



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADO



**MAESTRÍA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DE
RECURSOS NATURALES**

**“MODELO DE MANEJO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES
QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE
RIEGO PERIBUELA CASO: COMUNIDAD PERIBUELA”**

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magister en Gestión
Sustentable de Recursos Naturales**

DIRECTOR:

Biólogo Galo Pabón M.Sc.

AUTOR:

Ing. Ana Victoria Andrade

IBARRA - ECUADOR

2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de Grado, presentado por la Ingeniera Ana Victoria Andrade Arciniegas, para optar por el título de Magister en Gestión Sustentable de Recursos Naturales, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 2 días del mes de abril del 2018

Aprobado por:



Biólogo Galo Pabón Garcés M.Sc.

**“MODELO DE MANEJO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES
QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE
RIEGO PERIBUELA CASO: COMUNIDAD PERIBUELA –
SECTOR IMANTAG”**

Por: *Ana Victoria Andrade*

Trabajo de Grado de Maestría aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte,
por el siguiente jurado, al 2 de abril del 2018



Ing. Cesar Alonso Zuleta PhD
C.I. 1001037546



Biólogo. Galo Pabón Garcés M.Sc.
C.I. 1001784923

AUTORÍA

Yo, Ana Victoria Andrade Arciniegas declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional, que he consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento y que todos los datos presentados son resultado de mi trabajo.



Ana Victoria Andrade

C.I. 040158004-8



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADO
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040158004-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Andrade Arciniegas Ana Victoria		
DIRECCIÓN:	Ibarra, calle Río Chinchipe y Luis G. Reina – Conjunto Habitacional Parque Sol Los Ceibos		
EMAIL:	vickyblack_3@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062280-304	TELÉFONO MÓVIL:	0959273722

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Modelo de Manejo Integral de Aguas Residuales que afectan la Calidad del Agua del Canal de Riego Peribuela-Imantag Caso: Comunidad Peribuela”
AUTOR (ES):	Ana Victoria Andrade Arciniegas
FECHA:	2018-04-02
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Gestión Sustentable de Recursos Naturales
ASESOR /DIRECTOR:	Biólogo Galo Pabón Garcés M.Sc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Ana Victoria Andrade Arciniegas, con cédula de ciudadanía Nro. 040158004-8, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 2 días del mes de abril del 2018

LA AUTORA:



Ana Victoria Andrade
C.I. 040158004-8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Ana Victoria Andrade Arciniegas, con cédula de ciudadanía Nro. 040158004-8 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora del trabajo de grado denominado: “Modelo de Manejo Integral de Aguas Residuales que afectan la Calidad del Agua del Canal de Riego Peribuela-Imantag Caso: Comunidad Peribuela”, que ha sido desarrollado para optar por el título de Magíster en Gestión Sustentable en Recursos Naturales, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ana Victoria Andrade

C.I. 040158004-8

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen de la Caridad, por guiarme en cada paso dado, por su amor, su protección, y por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres, Victoriano y Ana Lucía porque siempre me inculcaron buenos sentimientos y valores para ser una gran persona en el caminar de la vida. Por su comprensión y ayuda incansable en los momentos más necesarios. Por su gran espíritu y fortaleza.

A mi familia por todo el cariño y apoyo brindado.

A Diego por su amor, paciencia y aliento incondicional para seguir cumpliendo cada uno de nuestros objetivos planteados.

A nuestro pequeño Christopher que llenará nuestra vida de ilusión.

Ana Victoria Andrade.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte templo del saber, por acogerme en sus aulas con el único objetivo de formar profesionales al servicio de la sociedad y con alto nivel académico.

A mis maestros del Instituto de Postgrado, por sus conocimientos y enseñanzas. De manera especial a mi tutor de tesis, Magister Galo Pabón por el apoyo y orientación constante durante la realización de la presente investigación. De la misma manera a la Dra. Patricia Aguirre por su preocupación y enseñanzas en la consecución de mi trabajo de grado, al PhD. Alonso Zuleta por su tiempo, minuciosidad y valiosos aportes en el presente documento de investigación; y a todos los docentes que con sus conocimientos e ideas aportaron para perfeccionar este documento.

A mi familia por la contribución oportuna y constante en los momentos necesarios, y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron; de manera especial a mis padres, Victoriano y Ana Lucía quienes me acompañaron en todo momento y a Diego que con su amor me animaron a seguir sin decaer.

Finalmente, a los habitantes de la comunidad Peribuela por facilitarme su apoyo en la realización del proyecto en su comunidad.

Ana Victoria Andrade

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación.....	2
1.2. Objetivos de la Investigación	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.2.3. Preguntas de Investigación	5
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	8
MARCO REFERENCIAL	8
2.1. CAMBIO CLIMÁTICO	8
2.1.1. Adaptación al Cambio Climático	8
2.1.2. Mitigación del Cambio Climático	9
2.1.3. El Cambio Climático en el Ecuador	10
2.2. RECURSOS HÍDRICOS.....	11
2.2.1. Canales de agua de riego	11
2.2.2. Contaminación del Recurso Agua	13
2.2.3. Posibles fuentes de Contaminación	13
2.2.4. La Contaminación del Agua en Ecuador.....	14
2.2.5. Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos del Agua	16
2.3. ASPECTOS LEGALES DE LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS	19

2.3.1. Normativa Ambiental Nacional e Internacional Vigente	19
2.3.1.1. Constitución de la República del Ecuador.....	19
2.3.1.2. Plan Nacional del Buen Vivir.....	21
2.3.1.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento	22
2.3.1.4. Ley de Gestión Ambiental.....	22
2.3.2. Normativa Legal para el Análisis de Calidad de Agua de Riego	23
2.3.2.1. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria.....	23
2.4. GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS	25
2.4.1. Principios y Enfoques Orientadores	27
2.4.2. Estrategias para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.....	27
2.4.3. Lineamientos para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.....	28
2.4.3.1. Prácticas agronómicas para el manejo mejorado del agua	29
2.4.3.2. Manejo de Agua Superficial y de Agua Residual Doméstica	30
2.4.3.3. Prácticas de uso del agua: Riego en pequeña escala con Agua Residual	31
CAPÍTULO III	33
MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	33
3.1.1. Aspecto Social	36
3.1.2. Aspecto Agrícola	37
3.1.3. Aspecto Ambiental	40
3.1.4. Cuenca del Río Mira.....	43
3.1.5. Antecedentes del canal de riego Peribuela-Imantag.....	45
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.4. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN	52

3.4.1. Métodos	54
3.4.2. Técnicas e Instrumentos	55
3.4.2.1. Observación	55
3.4.2.2. Muestreo	55
3.4.2.3. Procesamiento de Información	56
CAPÍTULO IV.....	57
RESULTADOS Y PROPUESTA	57
4.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN	57
4.1.1. Accesibilidad física a la zona	57
4.1.2. Vertido de aguas domésticas e industriales a la zona.....	57
4.1.3. Uso del recurso hídrico.....	57
4.1.4. Fuentes puntuales de contaminación	58
4.1.5. Evaluación ecológica rápida de la flora.....	58
4.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE RIEGO PERIBUELA	59
4.2.1. Análisis Estadístico	66
4.3. PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES	70
4.3.1. Protección	70
4.3.1.1. Revegetación de riberas.....	70
4.3.1.2. Monitoreo Ecológico y de Flora.....	71
4.4.1.3. Rescate paisajístico.....	71
4.3.2. Educación Ambiental e Investigación	72
4.3.2.1. Cooperación Interinstitucional para la investigación	72
4.3.2.2. Diseño de programas de educación ambiental formal y no formal	72
4.3.3. Administración	73
4.4.3.1. Coordinación comunitaria y Normas de uso	73

4.4.3.2. Supervisión, Vigilancia y Participación Comunitaria	74
CAPÍTULO V	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
CAPÍTULO VI.....	82
BIBLIOGRAFÍA	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 3- 1. Perfil epidemiológico de la población en la Parroquia Imantag	36
Tabla 3- 2. Juntas de agua y disponibilidad de riego	38
Tabla 3- 3. Distribución de cultivos en el área influenciada por el canal de riego Peribuela	38
Tabla 3- 4. Recursos naturales degradados o en proceso de degradación de la Parroquia Imantag	40
Tabla 3- 5. Datos climáticos Comunidad Peribuela	41
Tabla 3- 6. Microcuencas circundantes a la Parroquia Imantag.....	41
Tabla 4- 1. Puntos GPS de muestreo	60
Tabla 4- 2. Resultados representativos de los análisis físico, químico y microbiológicos de las muestras de agua colectadas a lo largo del canal de riego	62
Tabla 4- 3. Matriz de seguimiento y control de estrategias y lineamientos del Modelo de Manejo Integral.....	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 2- 1. Pirámide de Kelsen aplicada al proceso investigativo.....	25
Figura 3- 1. Mapa de Ubicación del Área de Estudio	35
Figura 3- 2. Mapa de uso de suelo de la zona de influencia del canal de riego Peribuela 2016	39
Figura 3- 3. Estaciones Hidrológicas cercanas al Canal de Riego Peribuela	42
Figura 3- 4. Mapa Hidrológico de la Cuenca del Río Ambi	44
Figura 3- 5. Primer tramo del canal de riego, sin intervención de actividades agrícolas	47
Figura 3- 6. Organigrama de medición de caudal	48
Figura 3- 7. Levantamiento fotogramétrico con el uso de drone.....	48
Figura 3- 8. Drone tipo Copter de 8 hélices marca LISSx8 – LAS.....	49
Figura 4- 1. Diagrama Ombrotérmico Estación Ibarra M053	59
Figura 4- 2. Ubicación de los puntos de muestreo dentro del canal de riego Peribuela- 2017	61
Figura 4- 3. Comportamiento del Indicador Hierro en las muestras de agua.....	63
Figura 4- 4. Comportamiento del Índice de Langelier en las muestras de agua.....	63
Figura 4- 5. Comportamiento del pH en las muestras de agua.....	64
Figura 4- 6. Comportamiento de la Conductividad en las muestras de agua	65
Figura 4- 7. Comportamiento de la cantidad de coliformes fecales en las muestras de agua.....	65
Figura 4- 8. Comportamiento de la Dureza Total en las muestras de agua.....	66
Figura 4- 9. Dendrograma para los cinco sitios de muestreo de agua del canal de riego Peribuela.....	67

INDICE DE ANEXOS

Ilustración 1. Caja de reparto Chaupi

Ilustración 2. Medición de Caudal del agua del canal de riego Peribuela

Ilustración 3. Toma de muestras de agua del canal - Punto 1 - Caja de reparto Chaupi

Ilustración 4. Toma de muestras de agua del canal - Punto 2 - Caja rompe presión

Ilustración 5. Toma de muestras de agua del canal - Punto 3 – Sector 4 Esquinas

Ilustración 6. Toma de muestras de agua del canal - Punto 4 – Tramo de canal sin revestimiento de hormigón

Ilustración 7. Toma de muestras de agua del canal - Punto 5 – Reservorio de Agua

Ilustración 8. Muestras etiquetadas y preservadas dentro de un cooler con refrigerante

Cuadro 1. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Cuadro 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Cuadro 3. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Cuadro 4. Criterios de calidad para guas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional

Cuadro 5. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua CRP-01 colectada

Cuadro 6. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua CRP-02 colectada

Cuadro 7. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua CRP-03 colectada

Cuadro 8. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua CRP-04 colectada

Cuadro 9. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua CRP-05 colectada

Cuadro 10. Resumen de los Resultados de los análisis físico, químico y microbiológicos de las muestras de agua colectadas a lo largo del canal de riego

Mapa 1. Mapa de Isotermas del área de influencia del Canal de Riego Peribuela

Mapa 2. Mapa de Isoyetas del área de influencia del Canal de Riego Peribuela

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS
NATU RALES**

**“MODELO DE MANEJO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES QUE
AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE RIEGO PERIBUELA
CASO: COMUNIDAD PERIBUELA”**

Autora: Ana Victoria Andrade

Tutor: Galo Pabón M. Sc

Año: 2018

RESUMEN

La acequia de Peribuela se encuentra ubicada entre la microcuenca del río Alambi y río Gualavi (quebrada Tushila y quebrada Grande), subcuenca del Río Ambi, cuenca del Río Mira; en el cual se localiza el canal de riego Peribuela, que atraviesa las comunidades Peribuela e Imantag. De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) del Cantón Santa Ana de Cotacachi, se afirma que las aguas de los ríos Pichaví, Pitzambitze, Cristopamba, Nangulví y Yanayacu presentan altos niveles de DBO y e. coli total por las descargas de aguas servidas, desechos sólidos y aguas residuales, producto de las actividades agrícolas e industriales, especialmente de las florícolas, afectando directamente a la población usuaria de estas aguas a través del canal de riego Peribuela; por lo que, el estudio plantea una investigación no experimental ex post-facto basada en la metodología de Bartram & Ballance, 1996, determinando así el grado de contaminación del agua y mediante una propuesta técnica e integral de aguas residuales para mejorar el uso y disponibilidad de la calidad de agua del canal de Riego-Peribuela mediante la consecución sistemática de sus objetivos específicos; identificando las fuentes de contaminación física, química y microbiológica de las aguas del canal de riego Peribuela, determinando si las aguas del canal de riego cumplen con la normativa ambiental vigente para uso agrícola y consumo humano y finalmente estableciendo los lineamientos para un Manejo Integral de Aguas Residuales provenientes de la agricultura y uso doméstico. En la gráfica del dendrograma se puede apreciar la sinergia existente entre cada uno de los tres grandes grupos de muestras de agua examinados; demostrando así la buena calidad de agua que se distribuye dentro de la comunidad de Peribuela a través del canal de agua de riego, aun cuando dos de sus indicadores sobrepasan el valor máximo permitido, siendo éstos irrelevantes al momento de contrastar los resultados con los de los demás indicadores.

Palabras clave: Cambio Climático, Recursos Hídricos, Manejo Integral de Aguas Residuales

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS
NATURALES**

**“INTEGRAL MANAGEMENT MODEL OF WATER DREGS THAT AFFECTS
THE WATER QUALITY OF THE IRRIGATION CANAL IN PERIBUELA.
CASE: PERIBUELA COMMUNITY”**

Autora: Ana Victoria Andrade

Tutor: Galo Pabón M. Sc

Año: 2018

ABSTRACT

The Peribuela irrigation ditch is located among: the Alambí micro-watershed river and Gualaví micro-watershed river (Tushila and Grande ravine), the Río Ambi sub-watershed, and the Mira river watershed. The Peribuela's irrigation canal crosses Peribuela and Imantag communities, the same ones are located in Cotacachi, Imbabura Province. According to Development Plan and Territorial Planning (PDyOT) of Santa Ana de Cotacachi's affirmed that waters of the Pichaví, Pitzambitze, Cristopamba, Nangulví and Yanayacu rivers have high levels of BOD and total e. coli caused by discharges of sewage, solid waste and wastewater producing by agriculture and industrial activities, especially floriculture. All those unhealthiness affects directly to the population that uses the Peribuela's irrigation canal.

For these reasons, the present study proposes a non-experimental ex post-facto research based on the methodology of Bartram & Ballance, 1996, to determine the water rank contamination and in this way through a technical and integral proposal improving the use and availability of the of the Irrigation Canal- Peribuela water quality following systematically specific objectives; identifying physical, chemical and microbiological contamination sources in the water of the Peribuela's irrigation canal; determining if the irrigation canal waters satisfy the current agricultural environmental regulations for human consumption and use; and finally, establishing the guidelines for an Integrated Wastewater Management from agriculture and domestic uses. The dendrogram graph shows the synergy between each of the three large groups of water samples examined; this shows the good quality of water that is distributed within Peribuela community through the irrigation water canal, even though two of its indicators exceed the maximum allowed value; they are irrelevant at the moment to compare the results with the rest of the indicators.

Keywords: Climate Change, Water Resources, Integral Management of Wastewater

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de investigación titulado “Modelo de Manejo Integral de Aguas Residuales que afectan la calidad del agua del canal de riego Peribuela Caso: Comunidad Peribuela”, se basa en la caracterización del área de estudio, identificación de las fuentes de contaminación del agua, con el objetivo de examinar la situación y plantear diferentes escenarios de mitigación al conflicto de acuerdo a la normativa ambiental vigente referente a la calidad de agua para uso agrícola y consumo humano. Posteriormente se especifican los capítulos que sirvieron de guía para el desarrollo del presente tema de investigación.

El capítulo I, es la base esencial de la investigación propuesta, ya que en ella se puntualiza la contextualización y planteamiento del problema, el objetivo general y tres específicos, así como también las preguntas de investigación; las cuales son un insumo de vital importancia para la ejecución de la investigación.

El capítulo II, hace reseña al marco referencial en el cual está fundamentado teóricamente el desarrollo de la investigación, apoyado bajo la revisión bibliográfica desde el marco internacional a lo nacional; como temas de imperiosa importancia se resaltan el Cambio Climático, Sustentabilidad y Manejo de Recursos Hídricos.

El capítulo III se enfoca en el desarrollo del marco metodológico de la investigación; en él se definen las vías más idóneas a implementarse y de esta manera cumplir con los objetivos propuestos; entre los principales tipos de investigación que se analizaron se encuentran: investigación no experimental de campo, documental y descriptiva, de igual manera se aplicó un diseño de investigación que contempla 3 fases para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos formulados en la presente investigación. Y posteriormente se describen los métodos de investigación entre los cuales se cita el método inductivo, deductivo, la observación entre otros.

El capítulo IV, está orientado a la presentación y análisis de los resultados en dónde se pormenoriza lo obtenido en el proceso de la investigación, como la caracterización del área de estudio, la identificación de las potenciales fuentes de contaminación del agua y

vertientes que alimentan el canal de riego cotejando con la normativa ambiental vigente y con sus respectivos argumentos proponer la más factible solución integral del conflicto planteado.

Y finalmente las conclusiones y recomendaciones concernientes a los objetivos trazados. Además, se contempla un capítulo especial para la presentación bibliográfica de los autores considerados en el marco teórico y anexos como evidencia del trabajo de investigación.

1.1. Problema de Investigación

El Cambio Climático es un problema con características únicas, ya que es de naturaleza global, sus impactos mayores serán en el largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales (fenómenos ecológicos y climáticos) y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial (Fernández, Martínez Julia, & Osnaya, 2004).

La importancia del agua en el Cambio Climático es vital ya que, el gas de efecto invernadero más importante en la Tierra es el vapor de agua; aun cuando los diferentes estados del agua pueden afectar el clima de diversas maneras, los humanos no pueden, hasta el momento, controlar su distribución o cambios de fase en la atmósfera de manera consciente. En resumen, el aumento en la concentración de vapor de agua constituye un factor de retroalimentación en el clima de primordial importancia y, sin embargo, sus variaciones como resultado de un incremento en la concentración de CO₂, por ejemplo, son difíciles de modelar (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001; Webster, 1994; Magaña Rueda, 2004).

A diferencia de la variabilidad natural del clima, las evidencias apuntan a que el cambio climático actual tiene su origen en actividades humanas. La quema de combustibles fósiles, la deforestación o la agricultura intensiva, resultan en alteraciones de la composición atmosférica que, gradual pero consistentemente, comienzan a reflejarse en el clima. (Magaña , Méndez, Morales , & Millán , 2004).

Las aguas residuales son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos

agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente. Sin embargo, el predominio del uso de aguas residuales crudas o diluidas con aguas superficiales y el bajo porcentaje de aguas residuales tratadas en Colombia y en los países de América Latina, en general, generan riesgos en la salud pública, en especial cuando se utilizan para riego de cultivos para consumo directo. Para el re-uso de aguas residuales se aconseja realizar siempre un tratamiento preliminar y primario; el tratamiento secundario, además de remover de manera eficiente materia orgánica y sólidos suspendidos, influye directamente sobre la estructura de algunos compuestos, como los de nitrógeno, siendo importante tener en cuenta los requerimientos del cultivo a irrigar y el tipo de suelo (Silva, Torres, & Madera, 2008).

En Colombia y América Latina el problema de la contaminación de las fuentes de agua por el vertimiento de aguas residuales es cada vez mayor además de la baja cobertura en el tratamiento y el abandono de los sistemas implementados. Es prioritario entonces desarrollar metodologías encaminadas a aumentar la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y así como disminuir el impacto ocasionado por los vertimientos de agua contaminada (Villegas & Vidal , 2009).

El cuidado y preservación del ambiente es fundamental aun cuando, la falta de concienciación y valorización no ha permitido cumplir con el objetivo planteado a nivel nacional, lo que ha generado problemas en las fuentes hídricas, contaminación del recurso y, por ende, disminución de la calidad de vida de la población que se beneficia de las fuentes hídricas.

De acuerdo al PDyOT del Cantón Santa Ana de Cotacachi (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo G.-S. , 2015) en el cual afirman que las aguas de los ríos Pichaví, Pitzambitze, Cristopamba, Nangulví y Yanayacu presentan altos niveles de DBO y *e. coli* total por las 12 descargas de aguas servidas, desechos sólidos y aguas residuales, producto de las actividades agrícolas e industriales, especialmente de las florícolas, afectando directamente a la población usuaria de estas aguas a través del canal de riego Peribuela.

Un débil control ambiental con respecto a vertidos aun cuando coexiste la vigencia de la ordenanza, en la cual “se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado o mantenimiento de vehículos, así

como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas y residuos líquidos no tratados que contengan restos de aceite lubricante, grasas, entre otros” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo G.-S. , 2015).

La escasez, cada vez mayor de las aguas dulces debido al crecimiento demográfico, a la urbanización y, probablemente, a los cambios climáticos, ha dado lugar al uso creciente de aguas residuales para la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas. En algunos casos, las aguas residuales son el único recurso hídrico de las comunidades pobres que subsisten por medio de la agricultura. Si bien el uso de aguas residuales en la agricultura puede aportar beneficios (incluidos los beneficios de salud como una mejor nutrición y provisión de alimentos para muchas viviendas), su uso no controlado generalmente está relacionado con impactos significativos sobre la salud humana. Estos impactos en la salud se pueden minimizar cuando se implementan buenas prácticas de manejo (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Las pequeñas comunidades enfrentan un problema mayor, dado que sus condiciones socioculturales, económicas, ambientales y técnicas, limitan la implementación de alternativas de tratamiento altamente tecnificadas las cuales son usadas comúnmente en las grandes ciudades del país. Por esta razón se debe buscar alternativas de tratamiento de aguas residuales adaptables a las pequeñas comunidades que incluya un proceso de selección de tecnología que considere sus condiciones particulares (Villegas & Vidal , 2009).

El agua del canal de riego Peribuela - Sector Imantag presenta signos de contaminación por eliminación directa de aguas residuales; tanto en el canal de riego como en las vertientes que lo alimentan.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Proponer un Modelo de Manejo Integral de aguas residuales que afectan la calidad de agua del canal de Riego-Peribuela

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las fuentes de contaminación física, química y microbiológica de las aguas del canal de riego Peribuela.
- Determinar si las aguas del canal de riego Peribuela cumplen con la normativa ambiental vigente para uso agrícola y consumo humano
- Establecer los lineamientos para un Manejo Integral de Aguas Residuales provenientes de la agricultura y uso doméstico.

1.2.3. Preguntas de Investigación

- ¿Los niveles de contaminación física, química y microbiológica en las aguas del canal de riego Peribuela afectan la calidad del agua?
- ¿El agua del canal de riego cumple con la normativa ambiental vigente del Ministerio del Ambiente para uso agrícola?
- ¿Se debería tomar en cuenta la contaminación del canal de agua de riego para plantear una propuesta integral de manejo?

