

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo



**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL ECOSISTEMA RIPARIO
Y CALIDAD DE AGUA DEL RÍO BURGAY: PLANTEAMIENTO DE
UN MODELO CONCEPTUAL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: ANDREA VERÓNICA QUITO ABAD

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO MSc.

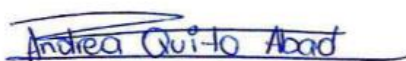
MATRIZ CUENCA

2020

DECLARACIÓN

Yo, Andrea Verónica Quito Abad, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Handwritten signature of Andrea Verónica Quito Abad in blue ink, written over a horizontal line.

Andrea Verónica Quito Abad

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrea Verónica Quito Abad, bajo mi supervisión.



Blga. Paula Milena Cordero MSc.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis Padres, por su apoyo y su amor incondicional.

Gracias a mis hermanos, por apoyarme y quererme, por ser ejemplo de perseverancia y superación.

Gracias a mi novio querido que siempre creyó en mí, por su apoyo desde el principio de mis estudios hasta terminar con éxito y siempre alentándome a llegar a la meta, gracias por su amor incondicional y su ayuda en mi proyecto.

Gracias a mi amiga Lorena Orellana quien siempre estuvo dispuesta a colaborarme.

Quiero agradecer a mi tutora Paula Cordero por sus enseñanzas, apoyo, paciencia, y por brindarme sus conocimientos para el adecuado desarrollo de este proyecto de Tesis.

Así mismo al Ing. Carlos Matovelle por guiarme con sus conocimientos en el proceso de esta investigación.

Agradezco a la Universidad Católica de Cuenca y a cada uno de sus docentes por brindarme los conocimientos necesarios para poder desarrollarme como profesional.

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en cada adversidad que se presenta.

A mi querido padre José, a mi madre querida Mariana, porque son la pieza fundamental en mi vida y son ellos, por quienes me impulsaron a ser mejor cada día, y gracias a sus consejos y enseñanzas las cuales me hicieron una mejor hija.

A mis perritas Barbie y Gingina quienes me acompañaron en esas noches de desvelo de esta investigación, además a quienes han estado presentes en las buenas y en las malas y que nunca perdieron su confianza en mí y siempre me dieron un empujón, con sus comprensiones, y ayuda para poder desarrollarme como profesional en este largo camino.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Degradación de cuerpos de agua.....	5
2.2 Restauración de ríos en el mundo.....	6
2.2.1 Restauración de ríos.....	8
2.3 Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.....	11
2.4 Elementos de diagnóstico de un ecosistema lótico.....	12
2.4.1 Calidad ecológica de los ríos.....	12
2.5 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada(NDVI).....	16
2.6 Modelo conceptual de restauración.....	17
CAPÍTULO III.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Zona de estudio.....	19
3.2 Calidad de agua.....	20
3.3 Calidad de vegetación de ribera.....	21
3.4 Índice ABI.....	22
3.5 Metodología para calcular el NDVI.....	24
3.6 Metodología para el desarrollo del modelo de calidad de agua.....	26
3.7 Asignación de pasos a cada parámetro.....	28
3.8 Clasificación del estado del río en función del índice de calidad de agua.....	29
3.9 Proceso de cálculo.....	29
3.10 Metodología del Modelo conceptual.....	32
CAPÍTULO IV.....	34

