
No existen conflictos por el agua	0.355	0.078	0.508	0.515	0.139	0.014
Los niños se enferman por la calidad de agua	0.147	0.391	0.617	0.515	0.151	0.113
Juntas de gestión de agua de riego eficientes	0.040	0.493	0.042	0.763	0.215	0.006
Comunidades sin acciones de prevención	0.662	0.269	0.404	0.000	0.102	0.012
No existe riesgo de escasez de agua dentro de la comunidad	0.231	0.186	0.441	0.000	0.033	0.002
Fuente de agua para consumo	^a	0.806	^a	^a	0.666	0.755
Tarifa de agua	0.767	0.109	0.099	0.331	0.872	0.249
Su hogar dispone de alcantarillado	0.091	0.714	0.966	0.490	0.834	0.272
Acciones para la conservación del r.h	0.899	0.679	0.778	0.839	0.590	0.748

Nota: ^a No se han calculado estadísticos porque la variable es una constante

4.4. Evaluación de susceptibilidad a desastres de origen hidrometeorológico

La microcuenca Palacara está expuesta a deslizamientos en un 99% según la cartografía realizada (Figura 21), lo cual se validó a partir de la revisión de antecedentes históricos de deslizamientos en la parroquia de Cahuasquí en los años de 2015 y 2017. Estos antecedentes registraron obstaculizaciones de la vía Pablo Arenas – Cahuasquí impidiendo a los pobladores salir o entrar a la parroquia (Bonifaz, 2015). En el año 2017 se registraron fuertes precipitaciones dentro de las comunidades en los meses de abril y mayo. Causando fuerte deslizamientos en Cahuasquí, lo cual colapso la línea de conducción de agua potable en la comunidad. En consecuencia, la calidad de agua dentro de la comunidad se vio afectada.

Estos antecedentes de desastres de origen hidrometeorológico registraron inconvenientes en todos los centros poblados de la microcuenca Palacara en lo referente al crecimiento económico de la parroquia además afectaciones referentes a la provisión confiable de agua en cuanto calidad dentro del centro poblado de Cahuasquí.

El detonante principal de los deslizamientos en la zona de estudio es su topografía la presencia de agua, sea superficial o subterránea por lo que la cantidad de estos eventos hidrometeorológicos es mayor en época lluviosa. No obstante, otros desencadenantes pueden ser movimientos sísmicos, erosión de taludes por viento, deforestación y remoción de vegetación, en general el mal uso de suelo y agua por parte de la población. (SGR, 2014)

El comportamiento de las condiciones climáticas y meteorológicas son determinantes para una adecuada gestión a nivel de microcuenca, en donde la variabilidad en la frecuencia y la intensidad de desastres de origen hidrometeorológico pueden contribuir a la materialización del riesgo en función del grado de vulnerabilidad de la sociedad, lo que obliga a proponer estrategias de gestión de riesgos mediante herramientas de orden político, con el fin de proponer medidas de adaptación y practicas productivas orientadas a reducir el riesgo o minimizar sus efectos.

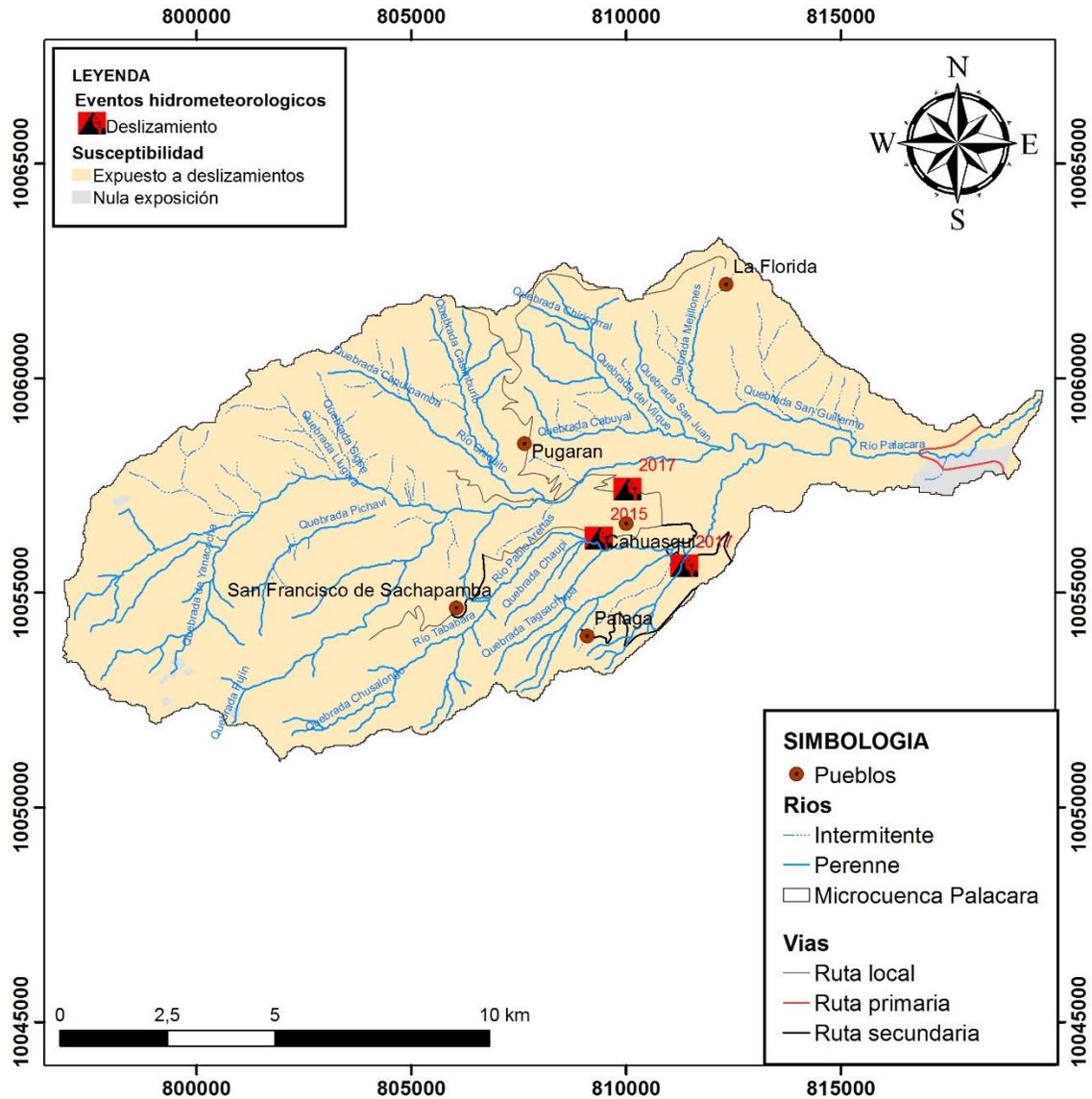


Figura 21. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

En lo referente a inundaciones, la cartografía realizada muestra que la microcuenca Palacara no es susceptible a inundaciones (Anexo 16). Según el MAGAP (2013), la existencia de zonas no propensas es un indicador de un adecuado uso del suelo o también la existencia de una fuerte pendiente dentro del territorio. Es necesario generar espacios para que las comunidades y sus organizaciones se puedan fortalecer y participar activamente en la toma de decisiones sobre la mitigación de los impactos derivados de desastres de origen hidrometeorológico.

4.5. Estrategias de gestión para los recursos hídricos de la microcuenca Palacara

Como potencialidades dentro de la microcuenca Palacara se verificó la existencia de zonas de alto potencial hídrico de las cuales se pueden dar un uso sostenible para agua de consumo. Además de dar una iniciativa en el fortalecimiento de planes de contingencia y capacitación a la población frente a posibles eventos hidrometeorológicos (Tabla 20).

Tabla 20. Matriz de formulación estratégica para el análisis FODA

	FORTALEZAS	DEBILIDAD
FACTORES INTERNOS	F1: Existe suficiente cantidad de agua para consumo	D1: No existe un sistema de saneamiento y potabilización para el recurso hídrico dentro de las comunidades del área de estudio.
	F2: Las juntas de agua de riego son eficientes en gestión	D2: Inadecuada distribución del recurso hídrico debido a que la distribución es inequitativa entre riego y consumo humano
	F3: Existen zonas con categorías medias y altas en potencial hídrico	D3: El gad cantonal no cuenta con un plan de contingencia en caso de amenazas, naturales o antrópicas
	F4: Existe una alta organización y nivel de participación por parte de los pobladores de los distintos centros poblados dentro del área de estudio.	D4: No existe un manejo integral microcuencas dentro del territorio
FACTORES EXTERNOS		D5: La población de Cahuasquí percibe inequívocamente que la calidad del recurso hídrico que consumen es óptima.
		D6: Ninguna vertiente de agua utilizada para riego, consumo doméstico presente potencial hídrico de recarga alta y muy alta.

OPORTUNIDADES	O1: Apoyo e interés por parte de las diferentes instituciones como GAD cantonal y provincial.	Potencialidades: Potenciamiento de acciones de conservación y protección de zonas de bajo y medio potencial hídrico (F4O1). Fortalecimiento de planes de contingencia y capacitación a la población frente a eventos hidrometeorológicos (F5O2).	Desafíos: Bajo nivel de prevención de riesgo provoca la pérdida de ingresos económicos y de vidas humanas (O3D3). Planificar la gestión integral de los recursos hídricos a nivel de microcuenca y articular al Plan de Desarrollo del Cantón (O2D4).
	O2: Apoyo e interés por parte de las diferentes instituciones como Gad cantonal y provincial para la formulación de proyectos.		
	O3: Capacitación a la población para la conservación y uso sostenible del recurso hídrico.		
AMENAZAS	A1: Problemas en la salud de los pobladores por mala calidad del agua.	Riesgos: Reducción de la oferta del recurso hídrico en las vertientes dentro del área de estudio. (F3A4)	Limitaciones: No existe coordinación entre instituciones para crear un fondo para el saneamiento del recurso hídrico dentro de las comunidades pertenecientes al área de estudio. (A2D1). No existe apoyo por las instituciones a cargo (Gad Municipal, Prefectura de Imbabura) para la correcta gestión del recurso hídrico dentro de la zona de estudio (A3D4)
	A2: Probables conflictos por la distribución inequitativa del recurso hídrico.		
	A3: Falta de conocimiento de la población para afrontar desastres hidrometeorológicos.		
	A4: Disminución de la disponibilidad de la oferta hídrica en las vertientes de agua dentro del territorio.		

Fortalezas: Dentro de la microcuenca Palacara se comprobó que existe suficiente cantidad de agua para consumo, puesto a que existen zonas con posibilidad de recarga hídrica alta y media. Situación que se validó con el balance hídrico realizado para el área de estudio, en el que se observa un superávit del recurso hídrico. De igual modo se percibe que las juntas de gestión de agua de riego son eficientes. Además, se evidenció la existencia de una alta organización y participación de los pobladores de la zona de estudio

Oportunidades: El área de estudio presenta el apoyo e interés por parte del Gad cantonal y provincial para la formulación de proyectos que puedan mejorar la calidad de vida de los pobladores. Además, se verificó como una potencial oportunidad una capacitación a los centros poblados sobre conservación y uso sostenible del recurso hídrico.

Debilidades: En base a los análisis de calidad de agua realizados en el área de estudio, se evidenció la falta de un sistema de saneamiento y potabilización para el recurso hídrico dentro de las comunidades del área de estudio. Existe una distribución inequitativa entre las concesiones de riego y consumo humano las cuales en su mayoría se encuentran en zonas potenciales de recarga media.

El GAD cantonal no cuenta con planes de contingencia frente amenazas naturales o antrópicas. De igual forma el PDOT de San Miguel de Urucú del año 2016, posee un estudio a nivel de cuencas hidrográficas, pero no a nivel de microcuenca por lo cual hay un déficit en la elaboración de planes de contingencia

Amenazas: Las comunidades del área de estudio, no cuentan con saneamiento y potabilización del recurso hídrico. De igual forma existen conflictos por la distribución inequitativa del recurso hídrico lo cual genera una disminución de la oferta hídrica en las vertientes de agua dentro del territorio. Además, los pobladores carecen de conocimiento para afrontar desastres hidrometeorológicos por lo que surge la necesidad de implementar programas y planes de contingencias frente a eventos hidrometeorológicos, los cuales deben ser formulados e implementados por las distintas instituciones a cargo como: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), el GAD provincial median capacitaciones a la población sobre cómo responder frente a estos eventos.

A partir del análisis FODA se generaron estrategias para fortalecer la seguridad hídrica con el fin de alcanzar una correcta gestión del recurso hídrico. Las estrategias establecidas se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21. Estrategias diseñadas

Estrategias	Responsables	Indicador	Relación con la gestión hídrica
1. Regulación y seguimiento continuo del uso del agua en las concesiones otorgadas por la SENAGUA.	* GAD. Municipal de San Miguel de Urququí. * Dirigentes comunales. * Juntas de riego. * Juntas de agua potable. * SENAGUA.	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar en un 100% el adecuado uso que se le dé a cada una de las concesiones de agua. 	El enfoque de la gestión hídrica busca administrar y coordinar el uso del recurso hídrico de forma efectiva y eficiente, en base a la demanda de las actividades.
2. Consolidación de dialogo entre los usuarios, administradores de las Juntas de Agua y representantes de la Autoridad Nacional del Agua para generar consensos de usos y mejorar la distribución del recurso hídrico.	* Dirigentes comunales * Juntas de riego * Juntas de agua potable * SENAGUA	<ul style="list-style-type: none"> Generar un 100% de mejora en la distribución y usos del recurso hídrico. 	Se debe solucionar los problemas de recurso hídrico de manera integral con la participación de todos los actores vinculados al agua.
3. Asignar de caudales medios de aprovechamiento en las concesiones dependiendo de la actividad de uso y capacidad hídrica de la microcuenca.	* SENAGUA	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento artículo 9 Procedimiento según tipo de uso o aprovechamiento del capítulo II del ARCA. 	Recolección de datos e información sobre la disponibilidad del recurso hídrico.
4. Definir el área de protección hídrica por cada toma de agua concesionada con el fin de evitar la disminución de los niveles en la capa freática.	* GAD Municipal de San Miguel de Urququí. * Dirigentes comunales. * Juntas de riego. * Juntas de agua potable. * Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). * Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento del artículo 411 Tarifa por autorización de uso de agua para riego que garantice la soberanía alimentaria (ARCA). 	Protección del recurso hídrico sin alterar el caudal ecológico.
5. Realizar estudios de hidrología subterránea en las vertientes de agua concesionadas y posibles fuentes de agua con el fin de conocer la disponibilidad de uso del recurso hídrico.	* GAD. Municipal de San Miguel de Urququí. * Dirigentes comunales. * Juntas de riego. * Juntas de agua potable * SENAGUA. * Universidades	<ul style="list-style-type: none"> Generar nuevas concesiones para el aprovechamiento de los pobladores. 	Generar una base de datos de información sobre la disponibilidad de uso del recurso hídrico.