1.3. Justificación

El Cambio Climático, y en general la variabilidad climática, son fenómenos que se manifiestan entre otras maneras, a través del aumento de la temperatura promedio del planeta, cuyas causas principales provienen de las actividades humanas (principalmente agrícolas, forestales e industriales). El Cambio Climático provoca además un cambio en la normal transición de las diferentes estaciones climáticas, por eso en algunos sitios el verano se alarga o acentúa (sequía) o el invierno se prolonga o se hace más cruento (inundaciones), ocasionando pérdidas económicas en varios sectores (Capacidades Locales en Agua y Saneamiento, 2014).

En términos globales, la problemática de recursos hídricos y de su (mala) gestión es relativamente conocida. Por un lado, hay una mayor demanda de agua para uso poblacional, industrial, hidro energético, minero, etc., con el potencial efecto agravante de que la contaminación y el insuficiente tratamiento de estas aguas residuales en la cadena de usos está afectando aún más la disponibilidad de agua de buena calidad.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ofrecen una visión de un mundo más justo, más próspero, pacífico y sostenible, en el que nadie es dejado atrás. Como se describe en el Objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento - Asegurar la disponibilidad y el manejo sostenible del agua y el saneamiento para todos” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015) en el cual se prevé que para el 2030, se mejore la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación de los vertimientos y minimizando la liberación de químicos y materiales peligrosos, reducir a la mitad la proporción de aguas residuales no tratadas, y aumentar el reciclaje y la reutilización segura a nivel mundial.

El crecimiento de la población a nivel mundial ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con el vertido de agua de desecho de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua. En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal. El control de la calidad microbiológica del agua de consumo y de desecho, requiere de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos, patógenos; los agentes involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias, virus y protozoos, pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde gastroenteritis simple hasta casos fatales de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea. El diagnóstico de estos microorganismos, requiere laboratorios especializados y representa varios días de análisis y costos elevados. Como alternativa a estos inconvenientes, se ha propuesto el uso de indicadores microbianos que se puedan identificar mediante el uso de métodos sencillos, rápidos y económicos (Arcos, Ávila de Navia, Estupiñán Torres, & Gómez Prieto, 2005; Guerrero, Rives, Rodríguez, Saldivar, & Cervantes, 2009).

En la Zona de Intag, el agua de riego muestra ciertos niveles de contaminación debido a las descargas de aguas residuales de las cabeceras parroquiales, comunidades y viviendas que tienen descargas directas hacia los cuerpos de agua a los ríos: Cristopamba, Apuela, Nangulví, entre otros, que son afluentes del Río Intag. Por otra parte, las fuentes hídricas de abastecimiento de agua de consumo humano Apuela y Peñaherrera presentan niveles de contaminación debido a que en sus alrededores existen pastizales y ganado vacuno; estos últimos presuntamente responsables de la contaminación de las fuentes

hídricas anteriormente mencionadas (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo G.-S. , 2015).

En el Plan Nacional del Buen Vivir; en su título II referente a derechos del buen vivir en la sección primera que corresponde a agua y alimentación, en el artículo 12 y 13 crea el derecho humano al agua y lo considera como patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida y el acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales; por tanto el trabajo de investigación denominado “Modelo de Manejo Integral de Aguas Residuales que afectan la calidad del agua del canal de riego Peribuela Caso: Comunidad Peribuela” se encuentra enmarcado dentro del proyecto de investigación macro que hace referencia a las Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en la cuenca hidrográfica del Río Mira: El caso de los principales canales de Riego, exento de un financiamiento pero aporta con una exploración sistemática; empezando por el área de estudio, vertientes del canal de riego, la calidad del agua hasta concluir con una propuesta de manejo integral de las aguas residuales domésticas de la comunidad Peribuela (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, 2013).

La mala calidad de las aguas es un problema muy serio ya que son utilizadas por los agricultores en el cultivo de diversos productos agrícolas, tanto para consumirlos en propiedad como para ser comercializados en los mercados de sus comunidades. El agua contaminada del canal de riego Peribuela usada para riego afecta principalmente a la Salud Pública, ya que los efluentes descargados en esta cuenca, por todos sus actores contiene grasas, aceites un alto contenido de materia orgánica lo que hace que los niveles de DBO y DQO estén fuera del límite permitido (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo G.-S. , 2015).

Por lo que el estudio plantea el análisis de la calidad de agua que alimenta el canal hasta el agua que desemboca del mismo hacia las diferentes zonas agrícolas; para establecer la calidad del agua en el que se observan parámetros físico-químicos y microbiológicos, determinando así el grado de contaminación del agua y mediante una propuesta técnica mejorar el uso y disponibilidad de la misma.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. CAMBIO CLIMÁTICO

El calentamiento global está acelerando el ciclo del agua. Las temperaturas más altas aumentan la tasa de evaporación de los cuerpos de agua y humedales, la tasa de derretimiento de la nieve de los glaciares y las áreas cubiertas de nieve, y la tasa de transpiración de la vegetación. Esta pérdida de agua hacia la atmósfera significa que el aire más caliente contiene más humedad. El aumento de la humedad genera cambios en el clima, tales como inundaciones, deslizamientos, sequías o tormentas severas más frecuentes, por ejemplo, ciclones y huracanes. El agua que se evapora no puede utilizarse de nuevo hasta que no cae en forma de precipitación, y este proceso ahora ocurrirá más rápidamente. Con el cambio climático, las tormentas ocurrirán más a menudo con lluvias más intensas, y los períodos secos y las sequías ocurrirán más a menudo o durarán más tiempo. Debido a los patrones globales de circulación climática, áreas que generalmente son húmedas se volverán más húmedas y áreas secas se volverán más secas (Burpee, Brendan S, & Achmidt, 2015).

2.1.1. Adaptación al Cambio Climático

Las principales causas de la degradación ambiental en el Ecuador, están relacionadas con la pobreza de la mayoría de la población y el rápido deterioro de los recursos naturales. Al igual que en otras latitudes, se suman a este continuo desgaste un conjunto de presiones socioeconómicas que afectan al ambiente, la pobreza y la desigualdad de ingresos, agregándose a esto el insostenible desarrollo de la agricultura, industria y servicios, anárquico crecimiento urbanístico de las ciudades, acelerado crecimiento demográfico, que dificultan la implantación de políticas ambientales que minimicen el impacto ambiental negativo de estas actividades y altere el clima global.

Las numerosas evidencias que dan los actuales estilos de desarrollo y que se manifiestan en impactos negativos, obligan a las autoridades a pensar seriamente en la necesidad de un cambio

en las actitudes basadas en las aptitudes de los recursos naturales para mantener una producción sostenida en el tiempo y espacio.

El posible impacto nacional y regional del proceso global de cambio climático, que se presenta a través del apareamiento de fenómenos como: incendios forestales, baja productividad, demanda de mayores insumos para la producción agropecuaria, necesidad de riego y tendencia al aumento del nivel del mar, que pondría en peligro áreas dedicadas al cultivo del arroz y darse estos cambios en el clima, los cultivos de maíz, soya y papa, muy susceptibles a los cambios climáticos, se verían seriamente afectados.

La utilización de los sistemas de riego adecuados para cada cultivo y zona de producción, permitirá enfrentar acciones que pueden darse por los cambios climáticos, por presencia o ausencia de precipitaciones, por lo que es necesario ejecutar acciones de orden técnico para posibilitar su mejor uso y aprovechamiento constituyéndose en un instrumento valioso para enfrentar los posibles cambios climáticos, que mitiguen los efectos de las emisiones de gases efecto invernadero, considerados en las medidas anteriores (Vargas Samaniego, Alarcón, & Jara Flores, 2000).

2.1.2. Mitigación del Cambio Climático

El Art. 12 del Protocolo de Kyoto establece un “Mecanismo de Desarrollo Limpio”, cuyo objetivo “es ayudar a los países del anexo 1 en el cumplimiento de sus compromisos de reducción de emisiones, y ayudar a los países no incluidos en el Anexo I en lograr un desarrollo sostenible y en contribuir al objetivo último de la Convención”.

El Ecuador tiene un uso potencial del agua cuatro veces más alto por persona (43.500 m³) que el promedio mundial (10.800 m³/persona). (CNRH, 2002). La importancia de los bosques, especialmente los bosques altos de montaña y los de pluvioselva ubicados en las estribaciones de la cordillera de los Andes, es crucial para la regulación del ciclo hídrico. Muchas regiones de las zonas bajas en el Ecuador han sido fuertemente impactadas por sequías prolongadas o inundaciones de gran magnitud en años recientes, debido, probablemente, a las altas tasas de deforestación.

Reducción de la deforestación como medida de mitigación del cambio climático y de adaptación, con un potencial muy eficaz, que solo podrá tener éxito a través de la ordenación forestal sostenible, garantizando que las intervenciones de mitigación apoyarán al desarrollo local y a los planes locales de adaptación de la población y las comunidades rurales. El Ecuador ejecuta a través del Ministerio del Ambiente su Programa Socio-Bosque como una medida de conservar los ecosistemas naturales y ayudar a reducir la pobreza en la población rural de zona de frontera agrícola (Viteri A. , s/n).

2.1.3. El Cambio Climático en el Ecuador

El calentamiento global, generado por las acciones del hombre a través del incremento en la concentración de los gases del efecto invernadero en la atmósfera, es ya uno de los temas centrales de atención de las comunidades política y científica. Las evidencias a nivel mundial, regional y nacional, aparecen con mayor frecuencia obligando a intensificar las acciones para enfrentar esta problemática.

El Proceso de Cambio Climático en Ecuador nació en 1993 con 4 objetivos a largo plazo, el instalar una capacidad institucional básica para enfrentar la problemática del cambio climático, analizar el cambio climático en el Ecuador y sus posibles impactos en áreas estratégicas, definir alternativas de respuesta ante el cambio climático para la toma de decisiones y cumplir con los compromisos internacionales asumidos.

Estos grandes objetivos han guiado los esfuerzos nacionales dependientes de la cooperación internacional que ha sustentado los proyectos: Ecuador Climate Change Country Study, Ecuador-Holanda sobre Cambio Climático en la Región Costanera. CC: TRAIN-ECUADOR, Limitación de las Emisiones de los Gases de Efecto Invernadero y el ECU/99/G31 Cambio Climático. Adicionalmente, se ejecuta el Programa de Monitoreo de Glaciares en los Andes - Una Herramienta para Analizar el Cambio Climático Global en Sudamérica.

En el campo del fomento de capacidad e institucionalización resalta la participación en el proceso de las instituciones claves y la creación del Comité Nacional sobre el Clima (CNC). Como política básica del Proceso de Cambio Climático en Ecuador, bajo una coordinación general, las evaluaciones y estudios han sido ejecutados por las instituciones nacionales responsables del tratamiento de los temas.

El CNC, creado mediante decreto ejecutivo de 1999, es la instancia política, coordinadora y responsable del cambio climático en el Ecuador. Cuenta desde el año 2001 con un Plan de Acción en base del cual, al momento están en proceso de creación los Grupos de Trabajo sectoriales “forestal” y “ciencia del cambio climático” (Cáceres L. , 2001).

En el sector agrícola para mitigar sus emisiones generadas principalmente por el cultivo del arroz y la fermentación entérica, el antiguo Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (ahora Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG) definió 3 perfiles de proyectos para implementar aquellas medidas que reducirían las emisiones.

El análisis en el sector forestal de Cáceres (2001) destaca que, de continuar con la evolución del sector sin cambios, la superficie boscosa disminuiría en 18,6% en el año 2010 y en un 37,1% en el año 2030; en tanto que las áreas naturales disminuirían en un 10,4% en el año 2010 y en un 20,7% en el año 2030.

2.2. RECURSOS HÍDRICOS

La presión sobre los recursos hídricos está aumentando, principalmente como resultado de actividades humanas tales como la urbanización, el crecimiento demográfico, la elevación del nivel de vida, la creciente competencia por el agua y la contaminación, cuyas consecuencias se ven agravadas por el cambio climático y las variaciones en las condiciones naturales (Wirtgen & GreenFacts, 2009).

2.2.1. Canales de agua de riego

Los canales de agua son construidos ante la necesidad de mejorar la productividad de una finca y para esto se debe considerar “la calidad de agua para riego con énfasis en las características químicas, aunque el efecto de su aplicación dependerá de otros factores como el tipo de suelo, cultivo a regar y condiciones climáticas”. La calidad del agua de riego contempla una serie de características físicas, químicas y biológicas que son observables para la disponibilidad de agua de riego, es uno de los factores de prioridad en la construcción de un canal de riego (Maya, 2011).

Todos los canales de agua deben tener una autoridad constituida y que todos los sistemas de riego grandes deben tener una autoridad centralizada. Pero existen puñados de pequeños sistemas de riego sin estructuras de autoridad. En México, canales que abastecen a sistemas de riego de entre 700 y 458,000 hectáreas, no existe una relación entre tamaño y estructura de la autoridad. Además, un sistema de riego de 458,000 hectáreas es manejado por los agricultores (Hunt, 2009).

En otras localidades la concesión del agua la maneja el Estado como en el caso del Municipio de Juárez en Nuevo León, quienes otorgan incentivos económicos para el manejo óptimo del agua. (Andrade, 2014). Este programa puede contribuir a depurar los derechos de agua y convertirlos en un verdadero instrumento de gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos (Andrade & Amador, 2004).

En Ecuador, el agua es un recurso perteneciente al pueblo y administrado por el Estado sin autoridad de los agricultores y dueños de tierras para disponer del uso del agua conllevando a ciertos conflictos políticos sociales. En los últimos años debido al aumento creciente de la producción agrícola, industrial y de la población, en muchas partes del mundo existe crisis en el abastecimiento de agua, por lo que resulta imprescindible el uso racional de los recursos hídricos disponibles. Los sistemas de riego han posibilitado un aumento significativo de la producción agrícola. Sin embargo, el agua es un bien escaso, y en esta actividad se consume gran cantidad y de un modo poco eficiente. Por esta razón el control de canales de riego, responde a la necesidad de alcanzar un aprovechamiento óptimo del recurso, posibilitando mejorar la gestión, la eficiencia en el uso y distribución del agua (Cuenca, 2015).

Gallego & Gómez (2011) indican que para el empleo del agua en los canales de riego los estados cobran de acuerdo a atenciones como: Tarifación por superficie regada, con independencia del cultivo producido. Tarifación volumétrica, de acuerdo a los m³ empleados. Tarifación por tramos se basa en el establecimiento de precios del agua diferenciados, que aumentan de forma progresiva en función del tramo o bloque de consumo de agua. Consecuencias de políticas en el manejo del agua conllevan a un uso de mayor eficiencia de este recurso.

2.2.2. Contaminación del Recurso Agua

El agua es un elemento esencial para el desarrollo agrícola sostenible; su aprovechamiento, utilización y conservación constituyen elementos fundamentales en cualquier estrategia de desarrollo.

Hoy día, las actividades humanas y su desarrollo, tanto social como económico deben respetar lo que se ha denominado “desarrollo sostenible”, definiéndose éste como “la satisfacción de las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de cubrir las necesidades de las generaciones futuras” (World Commission of Environment and Development, 1987).

La mayor parte del consumo del agua en el Ecuador, se destina al riego, estimándose su uso en un 80% del consumo total. Es así la importancia de determinar la calidad del agua que se utiliza en los diversos cultivos. El agua para riego debe mantener características físicas, químicas y microbiológicas que no alteren el desarrollo de las plantas ni se vean afectadas por contaminación química, por residuos de la producción industrial de químicos, metalurgia, escurrimiento de pesticidas de tierras agrícolas u otros, que incidan en la calidad de los productos agrícolas de consumo humano.

Los niveles de contaminación de los cuerpos hídricos aumentan año tras año debido al sistema productivo que se instaura con el crecimiento de la población. En muchas zonas agrícolas se utiliza este tipo de agua para regadío de diversos tipos de cultivo sin estar conscientes del potencial tóxico de este recurso (Guzmán & Narváez , 2010).

2.2.3. Posibles fuentes de Contaminación

Se utilizan plaguicidas para el control de plagas y enfermedades que afectan la producción agrícola, en 2006 el consumo de plaguicidas en México fue de 95 025 toneladas (SENER, 2007). Estas sustancias representan un riesgo para la salud humana y el ambiente debido a que pueden contaminar suelos, agua, sedimentos y aire (Cheng, 1990). Los plaguicidas llegan a cuerpos de agua por escurrimiento, infiltración y erosión de los suelos, en lugares donde se han aplicado. También pueden movilizarse por transporte tanto

atmosférico como por escurrimiento durante lluvias o riego agrícola y, de esta manera, transportarse hacia cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos hasta contaminar agua y sedimentos (Ongley, 1996).

Pero el agua es también un ecosistema que está expuesto a un proceso creciente de contaminación cuyas causas pueden ser atribuidas al uso excesivo y descontrolado de agroquímicos, la falta de implementación de sistemas de tratamiento de aguas servidas que generan pueblos y ciudades, falta de control para el tratamiento adecuado y eficiente de aguas residuales de procesos industriales o por los procesos anti técnicos en la actividad extractiva minera o petrolera (Foro Nacional de los Recursos Hídricos Ecuador, 2015).

La cobertura del servicio de agua y saneamiento en los domicilios al 2012 presenta un promedio nacional del 74,5% según referencia de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo-SENPLADES, sin embargo, las diferencias entre la población asentada en las zonas urbanas y rurales es de 57,4% en el caso del agua dotada por red pública y 11,9% en la eliminación adecuada de excretas.

2.2.4. La Contaminación del Agua en Ecuador

La ciudad de Quito, por ejemplo, no posee ningún sistema de tratamiento de aguas residuales de importancia, los que existen son muy pequeños o se encuentran al interior de algunas industrias. Como consecuencia, el deterioro de la calidad del agua se refleja en los altos índices de contaminación que se registran en los ríos Machángara, Guayllabamba y Monjas. Los esfuerzos para solucionar este problema en Quito no han dado sus frutos y a pesar de años de estudios, millones de dólares de inversión y actualizaciones de estudios, se estima que en el año 2018 Quito podrá contar con sus primeros sistemas de tratamiento de aguas residuales (Calles, 2016).

Silva y Zamora (2005) describen al manejo del agua residual generada por comunidades y municipios como una tarea compleja. En consecuencia, cualquier programa asociado con esta actividad debe ser planeado y ejecutado teniendo en cuenta aspectos sociales, técnicos, económicos y topográficos. Además, cuando el agua residual se acumula, la descomposición de la materia orgánica crea un desequilibrio ecológico que perturba a la comunidad y la

presencia de numerosos microorganismos causan varias enfermedades que afectan la vida. Por esta razón se debe acudir al tratamiento y evacuación del agua que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada antes de ser vertida a otro cuerpo de agua.

Villegas y Vidal (2009) definen al tratamiento como el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas para hacerlas aprovechables de acuerdo a las normas establecidas en la legislación nacional vigente y describen al tratamiento de aguas residuales como un proceso en el cual se eliminan del agua las sustancias disueltas y suspendidas que contienen, hasta que el efluente pueda ser utilizado para fines agrícolas, recreativos o industriales o verterse a un cuerpo de agua con mínimo impacto para éste.

Uno de los sistemas agrícolas tradicionales es la implementación de canales de riego para acarrear y conducir el agua hacia tierras que necesitan del elemento para la producción agropecuaria. Se debe hacer consideraciones sobre los canales de riego y su influencia en el desarrollo socioeconómico y ambiental.

Morales & Hernández (2010) mencionan que, a partir de la segunda mitad de este siglo, las nuevas técnicas de riego, son mucho más eficaces ya que han contribuido a la gran expansión del regadío en el mundo y su implantación en zonas donde antes era impensable una agricultura próspera. El continente con más superficie total de regadío es Asia. No obstante, es en la cuenca mediterránea donde se dan los porcentajes más altos de tierras irrigadas. Israel es el país donde se ha implantado más intensamente el regadío y donde más tecnificado se encuentra. Otra zona puntera en estas técnicas es California. En Europa la mayor superficie de regadío la tiene España con 3.400.000 ha, lo que representa el 16,6% de la superficie cultivada. En España, el regadío supone el 80 % del consumo total de agua, y representa el 5 % del PIB. El valor de la producción agraria de regadío es más del 50 % de la producción agrícola total.

Estos datos constatan la importancia que tiene el regadío no solo en la Unión Europea sino en el planeta entero. En el medio socioeconómico y ambiental los canales de riego a nivel mundial y en Latinoamérica tienen influencia transcendental. Echarri (2007) revela la

existencia de un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras, una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos: Microorganismos patógenos, desechos orgánicos, sustancias químicas inorgánicas, nutrientes vegetales inorgánicos, compuestos orgánicos, sedimentos y materiales suspendidos, sustancias radiactivas y contaminación térmica.

2.2.5. Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos del Agua

Para la selección de parámetros de muestreo en concesiones de riego mayores a 50 litros/segundo, se consideró la Norma Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundari, 2010), libro VI Anexo 1.

Echarri (2007), muestra que el ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana y dañina para la vida presentando alteraciones.

La contaminación debida a los usos agrícolas, así como las aguas pluviales de zonas urbanas está adquiriendo una gran importancia. Las escorrentías de usos agrícolas que arrastran fertilizantes (fosfatos) y pesticidas están empezando a constituir una de las causas mayores de eutrofización de lagos y pantanos. Las aguas pluviales en zonas urbanizadas también pueden tener unos efectos contaminantes significativos. Normalmente las aguas residuales tratadas o no, se descargan finalmente a un receptor de aguas superficiales (mar, río, lago, etc.), que se consideran medio receptor (Ramalho, 2011).

Según Aceves de Alba, Castro Larrango, Cisneros, Durán García, & Sarabia Meléndez (2011) definen que la calidad de agua se la puede obtener por medio de los parámetros físico los cuales son tipologías sensoriales que influyen en la aceptación del consumidor; y los parámetros químicos los cuales están cuantificados por la normativa con un límite máximo y límite mínimo permisible los cuales son límites fuera de las normativas, y es ahí cuando toma el valor de no ser idónea para el consumo o la utilización.

Reascos & Yar (2010), por su parte mencionan que los elementos esenciales para la evaluación del agua son los sólidos totales disueltos, que es la concentración de sales inorgánicas en el agua en la cual también indica la salinidad del agua.

La Association American Public Health (2005) afirma que la dureza total es otro elemento importante a considerar, porque se mide la concentración de compuestos minerales en especial concentraciones de calcio y magnesio que hay en una determinada cantidad de agua; el grado de dureza es determina de acuerdo a la concentración y el pH es el cual indica la reacción ácida y básica del agua, la misma es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática, tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos. Por lo general las aguas naturales tienen un cierto carácter básico, unos valores de pH comprendidos entre 6,5-8,5, los océanos tienen un valor medio de 8.

La conductividad es la capacidad que tiene el agua para transmitir corriente eléctrica, obedeciendo a las sales disueltas en el agua y los aspectos de temperatura, valencia, concentración de iones (Rodier, 1981).

La reducción de los fosfatos es esencial para la vida se la relaciona con el aprovechamiento de las plantas acuáticas, algas y bacterias.

El estado de oxidación del nitrógeno surge en las aguas por solubilidad de las rocas y por oxidación de compuestos orgánicos además de proceder de abonos y aguas residuales alcanzando valores altos de concentración. Mientras que el estado de oxidación intermedia del nitrógeno, es utilizado como indicador de contaminación bacteriológica pues son las bacterias las responsables de la reducción del nitrato o nítrico o incluso a N_2 gas (Reascos Chamorro & Yar Saavedra, 2010).

El oxígeno disuelto se encuentra ligado a la contaminación orgánica, es indirectamente proporcional a la temperatura y en condiciones aerobias hay mineralización; se consume el O_2 y produce CO_2 , nitrato y fosfatos, ahí inicia la descomposición anaerobia produciendo metano, amonio, sulfuro de hidrógeno. La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la materia orgánica biodegradable que se puede evidenciar cuando las aguas residuales son difundidas

en curso natural captando el O₂, es una medida de estimación de las materias oxidables en el agua (Mejía, 2005).