4.1 Resultados de calidad del agua.....	34
4.2 Resultados del UWQI _B	39
4.3 Resultados del QBR.....	40
4.4 Resultados del ABI.....	42
4.5 Resultados del Índice NDVI.....	43
4.6 Correlación de resultados.....	45
4.7 Resultados del modelo conceptual.....	46
4.8 Propuesta de restauración	48
4.8.1 Fases de revegetación.....	55
5.CONCLUSIONES	60
6.RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Índice Verde Urbano en la provincia del Azuay	8
Figura 2: Área de investigación propuesta para la restauración hidráulica y ecológica. .	11
Figura 3: Mapa de ubicación del río Burgay	19
Figura 4: Ejemplo del uso de la red de pantalla	23
Figura 5: Inspección de piedras para la colecta de especímenes adheridos	23
Figura 6: Cálculo del NDVI	26
Figura 7: Coliformes fecales	30
Figura 8: Potencial de Hidrógeno	30
Figura 9: Demanda Biológica de Oxígeno	31
Figura 10: Nitratos, Fosfatos, Cambio de temperatura, Oxígeno Disuelto.....	31
Figura 11: Efecto de la altura en la saturación de oxígeno.	32
Figura 12: Metodología para el modelo de restauración.....	32
Figura 13: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: DBO, DQO y Fosfatos.....	35
Figura 14: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: Nitratos, Amonio, Nitritos.....	36
Figura 15: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: Sulfatos, Sulfuros, Cloruros. ...	36
Figura 16: Resultados del índice de calidad de agua: Tensoactivos, Aceites y Grasas, Calcio.....	37
Figura 17: Resultados del índice de calidad de agua: Magnesio, Potasio, Sodio.	37
Figura 18: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: Hierro, Aluminio, Níquel, Carbonatos, Bicarbonatos.....	38
Figura 19: Promedio del índice UWQIB.....	40
Figura 20: Descarga directa de agua residual al río Burgay	43
Figura 21: NDVI Tramo Nazón.....	44
Figura 22: NDVI Tramo Biblián	44
Figura 23: NDVI Tramo Tabacay	43
Figura 24: NDVI Tramo unión Burgay-Tabacay	43
Figura 25: NDVI Tramo El mercado Azogues.....	44
Figura 26: NDVI Tramo El Carmín.....	44
Figura 27: Dendograma de resultados	46
Figura 28: Mapa de prioridad de restauración del río Burgay	48
Figura 29: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Nazón	52
Figura 30: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Biblián.....	52
Figura 31: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Tabacay	53
Figura 32: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Unión Tabacay-Burgay.....	53
Figura 33: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Mercado Azogues.....	54
Figura 34: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo El Carmín	55
Figura 35: Zona de recuperación del tramo Nazón	57
Figura 36: Zona de recuperación del tramo Biblián.....	57
Figura 37: Zona de recuperación del tramo Tabacay.....	58
Figura 38: Zona de recuperación del tramo Tabacay-Burgay.....	58
Figura 39: Zona de recuperación del tramo Mercado Azogues.....	59
Figura 40: Zona de recuperación del tramo Mercado Azogues	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación del “ICA” propuesto por Brown	13
Tabla 2:	Valores del ABI	15
Tabla 3:	Puntos de monitoreo del río Burgay	20
Tabla 4:	Puntaje del Índice Biótico Andino (ABI)	24
Tabla 5:	Parámetros fisicoquímicos y frecuencia de uso	27
Tabla 6:	Ponderación de cada parámetro Físico-químico.....	28
Tabla 7:	Rangos de clasificación del UWQI	29
Tabla 8:	Ponderación para cada índice.....	33
Tabla 9:	Indicador de prioridad de restauración	33
Tabla 10:	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce para criterios de la calidad admisibles.....	34
Tabla 11:	Residuos de pesticidas en el río Burgay	39
Tabla 12:	Promedio del índice UWQI	39
Tabla 13:	Porcentaje y calidad asignados por el índice QBR en seis zonas de muestreo a lo largo de la subcuenca del río Burgay.....	40
Tabla 14:	Valores del índice ABI en el río Burgay.....	42
Tabla 15:	Promedio del NDVI de los tramos del río Burgay	43
Tabla 16:	Rangos NDVI	45
Tabla 17:	Modelo conceptual de priorización de restauración	47
Tabla 18:	Indicador de necesidad de restauración según tramos del río Burgay.....	47
Tabla 19:	Especies más comunes asociadas a las riberas de los ríos	49
Tabla 20:	Identificación y delimitación de sitios de intervención	51

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS	67
Anexo 1: Evaluación del QBR	67
Anexo 2: Monitoreos de calidad de agua.....	68
Anexo 3: Analíticas de laboratorio certificado	71
Anexo 4: Evaluación del ABI	79
Anexo 5: Recolección de muestras en los tramos estudiados	84
Anexo 6: Análisis e identificación de macroinvertebrados en el laboratorio.	85
Anexo 7: Tramos estudiados del río Burgay	86