Estrategias	Responsables	Indicador	Relación con la gestión hídrica
6. Implementar un sistema de saneamiento de agua potable en las comunidades ubicadas dentro de la microcuenca Palacara.	<ul style="list-style-type: none"> * Subsecretario General de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). * GAD Municipal de San Miguel de Urucuquí. * Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). * Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). * SENAGUA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de hogares beneficiados con servicios de saneamiento adecuados. • Cumplimiento del artículo 66 capítulo sexto derechos de libertad de la Constitución del Ecuador. 	Mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.
7. Establecer un sistema de potabilización del recurso hídrico dentro de las distintas comunidades abastecidas de la microcuenca Palacara.	<ul style="list-style-type: none"> *Banco Descentralizado del Ecuador. * SENAGUA. * GAD Municipal de San Miguel de Urucuquí. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis a los sistemas de potabilización de agua. • Cumplimiento en un 100% de los parámetros permisibles en lo referente a calidad establecidos por la norma INEN 1108 o el libro VI Anexo 1. 	Obtención de recurso hídrico con una adecuada calidad.
8. Diseñar y socializar planes de contingencia frente a eventos hidrometeorológicos con la SNGR.	<ul style="list-style-type: none"> * Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR). * GAD. Municipal de San Miguel de Urucuquí. * Comunidades. *Instituciones educativas. * Universidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de asistentes a la sociabilización de los planes de contingencia. 	Asegurar la respuesta de los pobladores frente a eventos hidrometeorológicos evitando así pérdidas humanas y materiales.
9. Capacitación dirigida a la población de Cahuasquí sobre el uso adecuado del recurso hídrico.	<ul style="list-style-type: none"> * Ministerio del Ambiente (MAE). * Prefectura de Imbabura. * Universidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de asistentes de los talleres de educación ambiental. 	El conocimiento de los pobladores de cómo dar un adecuado uso es importante ya que así se lograría un crecimiento sustentable dentro del área de estudio.

Tabla 22. Estrategia (A3, D2): Regulación y seguimiento continuo del uso del agua en las concesiones otorgadas por la SENAGUA

Nombre de la estrategia	Regulación y seguimiento continuo del uso del agua en las concesiones otorgadas por la SENAGUA
Responsables	* GAD Municipal De San Miguel de Urququí * Dirigentes comunales * Juntas de riego * Juntas de agua potable * SENAGUA
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de las concesiones por parte de la SENAGUA • Identificación de acaparamiento, concentración o acumulación de concesiones de agua para riego • Revisión de expedientes para la cancelación, modificación o caducidad de las concesiones
Tiempo de ejecución	1 año
Meta	Regular el uso y aprovechamiento de las concesiones de agua otorgadas por la SENAGUA

Tabla 23. Estrategia (A3, D2): Consolidación de diálogos entre los usuarios, administradores de las Juntas de Agua y representantes de la Autoridad Nacional del Agua para generar consensos de usos y mejorar la distribución del recurso hídrico

Nombre de la estrategia	Consolidación de dialogo entre los usuarios, administradores de las Juntas de Agua y representantes de la Autoridad Nacional del Agua para generar consensos de usos y mejorar la distribución del recurso hídrico.
Responsables	* Dirigentes comunales * Juntas de riego * Juntas de agua potable * SENAGUA
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario para evaluar la distribución del recurso hídrico • Verificación del cumplimiento del personal de las juntas de agua • Asistir a los dirigentes comunales sobre el adecuado uso del recurso hídrico
Tiempo de ejecución	2 meses
Meta	Mejorar la distribución y usos del recurso agua dentro del territorio

Tabla 24. Estrategia (A3, D2): Asignación de caudales medios de aprovechamiento en las concesiones dependiendo de la actividad de uso

Nombre de la estrategia	Asignar de caudales medios de aprovechamiento en las concesiones dependiendo de la actividad de uso y capacidad hídrica de la microcuenca.
Responsables	* SENAGUA * Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). * Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). * SENAGUA
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de caudales de las concesiones • Determinación de caudales de aprovechamiento dentro de la microcuenca
Tiempo de ejecución	1 año
Meta	Proveer el recurso hídrico dependiendo de la actividad de uso como lo estipula el artículo 9 del capítulo II del (ARCA).

Tabla 25. Estrategia (A4, D6): Definir el área de protección hídrica por cada toma de agua concesionada con el fin de evitar la disminución de los niveles en la capa freática.

Nombre de la estrategia	Definir el área de protección hídrica por cada toma de agua concesionada con el fin de evitar la disminución de los niveles en la capa freática.
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> * GAD Municipal de San Miguel de Urququí. * Dirigentes comunales. * Juntas de riego. * Juntas de agua potable. * Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). * Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación de las tomas de agua concesionadas para la conservación según artículo 411 (ARCA). • Reforestar con especies nativas las tomas de agua concesionadas principalmente las designadas para consumo y riego. • Programa de vigilancia de las áreas de producción hídrica.
Tiempo de ejecución	1 año
Meta	Proteger y conservar las vertientes de agua dentro del territorio en un 100%

Tabla 26. Estrategia (A4, D6): Realizar estudios de hidrología subterránea en las vertientes de agua concesionadas y posibles fuentes de agua con el fin de conocer la disponibilidad de uso del recurso hídrico

Nombre de la estrategia	Realizar estudios de hidrología subterránea en las vertientes de agua concesionadas y posibles fuentes de agua con el fin de conocer la disponibilidad de uso del recurso hídrico
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> * GAD Municipal de San Miguel de Urququí * Dirigentes comunales * Juntas de riego * Juntas de agua potable * SENAGUA * Universidades
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de los principales parámetros hidrogeológicos (porosidad, porosidad eficaz, permeabilidad, transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento). • Obtención de fotografías aéreas, imágenes Landsat y cartografía geológica. • Inventario de puntos de agua existente como pozos excavados, perforados, manantiales, galerías, entre otros para la generación de una base de datos sobre las características hidrogeológicas y los factores del flujo de aguas subterráneas. • Identificación de las zonas de interés hidrogeológico.
Tiempo de ejecución	1 año
Meta	Conocer la oferta hídrica disponible para el uso y aprovechamiento de los pobladores dentro del territorio.

Tabla 27. Estrategia (A1, D1): Implementación un sistema de saneamiento de agua potable en las comunidades ubicadas dentro de la microcuenca Palacara

Nombre de la estrategia	Implementar un sistema de saneamiento de agua potable en las comunidades ubicadas dentro de la microcuenca Palacara
Responsables	* Subsecretario General de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) * GAD Municipal De San Miguel de Urququí * Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) * Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) * SENAGUA
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de un sistema dual de evacuación de aguas grises (uso doméstico) y aguas negras (fecales) • Instalación de un sistema alcantarillado • Tratamiento de aguas servidas
Tiempo de ejecución	3 años
Meta	Garantizar el acceso a agua de calidad para el consumo humano de los pobladores del área de estudio.

Tabla 28. Estrategia (A1, D1): Establecer un sistema de potabilización del recurso hídrico dentro de las distintas comunidades abastecidas de la microcuenca Palacara.

Nombre de la estrategia	Establecer un sistema de potabilización del recurso hídrico dentro de las distintas comunidades abastecidas de la microcuenca Palacara.
Responsables	* Banco Descentralizado del Ecuador * SENAGUA * GAD. Municipal de San Miguel de Urququí.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de un sistema separativo de evacuación de aguas grises (uso doméstico) y aguas negras (fecales) • Instalación de un sistema alcantarillado • Tratamiento de aguas servidas
Tiempo de ejecución	3 años
Meta	Garantizar el acceso a agua de calidad para el consumo humano de los pobladores del área de estudio.

Tabla 29. Estrategia (A3, D3): Diseñar y socializar planes de contingencia frente a eventos hidrometeorológicos con la SNGR

Nombre de la estrategia	Diseñar y socializar planes de contingencia frente a eventos hidrometeorológicos con la SNGR.
Responsables	* Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) * GAD. Municipal de San Miguel de Urququí. * Comunidades * Universidades
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de muros de contención en zonas vulnerables a deslizamientos • Sociabilización del plan de contingencias con las comunidades. • Conformación de comités comunitarios de gestión de riesgos.
Tiempo de ejecución	6 meses
Metas	-Implementar planes de contingencia frente a eventos hidrometeorológicos en la microcuenca. -Reducir la tasa de mortalidad como consecuencia de desastres naturales dentro del territorio. -Aumentar el nivel de conocimiento de los pobladores para actuar frente a un evento hidrometeorológico en un 100%.

Tabla 30. Estrategia (D5, F4): Capacitación dirigida a la población de Cahuasquí sobre el uso adecuado del recurso hídrico

Nombre de la estrategia	Capacitación dirigida a la población de Cahuasquí sobre el uso adecuado del recurso hídrico
Responsables	* Ministerio del Ambiente (MAE) * Prefectura de Imbabura * Universidades
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Jornadas cultura del agua (2 veces por semana) • Al final de cada taller se evaluará los conceptos asimilados por las comunidades • Al finalizar las jornadas se realizará una encuesta a los asistentes sobre un uso adecuado del recurso hídrico.
Tiempo de ejecución	9 meses
Meta	Incrementar el nivel de concientización de los pobladores en un 100% sobre el uso, protección y adecuado aprovechamiento del recurso hídrico.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones se desarrollaron en base a los resultados alcanzados a lo largo de esta investigación.

5.1. Conclusiones

- Para el período 2013-2015 existió un superávit en la oferta hídrica en la zona en estudio. Esto se confirma porque un 84% del territorio presenta potencial alto y medio de recarga hídrica. En concordancia, la población percibe que, para el mismo período, existió suficiente agua dentro de la microcuenca y por ende no existen conflictos por el recurso hídrico.
- La calidad del agua dentro de las comunidades de Pugará, Palagá, San Francisco de Sachapamba y la Florida puede considerarse óptima para el consumo de los pobladores. No obstante, la comunidad de Cahuasquí, presenta valores superiores a los establecidos en la norma Inen 1108 y el Libro VI- Anexo 1 de coliformes fecales y *E. coli*, debido a que dicha comunidad no presentaba ningún tipo de cobertura o saneamiento en los sistemas de distribución de agua.
- Dentro del área de estudio existen diferentes usos del recurso hídrico distribuidos entre: riego con un 63%, un 21% para el consumo humano, 12% para abrevadero y un 4% para actividades piscícolas. La mayoría de los usos del recurso hídrica se encuentran en las zonas potenciales de recarga hídrica media.
- Se evidenció que un 99% del territorio es susceptible a deslizamientos. Sin embargo, los pobladores manifestaron que existe un déficit frente a planes de contingencia a eventos hidrometeorológicos. No obstante, según la revisión de antecedentes históricos se verificó que el área de estudio tiene una recurrencia a deslizamientos.
- La seguridad hídrica en el lugar de estudio presenta fortalezas en las variables de calidad y cantidad y a la vez son percibidas por la población. No obstante, una de las falencias o retos de la seguridad hídrica dentro del territorio es la falta de planes de contingencia frente a eventos hidrometeorológicos, puesto que no se limita la capacidad destructiva del agua.

- Las principales estrategias para fortalecer el manejo de recursos hídricos serían la reforestación con plantas nativas (*Pumamaqui (Oreopanax ecuadorensis)*, *Arrayan (Myrcianthes Hallii)* y *Aliso (Alnus acuminata)* en las zonas de recarga alta y medio en donde se esté aprovechando el recurso hídrico actualmente, con el fin de producir y almacenar más agua. La capacitación frente a eventos hidrometeorológicos a los pobladores, con el fin de reducir el índice de morbilidad. Además, la Educación Ambiental sobre el uso sustentable del recurso hídrico a los comuneros.

5.2. Recomendaciones

- Analizar los efectos del fenómeno del niño en el área de estudio, con el fin de establecer su relación con la presencia de precipitaciones deficitarias para la sierra central y sur del país.
- Utilizar la metodología empleada en el estudio, con el fin de aplicarlo en otras microcuencas dentro del área de estudio; potenciando la gestión del recurso hídrico bajo el enfoque de la seguridad hídrica.
- Planificar mensualmente la realización de aforos en la microcuenca con el fin de obtener una caracterización del recurso hídrico.
- Incorporar la seguridad hídrica en los procesos de planificación y gestión del recurso hídrico en la microcuenca y en el cantón a la que pertenece.

6. REFERENCIAS

6.1. Referencias bibliográficas

- Arias, D. P. (2015). *Vulnerabilidad al cambio climático e inseguridad hídrica: el caso de la cuenca del Pichaví (Cotacachi-Ecuador)*. (Tesis de postgrado). Universidad Heidelberg. Santiago de Chile, Chile.
- Ávila, P. (2008). Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Ciencias*, 2 (90), 46-57.
- Avina. (Enero de 2012). *Care-Internacional Avina*. Obtenido de Módulo 8: Gestión Integrada de los Recursos: <http://www.avina.net/avina/wp-content/uploads/2013/03/MODULO-8-OK.pdf>.
- Bonifaz, F. (13 mayo de 2017). Derrumbe por lluvia afectación agua potable. Hoy en Imbabura. Recuperado de: <https://hoyenimbabura.com/tag/cahuasqui/>
- Bosque, J. (2000). *Sistemas de Información Geográfica*, Madrid, España: Editorial RIALP S.A.
- Briñez, K., Guarnizo, J., y Arias, S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 30 (2), 175-182.
- Brown, L. M. (2003). *Eco-economía. La construcción de una economía para el planeta*. Caracas: Fundación Oriampla.
- Cook, C., y Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. *Nature Resource*, 22 (2012), 94–102.
- Córdova, M., Del Coco, V., y Basualdo, J. (2010). Agua y Salud humana. *Química viva*, 9 (3), 2-16.
- Corporación de estudios y publicaciones. (2015). Parágrafo V del aprovechamiento. Ley del aprovechamiento. Publicado en Registro Oficial del 4 de mayo del 2015. Ecuador.
- Chow, V., Maidment, D., y Mays, L. (1988). *Applied Hydrology*. United States of America: McGraw-Hill.
- Delgada, S. M., Trujillo, J. M., & Torre, M. A. (2012). La huella hídrica como una estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico: ejercicio con comunidades rurales de villavicencio. *Luna Azul* 36 (2), 70-76.

- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. (2005). *Agua y empleo*. Recuperado de <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>.
- Departamento de Información de las Naciones Unidas. (2005). *Agua para todos, agua para la vida*. Recuperado de <http://www.un.org/waterforlifedecade/>
- Díaz, B.H., Esteller, M.V., y Garrido, S.E. (2011). Calidad físicoquímica y microbiológica del agua en parques acuáticos. *Hidrobiológica* 21(1), 49-62.
- Díaz, J., Chuquisengo, O., y Ferradas, P. (2005). *Manual de la gestión en los gobiernos locales*. Lima, Perú: ITDG.
- Domínguez, N. (2014). *El impacto económico de los desastres naturales*. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5559900>
- Donis, L. F. (2015). *Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río negro, ciudad de Guatemala sistematización de práctica profesional (Cotacachi-Ecuador)*. (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar. Guatemala
- Espino, G [gpinasco]. (2015, febrero 23). Deslave deja incomunicadas a 4.500 personas en Imbabura [Archivo de video]. Recuperado de <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/nacional/100112-deslave-deja-incomunicadas-4500-personas-imbabura>
- Faustino, J. (2006). *Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica (Notas de clase)*. San Salvador: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- García, A. (2012). *Criterios modernos para la evaluación de la calidad de agua de riego*. México: IAH.
- González, W. (2011). Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá
- Global Water Partnership. (2000). *La Estrategia de GWP hacia el 2020 un mundo con seguridad hídrica*. Recuperado de: https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/strategic-documents/gwp-strategy-towards-2020_-spanish.pdf.

- Grey, D., & Sadoff, C. (2007). Sink or Swim Water security for growth and development. *Water Policy*, 9(6), 545-571.
- Herrera, K. F. (2017). *Identificación hidrológica de zonas de recarga de las fuentes de abastecimiento de agua en la comuna la esperanza (Carchi-Ecuador)*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Santiago de Ibarra, Ecuador.
- Huerta, A. A. (2000). *El ABC de la planificación prospectiva*. Recuperado de:
http://pdf2.hegoa.efaber.net/entry/content/937/El_ABCD_de_la_planificaci_n_prospectiva.pdf
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2006), Universidad Rafael Landívar (URL) y Asociación Instituto de Incidencia Ambiental. Guatemala. Recuperado de:
<https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=41022>
- Instituto Geográfico Militar. (2013). Información Cartográfica-Geográfica del IGM. Recuperado de: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/cartografia-de-libre-acceso/>.
- Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos y Estadística. (2010). Fasículo provincial Imbabura
 Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ECV/ECV_2015/
- Jimenez, B. (2015). Seguridad hídrica: Retos y Respuestas, la fase VII del programa hidrológico. *Aqua-Lac* 36 (2), 20-27.
- Lomas, A. (06 abril del 2017). 18 frentes de trabajo para rehabilitar vías afectadas por las lluvias en Imbabura. El Norte. Recuperado de: <http://www.elnorte.ec/imbabura/67879-18-frentes-de-trabajo-para-rehabilitar-v%C3%ADas-afectadas-por-las-lluvias-en-imbabura.html>
- Martinez, A. (2014). Los retos de la seguridad hídrica. *Diario El mercurio*, 10-11.
- Matus, OD. (2009). Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Turrialba, Costa rica.

- McDonnell, R. (2008). Challenges for Integrated Water Resources: How Do We Provide the Knowledge to Support Truly. *International Journal of Water Resources* 44 (1), 131-143.
- Ministerio de agricultura ganadería y pesca. (2013). *Generación de Geo información para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional. Componente: Clima, Hidrología y Amenazas Hidrometeorológicas*. Recuperado de:
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/index.shtml>
- Narváez, L., & Llavel, A. P. (2009). La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos. Lima. Perú. PULL CREATIVO S.R.L. 33-43p.
- New Jersey Stormwater. (2004). Chapter 6: Groundwater Recharge. New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual. New Jersey, United States. Recuperado de:
http://www.njstormwater.org/bmp_manual/NJ_SWBMP_6%20print.pdf
- Ordóñez, J. (2011). *¿Qué es la cuenca hidrográfica?* Lima: Foro Peruano para el agua. *salud*. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/
- Organización de las Naciones Unidas. (2009). *Ya hemos llegado al final del Decenio del Agua Fuente de Vida 2005-2015 – es momento de decir adiós*. Recuperado de:
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/index.shtml>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2015). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP)*. Recuperado de:
<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Agua potable salubre y saneamiento básico en pro*
- Organización Panamericana de la Salud. (1993). *Consideraciones sobre el programa medio Ambiente y salud en el Istmo Centroamericano*. Recuperado de:
http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=article&id=344&Itemid=40932&lang=es
- Ortega, S.J, Álvarez, H.G., y Ruiz, M.B. (2013). Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos digitales de elevación. *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 82 (3), 118-130.

- Otaya, L.A., Vásquez, G.L., y Bustamante, G.J. (2008). Estimación de la oferta hídrica con información en ecosistemas estratégicos. *Rev.fac.Nal.Agr.Medellín* 61(1), 4366-4380.
- Paredes, C. U., Salinas, W. E., Martínez, X.D., & Jiménez, S. B. (2012). La huella hídrica como una estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico: ejercicio con comunidades rurales de villavicencio. *Luna Azul* 36 (2), 70-76.
- Pladeyra , A. (2003). *Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma Chapala*. México: Diamante.
- Posso, M. (2013). *Proyectos Tesis y marco lógico*. Ibarra, Ecuador: Trece.
- Payeras, A. (s.f).Parámetros de la calidad de agua de riego. España: *Bonsai Menorca*. Recuperado de: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>.
- Pérez, L.E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Control de la calidad de agua* 4 (54), 84-87.
- Pinto, W. (2016). El clima afecta cultivos en zonas de Tungurahua. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/01/16/nota/5346583/clima-afecta-cultivos-zonastungurahurau/>.
- Ramos, D. (2004). *Ruteo de Grafos Geométricos (Sevilla- España)*. (Tesis de postgrado). Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid, España.
- Rodríguez, D., y Álvarez, P. (2014). Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica Guara, de Cuba. *Aqua-LAC*, 6(2), 58-70.
- Rodríguez, J.Z. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. *Pensamiento Actual* 9 (12),125-134.
- Sáenz, F. (1995). Identificación de áreas críticas para el manejo de la Cuenca del río Pacuare. Costa Rica: CATIE.

- Sánchez, D. (2016). *La falta de potabilización del agua y su relación con las enfermedades gastrointestinales en México*. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/atotonilco/n8/e1.html>.
- Secretaría General de la comunidad Andina. (2009). Estrategia Andina para la prevención y atención de desastres. Recuperado de: <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/Temas/AtencionPrevencionDesastres/PlanEstrategicoAndino.pdf>
- Secretaría Nacional de Riesgos. (2014). Programa de prevención y mitigación para reducir el riesgo por diferentes amenazas. Recuperado de: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/ProyectoPrevencion>
- Seoánez, M. (2001). *Tratado de gestión del medio ambiente*. Recuperado de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471149596/tratado-de-gestion-del-medio-ambiente-urbano/>.
- Soriano, R. (2013). *Guía para realizar investigaciones sociales*. México: Plaza y Valdés.
- Truhlar J. F. (2015). Determining suspended sediment loads from turbidity records. *Hydrological Sciences-Bulletin des Sciences Hydrologiques*, 23 (4), 409-417.
- Vazquez, M. N. (2016). Análisis de la participación social para el impulso de servicios ecosistémicos como medida de adaptación para reducir la vulnerabilidad social al cambio climático en la ciudad de Tijuana. El Colegio de la Frontera Norte.
- Wiesner, E., & Medina, J. (2006). *Manual de Prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Serie Manuales.

7. ANEXOS

ANEXO 1

Datos de precipitación de las estaciones empleadas en la investigación.

ESTACIONES	MESES													
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PREANUAL
INGUINCHO	2013	63.2	179.6	59.2	134.7	230.9	1.6	8.1	16.4	19.7	119.6	67.5	91.4	991.9
	2014	173.7	88.3	188.7	39	134.2	42.2	5.4	2.2	55.8	175.8	138.6	88.6	1132.5
	2015	78.3	52.8	199.2	69.4	33.6	4	52.8	3.4	2.6	71	211.7	6.3	785.1
OTAVALO	2013	45.5	132.3	49.5	47.9	145.3	3.6	10.3	31.2	28.7	122.1	88.9	84.7	790
	2014	138.9	23.3	152.5	55.4	232.1	28.9	7.4	1.7	39.9	157.3	90.2	69.1	996.7
	2015	54.7	73.7	171.1	82.2	19.1	11.4	30.1	0.5	2.8	81.7	99.9	7.4	634.6
CAHUASQUI-FAO	2013	64.6	77.7	40	60.8	148.1	1.2	8.9	4.8	0.3	49.7	108.8	61	625.9
	2014	86.5	25	113.6	16.5	140.8	24.7	4.2	2.8	40.1	106.4	124.8	105	790.4
	2015	50.4	82.7	74.4	32.9	17.5	7.1	7.7	0	4.7	34.7	53		365.1
PABLO ARENAS	2013	53.1	101.6	124	99.1	152	1.6	10.3	14.1	0.5	64.8	91	65.9	778
	2014	74.4	44.3	101	20.5	157.1	26.7	1.2	4.9	38.3	131.9	149.8	90.4	840.5
	2015	44.8	76.6	78.1	29.8	20.7	9.4	9.5	0	2.6	26.9	51.3	2.5	352.2
SAN GABRIEL	2013	29.2	142.1	60.8	68	116.5	24.1	84.2	24.7	19.7	80.3	157.2	51.4	858.2
	2014	90.6	33.2	99.4	59.5	174	82	34.8	46.2	36.6	90.9	116.3	93	956.5
	2015	46	76.3	137.7	71.4	47.2	76.3	48.4	24.3	15.3	46.7	83.2	14.5	687.3
EL ANGEL	2013	43.6	138.6	43.2	51.6	130.5	5.7	56.1	8.6	13.5	108.2	73.8	55.5	728.9
	2014	103.4	16.4	97.3	20.3	148.1	54.3	14.4	19.6	25	74.6	84.8	139	797.2
	2015	53.5	37.8	145.9	37.4	36.3	34.8	29.1	12.5					387.3
MIRA FAO	2013	27.5	157.6	30.1	66.2	155.1	0	14.5	9.5	2.4	81.5	35.9	46	626.3
	2014	50.6	32.5	100.6	46.5	96.5	27.1	3.3	5.4	26.4	76.7	38.7	62.8	567.1
	2015	39.8	30.9	90.1	64	20.9	1.2	9.1	1.2	2.6	93.8	105.2	1.2	460
COTACACHI	2013			44.6	86	111.8	3.8	10.7	16.1	13.2	134.2	84.9	84.5	589.8
	2014	64.2	55.9	177.8	51.6	170.6	46	0	0	28.8	157.8	82.7	38	873.4
	2015	65.1	87.1	135.2	0	40	0	42.3	0	0	203.6	45.9	8.9	628.1
SAN VICENTE DE PUSIR	2013	21.2	85.6	4.6	34.2	78	0	0	7.4	3.6	41.8	6.8	24	307.2
	2014	18.6	7.8	40.8	20	130.6	21.4	0	0	8.5	22.2	15.4	5.8	291.1

ANEXO 2

Ubicación GPS de los puntos de muestreo de agua dentro de la zona de estudio

ID	x	Y	z	Centros poblados
1	807290	10060634	3195	Pugara
2	812435	10063949	3016	La Florida
3	805861	10054400	3037	San francisco de Sachapamba
4	809449	10056714	2979	Cahuasquí
5	807690	10054268	2948	Palaga

ANEXO 3

Concesiones de agua dentro del territorio

Concesiones de agua para riego								
ID	X	Y	Z	Nombre de concesión	Parroquia	Aprovechamiento	Uso	Caudal l/s
1	808300	10053700	2810	GOMEZ LUIS HUMBERTO Y OTROS	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / REMANENTE ACEQUIA SANTO DOMINGO	RIEGO	6 l/s
2	807250	10055500	2600	JUNTA DE AGUAS QUIRACHI - LA VIEJA Y LAS UÑAS	CAHUASQUÍ	QUEBRADA QUIRACHI Y OTRAS	RIEGO	100 l/s
3	807020	10055110	3060	ROSERO BENAVIDES GUILLERMO	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / VERTIENTE PALA HUAYCU	RIEGO	7,9 l/s
4	806000	10056100	2810	CABASCANGO GUANCHA DIOGENES	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE GUANTOCHUPA Y OTROS	RIEGO	4,6 l/s
5	806000	10056100	2810	SIMBA MIGUEL Y OTROS	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE GUANTOCHUPA Y OTROS	RIEGO	11,4 l/s
6	804858	10052798	3180	JUNTA DE AGUA SANTO DOMINGO DE TAXACHUPA	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / QUEBRADA SANTO DOMINGO	RIEGO	2,9 l/s
7	804304	10058579	2915	CABASCANGO GUANCHA HECTOR MANUEL	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE MONTE GRANDE	RIEGO	1,04 l/s
8	809044	10057698	2056	MONTALVO SAONA MARIA TERESA	CAHUASQUÍ	ACEQUIA LA TOMA	RIEGO	30 l/s
9	807950	10059900	2860	PASQUEL VASQUEZ HUGO	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / ACEQUIA CHILCAL	RIEGO	0,5 l/s