El estudio de la calidad de agua proporciona información del ambiente en general por donde circula el agua, su importancia no se limita al cumplimiento de los derechos humanos reconocidos por las Naciones Unidas como el acceso al agua y saneamiento, sino también al objetivo de alcanzar una buena producción agrícola ya que el agua utilizada para riego posee sales disueltas y su exceso afecta al crecimiento de las plantas dificultando la absorción del agua por efecto del potencial osmótico (Baccaro, Degorgue, Lucca, & Picone, 2006).

El Índice de Calidad del Agua (ICA), define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como Índice de Calidad del Agua (ICA) (Carrillo & Villalobos 2011).

Según Torres, Cruz & Patiño (2009) para el cálculo del ICA se realiza una operación matemática en la que el valor q_i de cada parámetro se debe multiplicar por su respectivo peso relativo (w_i), en la cual el índice de calidad del agua del área de estudio se calcula de acuerdo a una función ponderada.

Las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son aguas domésticas o urbanas, aguas residuales industriales, escorrentías de usos agrícolas y pluviales.

Las Aguas Residuales Domésticas son desechos líquidos provenientes de viviendas instituciones y establecimientos comerciales (Vaquero & Toxqui, 2012). Las aguas pluviales son las aguas de la escorrentía superficial, provocada por las precipitaciones atmosféricas (lluvia, nieve, granizo). Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la atmósfera y por el lavado de superficies de terreno (Villacis, 2011).

Las aguas residuales agrícolas son aguas que se desechan de actividades agrícolas y ganaderas. La denominación de aguas agrarias se debe reservar a las originadas exclusivamente de la actividad agrícola, aunque está muy generalizada (impropiamente) su aplicación también a las procedentes actividades ganaderas. La contaminación de las aguas agrarias es muy importante, perjudicando sensiblemente las características del cauce o medio receptor (Villacis, 2011). Mientras que las aguas residuales industriales contemplan los desechos líquidos provenientes de la industria; dependiendo de las industrias podrían contener, además de residuos tipo doméstico, desechos de los procesos industriales (Vaquero & Toxqui, 2012).

2.3. ASPECTOS LEGALES DE LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Con la aprobación de nuevas leyes se inaugura un nuevo marco político, normativo e institucional respecto de este estratégico recurso natural, así como de los bienes naturales y artificiales asociados a su uso y aprovechamiento, en sus diferentes acepciones. A lo largo de esta sección, se describen los aspectos más importantes del nuevo marco contemplado en la ley, así como aquellos puntos específicos que su reciente reglamentación ha desarrollado.

2.3.1. Normativa Ambiental Nacional e Internacional Vigente

La agricultura requiere mayor cantidad de agua que otros usos, como el doméstico o el industrial; sin embargo, para el uso de aguas residuales debe considerarse aspectos de calidad con el fin de evitar riesgos a la salud pública, principalmente en lo que se refiere a sus características microbiológicas. Ésta es considerada la principal razón para el establecimiento de guías y regulaciones para el reúso seguro de estas aguas en diferentes aplicaciones (Metcalf & Eddy, 2003).

2.3.1.1. Constitución de la República del Ecuador

Según la Constitución de la República del Ecuador (2008), en sus artículos que a continuación se detallan, hacen referencia a los aspectos más relevantes para justificar el trabajo de investigación propuesta:

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.

En el Art. 23, numeral 6: El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; en el numeral 20: El derecho a una calidad de vida que asegure salud, alimentación y nutrición, agua potable, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, recreación, vivienda, vestido y otros servicios sociales necesarios.

La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir, sustentado en el Art. 32.

La Protección ambiental se encuentra respaldada en el Art. 83, ya que El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza. Se declaran de interés público y se regularán conforme a la Ley: La preservación del medio ambiente, La prevención de la contaminación ambiental y El establecimiento de un sistema nacional de áreas naturales protegidas que garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos de conformidad con los convenios y tratados internacionales.

En el artículo 314 se destaca la responsabilidad del Estado en sus diferentes niveles en cuanto a la provisión. Esto implicaría que existe una responsabilidad indelegable, ineludible y exclusiva de construcción de obras de agua y saneamiento para la provisión de agua potable en todo el territorio nacional, incluyendo por tanto a los sectores rurales. En el artículo 318 concurren dos formas de prestación del servicio, la pública y la comunitaria, destacando que esta última deberá ser a través de personas jurídicas, estatales o comunitarias.

En el 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. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

2.3.1.2. Plan Nacional del Buen Vivir

Mientras que; en el título II referente a derechos del buen vivir en la sección primera que corresponde a agua y alimentación, en el artículo 12 crea el derecho humano al agua y lo considera como patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida complementado con el artículo 13 al emitir el derecho de las personas y colectividades al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, 2013).

La entidad de planificación nacional gubernamental prevé el avance de la cobertura de los servicios de agua de consumo humano, la eliminación de excretas y la gestión de residuos sólidos considerando la trayectoria que ha tenido el sector en la gestión gubernamental desde el 2006, específicamente se consideran las acciones dentro del objetivo 3° de la planificación 2013- 2017; donde se expone que se conseguirá: Mejorar la calidad de vida de la población. La referencia constitucional sobre la cual definen los lineamientos de la política pública los exponen así: Mejorar la calidad de vida de la población es un reto amplio que demanda la consolidación de los logros alcanzados en los últimos seis años y medio, mediante el fortalecimiento de políticas intersectoriales y la consolidación del Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social.[...] El artículo 66, establece “el derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios (Foro Nacional de los Recursos Hídricos Ecuador, 2015); (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, 2013).

2.3.1.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento

De otro lado, a partir de la aprobación de la Constitución de la República, el Ecuador experimenta importantes cambios en su marco legal e institucional con directa relación con el agua y otros ecosistemas. En junio de 2014 se aprobó la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua que fue publicada en el Registro Oficial No. 305 del 6 de agosto de 2014, además que varias resoluciones y decretos ejecutivos expedidos determinan las competencias que deben asumir, tanto las entidades del Gobierno Central como los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en los cuales detalla los siguientes artículos de interés, como reza en el Artículo 83.- Clases de usos. Soberanía Alimentaria. - De acuerdo con lo previsto en el artículo 318 de la Constitución, el recurso hídrico se destinará para: consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas y en el Artículo 122.- Tarifa por autorización de uso de agua para riego que garantice la soberanía alimentaria, detalla que, de acuerdo con lo previsto en el artículo 141 de la Ley, existirá una tarifa por autorización de uso de agua para riego que garantice la soberanía alimentaria.

2.3.1.4. Ley de Gestión Ambiental

La ley de Gestión Ambiental publicada en el Registro Oficial No. 245 de 30 de Julio de 1999; en su capítulo VI referente a la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas en su artículo 16 expresamente prohíbe descargar, 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, a la flora y a las propiedades.

Y en el artículo 17 dispone a diferentes organismos estatales elaborar los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la claridad de agua que deba tener el cuerpo receptor (Ministerio del Ambiente del Ecuador, Ley de Gestión Ambiental, 1999).

2.3.2. Normativa Legal para el Análisis de Calidad de Agua de Riego

De acuerdo a la bibliografía analizada, las principales guías que regulan el reúso son las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), sobre calidad microbiológica de aguas residuales para irrigación clasificadas en tres categorías, según sus niveles de parásitos y coliformes fecales, indicadores de la presencia de patógenos (virus, bacterias, protozoos y helmintos) en las aguas residuales domésticas (Organización Mundial de la Salud, 1989), y las físico-químicas para calidad de las aguas de riego de la (Food and Agriculture Organization, 1999).

La Agencia estadounidense de Protección Ambiental (EPA) clasificó el reúso en ocho categorías, de acuerdo con la calidad del agua: urbano, áreas de acceso restringido, agrícola para cultivos consumidos crudos y para cultivos no consumidos crudos, recreacional, industrial, recarga de acuíferos y reúso indirecto potable (Environmental Protection Agency, 2004); (Metcalf & Eddy, 2003).

En general, los países que tienen una normatividad sobre el reúso de las aguas residuales han tomado como referencia lo establecido por la EPA, en términos de la clasificación por tipos del reúso, y las directrices de la OMS y de la FAO en lo relacionado con límites máximos permisibles de algunas sustancias.

2.3.2.1. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria

Desde el año 1999, se vislumbra en la Constitución un interés en los temas ambientales, que se va plasmando en la Ley de Gestión Ambiental, más tarde en TULA hoy TULSMA que es el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente donde se reúne todas las leyes relacionadas a la protección de los recursos naturales. El paso más decisivo en esta materia se da en la Constitución del 2008, donde por primera vez se reconocen los Derechos de la Naturaleza y se crean instancias para resolver los problemas ambientales: administrativa, judicial, internacional.

Según publicación realizada en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria, Medio Ambiente del Ministerio del Ambiente, que unifica la legislación secundaria ambiental, para

facilitar a los ciudadanos el acceso a la normativa requerida; constituye un texto reglamentario bastante amplio de la normativa ecuatoriana vigente en la Ley de Gestión Ambiental y con lo que queda en vigor de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

En la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente: Recurso Agua, se mantiene un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas. Los laboratorios que realicen los análisis deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis hasta que el OAE establezca el sistema de acreditación nacional.

Los niveles máximos permisibles de contaminación del agua destinada para el uso agrícola, como referencia para el presente estudio se tomaron en consideración las tablas que a continuación se visualizan; éstas presentan los Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola suscrito en el Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundari, 2010).

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades complementarias que establezcan los organismos competentes. El agua destinada para el riego de los cultivos orgánicos debe estar libre de contaminantes y de residuos procedentes de sustancias tóxicas como se detalla en el Cuadro 1. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola (anexa) (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundari, 2010).

En un programa de vigilancia, la selección de los parámetros estará en función de lo que estipulen las normas de cada país y del nivel de riesgo para la salud. Por ello tienen particular importancia los parámetros bacteriológicos y los relacionados con la desinfección del agua. En los programas de vigilancia de la calidad del agua de nivel básico se consideran los

siguientes parámetros: coliformes totales y termo tolerantes, cloro residual, pH y turbiedad (Aurazo de Zumaeta, 2004).

En la figura 2-1 que se plantea a continuación se detalla la relación existente entre el conjunto de normas jurídicas que fueron expuestas anteriormente y la principal forma de relacionarse dentro de un sistema, conservando la base del principio de jerarquía.

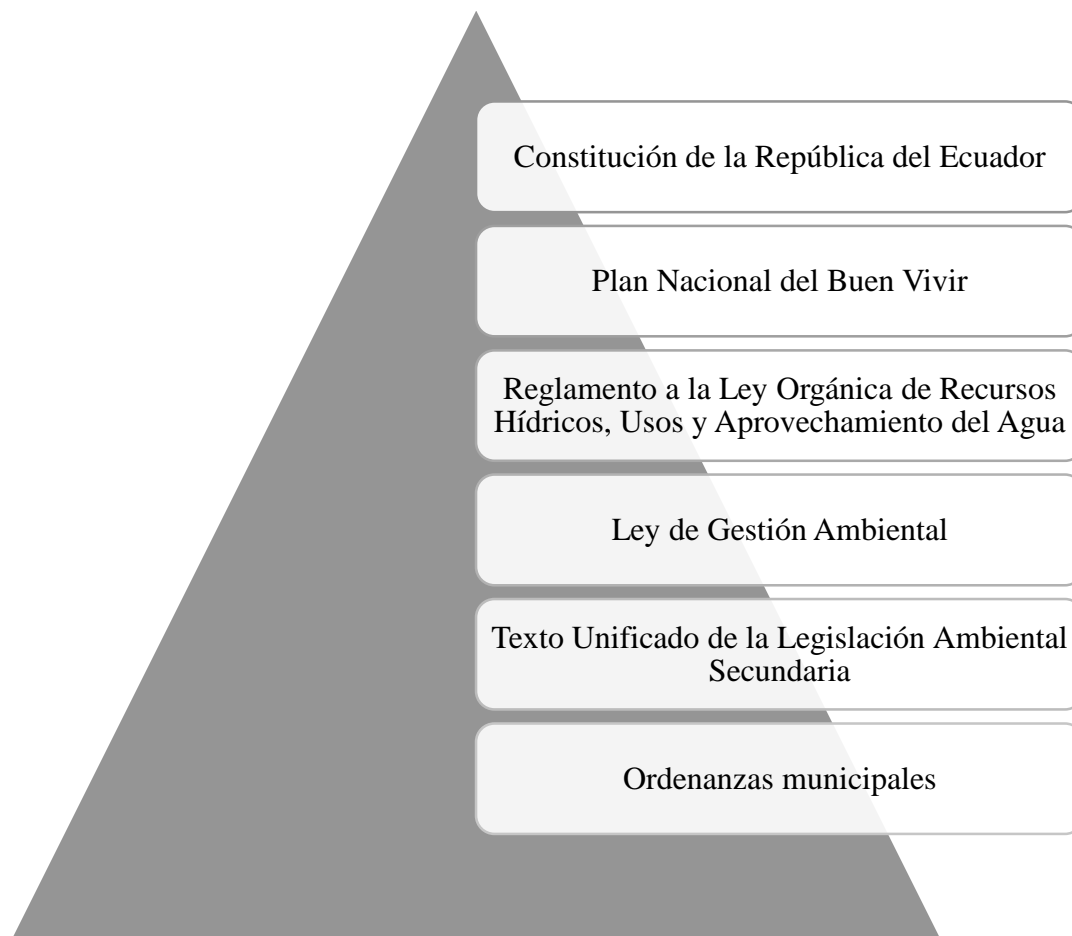


Figura 2- 1. Pirámide de Kelsen aplicada al proceso investigativo

2.4. GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

La Gestión Integral de Recursos Hídricos es un concepto empírico que nace de la propia experiencia de campo de los profesionales. Aunque muchos de los elementos del concepto han estado presentes durante décadas, de hecho, desde la primera conferencia global en Mar del Plata en 1977. Sin embargo, no fue hasta después de la Agenda 21 y de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en 1992 en Río cuando el concepto de GIRH fue objeto

de profundos debates que incluían sus implicaciones en la práctica. La definición que da la Asociación Mundial para el Agua (GWP) de la GIRH es hoy la más aceptada: “La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (WWAP, DHI Water Policy, & PNUMA-DHI, 2009).

El agua es un factor determinante en el desarrollo económico y social y, al mismo tiempo, cumple la función básica de mantener la integridad del entorno natural. A pesar de ello, el agua es sólo uno de los recursos naturales vitales y resulta por ello imperativo que los temas hídricos no sean tratados de forma aislada.

Los gestores, tanto gubernamentales como del sector privado, han de tomar decisiones complicadas sobre la asignación del agua. Con mayor frecuencia, éstos se enfrentan a una oferta que disminuye frente a una demanda creciente. Factores como los cambios demográficos y climáticos también incrementan la presión sobre los recursos hídricos. El tradicional enfoque fragmentado ya no resulta válido y se hace esencial un enfoque holístico para la gestión del agua (Organización de las Naciones Unidas -Agua , 2007).

Éste es el fundamento del enfoque para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), aceptado ahora internacionalmente como el camino hacia un desarrollo y gestión eficientes, equitativos y sostenibles de unos recursos hídricos cada vez más limitados y para abordar unas demandas en competición (Organización de las Naciones Unidas-Agua, 2008).

En la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), ha previsto como meta ampliar las coberturas actuales hasta llegar a un 95% en la cobertura de agua de consumo humano y eliminación de excretas para lo cual se han diseñado políticas y lineamientos específicos en este sector, los mismos que se enuncian a manera de objetivos; especialmente se prevén acciones para garantizar la provisión pública de estos servicios, la gestión integral de las cuencas y la mejora de hábitos de salud.

2.4.1. Principios y Enfoques Orientadores

De acuerdo a lo detallado en el Foro de los Recursos Hídricos en alianza con otras organizaciones, los principios y enfoques orientadores de la Gestión Integral de Recursos Hídricos se encuentran establecidos para:

- Garantizar el acceso universal de los seres humanos al agua y al saneamiento, con alta calidad, partiendo de las condiciones sociales, culturales, organizativas, políticas y económicas de las comunidades, especialmente a las poblaciones rurales del Ecuador, y a las que se encuentran en estado de marginación.
- Procurar la democracia hídrica, donde la gestión del agua sea descentralizada, basada en la comunidad y sin pretender homogeneizarla, sino permitiendo la inclusión de diversas formas de hacer la gestión del agua, bajo principios de equidad, democracia, sostenibilidad ambiental, solidaridad con los que menos tienen, con las generaciones venideras, y no motivada por razones únicamente económicas.
- Lograr la articulación y complementariedad entre los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua con los sistemas de saneamiento, esto es, con la disposición adecuada de excretas y con el tratamiento de las aguas residuales.
- Fortalecer a las diversas organizaciones comunitarias prestadoras del servicio de agua en el ámbito rural y regularlas para un mejor control y el mejoramiento continuo en la dotación de un servicio de calidad.

2.4.2. Estrategias para la Gestión Integral del Recurso Hídrico

Son destrezas que los agricultores utilizan para adaptarse a variaciones normales en el tiempo pueden proporcionar información sobre potenciales prácticas de adaptación bajo el cambio climático. Las familias campesinas están acostumbradas a adaptarse a los cambios, pero debido a la intensidad, la cantidad y la velocidad de los cambios que vienen con el calentamiento global, es probable que los cambios lleguen demasiado rápido y las familias agrícolas no podrán adaptarse sin ayuda (Foro de los Recursos Hídricos , 2013).

Dentro de las Estrategias para la GIRH, se requiere anticipadamente las evaluaciones enunciadas en el Panel Intergubernamental de Cambio Climático que se describen a continuación:

- La Evaluación de Exposición al Cambio Climático está relacionada en gran parte a la ubicación geográfica. Las comunidades tierra adentro en regiones semiáridas pueden estar expuestas a sequía, y las comunidades costeras tendrán mayor exposición a ciclones o huracanes.
- La Evaluación de Vulnerabilidad es la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.
- La Evaluación de Capacidad de adaptación es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, incluso a la variabilidad del clima y a los fenómenos extremos, para mitigar posibles daños, aprovechar oportunidades o afrontar las consecuencias (Inter-governmental Panel on Climate Change, 2007).

2.4.3. Lineamientos para la Gestión Integral del Recurso Hídrico

Se enfoca en cómo mejorar el manejo del agua y aumentar la productividad del agua para la adaptación al cambio climático. El énfasis está en las maneras en que los pequeños agricultores (quienes a menudo son más vulnerables frente al cambio climático que los agricultores con más recursos) pueden adaptar sistemas agrícolas que dependen total o principalmente de las lluvias como fuente de agua. Estos sistemas agrícolas de secano pueden adaptarse a la escasez de agua utilizando prácticas para recolectar o captar, almacenar o retener, manejar y utilizar tanto la precipitación como el agua almacenada en el suelo (agua verde). Las prácticas incluyen un manejo más eficiente del agua de riego de fuentes como ríos, embalses y pozos (agua azul).

La manera en que los agricultores manejan sus cultivos y suelos influye en la medida en que los cultivos pueden cultivarse con el agua que tienen; es decir la productividad del agua. La capacidad de un cultivo para adaptarse al cambio climático, su resiliencia al mal tiempo

y su capacidad para absorber agua mejoran cuando la calidad del suelo mejora (Catholic Relief Services, 2014).

2.4.3.1. Prácticas agronómicas para el manejo mejorado del agua

La labranza mínima es la práctica de sembrar cultivos de año en año con poca o ninguna perturbación del suelo por arado o labores de labranza. Esta práctica se utiliza más frecuentemente en áreas de alta producción mecanizada, pero también es útil en parcelas con pendiente, ya que disminuye la necesidad de terrazas u otras barreras. Junto con un rastrojo de residuos de cultivos que sirve de cobertura, la labranza cero protege el suelo de la erosión, la evaporación del agua y la descomposición de la estructura del suelo. Mejora la fertilidad del suelo, ayudando a retener la materia orgánica y los nutrientes. De esta manera, también reduce la vulnerabilidad de los cultivos frente al tiempo seco y el tiempo excesivamente húmedo (Burpee, Brendan S, & Achmidt, 2015).

En zonas donde la lluvia es poca o los suelos degradados o arenosos tienen poca capacidad de retención de agua, los agricultores pueden espaciar las semillas con más distancia entre ellas para mejorar la productividad del agua y evitar la competencia por los escasos recursos hídricos. Sin embargo, en sitios con suficiente agua en el suelo, sembrar las semillas más cercanas entre sí (aumento de la densidad de plantas) aumentará la cantidad de biomasa que se produce, al igual que el rendimiento y la cantidad de cultivos por unidad de agua. El espaciamiento cercano significa que la cubierta del cultivo es más densa, la evaporación del suelo disminuye y parte del agua ahorrada es utilizado en la transpiración para el crecimiento de la planta (Rojas, 2001).

Los fertilizantes orgánicos aumentan la productividad del agua en fincas de secano, estimulan el crecimiento del cultivo y la producción de raíces; esto aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, reduce el estrés temporal de humedad en las plantas, mejora la estructura del suelo y evita la erosión de la rica capa arable. Los fertilizantes orgánicos están elaborados con material de origen animal o vegetal como compostaje, hojas, residuos de cultivos en descomposición, abono verde rico en nitrógeno, estiércol y lombricomposta. Los fertilizantes orgánicos también incluyen fertilizantes líquidos elaborados y fermentados en la finca (Catholic Relief Services, 2014).

Los fertilizantes orgánicos movilizan los nutrientes existentes del suelo para el buen crecimiento de los cultivos y liberan nutrientes a un ritmo más lento y más consistente que los fertilizantes inorgánicos comerciales. Ayudan a evitar el patrón de “abundancia y escasez”, que ocurre cuando los agricultores aplican fertilizantes inorgánicos comerciales. Una combinación de fertilizante orgánico complementado con fertilizante inorgánico da buenos resultados en términos de costos, mejoramiento de suelos, rendimientos y productividad del agua (Burpee, Brendan S, & Achmidt, 2015).

La agricultura de contorno se puede utilizar en terrenos con pendiente para sembrar y manejar cultivos a lo largo del contorno. Puede prevenir o controlar la erosión y la escorrentía, y almacena el agua en el mismo sitio para uso por cultivos, pastizales y árboles. Cuando se siembra en curvas de nivel, se siembra a lo largo de la misma elevación a través de la pendiente en ángulo recto con el flujo de la escorrentía (perpendicular a la línea de pendiente). Esto ahorra agua de lluvia y reduce la erosión, especialmente cuando se combina con la excavación de zanjas de infiltración en curvas de nivel y el mantenimiento de la cobertura de residuos de cultivos o la siembra de cultivos de cobertura (Ashby, y otros, 2001).

2.4.3.2. Manejo de Agua Superficial y de Agua Residual Doméstica

Las estructuras físicas y las prácticas vegetativas en el campo y paisaje también pueden cosechar agua para mejorar el manejo de este recurso. Millones de familias campesinas tienen menos agua de la que necesitan durante parte del año. La captación y el almacenamiento de la mayor cantidad de agua de lluvia como sea posible, cerca de donde cae, ayudará a estas familias a soportar períodos de tiempo seco. Una forma de lograrlo es construyendo estructuras físicas en la finca que hacen que la finca dependa menos de las aguas subterráneas y aumente el almacenamiento de agua en el suelo. Estas estructuras físicas incluyen terraplenes o lomos, trincheras de contorno o zanjas de infiltración, barreras de piedra en curvas de nivel, terrazas y canales de drenaje. Estas prácticas cambian el perfil de la pendiente y dividen una pendiente larga en varias más cortas, reduciendo de esta manera la cantidad y la velocidad de la escorrentía superficial al igual que la cantidad de daño que dicha escorrentía puede causar en épocas de fuertes lluvias (Food and Agriculture Organization, 1999).

Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación. Comúnmente se les conoce también como aguas servidas o aguas negras y la importancia de su tratamiento y descontaminación radica en la posibilidad de devolver el líquido a afluentes naturales, sin que represente un peligro para los seres vivos que tengan contacto con él, lo que constituye una forma de aprovechamiento del vital líquido, sobre todo en países que presentan escasez del mismo, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental (Medeiros S, Ferreira P, Soares A, Neves A, De Matos A, De Sousa J, 2005).