RESUMEN

Se realiza una propuesta de restauración en seis tramos del río Burgay, el mismo que atraviesa por las ciudades de Biblián y Azogues, se integra cuatro índices que son: Índice de Calidad de Agua (UWQI), Índice de Vegetación de Ribera (QBR), Índice Biótico Andino (ABI) e Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) para evaluar el estado actual del río, mediante una ponderación de pesos que indica el valor de cada índice dentro del modelo propuesto. La cuenca media del río presenta una calidad regular, mientras que las zonas bajas mostraron una calidad mala, por explotación de áridos sin control y por descargas de aguas residuales domésticas e industriales. El estudio revela la utilidad de desarrollar un modelo conceptual de restauración en donde se priorice las zonas más alteradas mediante la integración de diferentes índices y así realizar una propuesta de restauración ecológica tomando en cuenta la biodiversidad de la zona en los márgenes del río. Estos resultados constituyen una herramienta de gestión útil en los procesos de toma de decisiones, para las empresas y organismos encargados de la gestión y administración del recurso.

PALABRAS CLAVE: CALIDAD DE AGUA, DEGRADACIÓN ECOLÓGICA, MODELO CONCEPTUAL, RIO BURGAY.

ABSTRACT

A proposal for the recovery of six sections of the Burgay River, which runs through the cities of Biblián and Azogues, includes four indices: Water Quality Index (UWQI), Riverside Vegetation Index (QBR), Andean Biotic Index (ABI) and Standardized Vegetation Index (NDVI) to assess the current state of the river, by providing a weighting which shows the amount of each index in the proposed model. The medium river basin shows a regular quality, while the lower areas showed a negative quality, due to uncontrolled exploitation of soil aggregates and for discharges of waste water from households and industry. The research highlights the importance of developing a conceptual recovery model which prioritizes the most damaged areas through the inclusion of different indices and thus develop a proposal for ecological restoration considering the biodiversity of the area on the banks of the river. These results represent a powerful management tool in the decision-making process, for companies and organizations responsible for the management and administration of the resource.

KEYWORDS: WATER QUALITY, ECOLOGICAL DETERIORATION, CONCEPTUAL MODEL, BURGAY RIVER.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los ríos por la descarga directa de aguas residuales afecta negativamente a los ecosistemas causando uno de los principales problemas como es la eutrofización, el papel que juega la vegetación riparia es de vital importancia para la recuperación de la oferta hídrica, la diversidad biótica y la disponibilidad de los servicios ecosistémicos.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2013) el impacto del ganado en las zonas ribereñas acrecienta la compactación del suelo, reduciendo la infiltración, degradando los márgenes de los cursos de agua y disminuyendo los niveles freáticos. Respecto a la vegetación, existe daño y reducción de la regeneración existente, y en algunos casos puede afectar especies endémicas asociadas a los cursos de agua. Sin embargo, no resulta fácil tratar estas alteraciones debido a que la actividad ganadera, generalmente, es el único medio de vida para los pobladores de estas áreas (K.D. Holl, 2011).

Los bosques ribereños son una de las zonas más transformadas por las actividades humanas, incluyendo la sustitución por cultivos agrícolas y forestales, la construcción de infraestructuras hidráulicas o domésticas y el uso de especies exóticas (Kutschker, 2011).

Otra afección al recurso hídrico es la carga de nutrientes de los ríos en zonas densamente pobladas, la cual depende de diversos factores, por ejemplo: la hidrología, la escorrentía y los procesos de advección, difusión y dispersión en la corriente que conducen a la transformación, la retención y eliminación durante su viaje hacia aguas abajo. La evaluación de la importancia de estos procesos complejos y relacionados entre sí, puede proporcionar un entendimiento de cómo la calidad del agua del río y el funcionamiento ecológico reflejan el uso de la tierra y de la actividad humana en la cuenca (Billen G, 2012).

En la actualidad, las riberas de los ríos están siendo fuertemente degradadas por la acción antrópica un ejemplo de ello es la pérdida de la cubierta vegetal ribereña lo que genera una afectación a las funciones eco sistémicas y calidad del cuerpo de agua (Delgado, 2015).