10	807950	10059900	2860	JUNTA DE AGUAS EL CHILCAL	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / ACEQUIA CHILCAL	RIEGO	0,8 l/s
11	806112	10057173	2810	JUNTA DE AGUA DE GUAÑABUELA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / QUEBRADA SAN AGUIRRE U OCACHUPA/ GUAÑIBUELA	RIEGO	30 l/s
12	814328	10057642	1968	SAENS MENA ANGEL RAMIRO Y OTROS	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / ACEQUIA LA VICTORIA	RIEGO	25 l/s
13	805100	10056200	3440	SUBIA GORDILLO CRUZ ELIAS	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE S LOURDES / PICHAVI / YANACOCCHA Y CARCOVADO	RIEGO	17 l/s
14	804764	10058610	3000	TORRES SEGUNDO MANUEL	CAHUASQUÍ	QUEBRADA AGUIRRE Y OCACHUPA / ACEQUIA CUSCUNGO	RIEGO	4 l/s
15	806000	10056100	2810	JUNTA DE AGUA DE GUAÑABUELA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE GUANTOCHUPA Y OTRAS	RIEGO	30 l/s
16	810600	10056900	2450	VEGA RAUL	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / REMANENTE AGUAS SERVIDAS	RIEGO	1,5 l/s
17	808600	10058300	2180	PIÑAN SEGUNDO FELIBERTO	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA O PICHAVI	RIEGO	5 l/s
18	803200	10054500	3240	JUNTA DE AGUAS DE LA ACEQUIA CUCHARO COMUNIDAD SAN FRANCISCO DE SACHAPAMBA	CAHUASQUÍ	ACEQUIA EL CHURO / QUEBRADA SANTA BARBARA	RIEGO	12,5 l/s
19	806809	10055556	2951	RAMIREZ YANAURCO LUIS RAMIRO Y OTRA	CAHUASQUÍ	AGUAS SERVIDAS	RIEGO	1 l/s

20	810300	10054350	2600	HILSEA INVESTMENTS LIMITED	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / ACEQUIA LA VICTORIA	RIEGO	75 l/s
21	805020	10055900	2567	JUNTA DE AGUAS CONDOR PACCHA	CAHUASQUÍ	QUEBRADA SANTA BARBARA	RIEGO	40 l/s
22	814775	10058477	1693	COMPANIA PALACARA SOCIEDAD ANONIMA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / ACEQUIA BAJA	RIEGO	55 l/s
23	809800	10060300	2380	PASQUEL HUGO Y OTRO	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / QUEBRADA VILQUE	RIEGO	33,3 l/s
24	807035	10055118	3068	JUNTA DE AGUAS ACEQUIA LA ALEGRIA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / ACEQUIA LA ALEGRIA	RIEGO	28 l/s
25	806800	10061250	2950	UNIGARRO ESCOBAR ARCESIO	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE CUCURUCHO	RIEGO	4 l/s
26	813219	10058486	1780	ROSERO LUIS FERNANDO	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA	RIEGO	15 l/s
27	807725	10057010	2172	ASOCIACION DE CONSERVACION VIAL CAMINO AL PARAMO	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA	RIEGO	1 l/s
28	808108	10056744	2557	GUALAGA MALDONADO JUAN RUBEN Y OTROS	CAHUASQUÍ	QUEBRADA YANUCO	RIEGO	7,4 l/s
29	805596	10056616	2406	CRUZ ELIAS SUBIA GORDILLO	CAHUASQUÍ	QUEBRADA CUNDOR PACCHA Y VERTIENTE SIN NOMBRE	RIEGO	0,4 l/s
30	806224	10059411	2675	SALAZAR VASCONEZ NORA AMERICA	CAHUASQUÍ	QUEBRADA CASIMBULLO	RIEGO	1 l/s
31	805524	10061732	3368	REVELO PALACIOS CARLOS FABIAN	CAHUASQUÍ	QUEBRADA EL ALIZAL / LOS BAÑOS	RIEGO	30,9 l/s
32	811642	10059587	2183	PASQUEL GUERRERO HUGO RAFAEL	CAHUASQUÍ	QUEBRADA SANTA ROSA	RIEGO	3 l/s

33	805519	10061734	3370	REVELO PALACIOS CARLOS FABIAN	CAHUASQUÍ	VERTIENTE EL ALIZAL	RIEGO	2,5 l/s
ID	X	Y	Z	Nombre de concesión	Parroquia	Aprovechamiento	Uso	Caudal l/s
1	817201	10057847	1803	EMAPA-I	SALINAS	RIO PALACARA / ACEQUIA LA TAMAYA	CONSUMO	6 l/s
2	812314	10057234	2029	CASERIO LA VICTORIA	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / RIO TAMAYA	CONSUMO	0,4 l/s
3	807970	10055330	2700	QUIGUANGO ANAN ISAIAS	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / ACEQUIA SANTO DOMINGO	CONSUMO	0,4 l/s
4	813139	10058104	2009	COMUNIDAD LA VICTORIA	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / VERTIENTE LA BOVEDA	CONSUMO	0,5 l/s
5	806000	10056100	2810	JUNTA DE AGUA DE GUAÑABUELA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE GUANTOCHUPA Y OTRAS	CONSUMO	6 l/s
6	807700	10055000	2800	CORTES CHICAIZA PASTOR	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / ACEQUIA SANTO DOMINGO / PALAGA	CONSUMO	0,42 l/s
7	802399	10055942	3300	COMUNIDAD SAN FRANCISCO DE SACHAPAMBA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / QUEBRADA MONTE DE OLIVO	CONSUMO	1 l/s
8	802555	10053852	3420	COMUNIDAD SAN FRANCISCO DE SACHAPAMBA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE SIN NOMBRE	CONSUMO	1 l/s
9	803450	10054300	3100	JUNTA PARROQUIAL QUEBRADA PABLO ARENAS	PABLO ARENAS	RIO PALACARA / QUEBRADA SANTO DOMINGO	CONSUMO	3,51 l/s
10	807725	10057010	2172	ASOCIACION DE CONSERVACION VIAL CAMINO AL PARAMO	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA	CONSUMO	0,12 l/s
11	805540	10061321	3225	OÑATE CARANQUI JULIA MARIA	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE PARTIDERO	CONSUMO	0,5 l/s
Concesiones de agua para abrevadero								
ID	X	Y	Z	Nombre de concesión	Parroquia	Aprovechamiento	Uso	Caudal l/s
1	805200	10054700	2700	ANDRANGO GUAGALA ANGEL SALOMON	CAHUASQUÍ	RIO PALACARA / VERTIENTE LA AGUADA	ABREVADERO	0,5 l/s

2	813700	10058800	1739	LARREA JARRIN CESAR CRISTOBAL	SALINAS	RIO PALACARA / ACEQUIA SAN FLORENCIO O TAMAYA	ABREVADERO	0,58 l/s
3	807725	10057010	2172	ASOCIACION DE CONSERVACION VIAL CAMINO AL PARAMO	CAHUASQU Í	RIO PALACARA	ABREVADERO	0,019 l/s
4	808108	10056744	2557	GUALAGA MALDONADO JUAN RUBEN Y OTROS	CAHUASQU Í	QUEBRADA YANUCO	ABREVADERO	0,1 l/s
5	805596	10056616	2406	CRUZ ELIAS SUBIA GORDILLO	CAHUASQU Í	QUEBRADA CUNDOR PACCHA Y VERTIENTE SIN NOMBRE	ABREVADERO	0,05 l/s
6	805524	10061732	3368	REVELO PALACIOS CARLOS FABIAN	CAHUASQU Í	QUEBRADA EL ALIZAL / LOS BAÑOS	ABREVADERO	0,1 l/s

Concesiones de agua para uso piscícola

ID	X	Y	Z	Nombre de concesión	Parroquia	Aprovecha miento	Uso	Caudal l/s
1	807725	10057010	2172	ASOCIACION DE CONSERVACION VIAL CAMINO AL PARAMO	CAHUASQU Í	RIO PALACARA	PISCICOLA	18,5 l/s
2	805596	10056616	2406	CRUZ ELIAS SUBIA GORDILLO	CAHUASQU Í	QUEBRADA CUNDOR PACCHA Y VERTIENTE SIN NOMBRE	PISCICOLA	15,88 l/s
								Σ 670,92 l/s

ANEXO 4

Encuestas sobre la seguridad hídrica empleadas en el área de estudio.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FICAYA
CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE SEGURIDAD HÍDRICA

Instrucciones:

La presente encuesta es netamente anónima y personal, la cual tiene como finalidad conocer la percepción de los habitantes dentro del área de estudio, sobre la calidad, cantidad y usos de la microcuenca Palacara.

A continuación, usted deberá responder a cada una de las preguntas marcando con una (X), según corresponda.

1. Información general

1.1. Parroquia.....Comunidad.....Microcuenca.....

1.2. Indique por favor:

Su edad: ___años Género F M

Nivel de estudios P Sec Univ Sup.

1.3. ¿Cuál es la actividad principal de su familia?

Agricultura..... Comercio..... Minería..... Construcción.....

Otro.....

2. Seguridad alimentaria e hídrica

2.1. Indique por favor la fuente de agua para el consumo de su familia

Grifo dentro de casa ___ Grifo público ___ Camión cisterna ___ Fuente Natural ___

2.2. En el último año, ¿la tarifa que tuvo que pagar por el consumo de agua ha sido alta?

SI NO

2.3. Si tiene finca, en el último año ¿ha tenido dificultad para tener agua de riego?

SI NO

2.4. En su hogar dispone de servicio de alcantarillado

SI NO

Si no cuenta con alcantarillado señale el servicio de saneamiento con el que cuenta

Pozo séptico en casa___ Pozo seco en casa___ No tiene___

2.5. En su comunidad, indique tres dificultades mayores relacionadas con el acceso y uso del agua

2.6. Por favor indique si está de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones (una sola respuesta por afirmación)

Afirmaciones	Totalmente Desacuerdo	Totalmente de acuerdo	No sabe/ No opina
Hasta ahora mi familia ha tenido suficiente agua para consumo			
Hasta ahora ha tenido suficiente agua para la agricultura			
Antes había más agua en mi comunidad			

En mi comunidad tiene o ha tenido conflictos por el agua			
En mi comunidad los niños se enferman frecuentemente por la calidad del agua			
En los últimos 3 años las Juntas de Gestión de agua de mi parroquia han sido eficientes			
El municipio trabaja por mejorar el acceso a mi comunidad			
El gobierno trabaja por mejorar el acceso a mi comunidad			
En los últimos 5 años el manejo de los recursos hídricos de mi comunidad ha sido eficiente			
En los últimos 5 años el manejo de los recursos hídricos de mi cantón ha sido eficiente			
En los últimos 5 años en mi comunidad han existido eventos hidrometeorológicos extremos (inundaciones, deslizamientos, sequías)			
En mi comunidad y Cantón tenemos acciones de prevención frente a sequías, inundaciones y deslizamientos			
En mi comunidad se percibe un riesgo de escasez de agua			
En mi comunidad se realizan acciones para conservar el bosque y las fuentes hídricas			

ANEXO 5

Caudales medidos en campo período julio- diciembre año 2017

FASE DE CAMPO



Fotografía 1. Instrucción por parte del director del tema de investigación para la medición de caudales en campo.



Fotografía 2. Medición de caudales en campo.



Fotografía 3. Medición de caudales en campo.



Fotografía 4. Medición de caudales en campo.

ANEXO 6

Encuestas realizadas.

FASE DE CAMPO “ENTREVISTAS”



Fotografía 5. Encuestas realizadas en Cahuasquí.



Fotografía 6. Encuestas realizadas en Pugaran



Fotografía 7. Encuestas realizadas en La Florida.



Fotografía 8. Encuestas realizadas en San Francisco de Sachapamba



Fotografía 9. Encuestas realizadas en Palaga

ANEXO 7

Resultados de los análisis de agua en la microcuenca Palacara



LABORATORIO EMAPA-I

INFORME DE ENSAYO AGUA POTABLE Y CRUDA		FMC2305-01
		Revisión: 1
Informe de Ensayo Nro: IEPE17258		Pág. 1 de 2
Cliente: Vanessa Ordoñez Dirección: Av. Los Sauces 1-88 y Eugenio Espejo Fecha de recepción: 23 de Noviembre del 2017 Identificación muestra: Punto 1. Pugará Tipo de muestra: Cruda Cod. Lab: MEC17-038		
Fecha de realización de ensayos: 23/11/2017 - 24/11/2017		Fecha de emisión informe: 28 de Noviembre del 2017

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Color**	Pt-Co	0	15	SM 2120B
pH	upH	7,35	-	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H ¹ B)
Turbiedad**	NTU	0,36	5	SM 2130B
Conductividad	uS/cm	137,5	-	PEE-EMAPA-I-002 (SM 2510B)
Sólidos Totales Disueltos**	mg/l	76	-	SM 2510A

Incertidumbre del Método (K=2)				Condiciones Ambientales	
Parámetros	Unidades	Nivel	Valor	Temperatura, °C	Humedad, %
pH	upH	4	EP	EP	EP
		7	EP		
		10	EP		
Conductividad	uS/cm	10	EP	EP	EP
		100	EP		
		500	EP		
		1413	EP		

* En proceso de determinación

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui
 Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorio@emapai.gob.ec Casilla 754 / Ibarra – Ecuador

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Dureza Total **	mg/l (CaCO ₃)	61	-	SM 2320C
Alcalinidad Total**	mg/l	76	-	SM 2320B

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Coliformes totales**	UFC/100 mL	0	-	SM 2120B
E. coli**	UFC/100 mL	0	< 1 (No se observan colonias)	SM 2120B

***Observaciones:**

* Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance de acreditación

Los ensayos marcados ** están fuera del alcance de acreditación

Los resultados sólo se refieren a la muestra receptada y analizada. El Laboratorio EMAPA-I declina toda responsabilidad por el uso que se le de al presente documento.

Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del Laboratorio EMAPA-I.