En países desarrollados, el uso de agua residual tratada es más común, como en los casos de Israel, Australia, Alemania y los Estados Unidos. Israel es el país que está a la vanguardia en el uso planificado de aguas residuales, se plantea que un 70 % del agua que demandará la agricultura en 2040 va a ser obtenida mediante el tratamiento de efluentes. Se estima que una décima parte o más de toda la población mundial consume actualmente alimentos que se producen con aguas residuales, aunque no siempre de una manera segura (Veliz Lorenzo, Llanes Ocaña, Fernández, & Bataller Venta, 2009).

2.4.3.3. Prácticas de uso del agua: Riego en pequeña escala con Agua Residual

Las aguas residuales son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente. Sin embargo, el predominio del uso de aguas residuales crudas o diluidas con aguas superficiales y el bajo porcentaje de aguas residuales tratadas en Colombia y en los países de América Latina, en general, generan riesgos en la salud pública, en especial cuando se utilizan para riego de cultivos para consumo directo. Para el reúso de aguas residuales se aconseja realizar siempre un tratamiento preliminar y primario; el tratamiento secundario, además de remover de manera eficiente materia orgánica y sólidos suspendidos, influye directamente sobre la estructura de algunos compuestos, como los de

nitrógeno, siendo importante tener en cuenta los requerimientos del cultivo a irrigar y el tipo de suelo (Silva, Torres, & Madera, 2008).

Orón, Guillerman, Manor, Halmut & Armon (2001) opinan que cuando se trata de reutilizar las aguas residuales, la técnica del riego por goteo es la más efectiva y segura, más aún si se trata de Riego por Goteo Subsuperficial (RGS), consiguiendo no solo suplir la deficiencia hídrica del cultivo, sino también contribuyendo al control de la contaminación ambiental. Crespi (2005) demostró que en la zona central de Argentina es posible reutilizar los efluentes municipales tratados mediante RGS, aprovechando un importante recurso hídrico, reduciendo el impacto ambiental y maximizando los beneficios agrícolas de diversos cultivos.

La obturación de emisores es su principal desventaja y está relacionado directamente con la calidad del agua utilizada siendo las obturaciones biológicas lo más difícil de controlar Durán-Ros, Puis Barqués, Arbat, Barragán, & Ramírez de Cartagena (2008). No obstante, Liu & Huan (2009) afirman que el RGS funciona adecuadamente si se tienen en cuenta ciertas operaciones preventivas, donde la limpieza de los filtros, la inyección de ácidos y el lavado de las líneas distribuidoras (flushing), se constituyen en medidas prioritarias en un programa de mantenimiento.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se detallarán los tipos, métodos y técnicas de investigación que se utilizaron para cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo de estudio.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación titulada “Modelo de Manejo Integral de Aguas Residuales que afectan la calidad del agua del canal de riego Peribuela Caso: Comunidad Peribuela” se fundamentó en la presencia de signos de contaminación por descarga directa de aguas residuales; tanto en las vertientes y ríos que alimentan al canal de riego Peribuela; usado principalmente para la irrigación de sus sistemas de producción agrícola.

La investigación se desarrolló en la Comunidad Peribuela de la Parroquia Rural Imantag, ubicada en la zona norte del área andina del cantón Santa Ana de Cotacachi, provincia de Imbabura, cuenta con 4941 habitantes y 22765 hectáreas de extensión, con una altitud de 1800 a 3200 metros sobre el nivel del mar.; la mayoría de la población es de etnia indígena y hablan dos idiomas el quichua y español (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo G.-I. , 2015).

Para la caracterización del componente biótico se realizó el estudio basado en los criterios de Evaluación Ecológica Rápida durante 4 salidas de campo, realizando los recorridos por las áreas que se evaluó con observaciones directas e indirectas de las diferentes especies de flora, se realizaron registros fotográficos alrededor del área de estudio y se complementó con diálogos y conversaciones con personas de la comunidad Peribuela.

El canal de riego en su totalidad tiene aproximadamente 5,7 km de longitud, con 5,34 km de revestimiento de hormigón que cubre una superficie de influencia de aproximadamente 342 ha dedicadas a la actividad agrícola, con un direccionamiento de este a oeste. El canal cubre gran parte del área productiva de la comunidad Peribuela que tiene alrededor de 13, 67 km de vías secundarias en el sentido del canal, orientación razonable ya que el desplazamiento del agricultor es a través de sus unidades productivas.

Al este del Cantón Cotacachi se sitúa la comunidad Peribuela, de acuerdo a lo que se muestra en la siguiente Figura 3-1

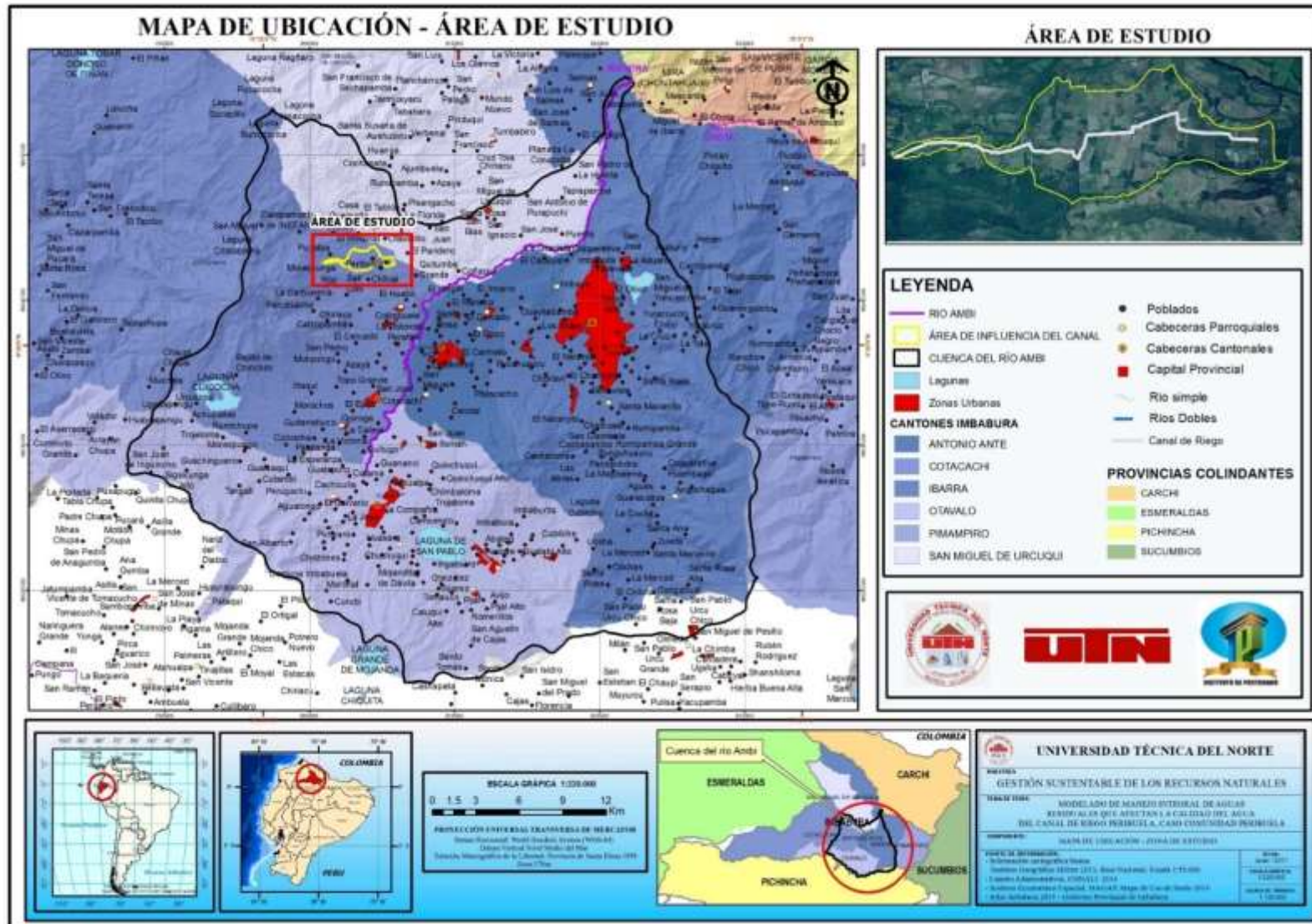


Figura 3- 1. Mapa de Ubicación del Área de Estudio

3.1.1. Aspecto Social

Según el tipo de ocupación de la población de Imantag, siendo ésta una parroquia eminentemente agrícola, el 42.1% de la PEA corresponde al sector de la Agricultura y Silvicultura, de los cuales 12% son mujeres y el 30% son hombres; el 7.3% se dedica a la manufactura (1.3% mujeres y 6.1% hombres); el 2.9% está ocupada en el sector del comercio al por mayor y menor (1.7% mujeres y 1.2% hombres); el 2.3% son empleados en instituciones del sector público (1% mujeres y 1.3% hombres), y, el 45.4% es asalariada (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo G.-I. , 2015).

Las principales enfermedades que padece la población son las siguientes: Gripe, tifoidea, cólera, bronquitis, sarampión, varicela, sarna, herpes, hongos, parasitosis, amigdalitis, enfermedades hepáticas, enfermedades renales, infecciones uterinas.

La tasa general de mortalidad en la parroquia de Imantag fluctuaría entre 12 y 17 por mil. La tasa de mortalidad infantil fluctuaría entre 65 y 85 por mil. Las enfermedades derivadas de la pobreza son las principales causas de esa alta tasa de mortalidad infantil.

A continuación, en la Tabla 3-1 se detalla el perfil epidemiológico de la Parroquia Imantag, actualizado hasta el año 2015

Tabla 3- 1. Perfil epidemiológico de la población en la Parroquia Imantag

CÓDIGO CIE	DESCRIPCIÓN	TOTAL
B829	Parasitosis intestinal sin otra especificación	270
J029	Faringitis aguda no especificada	247
A638	Otras enfermedades de transmisión predominantemente sexual especificadas	197
N760	Vaginitis aguda	190
N390	Infección de las vías urinarias sitio no especificado	123
J00X	Rinofaringitis aguda (resfriado común)	120
J039	Amigdalitis aguda no especificada	119
A09X	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	110
M545	Lumbago no especificado	69
A060	Disentería amebiana aguda	68
O261	Aumento pequeño de peso en el embarazo	58
D509	Anemia por deficiencia de hierro sin otra especificación	50
N300	Cistitis aguda	46
M791	Mialgia	44
N920	Menstruación excesiva y frecuente con ciclo regular	43

Fuente: Secretaría Nacional de Planificación Y Desarrollo – GAD Parroquial Imantag, 2015

3.1.2. Aspecto Agrícola

El suelo de la Parroquia Imantag no presenta un cambio significativo desde el año 2002 hasta el año 2015; en el cual el uso de suelo de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas es analizado y cambiado a uso de protección. En las diferentes parroquias rurales, como en Peribuela es frecuente el uso de suelo en las áreas agropecuarias y pecuarias por las actividades mismas que realizan, así como también la rotación de cultivos. En la Figura 3-2 y Tabla 3-3 se puede visualizar la similitud en sus características; sin embargo, la influencia del canal de agua de riego Peribuela-Imantag dejará concebir las escasas diferencias principalmente en el tema de producción agrícola. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo G.-I. , 2015).

En referencia al Plan Nacional del Buen Vivir, en su Objetivo 2 que reza “Consolidar el Estado democrático y la construcción del poder popular” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, 2013); se destaca que el Consejo Nacional de Competencias ha transferido la competencia para planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego y drenaje a los gobiernos provinciales; se encuentra aprobado el Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2027 (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2012) y se han transferido efectivamente a los Gobiernos Autónomos Descentralizados provinciales trece de los quince sistemas de riego públicos uni-provinciales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Transferencia Nacional de Competencias, 2011).

Existen comunidades con agua de riego constante, ya que los canales de riego pertenecen al Proyecto de Canal de Riego Peribuela, mientras que la comunidad de Perafán realiza su regadío los días sábados y domingos utilizando el agua que pertenece a la Junta de Agua del canal de riego Marquesa, bajo un horario establecido entre los señores de las haciendas aledañas a la comunidad, así como se detalla en la Tabla 3-2.

Tabla 3- 2. Juntas de agua y disponibilidad de riego

Junta de agua	Disponibilidad agua/horas/semana	Inundación %	Aspersión %	Goteo %	Gravedad %	Área regada
Peribuela	168	100				50
Colimbuela	168	100				20
Quitumba	168	50			50	50
Imantag	168	50			50	20
El Morlán	168	100				50
Perafán	168		20		80	20

Fuente: Secretaría Nacional de Planificación Y Desarrollo – GAD Parroquial Imantag, 2015

Con información del mes de diciembre año 2016, el canal de riego cubre una superficie de 342 ha aproximadamente cuya distribución del uso de suelo se describe en la Tabla 3-3 y se diseña en la Figura 3-2.

Tabla 3- 3. Distribución de cultivos en el área influenciada por el canal de riego Peribuela

Tipo de cultivo	Superficie (ha)	Detalle
Aguacate	7,8	Superficie directamente beneficiada por el canal de riego.
Babaco	0,6	Cultivo no tradicional que está ingresando en la comunidad.
Barbecho	23,38	Terrenos para futuras siembras.
Fréjol	45	Cultivo tradicional de la comunidad.
Hortalizas	0,68	Cultivos no tradicionales para consumo familiar.
Maíz	147,32	Principal cultivo del sector.
Tomate de árbol	42,28	Principal cultivo y el más rentable.
Terreno preparado	7,44	Por sembrar.
Bosque	44,55	Que es influenciado por el canal de riego.
Reservorios, invernaderos, quebradas, caminos, infraestructuras, entre otros	23	Existen construcciones, accidentes geográficos que están dentro del área de influencia del canal de riego.

Fuente: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – GAD Parroquial Imantag, 2015

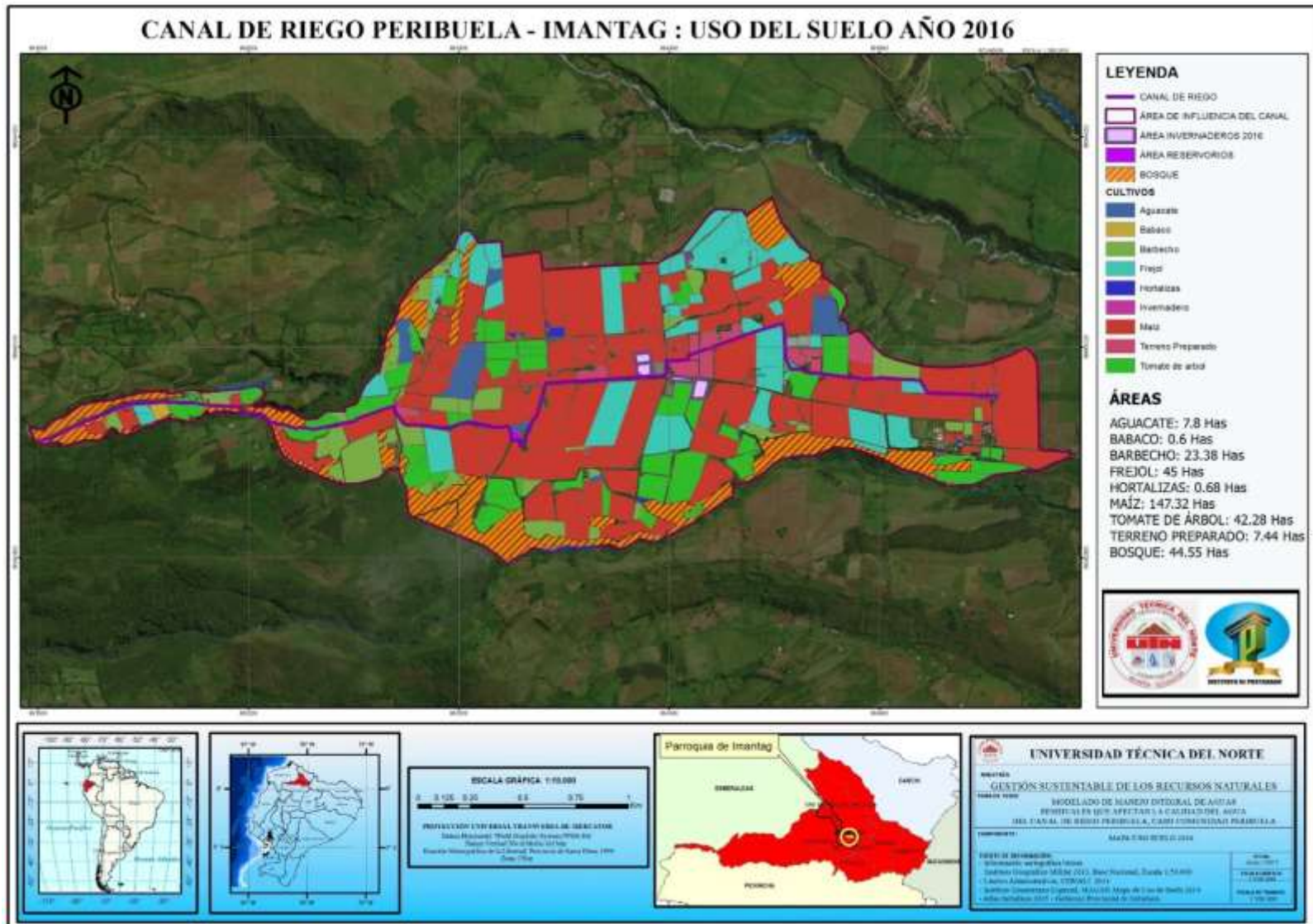


Figura 3- 2. Mapa de uso de suelo de la zona de influencia del canal de riego Peribuela 2016

3.1.3. Aspecto Ambiental

Álvarez, Giacalone & Sandoval (2013), refieren sobre la importancia de la subcuenca tanto en el área socioeconómica como ambiental. Las condiciones socioeconómicas se manifiestan por los recursos naturales proporcionándoles actividades para el desarrollo de la comunidad, además de espacio para un progreso social y cultural.

Ecológicamente, una subcuenca trae consigo hábitat para flora y fauna, conserva la biodiversidad, cuida la integridad y variedad de suelos, y con esto la pluralidad de cultivos del área influenciada (Alvarez, Giacalone, & Sandoval, 2013).

Los recursos mayormente degradados principalmente se deben a las actividades antrópicas como es la agricultura lo que ha generado la ampliación de la frontera agrícola y en consecuencia la alteración de otros factores bióticos.

Tabla 3- 4. Recursos naturales degradados o en proceso de degradación de la Parroquia Imantag

Recurso	Descripción del recurso bajo presión	Causa de degradación	Nivel de afectación
Flora	Bosques nativos, vegetación arbustiva	Deforestación, avance de la frontera agrícola	Medio
Fauna	Bosques nativos, vegetación arbustiva	Avance de la frontera agrícola	Medio
Agua	Cuenca, Subcuenca, Microcuenca	Deforestación y quema de páramos. Contaminación por aguas residuales de la cabecera parroquial	Alto
Aire	Olores	Aplicación de agroquímicos	Bajo

Fuente: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – GAD Parroquial Imantag, 2015

De acuerdo a los datos recopilados en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD Municipal del Cantón Santa Ana de Cotacachi (2015), el cantón Cotacachi y sus diferentes parroquias se encuentran influenciadas por un clima ecuatorial meso térmico semi-húmedo, caracterizado por una pluviométrica anual que oscila entre 1000 y 2000mm, distribuida en dos estaciones lluviosas, las temperaturas medias se sitúan entre 10 y 20°C y la humedad relativa entre 65 y 85%. Imantag posee rangos amplios de temperatura desde los 4 °C hasta los 16 °C debido a la topografía que tiene su territorio.

De acuerdo a las características de este clima, los pueblos se encuentran a una altura que varía entre los 1600 msnm y los 30000 msnm; de los cuales, sus lugares más altos que sobresalen son el volcán Cotacachi a 4.944msnm y el Yanahurcu de Piñan a 4.535 msnm como lo detalla la tabla 3-5. En la figura 3-5 se muestra la ubicación de las diferentes estaciones hidrológicas con respecto al canal de riego Peribuela.

Tabla 3- 5. Datos climáticos Comunidad Peribuela

Altura	Pluviosidad	Temperatura	Área	Clima
1600 a 3000 msnm	1000 a 2000 mm	4 a 16 °C	22765 ha	Ecuatorial meso térnico Semihúmedo 32% Ecuatorial de alta montaña 68%

Fuente: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – GAD Parroquial Imantag, 2015

Las microcuencas correspondientes a los ríos Pitura, Pantaví, Cariyacu y Yanayacu, Quebrada Pilchihuycu y drenajes menores se encuentran ubicados dentro de dos grandes subcuencas denominadas Río Mira y Río Guayllabamba que a su vez se sitúan geográficamente en el sistema Mira y Esmeraldas, en la tabla 3-6 se detalla el área que cubre cada uno de los sistemas, subcuencas y microcuencas.

Tabla 3- 6. Microcuencas circundantes a la Parroquia Imantag

Sistema	Subcuenca	Microcuenca	Área (ha)
Mira	0201 Río Mira	Drenajes menores	1011,66
Esmeraldas	1201 Río Guayllabamba	Río Pitura	7486, 43
Esmeraldas	1201 Río Guayllabamba	Quebrada Pilchihuycu	1759,19
Esmeraldas	1201 Río Guayllabamba	Río Pantaví	3134,90
Mira	0201 Río Mira	Río Cariyacu	8736,64
Mira	0201 Río Mira	Río Yanayacu	636,19
			22765,00

Fuente: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – GAD Parroquial Imantag, 2015

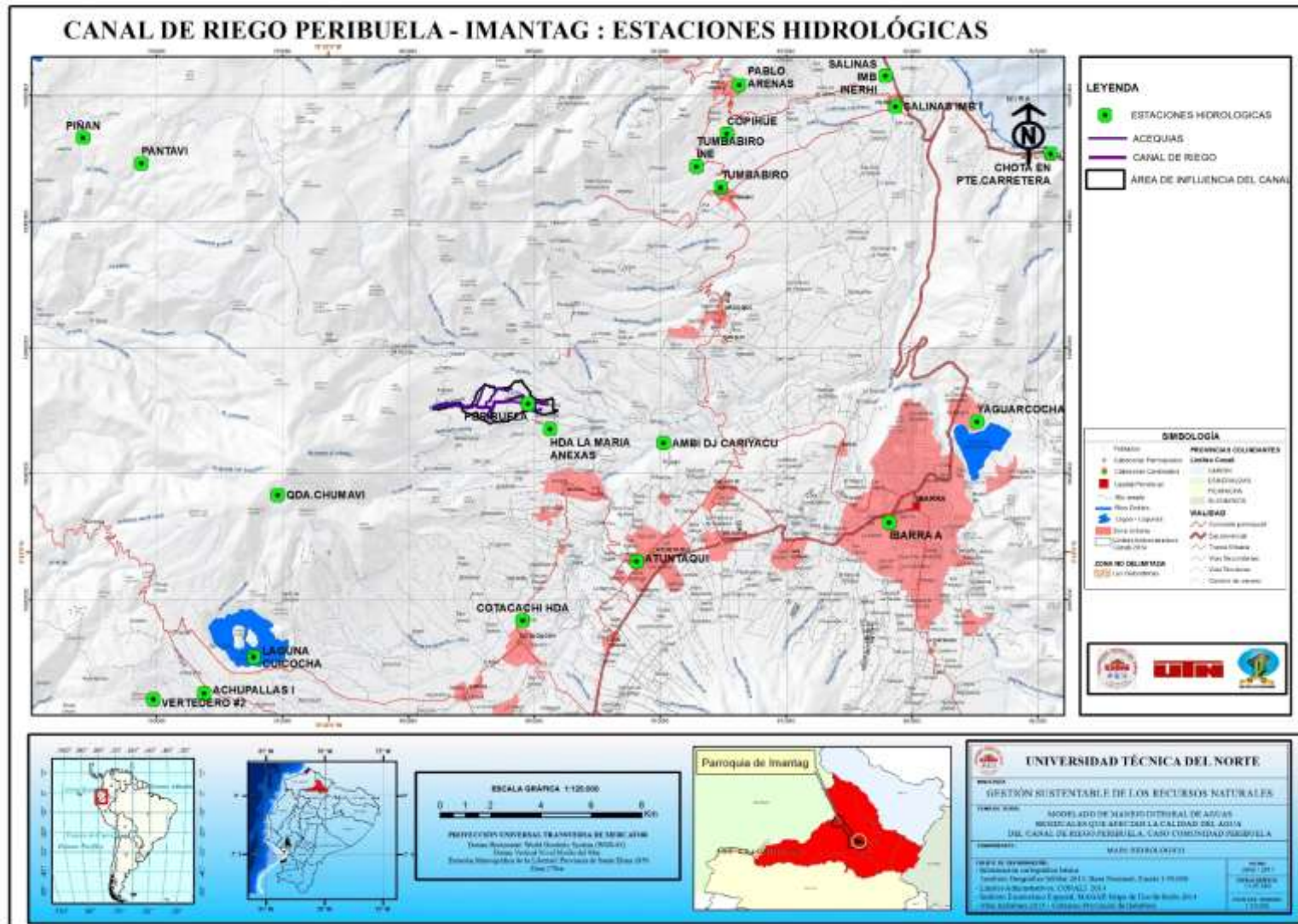


Figura 3- 3. Estaciones Hidrológicas cercanas al Canal de Riego Peribuela

3.1.4. Cuenca del Río Mira

La cuenca del Río Mira está constituida por diez subcuencas, una de estas subcuencas es la del Río Ambi que tiene un área total aproximada de 1099,8 km² y está conformada por nueve microcuencas.