La zona de estudio corresponde la subcuenca del río Burgay, la cual representa el 8,72% del área total de la cuenca del río Paute, y se encuentra ubicada en la cuenca media de la misma. El área de drenaje de esta subcuenca es de 447,04 km² con una elevación media de 2997 ms.n.m. y una pendiente media de 15,4% (Pauta, 2014).

Según el “TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (Tulsa), fija límites permisibles para aguas de consumo humano y doméstico, así mismo como límites de calidad para el estado de conservación del sistema, por lo tanto, es necesario analizar parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua y de esta manera enfatizar a la recuperación del cauce”

En la ley de aguas se estipula en el artículo “N°411” que el estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga.”

El estudio se centra en la disponibilidad del recurso hídrico para consumo humano en la ciudad de Azogues, por ello es de alta importancia la restauración del ecosistema ripario.

Uno de los problemas prioritarios que afronta el medio ambiente es la contaminación del recurso hídrico por vertidos no controlados de aguas residuales sin tratamiento previo, cambios de uso del suelo y pérdida de biodiversidad. Además de, la excesiva carga de contaminantes como desechos, metales y pesticidas, descargas de industrias caseras de lácteos, lo que ha llevado al sistema a tener problemas tan graves como la anoxia en ciertos tramos y la pérdida de la biodiversidad dentro del ecosistema acuático y en la zona ribereña.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar el modelo de restauración del ecosistema ripario que ayude a mejorar la calidad de agua de la subcuenca del río Burgay y se utilice como herramienta de gestión adecuada para buscar un fin específico que en este caso sería la restauración del sistema.

Según (Lara, 2013) el concepto de restauración se debería relacionar con “bonificar” las acciones tendientes a recuperar atributos de estructura y funcionamiento de los ecosistemas que se han deteriorado y perdido. Los ecosistemas restaurados pueden mejorar la provisión de servicios ecosistémicos y ayudar en la conservación de la biodiversidad, siendo necesario observar que dichas acciones de restauración

se ajusten a la composición y estructura original de la cubierta vegetal, incluyendo las dinámicas de estos sistemas (K.D. Holl, 2011).

Siendo así el presente estudio se desarrolla por la problemática de contaminación en el río Burgay, que se ve afectado por la descarga directa de aguas residuales no depuradas y por escorrentía de suelos agrícolas y ganaderos que han provocado una degradación de la calidad del agua del río; problema que se ha agudizado por el incremento del desarrollo urbano e industrial. La extensión de la frontera agrícola y el crecimiento urbano provoca el aumento en la generación de desechos y las descargas de aguas residuales, que en conjunto con las descargas de aguas de origen doméstico y la disminución del caudal, por el transvase a la ciudad de Azogues, convierten al río en uno de los más contaminados de la provincia por lo cual en este trabajo se propone una forma de restaurarlo; priorizando los tramos más degradados en la zona de estudio, enfatizando en las zonas ribereñas ya que estas presentan vegetación y generan una diversidad de servicios ecológicos en las cuencas y microcuencas, las mismas sirven de filtro entre el río y ecosistemas adyacentes, lo que impide o retarda el flujo de la escorrentía hacia el cauce, la cual en muchas ocasiones trae consigo agroquímicos, nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) y productos orgánicos provenientes de las actividades antropogénicas y de los cambios en los usos del suelo (Burt et al., 2002).

La vegetación existente en ríos arroyos y quebradas, denominada vegetación de ribera o vegetación riparia, participa de forma activa en la regulación del ecosistema acuático, a través de diversas funciones, entre esta se destacan: la estabilización de los márgenes, la reducción de la escorrentía y la erosión (Naiman, 2013), la protección frente a las crecidas, la retención de sedimentos, el control de los flujos de agua, el aumento de materia orgánica, nutrientes y contaminantes hacia las masas de agua y la formación de microhábitats para la conservación de la fauna (Stella, 2013).

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Desarrollar un modelo conceptual de restauración del ecosistema ripario que permita mejorar la calidad de agua en un tramo de análisis del río Burgay.