¹ Valores de referencia tomados de la NORMA INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos



Bq. Carla Valarezo
JEFE DE LABORATORIO



Revisado R.T.:	
----------------	---



LABORATORIO EMAPA-I

INFORME DE ENSAYO AGUA POTABLE Y CRUDA	FMC2305-01
	Revisión: 1
Informe de Ensayo Nro: IEPE17259	Pág. 1 de 2
Cliente: Vanessa Ordoñez	
Dirección: Av. Los Sauces 1-88 y Eugenio Espejo	
Fecha de recepción: 23 de Noviembre del 2017	
Identificación muestra: Punto 2. La Florida	
Tipo de muestra: Cruda	
Cod. Lab: MEC17-039	
Fecha de realización de ensayos: 23/11/2017 - 24/11/2017	Fecha de emisión informe: 28 de Noviembre del 2017

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Color**	Pt-Co	5	15	SM 2120B
pH	upH	6,74	-	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H ⁺ B)
Turbiedad**	NTU	3,24	5	SM 2130B
Conductividad	uS/cm	202	-	PEE-EMAPA-I-002 (SM 2510B)
Sólidos Totales Disueltos**	mg/l	111	-	SM 2510A

Incertidumbre del Método (K=2)				Condiciones Ambientales	
Parámetros	Unidades	Nivel	Valor	Temperatura, °C	Humedad, %
pH	upH	4	EP	EP	EP
		7	EP		
		10	EP		
Conductividad	uS/cm	10	EP	EP	EP
		100	EP		
		500	EP		
		1413	EP		

* En proceso de determinación



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Dureza Total **	mg/l (CaCO ₃)	91,51	-	SM 2320C
Alcalinidad Total**	mg/l	84	-	SM 2320B

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Coliformes totales**	UFC/100 mL	0	-	SM 2120B
<i>E. coli</i> **	UFC/100 mL	0	< 1 (No se observan colonias)	SM 2120B

***Observaciones:**

* Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance de acreditación

Los ensayos marcados ** están fuera del alcance de acreditación

Los resultados sólo se refieren a la muestra receptada y analizada. El Laboratorio EMAPA-I declina toda responsabilidad por el uso que se le de al presente documento.

Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del Laboratorio EMAPA-I.

¹ Valores de referencia tomados de la NORMA INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos


Bq. Carla Valarezo
JEFE DE LABORATORIO



Revisado R.T.: 

4

INFORME DE ENSAYO AGUA POTABLE Y CRUDA		FMC2305-01
		Revisión: 1
Informe de Ensayo Nro: IEPE17260		Pág. 1 de 2
Cliente: Vanessa Ordoñez Dirección: Av. Los Sauces 1-88 y Eugenio Espejo		
Fecha de recepción: 23 de Noviembre del 2017 Identificación muestra: Punto 3. Sachapamba Tipo de muestra: Cruda Cod. Lab: MEC17-040		
Fecha de realización de ensayos: 23/11/2017 - 24/11/2017		Fecha de emisión informe: 28 de Noviembre del 2017

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Color**	Pt-Co	0	15	SM 2120B
pH	upH	7,27	-	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H ¹ B)
Turbiedad**	NTU	0,36	5	SM 2130B
Conductividad	uS/cm	150,9	-	PEE-EMAPA-I-002 (SM 2510B)
Sólidos Totales Disueltos**	mg/l	83	-	SM 2510A

Incertidumbre del Método (K=2)				Condiciones Ambientales	
Parámetros	Unidades	Nivel	Valor	Temperatura, °C	Humedad, %
pH	upH	4	EP	EP	EP
		7	EP		
		10	EP		
Conductividad	uS/cm	10	EP	EP	EP
		100	EP		
		500	EP		
		1413	EP		

* En proceso de determinación



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Dureza Total **	mg/l (CaCO ₃)	72,44	-	SM 2320C
Alcalinidad Total**	mg/l	84	-	SM 2320B

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Coliformes totales**	UFC/100 mL	26	-	SM 2120B
<i>E. coli</i> **	UFC/100 mL	0	< 1 (No se observan colonias)	SM 2120B

***Observaciones:** La muestra presenta contaminación microbiológica

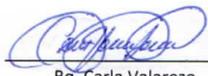
* Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance de acreditación

Los ensayos marcados ** están fuera del alcance de acreditación

Los resultados sólo se refieren a la muestra receptada y analizada. El Laboratorio EMAPA-I declina toda responsabilidad por el uso que se le de al presente documento.

Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del Laboratorio EMAPA-I.

¹Valores de referencia tomados de la NORMA INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos


Bq. Carla Valarezo
JEFE DE LABORATORIO



Revisado R.T.: 

6

INFORME DE ENSAYO AGUA POTABLE Y CRUDA	FMC2305-01
	Revisión: 1
Informe de Ensayo Nro: IEPE17261	
Pág. 1 de 2	
Cliente: Vanessa Ordoñez	
Dirección: Av. Los Sauces 1-88 y Eugenio Espejo	
Fecha de recepción: 23 de Noviembre del 2017	
Identificación muestra: Punto 4. Cahuasqui	
Tipo de muestra: Cruda	
Cod. Lab: MEC17-041	
Fecha de realización de ensayos: 23/11/2017 - 24/11/2017	Fecha de emisión informe: 28 de Noviembre del 2017

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Color**	Pt-Co	0	15	SM 2120B
pH	upH	7,57	-	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H ⁺ B)
Turbiedad**	NTU	0,70	5	SM 2130B
Conductividad	uS/cm	121,2	-	PEE-EMAPA-I-002 (SM 2510B)
Sólidos Totales Disueltos**	mg/l	67	-	SM 2510A

Incertidumbre del Método (K=2)				Condiciones Ambientales	
Parámetros	Unidades	Nivel	Valor	Temperatura, °C	Humedad, %
pH	upH	4	EP	EP	EP
		7	EP		
		10	EP		
Conductividad	uS/cm	10	EP	EP	EP
		100	EP		
		500	EP		
		1413	EP		

¹ En proceso de determinación



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Dureza Total **	mg/l (CaCO ₃)	57,19	-	SM 2320C
Alcalinidad Total**	mg/l	64	-	SM 2320B

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Coliformes totales**	UFC/100 mL	57	-	SM 2120B
<i>E. coli</i> **	UFC/100 mL	1	< 1 (No se observan colonias)	SM 2120B

***Observaciones:** La muestra presenta contaminación microbiológica

* Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance de acreditación

Los ensayos marcados ** están fuera del alcance de acreditación

Los resultados sólo se refieren a la muestra receptada y analizada. El Laboratorio EMAPA-I declina toda responsabilidad por el uso que se le de al presente documento.

Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del Laboratorio EMAPA-I.

¹ Valores de referencia tomados de la NORMA INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos

Bq. Carla Valarezo
JEFE DE LABORATORIO



Revisado R.T.:

B

INFORME DE ENSAYO AGUA POTABLE Y CRUDA	FMC2305-01
	Revisión: 1
Informe de Ensayo Nro: IEPE17262	Pág. 1 de 2
Cliente: Vanessa Ordoñez Dirección: Av. Los Sauces 1-88 y Eugenio Espejo	
Fecha de recepción: 23 de Noviembre del 2017 Identificación muestra: Punto 5. Palagá Tipo de muestra: Cruda Cod. Lab: MEC17-042	
Fecha de realización de ensayos: 23/11/2017 - 24/11/2017	Fecha de emisión informe: 28 de Noviembre del 2017

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible ¹	Método del Ensayo
Color**	Pt-Co	0	15	SM 2120B
pH	upH	7,97	-	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H ⁺ B)
Turbiedad**	NTU	0,95	5	SM 2130B
Conductividad	uS/cm	165,2	-	PEE-EMAPA-I-002 (SM 2510B)
Sólidos Totales Disueltos**	mg/l	91	-	SM 2510A

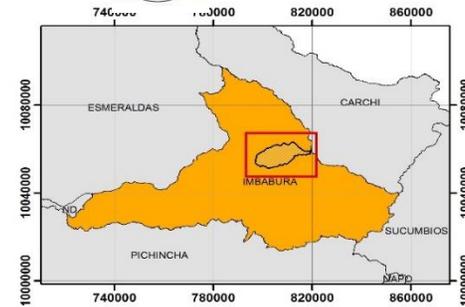
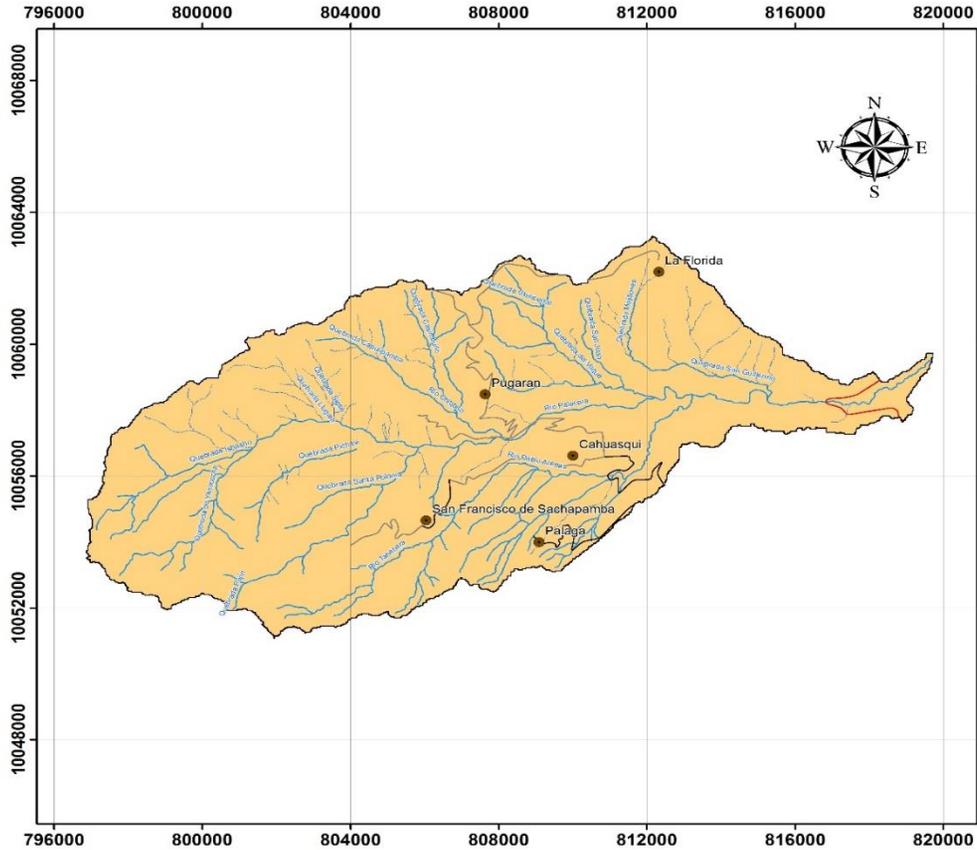
Incertidumbre del Método (K=2)				Condiciones Ambientales	
Parámetros	Unidades	Nivel	Valor	Temperatura, °C	Humedad, %
pH	upH	4	EP	EP	EP
		7	EP		
		10	EP		
Conductividad	uS/cm	10	EP	EP	EP
		100	EP		
		500	EP		
		1413	EP		

* En proceso de determinación

Anexo 8.



MAPA BASE DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

- Pueblos**
- Pueblos
- Vias**
- Ruta local
- Ruta Primaria
- Ruta Secundaria
- Rio palacara**
- Intermitente
- Perenne
- Microcuenca palacara



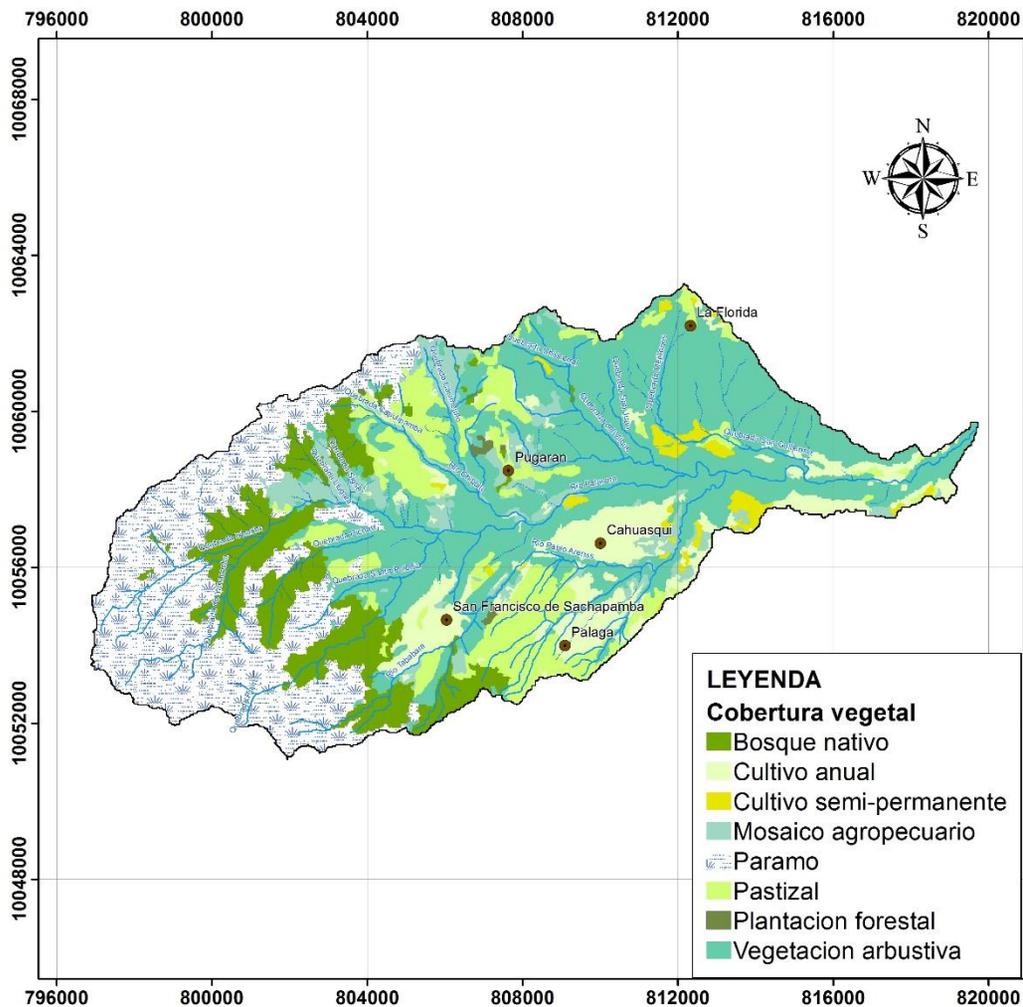
Proyección Universal Transverse Mercator
WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Ortiz Pabon Edwin Andrés	
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 9.