El río Ambi recorre desde sus orígenes en los sentidos sur-noreste desde el cerro Imbabura, sureste-noreste desde el nudo de Mojanda, en dirección este-noreste desde la laguna de Cuicocha y el nevado Cotacachi. Complementariamente, desde el cerro Yanahurcu, límite norte de la subcuenca, los ríos Cariyacu y Huarniyacu confluyen al Ambi en sentido norte sureste. La elevación media de la subcuenca es de aproximadamente 2.640 msnm, siendo la máxima 4.660 msnm y la mínima 1.600 msnm en la confluencia del Ambi con el río Chota. El área total de la subcuenca del Río Ambi es de 111.191 hectáreas (SWECO Internacional & ORGUT Consulting, 2004).

En la Microcuenca del Curso Inferior del Río Ambi, el Río Ambi es el drenaje principal de la microcuenca; las vertientes tienen una muy fuerte inclinación y, en gran parte debido a ello, la protección vegetal de sus vertientes y riberas es aceptable. Los cambios en la cobertura vegetal se reflejarán rápidamente en la calidad del agua de las mismas y en el agua que es transportado por el canal de riego Peribuela.

El río Ambi es una subcuenca que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Mira. Esta subcuenca cubre los Cantones de Ibarra, Antonio Ante, parte de Cotacachi y Otavalo. Abarca además las tres principales lagunas de la Provincia, San Pablo, Cuicocha y Yahuarcocha. El canal de riego Peribuela está rodeado por las quebradas Grande y Tushila y rodeada por la micro cuenca del río Gualavi y el río Alambi, ríos que tienen influencia directa en la Comunidad de Peribuela como a continuación lo detalla la Figura 3-4.

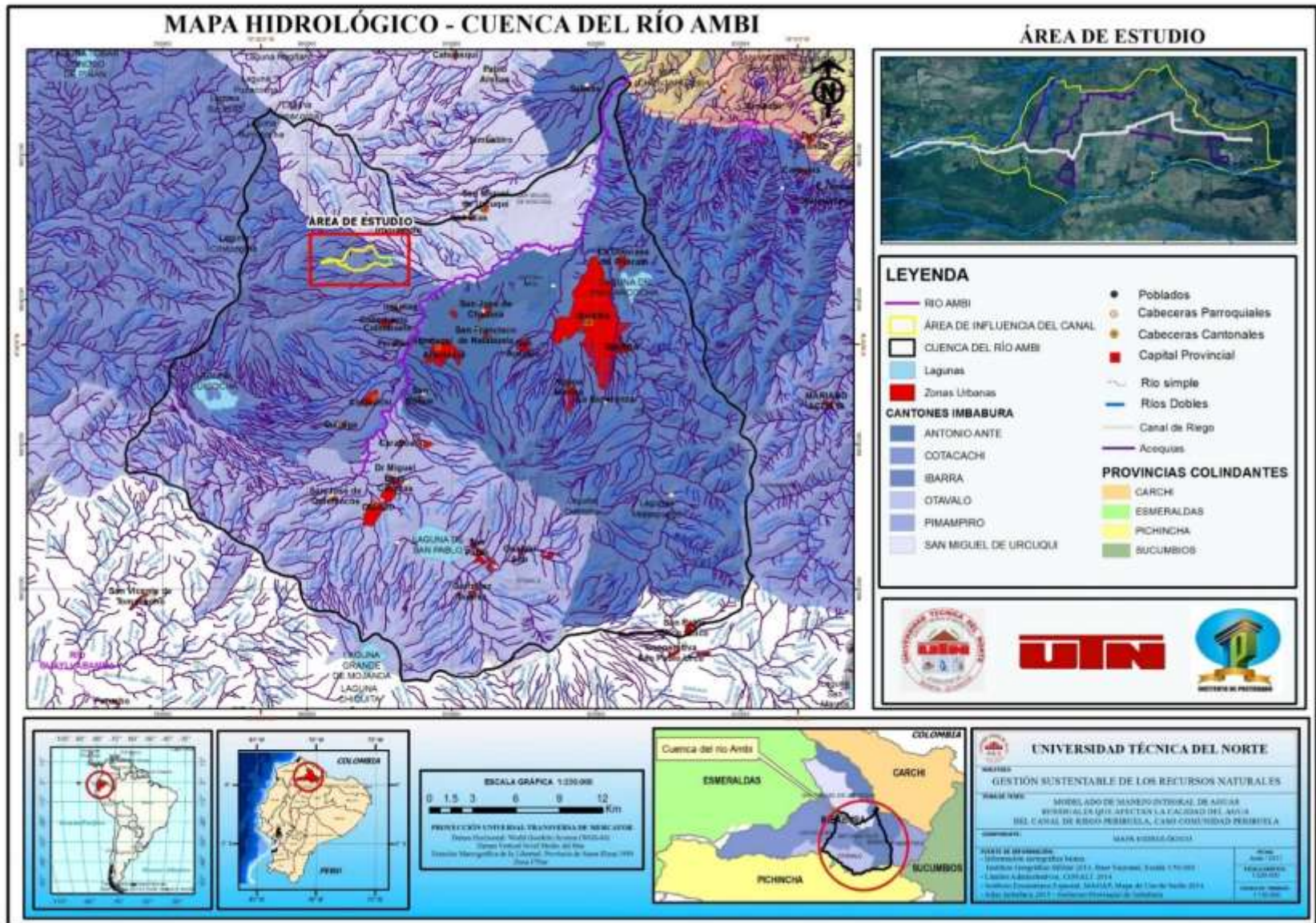


Figura 3- 4. Mapa Hidrológico de la Cuenca del Río Ambi

3.1.5. Antecedentes del canal de riego Peribuela-Imantag

Una de las responsabilidades de la Corporación Regional Sierra Norte – CORSINOR (ahora desaparecida) fue apoyar con el desarrollo rural, seguridad alimentaria y la competitividad agropecuaria mediante el riego drenaje de tierras y control de inundaciones, en el marco del manejo sustentable del recurso hídrico en las Cuencas Hidrográficas de su competencia. Dentro de uno de sus proyectos era mejorar la eficiencia en la gestión social, económica y ambiental de los sistemas de riego el Morlán, Colimbuela, Quitubí y Peribuela, pertenecientes a la parroquia de Imantag del Cantón Cotacachi.

Este problema conllevó al proyecto Rehabilitación de la infraestructura de riego y fortalecimiento de los Juntas de Agua El Morlán, Colimbuela, Quitubí y Peribuela del cantón Cotacachi, planteado en el año 2007 por parte de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) con un costo total de US\$ 656,220.42. El revestimiento del canal de riego para la comunidad de Peribuela, tenía como objetivo mejorar el nivel de vida de los usuarios del sistema de riego comunitario, para su logro se mejoró la infraestructura hidráulica existente garantizando una mejor eficiencia de conducción de la acequia La Chiquita.

La acequia de Peribuela se encuentra ubicada entre la microcuenca del río Alambi y río Gualavi (quebrada Tushila y quebrada Grande), subcuenca cuenca del Río Ambi, cuenca del Río Mira. La dotación del recurso hídrico para el sistema de riego de Peribuela se hace mediante dos fuentes de captación y un trasvase. La bocatoma es en el río Huarniyacu y la vertiente Sacha potrero en la cota 2900 msnm con un caudal aproximado de 0.441 m³/s en una distancia de 18.90 m y en un intervalo de tiempo de aproximadamente 12.85 segundos, datos obtenidos in situ.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En este estudio se aplicó una investigación descriptiva que coadyuva a interpretar las características de la población de Peribuela, los aspectos históricos, socio-económicos, geográficos, ambientales y su problemática. Esta investigación sirvió como insumo fundamental para la consecución de las diferentes etapas de la misma; en la definición y formulación de supuestos que fueron verificados, sistematización de marco teórico;

determinación de población y muestra de estudio; categorización de datos obtenidos con la finalidad de establecer relaciones entre ellos, interpretarlos y finalmente establecer un modelo o propuesta que será el resultado de la verificación y validez del instrumento utilizado. Todas estas etapas hacen posible la cohesión del trabajo investigativo, que es fruto de un proceso de consulta, discusión y recopilación de información.

De igual manera, fue necesaria la aplicación de la Investigación Documental, ya que se realizaron indagaciones de forma ordenada bajo los lineamientos de los objetivos propuestos, brindó la posibilidad de indagar información en diferentes plataformas tecnológicas, sitios web a nivel nacional e internacional con el propósito de conseguir instrumentos científicos que aporten como base en el desarrollo del caso de estudio y con la construcción del conocimiento; de entre ellos los contenidos más destacados fueron temas ambientales, legislación referente a manejo del recurso hídrico y demás. Especialmente se compiló información en la Biblioteca Virtual de la Universidad Técnica del Norte.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue enmarcada bajo un Diseño de Investigación No Experimental o *expost-facto* ya que en ella se pudieron establecer relaciones entre variables sin precisar sentido de causalidad y controlar las variables que intervienen en el proceso.

Este tipo de investigación, fue indispensable mientras se mantuvo contacto directo con el objeto a investigar; es decir, se consideró una investigación planteada bajo un enfoque mixto; (cuantitativo y cualitativo) en las diferentes etapas de la misma, principalmente en la etapa de recolección de datos sobre los recursos que intervienen en la cuenca del Río Mira, su demografía y geografía. De la misma manera se planteó un diseño transeccional correlacional en la etapa no experimental de toma de muestras en campo; ya que se estudió el comportamiento de diversas variables de la actuación de un grupo social y luego se establecieron las relaciones que se dan entre dichas variables.

Se diseñó por fases, ya que éstas permitieron la búsqueda, organización, clasificación y procesamiento de la información, la cual ayudó a obtener los elementos necesarios y suficientes para el desempeño de cada uno de los objetivos propuestos.

Previo al desarrollo de la Fase 1, la investigación se inició con un reconocimiento del área de estudio, se efectuó una evaluación ecológica rápida desde la bocatoma del canal de riego (ver Figura 3-5) en las coordenadas UTM: 17N 801089 42862 hasta las coordenadas UTM: 17N 801199 42644; en este primer tramo recientemente se construyó una caja repartidora. De aquí en adelante se pudieron encontrar evidencias de actividades agrícolas y ganaderas, apertura de caminos y senderos para permitirse el traslado de productos hacia los pueblos y ciudades vecinas.



Figura 3- 5. Primer tramo del canal de riego, sin intervención de actividades agrícolas

Según Dussaubat & Vargas (2005), el ser humano ha tenido la indagación de medir el comportamiento del agua sea este en movimiento o en reposo, siendo el más importante el caudal, puesto que a través de él se cuantifican consumos, se evalúa la disponibilidad del recurso hídrico y se planifica la respectiva gestión de la cuenca. Es así que se eligió usar el método del flotador visible incorporado a la corriente, que discurre por un tramo de longitud conocida con circulación uniforme, durante un tiempo medido con un cronómetro que permite el cálculo de la velocidad del agua.

Se realizaron diferentes mediciones de campo con la finalidad de determinar el área del canal, la velocidad con la cual se traslada el fluido dentro del canal abierto como se presenta en el organigrama de caudal en la figura 3-6; y con dichos datos se pudo obtener el Caudal del canal de riego Peribuela; dato de suma importancia que fue incorporado dentro de las variables a analizar.

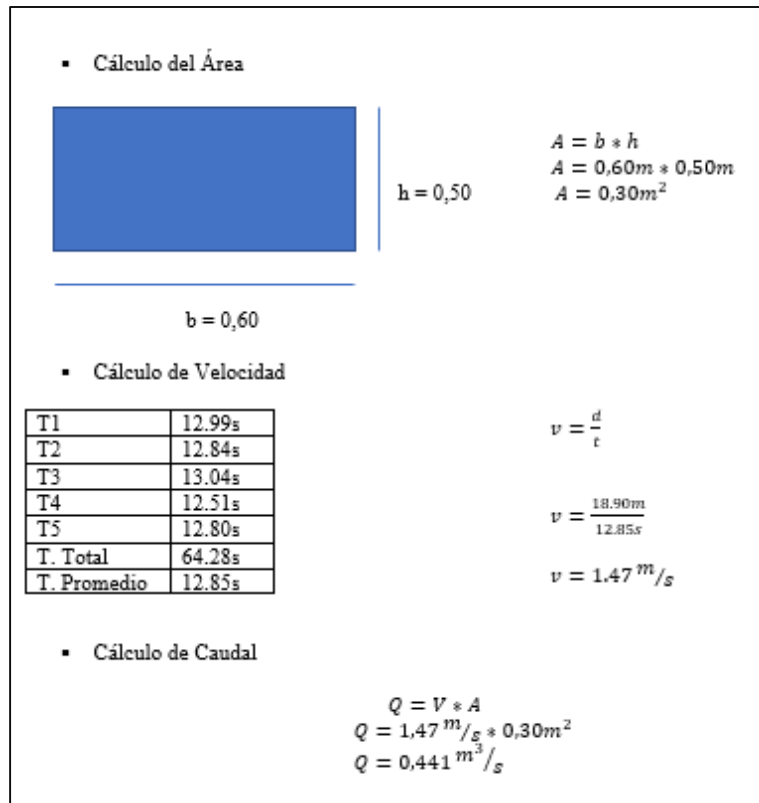


Figura 3- 6. Organigrama de medición de caudal

Posteriormente, se llevó a cabo el levantamiento fotogramétrico (Figura 3-7) con el uso de vehículo aéreo no tripulado o dron mediante una planificación de vuelo automatizado del área de estudio a una altura de 150 metros, con un solape longitudinal y lateral del 75% entre cada fotografía, con una duración de vuelo aproximada de 2 horas, cubriendo un área aproximada de 300 hectáreas.



Figura 3- 7. Levantamiento fotogramétrico con el uso de dron

El equipo tecnológico utilizado fue un drone tipo copter de 8 hélices, de marca LISSx8 – LAS, con un sensor RGB Canon SX260 de 12.1 megapíxeles. (Figura 3-8)



Figura 3- 8. Drone tipo Copter de 8 hélices marca LISSx8 – LAS

Los datos obtenidos por el drone fueron exportados, analizados y sistematizados con la ayuda del software ARCGIS, para posteriormente proceder con el diseño y elaboración de todos los mapas que sirvieron de insumo para la representación gráfica de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

Entrando ya en la Fase 1, con la ayuda del Mapa de Uso de Suelo y el Mapa Hidrológico de la comunidad Peribuela del año 2016 se identificaron las fuentes de contaminación física del agua del canal de riego; considerando los parámetros sugeridos y mencionados en la metodología de Bartram & Ballance (1996). Seguidamente se identificaron las fuentes de contaminación física, como la accesibilidad física a la zona, vertido de aguas domésticas e industriales a la zona, uso del recurso hídrico y fuentes puntuales de contaminación, se complementó dicha metodología con una evaluación ecológica rápida de la flora de todo el canal de riego.

En la fase 2, y de acuerdo a Bartram & Ballance (1996), se establecieron 5 puntos de muestreo en un río, ya que dicho cuerpo de agua comparte similitudes con los canales de riego abiertos, como es el caso del Canal de Riego Peribuela. Por lo cual, se seleccionó e identificó el mismo número de puntos de muestreo a lo largo del canal, y con los resultados

de los análisis de las muestras de calidad de agua, dicha información fue integrada a la fase 1, en la identificación de fuentes de contaminación química y microbiológica. Es por ello que, en el canal de riego Peribuela se seleccionaron e identificaron 5 puntos de muestreo a lo largo del mismo como se muestra en la tabla 4-1 y en la figura 4-2.

El muestreo fue realizado por el autor de la investigación en forma sencilla, siguiendo algunas indicaciones referidas al tipo de recipiente para contener la muestra. Ya que el agua a muestreada procede de un canal de agua de riego, la muestra fue tomada en zonas donde el agua está en movimiento evitando zonas estancadas.

Se tomó la muestra entre 5-15 cm por debajo de la superficie, se sumergió el envase y se llenó con la muestra evitando la extracción de la película superficial. Una vez que las muestras fueron extraídas, éstas fueron enfriadas inmediatamente en cada punto de muestreo. Los recipientes fueron entregados cerrados herméticamente con su debida etiqueta de identificación y protegidos de la luz y el calor.

Aproximadamente 15 horas después de su muestreo, las muestras fueron trasladados al Laboratorio Automatizado de la ciudad de Ibarra, en donde fueron analizados los indicadores que se muestran en la tabla 2 de los anexos, de acuerdo a las metodologías internacionales que han sido contrastadas y validadas con la metodología nacional ambiental vigente.

Adicionalmente se contraponen los resultados de los análisis de calidad de agua basándose en los valores de los parámetros estipulados por la Normativa Ambiental ecuatoriana vigente referente a los índices de calidad considerados como agua para consumo humano y doméstico que requiere tratamiento convencional, criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola (Ministerio del Ambiente del Ecuador, TULAS. Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, 2002) la legislación determinada por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169 en la cual se analizan los parámetros, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Norma Técnica Ecuatoriana, 1998).

Con los resultados obtenidos en laboratorio que se detallan en el capítulo IV de resultados, se compararon los valores de los parámetros medidos con los establecidos por la

Normativa Ambiental ecuatoriana vigente referente a los índices de calidad considerados como agua para consumo humano y doméstico que requiere tratamiento convencional, criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, (Ministerio del Ambiente del Ecuador, TULAS. Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, 2002) la legislación determinada por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169 en la cual se analizan los parámetros, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Norma Técnica Ecuatoriana, 1998).

En la fase 3, la metodología trabajada consistió esencialmente en revisión de literatura y de documentos de los diferentes aspectos relacionados con la normatividad y la aplicación de instrumentos de gestión del agua en Ecuador. Dentro de esta misma estrategia se revisó documentación sobre políticas internacionales de gestión del agua asociadas a eventos internacionales, se revisaron artículos sobre lineamientos y estrategias del agua realizadas en países con alta tradición en el tema, en particular Colombia, Brasil, Francia, Alemania, España y EEUU (Prota, 2011; Rojas Padilla, y otros, 2013).

Con ello se pudo determinar que, el agua del canal de riego Peribuela cumple con los parámetros de calidad establecidos como agua de uso agrícola, exceptuando únicamente dos parámetros que, globalmente no presentan una alerta de contaminación de agua.

Con el fin de entender mejor la aplicación de los instrumentos de gestión del agua en el Canal de Riego Peribuela dentro de la cuenca hidrográfica del Río Mira se consideró como documento base el Manual de Bolsillo 3; Manejo de los recursos hídricos: Preparando a familias campesinas con pequeñas fincas para adaptarse al cambio climático de los autores Burpee, Brendan y Achmidt (Burpee, Brendan S, & Achmidt, 2015).

3.4. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo y la información técnica recopilada, se estableció la realización de un análisis multivariado con la ayuda del software estadístico STATISTICA.

- **Análisis Estadístico**

Para esta investigación se realizó un análisis comparativo, basado en los resultados de los análisis físico, químico y microbiológico de cinco sitios de muestreo a lo largo del canal de Riego Peribuela y realizando un agrupamiento estadístico mediante análisis multivariado, usando en Software Statistica V. 10 (demo)

- **Análisis Multivariado**

El análisis se lo realizó mediante la técnica denominada Análisis Multivariado conocido como Taxonomía Numérica (por tratarse de variables cuya expresión es numérica), este análisis permitió la evaluación numérica de la similitud entre unidades taxonómicas operativas (Sitios de muestreo) y se basó en la elección de las variables físicas, químicas y microbiológicas del agua, tantas como sea posible (Rodríguez Salazar, Álvarez Hernández, & Bravo Núñez, 2001).

- **Etapas del Análisis Multivariado**

Selección de las Unidades Taxonómicas Operacionales (OTU's) o Sitios de Muestreo

Esta selección permitió considerar como unidades de trabajo cualquier Sitio de muestreo a lo largo del canal. De esta manera fue posible trabajar tanto las relaciones de distancias o similaridad entre los sitios escogidos. Los agrupamientos obtenidos, a su vez, generan subgrupos que ayudan a la interpretación de los datos.

Selección y definición de los caracteres a emplear

Para esto se siguieron las orientaciones establecidas por Rodríguez Salazar, Álvarez Hernández & Bravo Núñez (2001), que especifica que el empleo de numerosos caracteres (variables) es imprescindible, originalmente se estimó que su número no debía ser inferior

a 10, aunque esta recomendación carece de bases teóricas. Por lo que para la presente investigación se tomaron 27 parámetros, tanto físicos, como químicos y microbiológicos.

Cálculo de la matriz de coeficientes de similitud o disimilitud entre los Sitios de Muestreo (OTU'S)

Utilizando el paquete Statistica V.10 (demo) y la distancia de Gower se estimó la similitud entre cada par de entradas (sitios de muestro) (Demey, Laura Pla, Vicente Villardón, & Di Rienzo, 2018). Se calculó con el siguiente coeficiente de asociación:

$$S(x_1, x_2) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

Donde:

- $S_i = 1$, cuando se presenta un arreglo en los datos
- $S_i = 0$, cuando no se presenta un arreglo en los datos
- n = número de variables

En este sentido el coeficiente toma la siguiente forma:

$$S(x_1, x_2) = \frac{\sum_{i=1}^n W_i S_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde:

- $W_i = 1$, cuando se tienen los valores de la variable i para ambas muestras
- $W_i = 0$, cuando no se tiene el valor de la variable i , para cualquiera de las dos muestras

Además se calculó una Matriz de Distancia Euclideana:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - x_{kj})^2}$$

Donde:

- D_{ij} = distancia entre los casos i y j
- X_{kj} = valor de la variable X_k para el caso j

$$D_{(p1,p2)} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

▪ **Métodos de ordenación**

Estos métodos se basaron en la posibilidad de representar mediante puntos en un espacio bi y tridimensional las relaciones de afinidad entre las OTU's de tal manera que mientras más cerca se encuentren dos OTU entre sí más estrechamente relacionadas estarán. La técnica de ordenación que se aplicó fue: Análisis Discriminante a fin de obtener el Valor Discriminante y finalmente el Análisis de Distribución Espacial de los grupos formados.