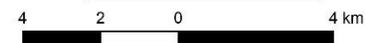


MAPA DE COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

- Pueblos
- Rio palacara
- Intermittente
- Perenne
- Microcuenca palacara



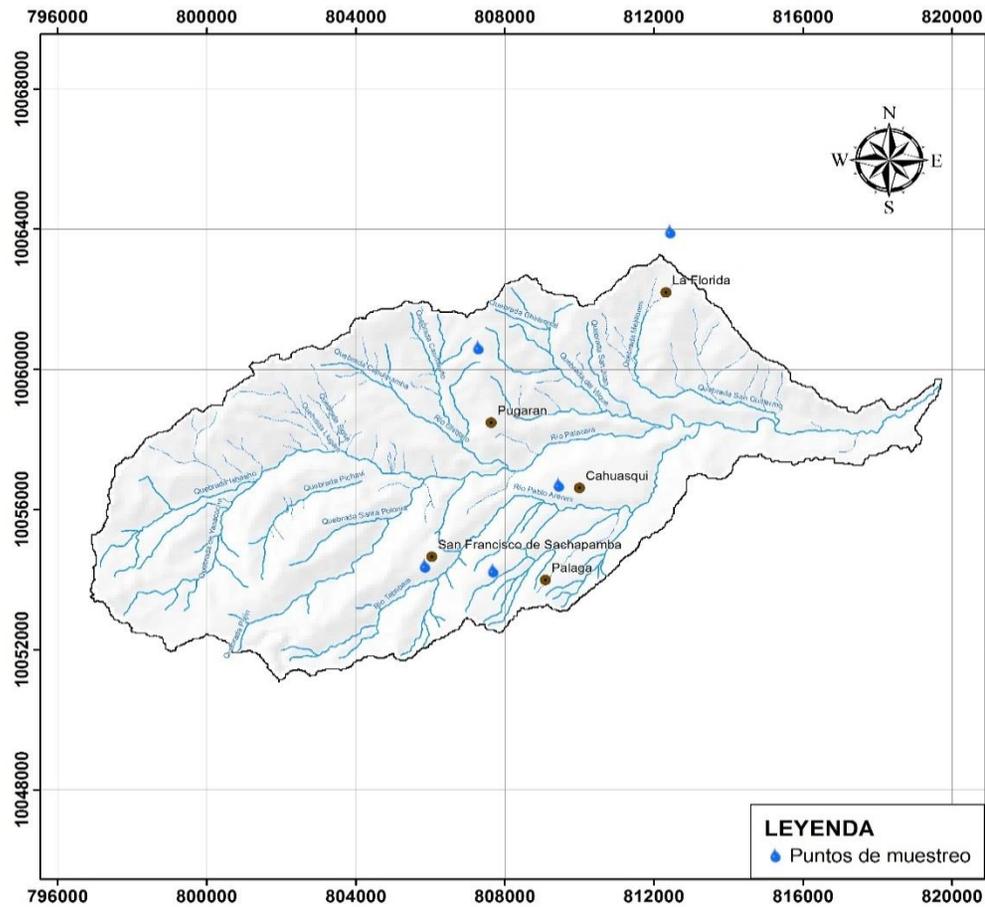
Proyección Universal Transverse Mercator
WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía Ortiz Pabon Edwin Andrés	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 10.



PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA DE CONSUMO DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

- ◆ Puntos de muestreo
- Pueblos**
- Pueblos
- Rio palacara**
- Intermitente
- Perenne
- Microcuenca palacara



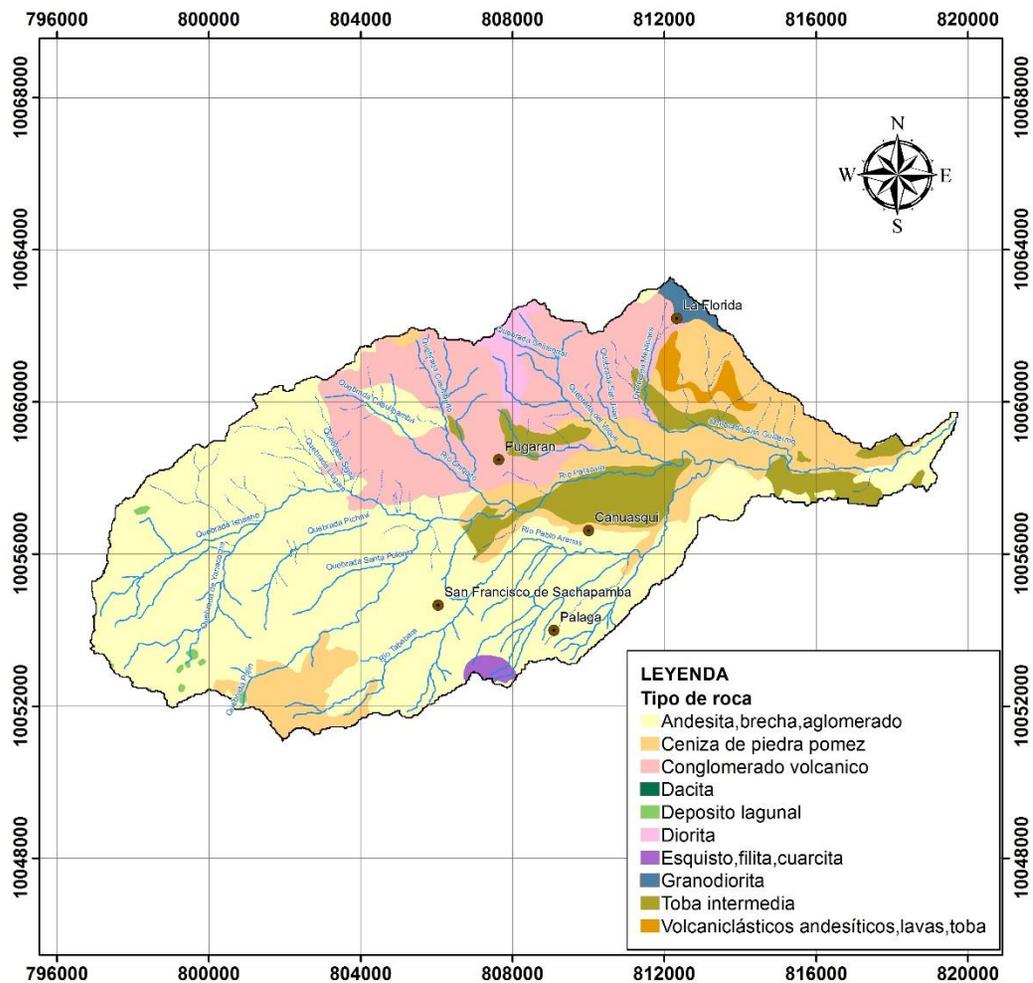
Proyección Universal Transverse Mercator
WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Ortiz Pabon Edwin Andrés	
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 11.



MAPA GEOLOGICO DE LA MICROCUCNENA PALACARA



- LEYENDA**
- Tipo de roca**
- Andesita, brecha, aglomerado
 - Ceniza de piedra pomez
 - Conglomerado volcanico
 - Dacita
 - Deposito lagunal
 - Diorita
 - Esquisto, filita, cuarcita
 - Granodiorita
 - Toba intermedia
 - Volcaniclasticos andesiticos, lavas, toba



- SIMBOLOGIA**
- Pueblos**
 - Pueblos
 - Rio palacara**
 - Intermitente
 - Perenne
 - Microcuenca palacara

4 2 0 4 km
 Proyección Universal Transverse Mercator
 WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
 Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

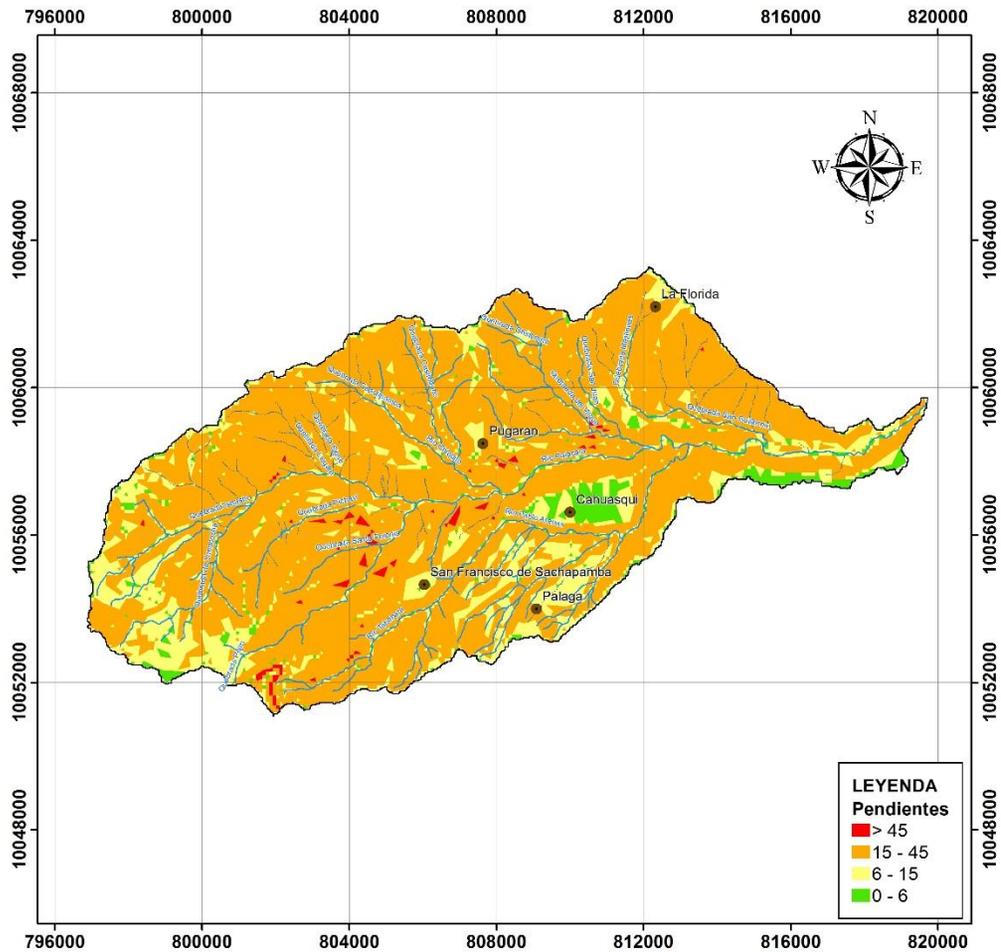
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafania	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Ortiz Pabon Edwin Andrés	

Escala de elaboración: 1: 100.000 Fuente:
 Escala de impresión: 1: 50.000 Sistema Nacional de Información

Anexo 12.



MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

- Pueblos
- Rio palacara
- Intermitente
- Perenne
- Microcuenca palacara



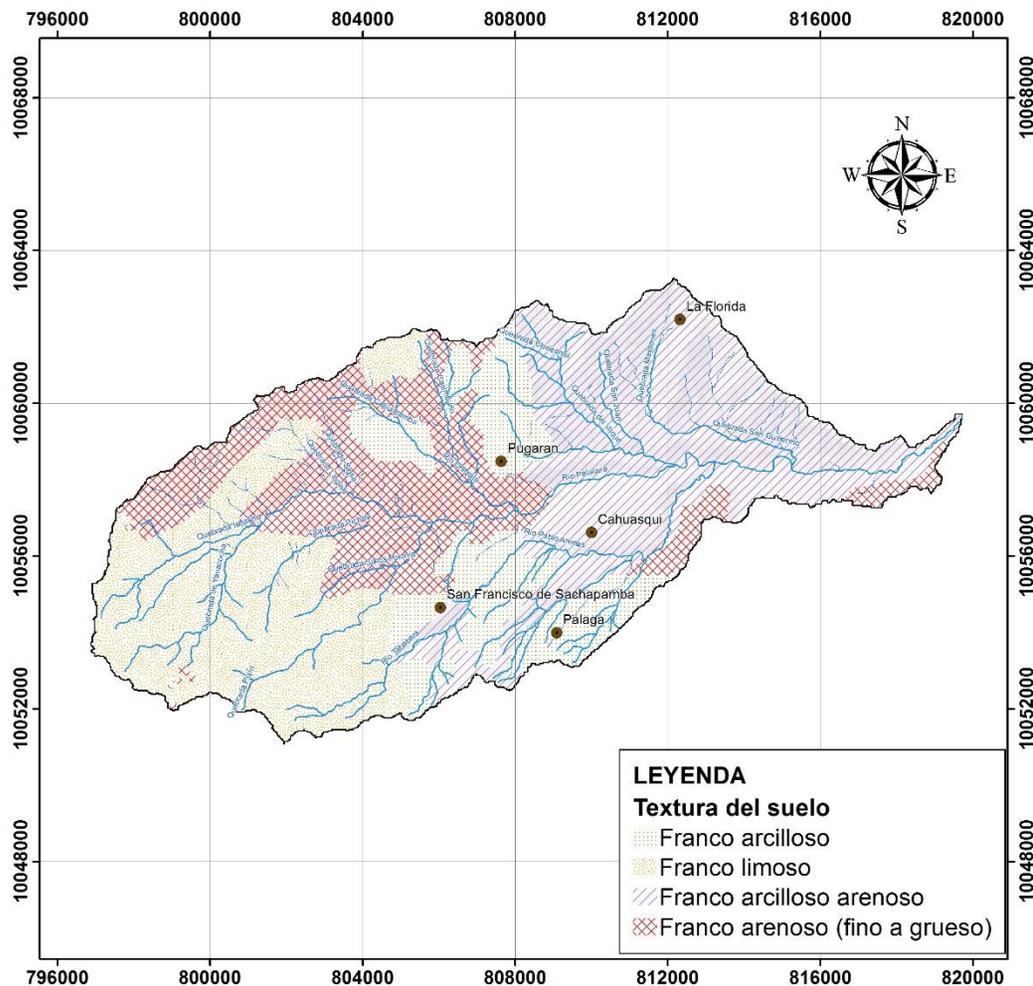
Proyección Universal Transverse Mercator
 WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía	Msc. Dario Paul Arias Muñoz
Ortiz Pabon Edwin Andrés	
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 13.

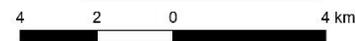


MAPA DE TEXTURA DEL SUELO DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

Pueblos	● Pueblos
Rio palacara	— Intermittente
	— Perenne
	□ Microcuenca palacara



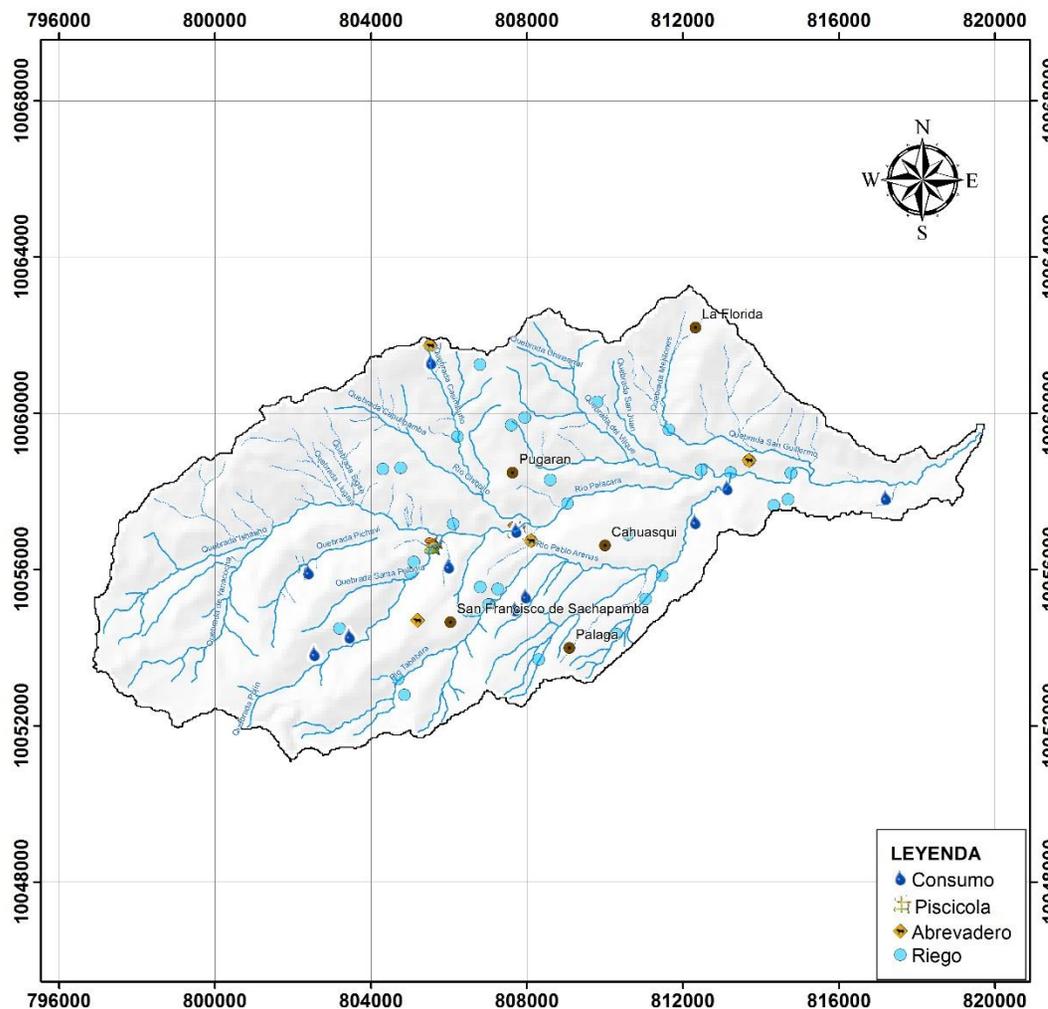
Proyección Universal Transverse Mercator
 WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Ortiz Pabon Edwin Andrés	
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 14.

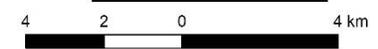


MAPA DE USOS DEL RECURSO HIDRICO DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

- Pueblos
- Rio palacara
- Intermitente
- Perenne
- Microcuenca palacara



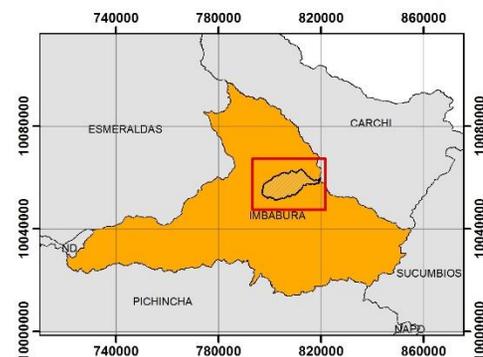
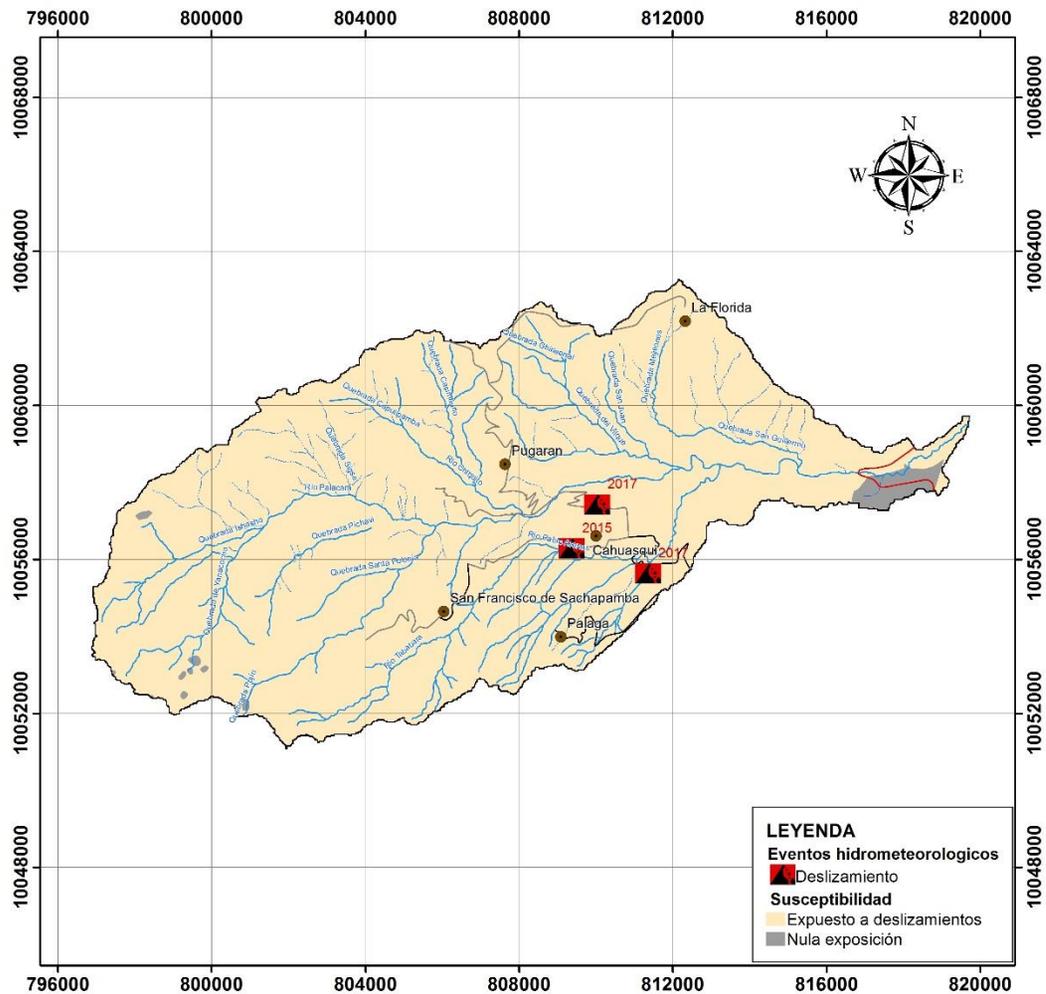
Proyección Universal Transverse Mercator
WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por: Ordóñez Pozo Vanessa Estefanía Ortíz Pabon Edwin Andrés	Revisado por: Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Escala de elaboración: 1: 100.000 Escala de impresión: 1: 50.000	Fuente: Sistema Nacional de Información

Anexo 15.



MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA MICROCUENCA PALACARA



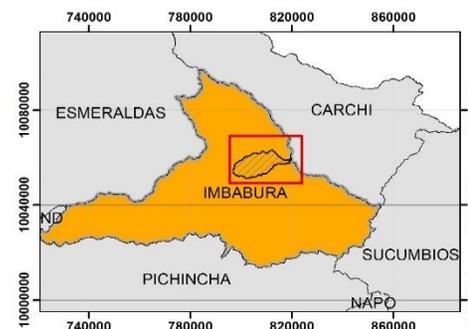
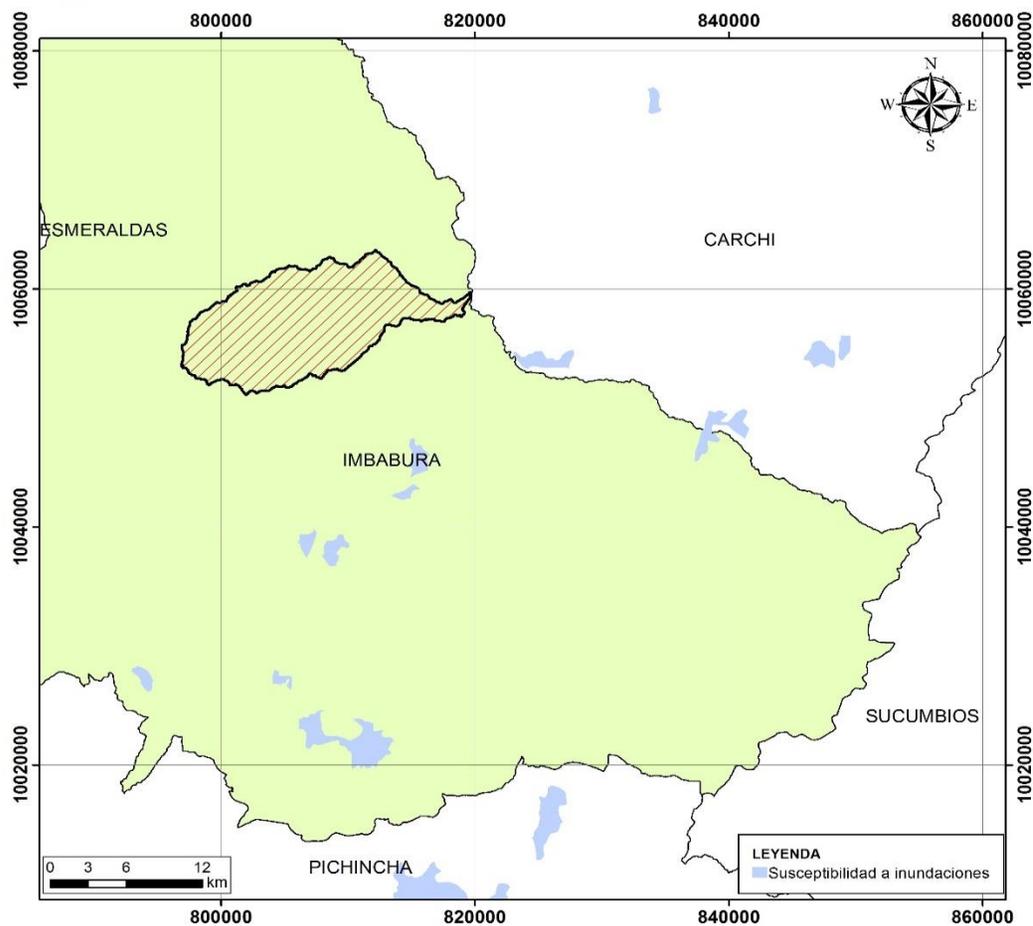
Proyección Universal Transverse Mercator
 WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafania Ortíz Pabon Edwin Andrés	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Escala de elaboración: 1: 100.000 Escala de impresión: 1: 50.000	Fuente: Sistema Nacional de Información

Anexo 16.



MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA
 Microcuenca palacara

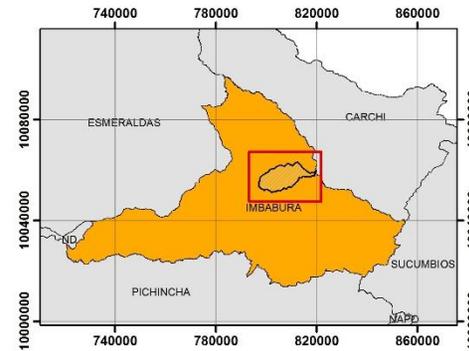
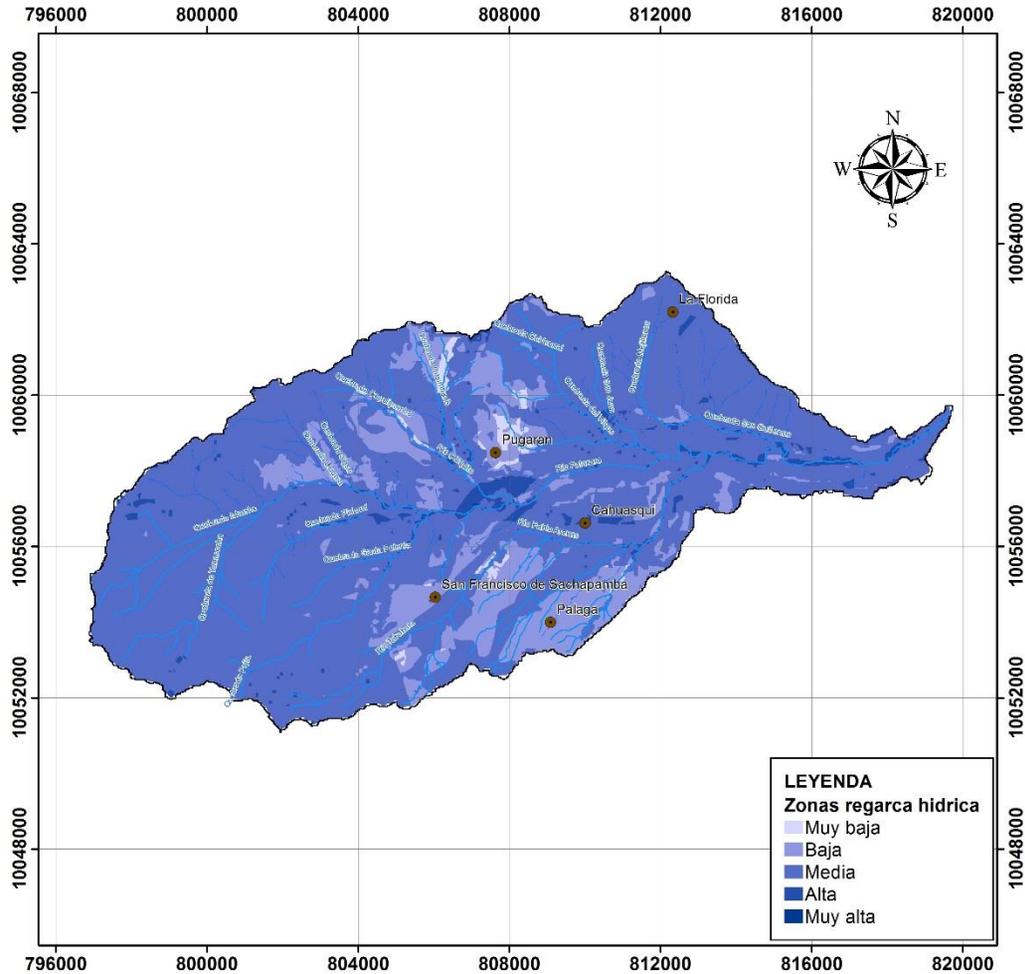
Proyección Universal Transverse Mercator
 WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía Ortiz Pabon Edwin Andrés	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 17.