▪ **Interpretación de los Dendrogramas y/o resultados gráficos**

Finalmente, tanto los métodos de agrupamiento como los de ordenación permitieron visualizar de manera práctica y objetiva las relaciones entre los Sitios de Muestreo, lo que permitió establecer las conclusiones y generar recomendaciones en cuanto a la afinidad de los sitios.

Es importante aclarar que tanto los resultados obtenidos por los análisis de agrupamiento como aquellos obtenidos por métodos de ordenación no son sino representaciones de las relaciones entre las OTU emanadas de una matriz de similaridad, y no una clasificación en sí misma por lo que depende en gran medida del investigador la interpretación correcta de los resultados como lo detalla Demey, Laura Pla, Vicente Villardón & Di Rienzo (2018).

3.4.1. Métodos

Para el desarrollo de la investigación se analizó la utilización tanto del método inductivo como del deductivo, a pesar de ser métodos opuestos y ofrecer elementos diferentes a la hora de llevar a cabo la investigación. Por su naturaleza, fueron requeridos en las diferentes fases en las cuales se fue desarrollando la investigación científica.

El método inductivo debido a su propiedad de flexibilidad y aptitud para desarrollarse en la etapa de exploración fue implementado para el cumplimiento en especial en el primer objetivo y a brindar las respuestas de las preguntas de investigación planteadas en el capítulo I.

Por el contrario, el método deductivo estuvo orientado en la etapa de análisis y cotejamiento de datos obtenidos en campo con la legislación ambiental vigente y finalmente en el planteamiento de los lineamientos para evitar la contaminación del agua del canal de riego Peribuela.

3.4.2. Técnicas e Instrumentos

Son los medios empleados para recolectar información, en este caso se destaca la Observación, Muestreo y Procesamiento de Información.

3.4.2.1. Observación

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; es por ello que se consideró como primer paso esta técnica para obtener el mayor número de datos en campo. Gran parte del acervo de conocimientos in situ fue lograda mediante la observación. Para el progreso de la investigación se plantearon 4 tipos de observaciones, entre todos se complementan para obtener mejores resultados en el procesamiento de la información.

La observación directa fue imprescindible en la etapa en la cual se puso en contacto directo con el área de estudio y el objeto de la investigación. La observación indirecta fue implementada en el momento en el cual, a través de otras miradas, mediante libros, informes, revistas e investigaciones realizadas anteriormente por otras personas se pudo obtener información relevante e importante.

Fue imperioso realizar una observación participante y estructurada, en la cual se involucró desde adentro con el objeto, muestra y población de estudio de una manera estructurada apoyada de fichas técnicas, cuadros y formularios de evaluación ecológica rápida previamente elaboradas por el autor.

3.4.2.2. Muestreo

La población finita y accesible definida para la investigación se detalla en función del canal de riego Peribuela, de sus 5,7 km de longitud desde su bocatoma hacia su desembocadura final al reservorio privado del Sr. René Zapata.

La muestra extraída de la población y que fue analizada es la calidad de agua del canal de riego Peribuela que es transportada a lo largo de los 5,7 km de canal. Para dicho efecto se tomó una muestra compuesta, formada por dos o más muestras o sub-muestras, mezcladas en proporciones conocidas, de la cual se puede obtener un resultado promedio de una característica determinada. Las proporciones para la mezcla se basan en las mediciones del tiempo y el flujo.

Se aplicó un muestreo puntal para agua corriente con la finalidad de establecer un programa de muestreo más extensivo. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad.

Es un muestreo no probabilístico intencional, por tomar las muestras en forma independiente con carácter técnico, siendo una muestra con probabilidades de no ser elegidos.

3.4.2.3. Procesamiento de Información

Para el procesamiento de datos se utilizaron diversas herramientas como las que se detallan a continuación: Registros ambientales (Fichas Ambientales, Bitácora Ambiental), Registros fotográficos (Cámara fotográfica-bitácora fotográfica), Mapas (Drone y Arc-Gis), Diseño estadístico (Software estadístico STATISTICA V.10 demo); Excel, Tablas y Matrices.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y PROPUESTA

4.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Las fuentes de contaminación fueron determinadas de acuerdo a la metodología planteada anteriormente, además con la ayuda gráfica del uso de suelo y la hidrología de la zona en la cual se sentó la investigación; hicieron que la identificación que se describe a continuación haya sido lo más sistemática y concisa posible.

4.1.1. Accesibilidad física a la zona

La Parroquia Peribuela cuenta con una vía de acceso de tercer orden (empedrado) en la cual se puede acceder mediante transporte público (bus) o vehículos y camionetas. El área de investigación es altamente accesible ya sea con vehículos pequeños mediante caminos vecinales

4.1.2. Vertido de aguas domésticas e industriales a la zona

La comunidad de Peribuela cuenta con una población estimada de 500 habitantes distribuidos entre los 2900 y 2940 msnm; de los cuales, mediante conversaciones mantenidas con los comuneros se conoció que ninguna de las familias cuenta con pozos sépticos revestidos de hormigón; siendo éste un factor de riesgo que provoca la contaminación del recurso suelo por la filtración de lixiviados y éstos a su vez podrían contaminar fuentes de agua como el canal de riego Peribuela.

4.1.3. Uso del recurso hídrico

Según información de SENAGUA la parroquia de Imantag posee 127 concesiones de agua, las cuales están distribuidas en: 26 para uso doméstico, 1 para Piscicultura y 100 para riego. De esta información se puede indicar que el uso del agua está concentrado en el 78% para riego. En este caso se hace necesario el fortalecimiento de las Juntas de Agua para la buena distribución y manejo de los recursos hídricos.

La población de la parroquia hace uso del recurso hídrico para consumo humano y también para irrigar sus sembríos en la agricultura, este último que es canalizado mediante el canal de riego revestido de hormigón, como su principal medio de vida; ya que la parroquia es altamente agrícola, como se muestra en la figura 3-4.

4.1.4. Fuentes puntuales de contaminación

Se determinaron cuatro fuentes de contaminación puntual dentro de los cinco puntos muestreados:

- En la caja rompe presión
- Partidero de las 4 esquinas
- Tramo del canal de riego sin revestimiento de hormigón.
- Reservorio de agua (al final del canal)

4.1.5. Evaluación ecológica rápida de la flora

Una vez en el sitio de muestreo se procedió a llenar la cartilla ambiental, registrando los detalles del sitio y sus alrededores tipos de uso de suelo (cultivos, ganadería, especies menores etc.); vertimientos y desechos que se detecten; la presencia de plantas acuáticas espuma, nata grasa, olor característico del agua, etc.

Con los resultados químicos y microbiológicos de los análisis de calidad de agua del canal de riego se corroboró la ubicación idónea de las fuentes de contaminación que anteriormente fueron reconocidas mediante un análisis físicamente primario.

Finalmente se realizó una recolección de las diferentes especies de flores que se encontraron a lo largo del canal de riego; luego de ello se procedió a la identificación de las mismas; las cuales no formaban parte del grupo de especies bioindicadores de calidad de agua. Por lo cual, dicha información fue irrelevante en el desarrollo de la investigación y en la postulación de los resultados referentes a la calidad de agua y la propuesta de manejo integral del recurso dentro de la cuenca y subcuenca.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL DE RIEGO PERIBUELA

Como lo describe el siguiente diagrama ombrotérmico de la estación hidrológica Ibarra del año 2010, existen dos épocas climáticas, seca y lluviosa; de las cuales la época seca contempla los meses de julio y agosto ya que tiene los niveles más bajos de precipitación promedio durante sesenta años; y la época lluviosa contempla dos períodos, de enero a mayo y de septiembre a diciembre; siendo abril, el mes potencialmente más lluvioso del año.

En este caso la muestra de agua fue tomada por una sola ocasión durante el estudio, en el mes de agosto del año 2017 debido a que los contaminantes se concentran en mayor cantidad en aguas durante época seca. En la época de verano se presencia menores valores de pluviosidad y por ende de disponibilidad de agua para riego; dado dicho preámbulo, se consideró la posibilidad de muestrear el canal de riego por una únicamente ocasión durante el período de investigación que duró aproximadamente 1 año; ya que sería irrelevante muestrear en época invernal, pues los contaminantes presentes en el agua no se diluirán en mayores cantidades de agua.

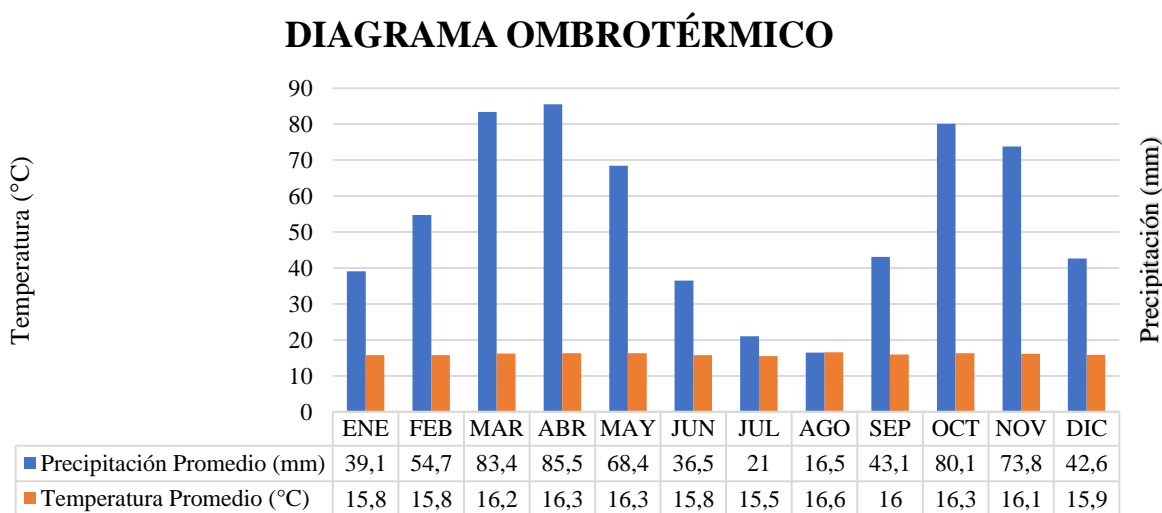


Figura 4- 1. Diagrama Ombrotérmico Estación Ibarra M053
Fuente: INAMHI (2010)

En el canal de agua de riego Peribuela fueron tomados 5 puntos de muestreo; que fueron analizados desde el punto de vista físico, químico y microbiológico en el laboratorio Automatizado, ubicado en la ciudad de Ibarra, acreditado por la autoridad competente. A

continuación, en la tabla 4-1 se describe la ubicación de cada una de las muestras que fueron tomadas durante las primeras horas de la mañana y acatando los lineamientos estipulados en la metodología.

Tabla 4- 1. Puntos GPS de muestreo

CÓD. DE MUESTRA	NOMBRE DEL SITIO	CANTÓN	PARROQUIA	LONGITUD (x)	LATITUD (y)
CRP-01	Canal de reparto Chaupi	Cotacachi	Imantag	17N 800976	42568
CRP-02	Caja rompe presión	Cotacachi	Imantag	17N 802689	42714
CRP-03	Partidero 4 esquinas	Cotacachi	Imantag	17N 803985	42895
CRP-04	Canal sin revestimiento de hormigón	Cotacachi	Imantag	17N 805958	42498
CRP-05	Reservorio de agua	Cotacachi	Imantag	17N 805917	42475

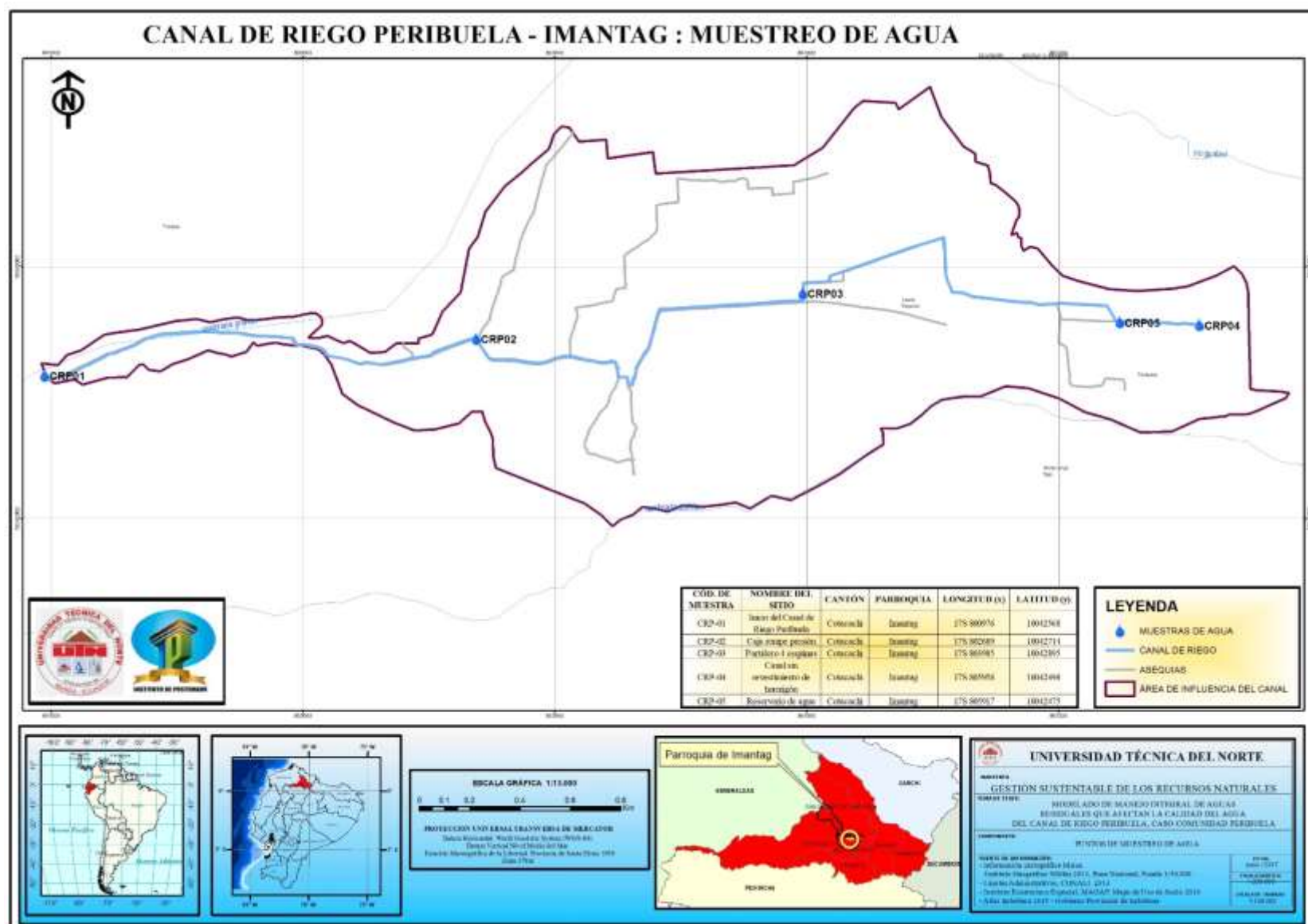


Figura 4- 2. Ubicación de los puntos de muestreo dentro del canal de riego Peribuela-2017

En la tabla 4-2 se presenta una tabla resumen de los valores más representativos y objetos del análisis que posteriormente se realiza en cinco de ellos; de igual manera la hoja resumen completa se encuentra detallada explícitamente en el Cuadro 10 en el apartado de anexos.

Tabla 4- 2. Resultados representativos de los análisis físico, químico y microbiológicos de las muestras de agua colectadas a lo largo del canal de riego

PARÁMETROS	UNIDAD	MUESTRA CRP-01	MUESTRA CRP-04	MUESTRA CRP-05	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES
		8.24	8.44	7.54	
Ph (200 C)		0	1	3	4.5 – 9.5
Color	UTC	0	2	2	Hasta 5
Turbiedad	NTU	300	270	318	Hasta 3
Conductividad	pS/cm	12.16	33.76	0.00	Hasta 500
Hierro Total	mg/l	11.71	7.64	7.07	Hasta 0.3
Alcalinidad	mg/l	106.82	87.81	95.56	Hasta 250
Dureza Total (CaCO₃)	mg/l	96.01	87.81	95.56	Hasta 300
Sólidos Totales (a 1050 C)	mg/l	174	106	124	Hasta 1500
Índice de Langelier (a 25 o C)		0.441	0.441	0.441	+ / - 0.50
Recuento de Coliformes Fecales (ufc/100ml)	ufc/100ml	8.6 x 10 ²	3.0 x 10 ³	2.0 x 10 ⁴	
Recuento de Coliformes Totales (ufc/100ml)	ufc/100ml				

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador, TULAS. Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua (2002)

El comportamiento de las muestras ha sido homogéneo en todas ellas; exceptuando dos indicadores en la muestra 4 y 5 que se verá reflejado en las siguientes gráficas.

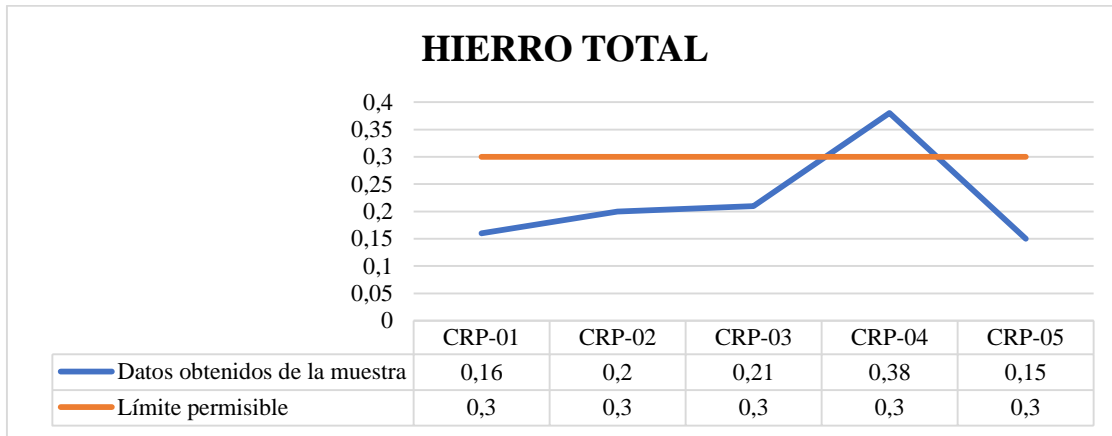


Figura 4- 3. Comportamiento del Indicador Hierro en las muestras de agua

La mínima variación del Hierro Total en el agua muestreada en el tramo inicial del canal de agua de riego sin revestimiento de hormigón no afecta de manera significativa la calidad del agua que fluye aguas abajo a partir de este punto. Se podría considerar un pequeño afloramiento de hierro en el tramo sin revestir que se ve reflejado en los datos, previo análisis de la calidad de agua.

Considerando las distancias que recorre el agua de riego del canal, el volumen que transporta y, mediante procesos de descontaminación natural del agua como el golpeo; el hierro total aguas abajo será diluido y no será absorbido por las plantas en grandes cantidades provocando la obstaculización de que la planta absorba del suelo nutrientes esenciales como fosfato o nitrógeno.

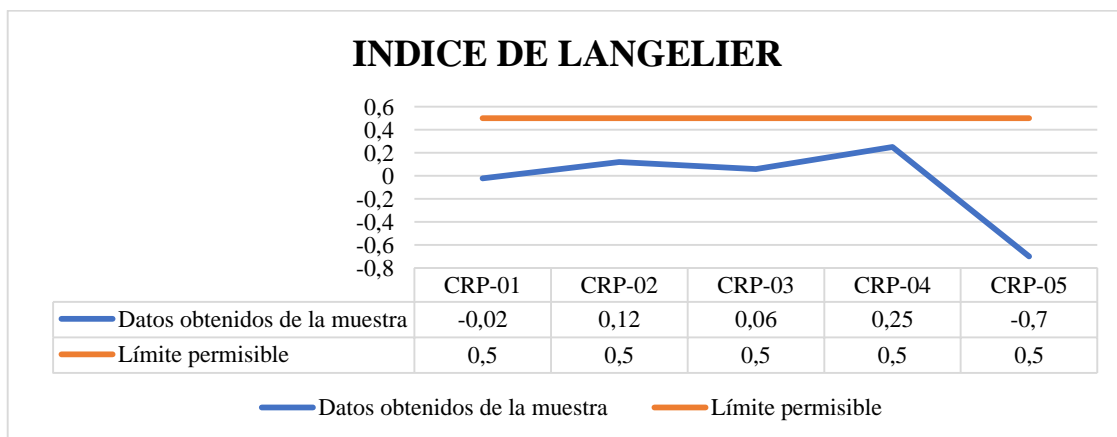


Figura 4- 4. Comportamiento del Índice de Langelier en las muestras de agua

El Índice de Langelier es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total. Este índice se usa para determinar el equilibrio del agua para consumo humano; en este caso su valor podría considerársele irrelevante ya que el objeto de estudio es el agua de riego que es transportada mediante un canal abierto recubierto de hormigón.

En tres de las cinco muestras tomadas, se reflejan valores positivos en sus resultados, que indican que el agua es incrustante; esto significa que generará problemas formando precipitados insolubles que se adhieran a las paredes internas del canal. Para lo cual una solución inmediata sería tomar medidas correctivas químicas o naturales para reducir los valores de pH o alcalinidad del agua como, por ejemplo: uso controlado de cal hidratada y bicarbonato de sodio y/o el uso de Moringa oleífera como coagulante (Mendoza, Fernández, Ettiene, & Díaz, 2000); (Cajigas Cerón , Pérez Vidal, & Torres Lozada, 2005).

En dos de las cinco muestras tomadas, se reflejan valores negativos en sus resultados, que indican que el agua es corrosiva; esto significa que tienen tendencia a disolver metales y su medida correctiva inmediata sería, al contrario que en el agua incrustante, aumentar los valores de pH o alcalinidad del agua.

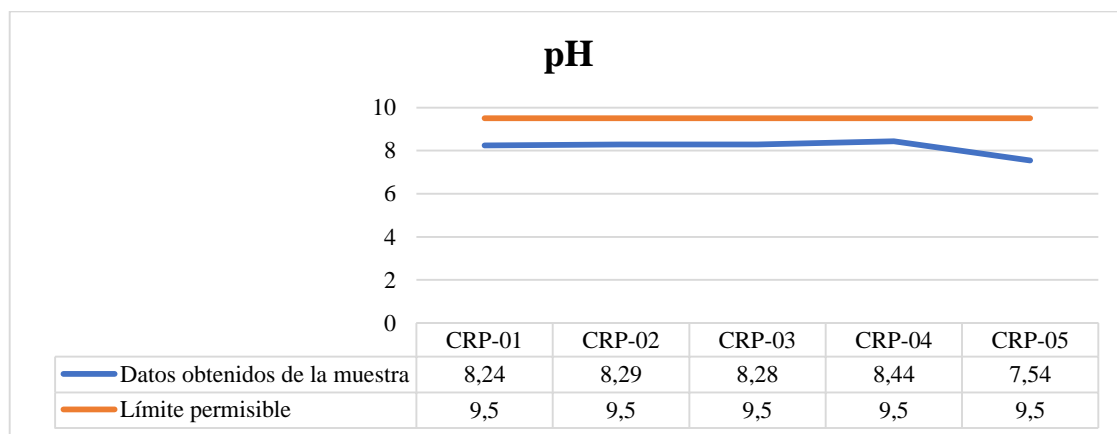


Figura 4- 5. Comportamiento del pH en las muestras de agua

En lo referente al Potencial Hidrógeno (pH), todas las muestras reflejan valores inferiores a los valores máximos permitidos por la normativa ambiental vigente.