MAPA DE ZONAS DE RECARGA HIDRICA DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

- Pueblos
- Rio palacara
- Intermitente
- Perenne
- Microcuenca palacara



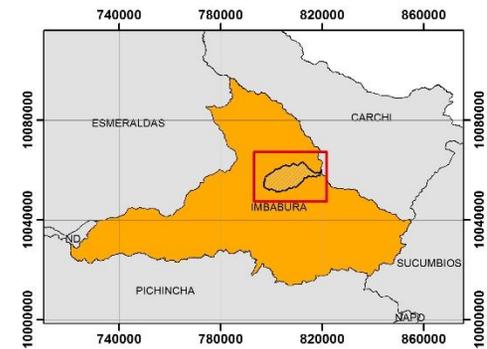
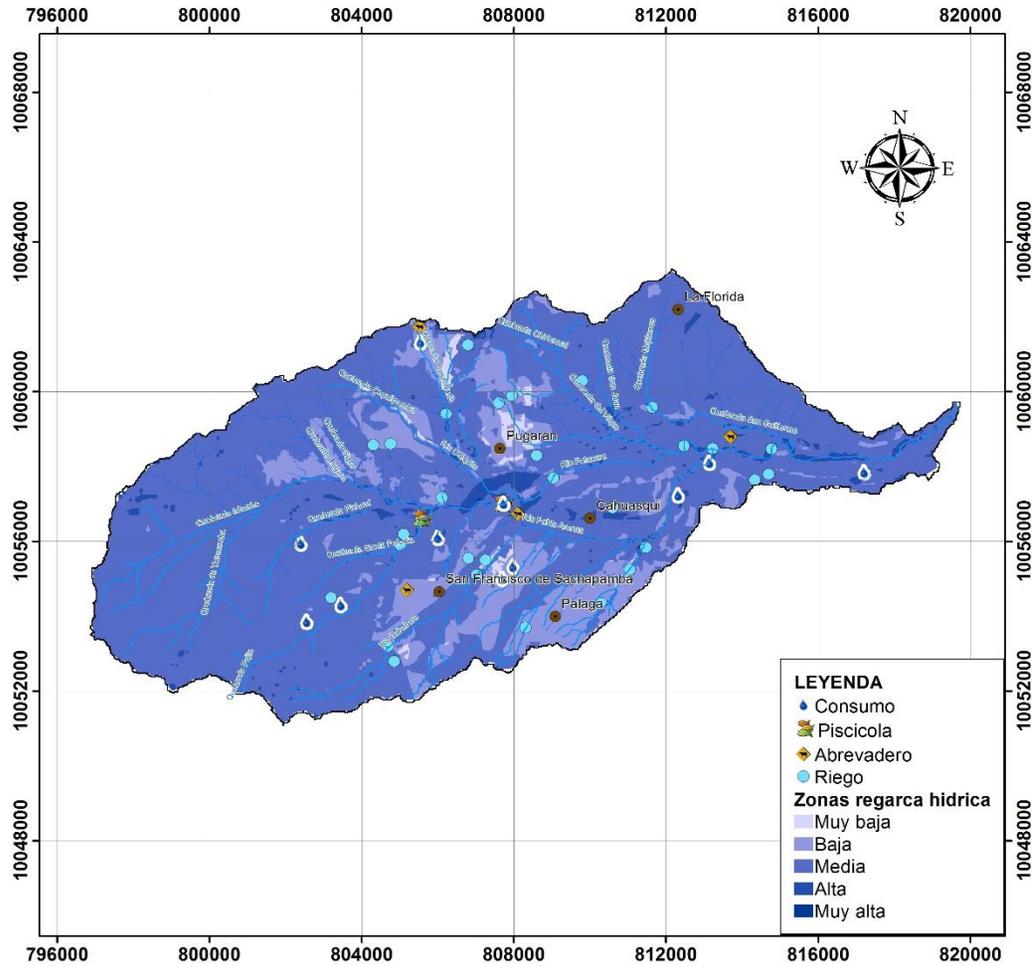
Proyección Universal Transverse Mercator
WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafania	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Ortiz Pabon Edwin Andrés	
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 18.



MAPA DE USOS DEL RECURSO HIDRICO Y ZONAS DE RECARGA DE LA MICROCUENCA PALACARA



SIMBOLOGIA

- Pueblos
- Río palacara
- Intermitente
- Perenne
- Microcuenca palacara



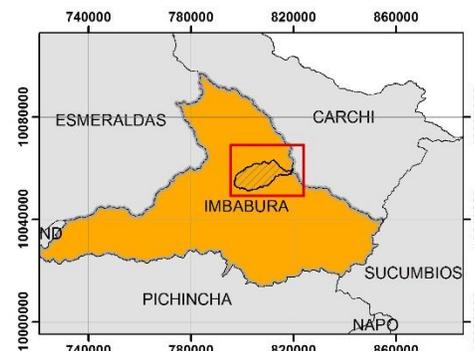
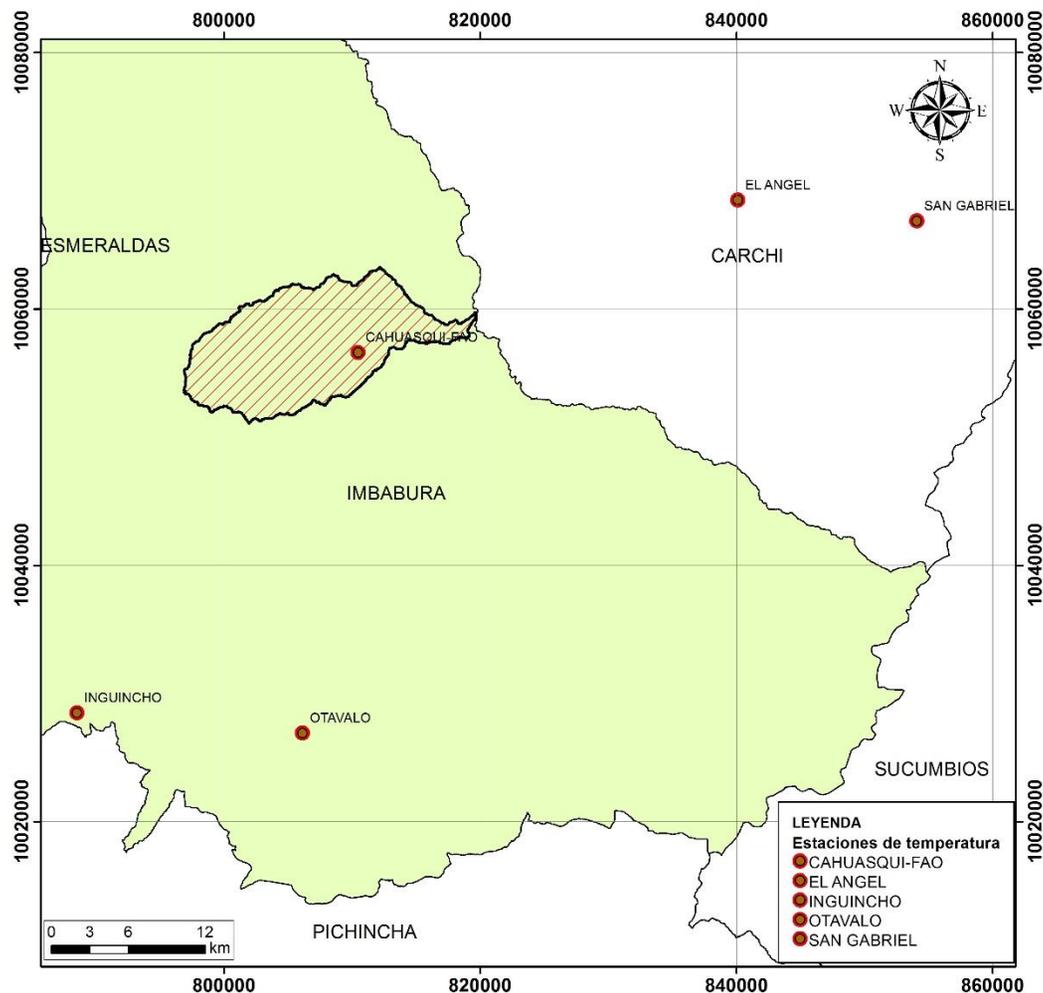
Proyección Universal Transverse Mercator
WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía Ortíz Pabon Edwin Andrés	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Escala de elaboración: 1: 100.000 Escala de impresión: 1: 50.000	Fuente: Sistema Nacional de Información

Anexo 19.



ESTACIONES DE TEMPERATURA



SIMBOLOGIA
 Microcuenca palacara

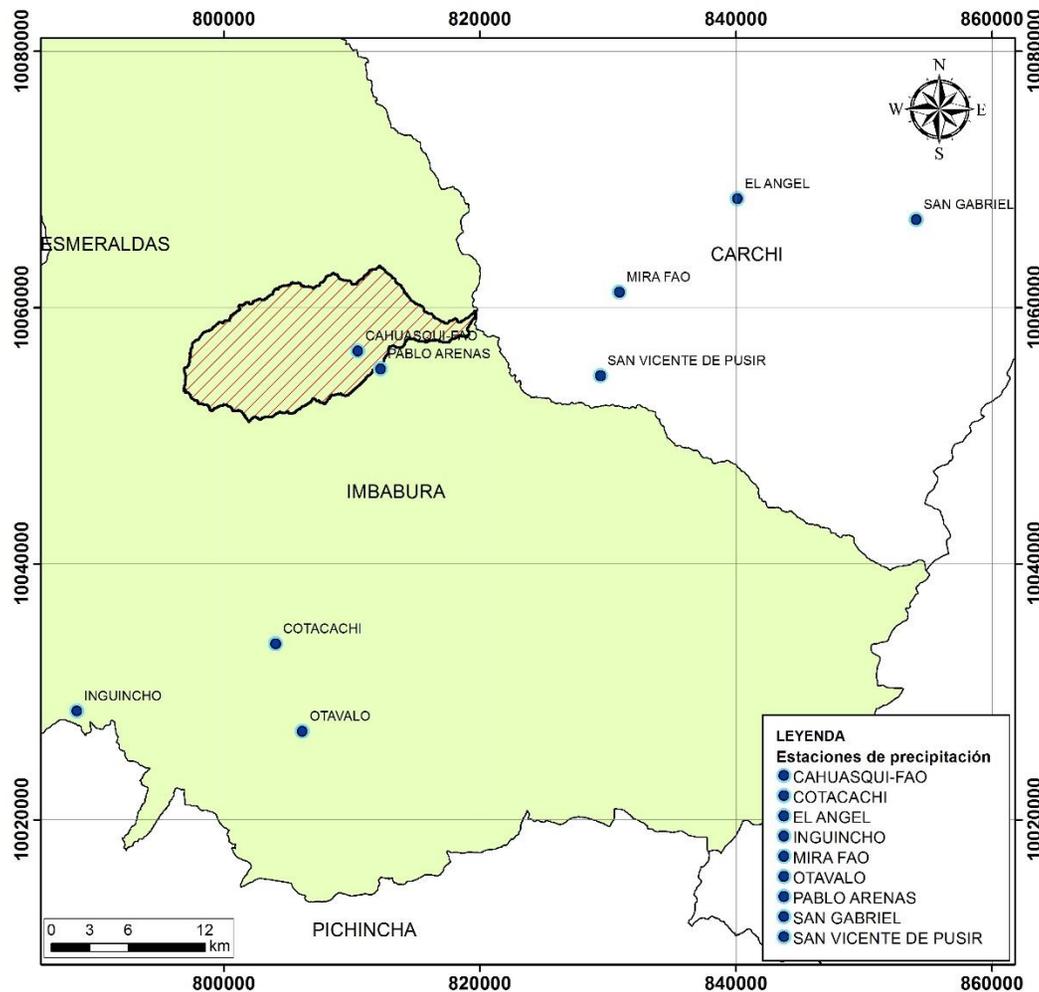
Proyección Universal Transverse Mercator
 WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía Ortiz Pabon Edwin Andrés	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información

Anexo 20.



ESTACIONES DE PRECIPITACION



SIMBOLOGIA
 Microcuenca palacara

Proyección Universal Transverse Mercator
 WGS 1984 UTM Zone 17, Hemisferio Sur

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Elaborado por:	Revisado por:
Ordóñez Pozo Vanessa Estafanía	Msc. Darío Paul Arias Muñoz
Ortiz Pabon Edwin Andrés	
Escala de elaboración: 1: 100.000	Fuente:
Escala de impresión: 1: 50.000	Sistema Nacional de Información