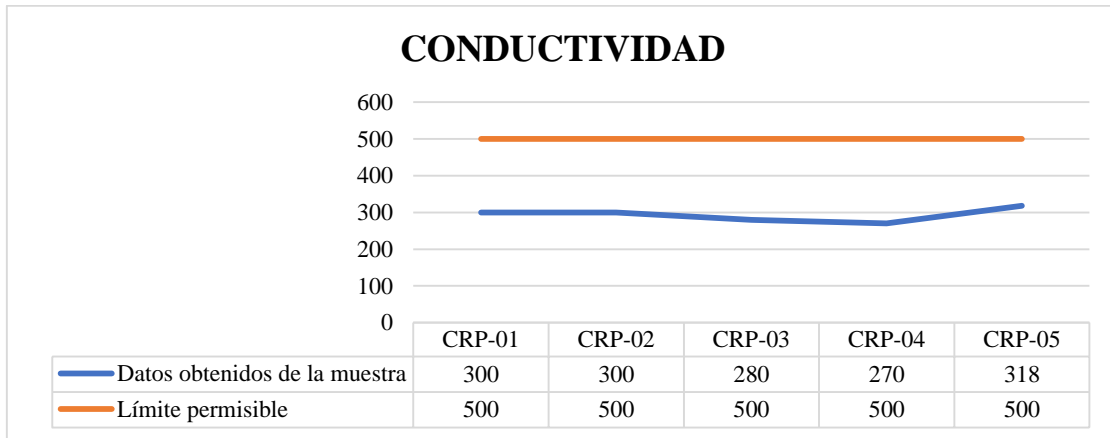


Figura 4- 6. Comportamiento de la Conductividad en las muestras de agua

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua; por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con TDS. De igual manera que en lo referente al pH, la Conductividad, sus valores revelan encontrarse dentro del rango permitido y de acuerdo a sus valores se podría definir que dicha agua de riego cuenta con una buena capacidad de conductividad eléctrica en la temperatura ambiente en la cual fueron tomadas las muestras (aproximadamente 23°C).

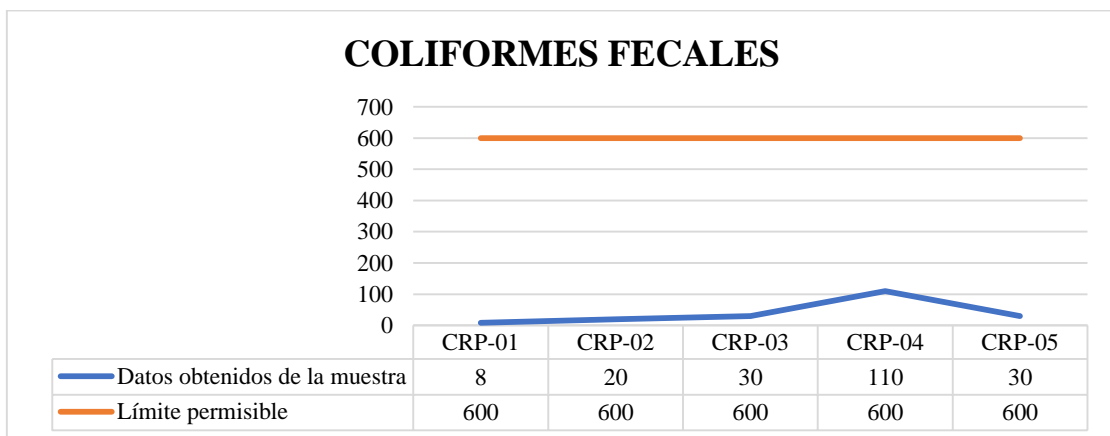


Figura 4- 7. Comportamiento de la cantidad de coliformes fecales en las muestras de agua

La cantidad de coliformes fecales que fueron encontradas en las muestras obtenidas del agua del canal de riego no demuestran una contaminación por efectos de descargas directas de aguas servidas hacia el canal.

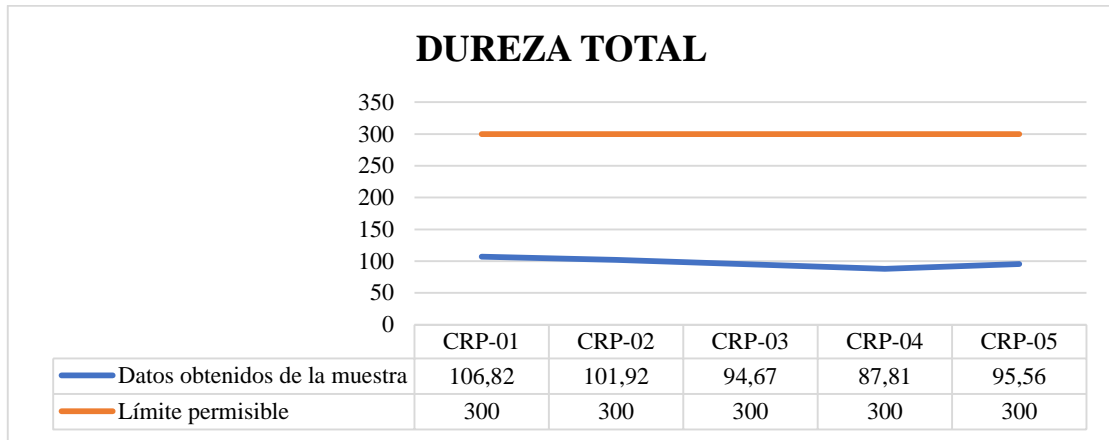


Figura 4- 8. Comportamiento de la Dureza Total en las muestras de agua

Los valores determinados en las muestras de agua, referentes a la dureza total de la misma, indican que la concentración de compuestos minerales (sales de magnesio y calcio) existentes. Los valores plasmados en el siguiente gráfico, demuestran que el agua colectada tiene una baja concentración de sales, para lo cual también se la denomina agua “blanda.

4.2.1. Análisis Estadístico

De acuerdo a lo que se aprecia en el dendrograma para los cinco sitios de muestreo de calidad de agua del canal de riego Peribuela en la figura 4-9, se puede identificar claramente tres grandes grupos en los cuales se congregan las similitudes de los 27 indicadores analizados en cada una de las cinco muestras.

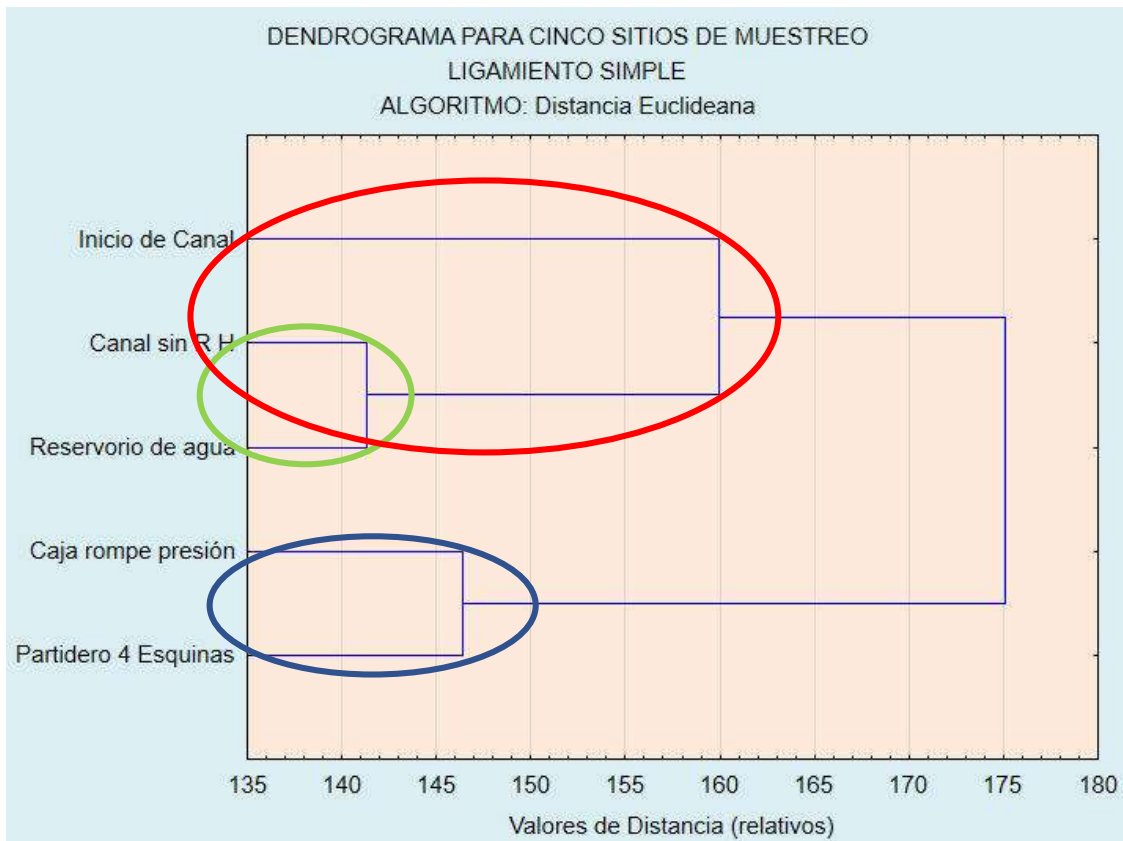


Figura 4- 9. Dendrograma para los cinco sitios de muestreo de agua del canal de riego Peribuela

El primer grupo que se identifica a través de la gráfica comprende las similitudes de las variables de las muestras CRP-01 y CRP-04 que pertenecen al Inicio del canal de riego y al Canal sin revestimiento de hormigón respectivamente.

La analogía de las variables en estas dos muestras, a pesar de la contraposición que se podría suscitar por su opuesta localización; puede deberse que en el inicio del canal no existe intervención humana directa y la presencia de ganado vacuno o bovino que afectara su calidad de agua desde la caja repartidora Chaupi y en cuanto se refiere al canal sin revestimiento de hormigón; debido a los 300m que transcurre el canal y al proceso natural de golpeo que tiene el agua, puede llegar a auto depurarse en el caso de que en el transcurso de su transporte haya sido contaminado ya sea por actividades domésticas humanas o por descargas de purines de animales hacia el canal.

El segundo gran grupo que comparte similitudes de las variables de las muestras es el CRP-01, CRP-04 y CRP-05 que pertenecen a la caja de Reparación Chaupi, ubicada al inicio del

canal de riego, al canal sin revestimiento de hormigón y al reservorio de agua respectivamente.

La sinergia que se encuentra entre las dos muestras hace referencia a su cercanía entre ellas, sus valores de turbidez y sodio son idénticos, dentro de los niveles máximos permisibles. Además, se considera que entre las dos muestras existe accesibilidad física a la zona en la cual fueron colectadas las muestras anteriormente descritas; el recurso es usado para satisfacer las necesidades agrícolas de la población.

El tercer grupo que comparte similitudes de las variables de las muestras es el CRP-02 y CRP-03 que pertenecen a la caja rompe presión y al partidero 4 esquinas respectivamente, lugar con gran influencia para el canal por la presencia de la comunidad.

La asociación que se hace entre estas muestras colectadas se debe a la influencia humana que tiene el canal abierto de agua y puede fácilmente ser una fuente puntual de contaminación, aun cuando, en los análisis físico químicos y microbiológicos realizados a las cinco muestras no dieron positivo para focos de contaminación relevantes y que puedan generar una alerta tanto para la población como para el uso agrícola y ganadero de la zona de influencia.

Los valores de los 27 indicadores comparados en cada una de las muestras demuestran que, la calidad del agua de riego que es transportada por el canal cuenta con los niveles permitidos para que dicha agua pueda ser usada como agua de riego, principalmente para los cultivos de ciclo corto y que requieren un proceso previo de cocción para evitar que dichos alimentos hayan sido contaminados por agentes externos a los propios del canal.

De acuerdo a lo estipulado en la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente y las consideraciones pertinentes al Muestreo, Manejo y Conservación de Muestras en la Norma Técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización; en los cinco puntos muestreados a lo largo del canal de riego Peribuela se realizaron análisis de 27 indicadores tanto físicos, químicos y microbiológicos y ninguno de ellos sobrepasan las

cantidades mínimas permisibles de los criterios de calidad de agua para uso agrícola o de riego.

De la misma manera se realizó este análisis comparativo con los criterios de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico, de entre los cuales, dos indicadores (Hierro total e Índice de Langelier) arrojaron resultados que sobrepasaban en cantidades mínimas el límite máximo permisible, cabe resaltar, no contribuyen en la generación de una alerta de contaminación; y solo fue realizado con la finalidad de cotejar los valores establecidos dentro de la normativa de uso de agua para consumo humano y uso doméstico y de esta manera presumir una relación entre los resultados del laboratorio y posibles afecciones a la salud que fueron mencionados en conversaciones reiteradas que fueron mantenidas con moradores de la parroquia Peribuela.

Al no encontrarse evidencias presuntuosas de contaminación ambiental en los análisis químicos y microbiológicos realizados por el laboratorio, se descarta la relación entre la calidad de agua de riego y la salud de las personas; ya que, los únicos valores que sobrepasaron los máximos permisibles de calidad de agua para uso humano fue el pH y el hierro total, en todas las muestras colectadas por el autor. Cabe recalcar que el pH adecuado del agua para su ingesta oscila entre los valores de 6-9; y los valores obtenidos sobrepasan valores de 7 y 8; siendo consideradas aguas alcalinas; óptimas para el consumo humano.

4.3. PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES

La Propuesta de Manejo Integral de Aguas Residuales de origen doméstico permite seleccionar aquellos lineamientos de manejo que son más relevantes para establecer las operaciones que conducen al cumplimiento de los objetivos del modelo propuesto. Para ello se han considerado tres lineamientos que se describen a continuación:

4.3.1. Protección

El área es poseedora de importantes recursos hidrológicos, florísticos y paisajísticos. Los primeros están representados por las vertientes, que constituyen la principal fuente de suministro de agua para la población y el sistema agrícola de la Parroquia Peribuela, pero que sufre de múltiples y constantes amenazas de contaminación, que alteran no solo la calidad de este recurso, sino también el paisaje que lo conforma.

4.3.1.1. Revegetación de riberas

Las riberas de la vertiente se encuentran en su mayor parte desprovistas de vegetación, por lo que es sumamente fácil el acceso a ellas por parte de personas y animales que ocasionan la contaminación del agua. Al restituir la vegetación se conformará una barrera que impida el acceso a ellas, y se ayudará a mantener el equilibrio natural del hábitat al proporcionar sombra, mantener la temperatura del agua, proteger los refugios de especies animales, entre otros.

Las actividades idóneas para su ejecución son las siguientes:

- Elegir plantas que tengan adaptabilidad al clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo y/o comparta características como: baja evapotranspiración, hábito arbustivo, no atractivo para el ganado que no rompa la armonía del paisaje y que al desarrollar sus ramificaciones puedan formar una barrera natural.
- Formar grupos con la población para la siembra, resiembra y podas de las especies.
- Sembrar las especies elegidas a intervalos de 0,5m y a una distancia de la ribera de 1m, procurando mantener un equilibrio estético y natural.
- Integrar a grupos juveniles en el seguimiento, protección y cuidado de las especies.

4.3.1.2. Monitoreo Ecológico y de Flora

La supervivencia de las especies nativas que habitan en esta zona, se encuentra amenazada por el deterioro de su hábitat, tanto agrícola como ganadero y la falta de conocimiento acerca de su preservación impide tomar medidas correctivas.

Las actividades idóneas para su ejecución son las siguientes:

- Difundir la existencia y la importancia de especies nativas a la comunidad.
- Fomentar la investigación de especies de flora, en instituciones educativas y de investigación, mediante la recopilación de información histórica, estudios de: hábitat, nicho ecológico, reproducción, amenazas a las especies e inventarios poblacionales.
- Continuar el monitoreo de calidad de hábitat para dar seguimiento a los procesos de cambio que puedan darse.

4.4.1.3. Rescate paisajístico

Desde el área de las vertientes del canal de riego se puede acceder a un paisaje natural y cultural andino, pero debido a ciertas actividades humanas como eliminación de basura y quemas de los páramos se hace evidente el deterioro de este recurso paisajístico.

Las actividades idóneas para su ejecución son las siguientes:

- Fomentar talleres dirigidos a tratar aspectos como el manejo de desechos sólidos, efectos causados por la quema y tala de la vegetación, potencial turístico recreativo que posee la región e importancia de conservar su cultura y costumbres.
- En el caso que Organizaciones Gubernamentales o Sociales vean necesaria la instalación de una infraestructura, ésta deberá estar acorde con el entorno paisajístico, utilizando materiales propios de la zona y fuera de las zonas de abastecimiento de agua.
- Involucrar a los dirigentes y la comunidad en el desarrollo de talleres y cuidado del área.

4.3.2. Educación Ambiental e Investigación

La educación ambiental es indispensable como el proceso interdisciplinario para desarrollar ciudadanos conscientes e informados acerca del ambiente en su totalidad, en su aspecto natural y modificado; con capacidad para asumir el compromiso de participar en la solución de problemas, tomar decisiones y actuar para asegurar la calidad ambiental.

4.3.2.1. Cooperación Interinstitucional para la investigación

Las Universidades ubicadas en el norte del país como la Universidad Técnica del Norte, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Universidad de Otavalo y la Universidad Politécnica Estatal del Carchi podrían acceder a la firma de convenios interinstitucionales con El Banco Mundial; ya que éste ofrece a estudiantes de postgrado la oportunidad de realizar una pasantía durante invierno o verano, donde los pasantes obtendrán experiencia práctica sobre el desarrollo mundial. Las pasantías durarían mínimo 4 semanas y se llevarían a cabo en Estados Unidos de acuerdo a las especificaciones que enuncia el Banco Mundial.

Las condiciones idóneas para su ejecución son las siguientes:

- El convenio debe ser estratégico para las Universidades signatarias, para las regiones y el país; y, así formar investigadores de alto nivel en Ciencias Ambientales.
- Las Universidades signatarias deben fortalecerse a través de los recursos académicos con los cuales cada una cuenta.
- Mantener un convenio firmado por las partes.
- Los alumnos elegibles deben estar matriculado en un programa de estudios de postgrado a tiempo completo en el campo ambiental y otros campos relacionados, tener un muy buen nivel de inglés y experiencia previa relevante.

4.3.2.2. Diseño de programas de educación ambiental formal y no formal

Un planteamiento frecuente es que la educación ambiental tiene como uno de sus fundamentos el principio de que los seres humanos podemos vivir en compatibilidad con la naturaleza, con base en una distribución equitativa de los recursos y bienes disponibles. Otro planteamiento central es que las personas pueden tomar decisiones responsables y bien

informadas teniendo en cuenta a las generaciones futuras. Así, la educación ambiental aspira a contar con una ciudadanía responsable, ambientalmente alfabetizada y capaz de participar con creatividad y responsabilidad en una sociedad democrática.

Las actividades idóneas para su ejecución son las siguientes:

- Fomentar una clara conciencia y una preocupación por la interdependencia económica, social, política y ecológica en áreas urbanas y rurales.
- Proporcionar a cada persona las oportunidades para adquirir el conocimiento, valores, actitudes, compromiso y habilidades para proteger y mejorar el ambiente.
- Crear nuevos patrones de comportamiento hacia el medio ambiente en individuos, grupos y la sociedad en general.

4.3.3. Administración

Algunos recursos del área son usados sin ningún control ni normas para garantizar su permanencia y calidad; uno de estos recursos es el agua que, a pesar de ser la fuente principal de abastecimiento de la comunidad, no cuenta con normas para evitar su contaminación; lo mismo sucede con las actividades recreativas y turísticas, que se realizan sin ninguna planificación.

4.4.3.1. Coordinación comunitaria y Normas de uso

Debido a la cantidad de actividades que se pueden realizar en el área, se deben establecer normas específicas que las controlen y regulen, orientadas a disminuir el impacto que éstas causan. En este plan se dan algunos lineamientos que pueden ser considerados por la comunidad para formular sus propias normas y reglamentos.

Las actividades idóneas para su ejecución son la realización de reuniones comunitarias en las cuales se establezcan las normas y sanciones que se aplicarán en el área contemplada en este modelo, las que deben ser establecidas con la participación de Dirigentes Comunitarios, Grupo Ecológico y miembros de la comunidad.

4.4.3.2. Supervisión, Vigilancia y Participación Comunitaria

Una vez que se inicie con la aplicación de este plan, es fundamental el control de las actividades que allí se realicen, ya que, en la actualidad, las personas que concurren a la vertiente, no poseen una conciencia de conservación de los recursos y su cambio de actitud no será inmediato.

Las actividades idóneas para la ejecución del primer lineamiento son las siguientes

- Se deben dar a conocer a la comunidad las normativas creadas que se aplicarán en el área de rehabilitación.
- Especificar las funciones que deberá cumplir el grupo ecológico, así como también los derechos que este grupo tendrá y plasmarlos en un documento para conocimiento público, las cuales son velar por la conservación de la vertiente y su entorno, basándose en los lineamientos propuestos.
- Previo acuerdo con la comunidad se puede establecer una contribución económica simbólica, con el fin de suplir, en parte los gastos de mantenimiento del área.

A través de métodos de socialización, como charlas y talleres, se debe concienciar a los pobladores sobre los derechos que tienen de usar los recursos del área, pero también las obligaciones de cumplir las normas formuladas para garantizar su permanencia, de tal manera que se logre cambiar positivamente las actitudes de los pobladores.

Finalmente, se plantea la Matriz de Seguimiento y Control de Estrategias y Lineamientos el Modelo de Manejo Integral de Aguas Residuales de origen doméstico; en esta matriz se señala la duración, costos aproximados de la implementación del Modelo y responsables del cumplimiento de las estrategias y lineamientos del mismo.

Tabla 4- 3. Matriz de seguimiento y control de estrategias y lineamientos del Modelo de Manejo Integral

ESTRATEGIAS	LINEAMIENTOS	RESPONSABLE	TIEMPO	COSTOS
PROTECCIÓN	Revegetación de riberas	Dirigentes y comunidad de Peribuela	1 año	300.00
	Monitoreo Ecológico y de Flora	Biólogos, Técnicos Ambientales	2 años	1,500.00
	Rescate paisajístico	Capacitadores y Grupo Ecológico	1 año	500.00
EDUCACIÓN AMBIENTAL	Cooperación interinstitucional para la investigación	Universidades del Norte del País: UTN, PUCE, UO y UPEC con el Banco Mundial	2 años	4,000.00
	Diseño de programas de educación ambiental formal y no formal	Decanos de carreras en ciencias ambientales y Directores de Institutos de postgrado	4 años	6,000.00
ADMINISTRACIÓN	Coordinación comunitaria y Normas de uso	Dirigentes y comunidad de Peribuela	2 años	250.00
	Supervisión, Vigilancia y Participación Comunitaria	Dirigentes y grupo Ecológico	3 años	450.00

Considerando los cinco parámetros de identificación de fuentes de contaminación propuestos en la metodología de Bartram y Ballance (1996): la accesibilidad física al área de estudio, el sitio en el cual se presencian vertidos de aguas domésticas e industriales en la zona o específicamente en el canal de riego Peribuela, el uso del recurso hídrico, las posibles fuentes puntuales de contaminación y finalmente con el apoyo de una evaluación ecológica rápida del lugar, se pudieron establecer cuatro posibles fuentes de contaminación a lo largo del transcurso del canal. Se estimaron cinco puntos posibles fuentes de contaminación física del canal, ya que concordaban con los parámetros antes establecidos; por ello; la caja de reparto Chaupi (inicio del canal), la caja de la caja rompe presión, el partidero denominado 4 esquinas y que tiene ya gran influencia directa de población, el canal sin revestimiento de hormigón y el reservorio de agua fueron considerados como posibles fuentes de contaminación.

Dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente y las consideraciones pertinentes al Muestreo, Manejo y Conservación de Muestras en la Norma Técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización; en los cinco puntos muestreados a lo largo del canal de riego Peribuela se realizaron análisis de 27 indicadores tanto físicos, químicos y microbiológicos y ninguno de ellos sobrepasa las cantidades mínimas permisibles de los criterios de calidad de agua para uso agrícola o de riego. De la misma manera se realizó este análisis comparativo con los criterios de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico, de entre los cuales, 2 indicadores (Hierro total e Índice de Langelier) arrojaron resultados que sobrepasaban en cantidades mínimas el límite máximo permisible que cabe resaltar, no contribuyen en la generación de una alerta de contaminación.

Los aspectos más relevantes a considerarse para el planteamiento de un Modelo Integral para evitar la contaminación del canal de agua de riego Peribuela de origen doméstico basados en el Manual de Bolsillo 3 - Manejo de los recursos hídricos - Preparando a familias campesinas con pequeñas fincas para adaptarse al cambio climático de Burpee, Brendan & Achmidt (2015), y posteriormente modificado por el autor para aterrizarlo en territorio y que

conducen al cumplimiento de los objetivos del modelo planteado, fueron los siguientes tres lineamientos: Protección, Educación Ambiental e Investigación y Administración.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a la metodología planteada, se definieron las posibles fuentes de contaminación a lo largo del canal de agua de riego, (la caja rompe presión, el partidero de las 4 esquinas, tramo del canal de riego sin revestimiento de hormigón y el reservorio de agua al final del canal) considerando de igual manera los parámetros físicos que pueden influir directamente en la contaminación de recursos hídricos usados para beneficio principalmente agrícola de la comunidad como fue la accesibilidad física a la zona, el vertido de aguas domésticas e industriales a la zona, el uso del recurso hídrico y la evaluación ecológica rápida de la flora.

Al realizar los análisis químicos y microbiológicos de los puntos muestreados, los resultados arrojados mediante los diferentes métodos utilizados en el laboratorio automatizado (potenciometría, conductivimetría, método volumétrico y gravimétrico, titulación argentométrica, relación de adsorción de sodio, dureza, ect.) no compatibilizaban con el problema de la investigación. Es por ello que, nos demuestra que la información emitida dentro del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-2015 del Cantón Santa Ana de Cotacachi no se encuentra renovada en su totalidad y por lo cual el desarrollo de esta investigación genera un aporte actualizado tanto de información científica como en el diseño de mapas con el software ArcGis 10.4, con información obtenida directamente mediante levantamiento fotogramétrico, con el uso de un dron mediante una planificación de vuelo automatizado del área de estudio cubriendo un área aproximada de 300 hectáreas.

Se utilizó una metodología sistemática y comparativa de información en la cual se pudo visualizar gráficamente la agrupación análoga de los 27 indicadores analizados en cada una de las muestras colectadas en campo y de la incorporación de sus resultados dentro de los límites máximos permisibles establecidos en los criterios de calidad de agua para uso agrícola de la normativa ambiental vigente del libro VI del TULSMA.

El Modelo de Manejo Integral de Aguas Residuales de origen doméstico cuenta puntualmente con tres lineamientos que fueron establecidos basados en la realidad del territorio, la academia y de su comunidad. A través de los lineamientos se instituyeron estrategias específicas para la consecución a corto, medio y largo plazo a través de las actividades propuestas en cada caso.

RECOMENDACIONES

En referencia a los resultados obtenidos por el laboratorio en el análisis de calidad de agua de las muestras colectadas en el canal de agua de riego en las cuales se identifica que cada uno de los parámetros analizados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa ambiental vigente; se confía que dicho recurso sea preservado de la misma manera con la finalidad de precautar la salud de los pobladores de la comunidad a través de los alimentos que son cultivados en terrenos y parcelas de la misma comunidad. Como medida preventiva de preservación del recurso agua dentro de las zonas irrigadas, se encomienda el uso de *Moringa oleífera*, ya que, de acuerdo a diversos estudios analizados, dicha planta resultó un coagulante efectivo y es una posible alternativa para la potabilización de las aguas.

Como lo detallan Gvozdenac, Indic, Vukovic, Bursic & Trickovic (2014), Ramírez N & Gómez (2012), el uso de agua para el riego es beneficioso para los agricultores debido a la reducción de los costes en su producción, pero se requiere considerar también la perniciosidad que tiene el uso de canales de riego para los ecosistemas causando efectos tóxicos y afectando a la producción agrícola; en términos de toxicidad, el uso de agua de canales de riego presenta una situación compleja debido a las posibles interacciones entre contaminantes y las plantas. Con esta aseveración se recomienda tener las precauciones necesarias, manteniendo activos los monitoreos de calidad de agua y ecológicos y todos los lineamientos establecidos dentro del modelo de manejo integral de aguas residuales de origen doméstico, ya que éstos permitirán dar resultados específicos de la realidad ambiental que está atravesando el canal y a su vez las zonas agrícolas que han sido irrigadas por dichas aguas.

Mediante los lineamientos establecidos, se realice todas las actividades competentes por la academia, entidades públicas y privadas y la sociedad civil para incorporar convenios de estudio y trabajo de investigación dentro de las áreas en las cuales se han desarrollado proyectos macro y en los que hayan intervenido estudiantes de pre y post-grado para mantener un seguimiento y actualización de información de los proyectos de tesis propuestos por las universidades del norte del país.

Poner a disposición de la comunidad la información generada y actualizada en este documento de investigación para que sirva como insumo en la elaboración de proyectos y documentos bases de la parroquia como el PDyOT de la parroquia Peribuela.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Aceves de Alba, J., Castro Larrango, J., Cisneros, R., Durán García, H., & Sarabia Meléndez, I. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis Potosí. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 103-113.
- Alvarez, R., Giacalone, R., & Sandoval, J. M. (2013). Globalización, Integración y Fronteras en América Latina. En R. Alvarez, R. Giacalone, & J. M. Sandoval, *Globalización, Integración y Fronteras en América Latina* (pág. 327). Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Andrade, L., & Amador, J. (2004). Programa de adecuación de derechos de uso de agua y redimensionamiento del Distrito de Riego 004 Don Martín en los estados de Coahuila y Nuevo León. Nuevo León.
- APHA, AWWA, & WPCF. (1989). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington, United States: Ed. American Public Health Association.
- Arcos, P. M., Ávila de Navia, S. L., Estupiñán Torres, S. M., & Gómez Prieto, A. C. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA - Publicación Científica, 1-116.
- Ashby, J. A., Braun, A. R., Gracia, T., Guerrero, M. P., Hernández, L. A., Quiros, C. A., & Roa, J. L. (2001). Investing in farmers as researchers: Experience with local agricultural research Committees in Latin America, . Cali, Colombia: CIAT Publication N° 318.
- Association American Public Health. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association-21th edition.
- Aurazo de Zumaeta, M. (2004). *Manual para Análisis Básicos de Calidad de Agua Bebibible*. Lima.
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., & Picone, L. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. Mar del Plata-Argentina: Unidad Integrada Inta.
- Bartram, J., & Ballance, R. (1996). *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs*. Londres-Reino Unido: UNESCO, OMS y PNUMA.
- Burpee, G., Brendan S, J., & Achmidt, A. (2015). Preparando a familias campesinas con pequeñas fincas para adaptarse al cambio climático: Manual de Bolsillo 3; Manejo de los recursos. Baltimore, MD, Estado Unidos: Catholic Relief Services.

- Cáceres, L. (2001). Prioridades sobre Cambio Climático en el Ecuador. Comité Nacional sobre el Clima GEF-PNUD. Ministerio del Ambiente, 7.
- Cáceres, L. (2001). Prioridades sobre el Cambio Climático en el Ecuador. Quito, Ecuador: Comité Nacional sobre el Clima GEF-PNUD / Ministerio del Ambiente / Proyecto ECU/99/G31 Cambio Climático. Fase II.
- Cajigas Cerón , Á. A., Pérez Vidal, A., & Torres Lozada, P. (2005). Importancia del pH y alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. *Scientia et Technica*, 243-248.
- Calles, J. (27 de Agosto de 2016). La contaminación del Agua en Ecuador. Obtenido de La contaminación del Agua en Ecuador: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2012/04/la-contaminacion-del-agua-en-ecuador.html>
- Capacidades Locales en Agua y Saneamiento, P. (2014). Diagnóstico de Vulnerabilidad de los Cantones Muisne y Rioverde ante el Cambio CLimático en un contexto del Derecho Humano al Agua y al Saneamiento. Quito, Ecuador: EntreTextod.
- Carrillo Castro, A. G., & Villalobos Alcazar, R. (2011). Análisis comparativo de los índices de calidad del agua (ica) de los ríos tecolutla y cazones en el periodo marzo diciembre. México.
- Casanova Olivo, E. F. (2005). Introducción a la Ciencia del Suelo. En E. F. Casanova Olivo, *Introducción a la Ciencia del Suelo* (págs. 80-88). Caracas-Venezuela: Colección estudios.
- Catholic Relief Services. (2014). *Introduction to the five skills for rural development: guide to the multiple skills approach*. Baltimore, Maryland, estados Unidos: Catholic Relief Services.
- Centro Espacial Venezolano. (2007). *Técnicas de teledetección espacial para el análisis del entorno socio-ambiental de los planteles de Educación Básica y Media Diversificada del Ministerio del Poder Popular para la Educación*. Caracas, Venezuela: Ministerio del Poder Popular para la Educación.
- Cheng, H. H. (1990). Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modelling. En H. Cheng, *Pesticides in the soil environment* (págs. 1-5). Madison: Soil Science Society of America.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Quito-Ecuador: Registro Oficial 449 del 20 de Octubre del 2008.
- Crespi, R. J. (2003). *Riego subterráneo con aguas residuales tratadas*. Tesis doctoral. España: Tesis doctoral.
- Cuenca, T. J. (2015). *Desarrollo de un sistema de control predictivo generalizado (GPC) de la distribución de agua en el VI tramo del canal principal de riego Güira de Melena*. Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Demey, J. R., Laura Pla, J. L., Vicente Villardón, J. A., & Di Rienzo, F. C. (25 de enero de 2018). *Medidas de distancia y similitud*. Obtenido de *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*:

https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Casanoves/publication/260137073_MEDIDAS_DE_DISTANCIA_Y_SIMILITUD/links/5669c17b08ae430ab4f73d91/MEDIDAS-DE-DISTANCIA-Y-SIMILITUD.pdf

- Durán-Ros, M. J., Puis Barqués, G., Arbat, J., Barragán, F., & Ramírez de Cartagena. (2008). Effect of filter emitter and location on clogging when using effluent. *Agric. Wat. Man*, 29.
- Dussaubat, S., & Vargas, X. (2005). *Aforo de un cauce natural*. Santiago de Chile-Chile: Universidad de Chile.
- Echarri, L. (2007). *Contaminación del Agua*. Navarra, España: Universidad de Navarra.
- Enciso, J., Porter, J., Bordovsky, & Flippis. (2004). Dándole mantenimiento a los sistemas de riego por goteo subsuperficiales. *Cooper, Texas de Extensión*, 10-01, 6pp.
- Environmental Protection Agency, E. (2004). *Guidelines for water reuse*. Technology Transfer and Support Division, National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, OH. 245p: Office of Research and Development.
- Fernández, B. A., Martínez Julia, & Osnaya, P. (2004). *Cambio Climático: Una visión desde México*. México D.F: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Food and Agriculture Organization, F. (1999). *Wastewater treatment and use in agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Foro de los Recursos Hídricos . (2013). *La gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Discusión y Propuestas*. CAMAREN, 74.
- Foro Nacional de los Recursos Hídricos Ecuador. (2015). *Agua, matriz productiva y gestión público-comunitaria: Documento de discusión*. Quito, Ecuador: CAMAREN.
- Gallego, A. J., & Gómez L, J. A. (2011). *Evaluación del Impacto de la tarifación del agua de riego sobre la sostenibilidad del regadío: una aproximación a través de indicadores sintéticos*. Cuba: Asociación de Economía Aplicada-España.
- García, A. (2012). *Criterios modernos para la evaluación de la calidad del agua para riego*. Chair Person Soil Fertility and Plant Nutrition Commission, International Union of soil Sciences (IUSS), 27-36.
- Guerrero, T., Rives, C., Rodríguez, A., Saldívar, Y., & Cervantes, V. (2009). *El Agua en la Ciudad de México*. Ciencias, 8.
- Guzmán, V., & Narváez, R. (2010). *Línea base para el mmonitoreo de la calidad de agua de riego en la Demarcación Hidrográfica del Guayas*. Quito, Ecuador: Secretaría Nacional del Agua-SENAGUA.
- Gvozdenac, S., Indic, D., Vukovic, S., Bursic, V., & Trickovic, J. (2014). *Assessment of environmental pollution of water from irrigation canal (Aleksandrovacki canal, Serbia) Using Phyto-Indicators*. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 614-619.

- Hunt, R. C. (2009). *Sistemas de riego por canales: tamaño del sistema y estructura de la autoridad*. Aventuras con el Agua, 47.
- IDEAM. (2007). *Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales*. Bogotá-Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia.
- Instituto de Toxicología de la Defensa. (2013). *Análisis de Aguas: Condiciones Generales para la toma de muestras*. Madrid-España: Hospital Central de la Defensa. Glorieta del Ejército.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, I. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . Technical Summary*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Inter-governmental Panel on Climate Change, I. (2007). *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge UK: (Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds.).
- International Fund for Agricultural Development, I. (22 de Octubre de 2009). *Good Practices in Participatory Mapping*. Rome: International Fund for Agricultural Development. Uttar Pradesh, India: IFAD. Obtenido de *Good Practices in Participatory Mapping*. Rome: International Fund for Agricultural Development.
- Krawczyk, W. (1992). *Methods of field analytics of karst water*. In: *Hydrochemical methods in dynamic geomorphology*. Katowice: Scientific Works of Silesian University in Katowice.
- Liu, H., & Huang, G. (2009). *Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent*. *Agric. Wat. Man*, 96 (745-756).
- Magaña , V., Méndez, J. M., Morales , R., & Millán , C. (2004). *Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México*. En A. Fernández Bremauntz, J. Martínez Fernández, & P. Osnaya, *Cambio Climático: Una visión desde México* (págs. 523: 203-213). México D.F: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Magaña Rueda, V. O. (2004). *El Cambio Climático global: comprender el problema*. En A. Fernández Bremauntz, J. Martínez , & P. Osnaya, *Cambio Climático: una visión desde México* (págs. 523: 17-27). México D.F: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Markowicz, M., & M, P. (1979). *Semi-quantitative chemical analyses of the waters in the carboniferous karst areas*. *Prace Naukowe*. Katowice: Ed. Silesian University.
- Maya, A. (2011). *Operaciones culturales, riego y fertilización: horticultura y floricultura (UF0003)*. España: IC Editorial.

- Medeiros., S. A., Ferreira., P., Soares., A., Neves., A., De Matos., A., & De Sousa., J. (2005). Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 603-612.
- Mejía, C. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. San Jerónimo-Honduras: Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Mendoza, I., Fernández, N., Ettiene, G., & Díaz, A. (2000). Uso de la moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas. *CIENCIA*, 235-242.
- Metcalf, & Eddy. (2003). *Waste engineering: treatment and reuse*. Nueva York.: 4th ed. McGraw-Hill.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2012). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2027*. Quito, Ecuador: MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Ministerio de Salud Pública, M. (22 de Octubre de 2017). *Multi-Stakeholder. Processes: Locality Mapping*. Wageningen. Obtenido de Wageningen: <http://www.mspguide.org/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, M. (1999). *Ley de Gestión Ambiental*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, M. (2002). *TULAS. Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. Quito-Ecuador: MAE.
- Morales Gil, A., & Hernández Hernández, M. (2010). *Mutaciones de los Usos del Agua en la Agricultura española durante la primera década del siglo XXI*. *Investigaciones Geográficas*, Instituto Interuniversitario de Geografía (Universidad de Alicante), 27-51.
- Norma Técnica Ecuatoriana, I.-A. (1998). *Norma Técnica Ecuatoriana 2169:1998 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN. (1998). *NTE INEN 2 176:1998 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 2 176:1998. (1998). *NTE INEN 2 176:1998 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Ojeda de la Cruz, A., Narváez Tijerina, A. B., & Quintana Pacheco, J. (2014). *Gestión del agua doméstica urbana en Hermosillo (Sonora, México)*. *Cuadernos de Geografía*, 147-164.
- Olías, M., Cerón, J. C., & Fernández, I. (2005). *Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S Laboratory Salinity (USLS)*. *GACETA*, 111-113.

- Ongley, E. D. (1996). Control of water pollution from agriculture. Roma-Italia: FAO. Irrigation and Drainage Paper.
- Ontiveros Capurata, R. E., Diakite Diakite, L., Álvarez Sánchez, M. E., & Coras Merino, P. M. (2013). Evaluación de Aguas Residuales de la ciudad de México utilizadas para riego. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 127-140.
- Organización de las Naciones Unidas -Agua, G. (21 de octubre de 2007). Roadmapping for Advancing Integrated Water Resources Management (IWRM) Processes. Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimen, F. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimen, F., & FIDA. (2006). El agua para la alimentación, la agricultura y los medios de vida rurales. En: El agua, una responsabilidad compartida. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Resumen ejecutivo.
- Organización de las Naciones Unidas-Agua. (21 de Octubre de 2008). Status Report on Integrated water Resources Managment and Water Efficiency Plans. Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de Decenio Internacional para la Acción "El agua como fuente de vida" 2005-2015: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>
- Organización Mundial de la Salud. (3 de septiembre de 2016). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/
- Organización Mundial de Salud, O. (3 de septiembre de 2016). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/
- Organización Mundial de la Salud, O. (1989). Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura Serie Informes técnicos, 778. Ginebra. 93 p: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Oron, G., Guillerman, L., Manor, Y., Halmut, T., & Armon, R. (2001). El riego por goteo subterráneo como medio de recuperación de aguas residuales. *Int. de Agua y Riego*, 24(4), 32-34.
- Pozo, C. G. (2012). Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo. Tesis Maestría en Producción Más Limpia (PML). Salcedo, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos.
- PROMSA, & MANRECUR II/CIID. (2001). Análisis de la Gestión Financiera y de Inversiones en los municipios de Espejo, Bolívar y Mira, Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA), Universidad Central

- del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas y Proyecto de Uso Adecuado y . Quito-Ecuador: MANRECUR II/CIID.
- Prota, M. G. (2011). Análise do processo participativo na gestão dos recursos hídricos no Estado de São Paulo: um estudo de caso do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê –Jacaré. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, s/n.
- Puig Peña, Y., Leyva Castillo, V., Suárez, A., Carrera Vara, J., Molejón , P. L., Muñoz, Y., & Dueñas Moreira, O. (2014). Calidad microbiológica de las hortalizas y factores asociados a la contaminación en áreas de cultivo en la Habana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 111-119.
- Ramallho, R. S. (2011). Tratamiento de Aguas Residuales. Barcelona-Bogotá-Buenos Aires-Caracas-México: Reverté S.A.
- Ramírez N, B. G., & Gómez, E. G. (2012). Agua, paisaje e impacto ambiental. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos. En B. G. Ramírez N, & E. G. Gómez , Agua, paisaje e impacto ambiental. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos (págs. 13-21). FAO. Obtenido de Agua, paisaje e impacto ambiental. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos.
- Reascos Chamorro, B., & Yar Saavedra, B. (2010). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de las comunidades del Cantón Cotachachi y Propuesta de medidas correctivas. Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- RLORH. (2015). Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua . Quito-Ecuador: Primer Suplemento del Registro Oficial N° 483.
- Rodier, J. (1981). Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona-España.
- Rodríguez Martínez, E. (2011). Los Mapas Participativos-Comunitarios en la Planificación del Desarrollo Local. Guanare, Venezuela: Universidad Pedagógica Libertador.
- Rodriguez Salazar, M. E., Álvarez Hernández, S., & Bravo Núñez, E. (2001). Coeficientes de Asociación. En M. E. Rodríguez Salazar, E. Bravo Núñez, & S. Álvarez Hernández, Coeficientes de Asociación (pág. 173). México D.F: Plaza y Valdés S.A de C.V .
- Rojas Padilla, J. H., Pérez Rincón, M. A., Malheiros, T. F., Madera Parra, C. A., Prota, M. G., & Dos Santos, R. (2013). Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada del recurso hídrico en Suramérica: los casos de Brasil y Colombia. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 73/97.
- Rojas, L. A. (2001). La Labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía Mesoamericana* , 209-212.

- Sarwar, M. K., Anjum, M. N., & Mahmood, S. (2013). Impact of Silt Excluder on Sediment Management of an Irrigation Canal: A Case Study of D.G. Khan Canal, Pakistan. *Arabian Journal for Science & Engineering* (Springer Science & Business Media B.V), 3301-3307.
- Scott, C. N., I, F., & L, R. (2004). Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities. IWMI, IDRC, CABI, 240 p.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, G.-S. (2015). Actualización del PDOT Cantón Santa Ana de Cotacachi 2015-2035. Cotacachi-Ecuador: GADM-Cotacachi.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2011). Transferencia Nacional de Competencias. En S. N. Desarrollo, Plan Nacional del Buen Vivir (pág. 594: 87). Quito, Ecuador: SENPLADES, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador: SENPLADES, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, G.-I. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - Parroquia Imantag 2015-2035. Cotacachi-Ecuador: SENPLADES.
- SENER. (2007). Anuario estadístico de la industria petroquímica. México D.F: Secretaría de Energía.
- Sexton, D. (2002). Gestión social de los recursos naturales y territorios. Quito, Ecuador: CAMAREN.
- Silva, A., & Zamora, D. (2005). Humedales artificiales. Línea de profundización en Gestión Ambiental. Manizales-Colombia: Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química, Universidad nacional de Colombia.
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 347-359.
- SWECO Internacional, & ORGUT Consulting. (2004). Diagnóstico de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Mira, Mataje y Carchi-Guaitará. Ministerio de Relaciones Exteriores del Ecuador.
- Sweco International, O. (2004). Diagnóstico de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Mira, Mataje y Carchi-Guaitará. Quito, Ecuador: Ministerio de Relaciones Exteriores del Ecuador.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundari, T. (2010). Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Quito-Ecuador: Presidencia de la República.
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de Calidad de Agua en Fuentes Superficiales utilizadas en la Producción de Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 76-96.

- Vaquero, & Toxqui. (2012). Agua para la Salud. CSIC, 33-45.
- Vargas Samaniego, J., Alarcón, P. P., & Jara Flores, R. (2000). Evaluación de los Impactos Ambientales, Económicos y Sociales de la Implementación de las Medidas de Adaptación al Cambio CLimático en el Sector Agrícola. Quito, Ecuador: Comité Nacional sobre el Clima GEF-PNUD. Ministerio del Ambiente. Proyecto ECU/99/G31 Cambio Climático.
- Veliz Lorenzo, E., Llanes Ocaña, J. G., Fernández, L. A., & Bataller Venta, M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 40, No. 1, 35-44.
- Villacis, A. (2011). Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisococho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Tesis Ingeniero Civil.
- Villegas, M., & Vidal, E. (2009). Gestión de los Procesos de Descontaminación de Aguas Residuales Domésticas de Tipo Rural en Colombia. Medellín, Colombia: Tesis especialista en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia.
- Viteri, M. A. (2011). Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato-Tesis de Maestría.
- Viteri, A. (s/n). Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso del suelo, cambio de suelo y silvicultura (forestal) en el Ecuador. Quito, Ecuador.
- Webster, P. J. (1994). The role of hydrological processes in ocean-atmosphere interactions. *reviews of Geophysics*, 32: 422-476.
- Wirtgen, J., & GreenFacts. (2009). Recursos Hídricos: Resumen del Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Bruselas-Bélgica: GreenFacts.
- WWAP, DHI Water Policy, & PNUMA-DHI, C. (2009). Integrated Water Resources Management in Action. Organización de las Naciones Unidas.