1.1.2. Objetivos específicos

- Realizar la evaluación del estado de la calidad de agua y de la calidad de ribera del tramo de estudio del río Burgay.

- Identificar las zonas prioritarias para restauración a partir del análisis UWQI_B, índice QBR, Índice ABI conjuntamente del índice de vegetación NDVI.
- Plantear un modelo conceptual de restauración ambiental que integre calidad del agua y ecosistema de ribera.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Degradación de cuerpos de agua

Las principales causas de contaminación de las aguas son: contaminación microbiológica por desechos de aguas municipales no tratadas, por fertilizantes y pesticidas, por sustancias químicas de desechos industriales. Lo que provoca que el agua de las fuentes contaminadas no pueda ser utilizada para fines humanos y que las especies que viven en los cuerpos de agua en esas condiciones se estén extinguiendo, lo que afecta el ciclo hidrológico (Monforte García & Cantú Martínez, 2009).

La importancia de la contribución de los ríos como vía de ingreso de contaminantes al mar fue reconocida por primera vez en la Conferencia Técnica de la FAO sobre Contaminación Marina y sus Efectos en los Recursos Vivos (Roma, 8–9 de diciembre de 1970), donde se instituyó que la mayor parte de la contaminación que llega al mar, lo hace debido a la escorrentía de los ríos degradados, ocasionando efectos negativos en estuarios y recursos vivos (Escobar, 2002).

Durante décadas, toneladas de sustancias biológicamente activas, sintetizadas para su uso en la agricultura, la industria, la medicina, han sido tiradas al medio ambiente sin pensar en las posibles consecuencias. El problema de la contaminación comenzó a hacerse notable a principios del siglo XIX, en donde se incluía el problema de la escasez de agua; aspecto que está adquiriendo proporciones alarmantes a causa del cambio climático y la creciente desertización que está sufriendo el planeta. El vertido de aguas residuales no tratadas y la variación de concentraciones de estas se constituyen por distintas actividades humanas en donde se produce la contaminación del agua o la alteración de su calidad (Barceló & López de Alda, 2017).

La expansión urbana y el aumento del consumo hídrico consecuente, han provocado un crecimiento proporcional de las aguas residuales generadas. Entre un 70 y 80% de las aguas recibidas a nivel domiciliario se transforman en residuales vertiéndose en las redes de saneamiento, si las hay, o en drenajes de diverso tipo, para terminar, engrosando los cuerpos de agua naturales. Del mismo modo, las aguas utilizadas por la industria, también se vierten en las redes y canales de desagüe, culminando su itinerario en ríos, lagos y mares.

La capacidad de auto depuración de una masa de agua es siempre limitada, mientras que el vertido de residuos a ella no tiene freno en el momento actual. Es decir, el volumen de aguas residuales depuradas no alcanza en ningún punto el nivel que debería tener hasta compensar la diferencia que existe con la capacidad de auto depuración de los ríos (Calvo, 2015).

2.2 Restauración de ríos en el mundo

“La problemática de contaminación entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo es muy evidente en América Latina tienen un origen de tipo social, económico, cultural y legislativo. Mientras los países desarrollados se enfocan en realizar planes para la vigilancia, protección y recuperación de sus recursos hídricos, los países en vías de desarrollo se encuentran solventando trabas legales para poder operar en ámbitos como el control de vertidos en cuerpos de agua.”(Matovelle, 2016).

En los últimos años y ante el inocultable deterioro ambiental, varias ciudades han puesto de nuevo la mirada en sus ríos como ejes integradores de desarrollo, que podrían ser más resilientes y sostenibles.

Es claro que, aunque estos proyectos son muy ambiciosos para las ciudades, debido a que requieren mucho presupuesto y tiempo para su implementación, es posible lograrlos con una planificación pública adecuada, la participación de la ciudadanía, la voluntad política y la colaboración del sector privado en la región.

Uno de los ríos con mayor éxito de restauración fue el río Cheonggycheon en Seúl Corea del sur, el cual estaba sepultado por una autopista que ya no era rentable para la ciudad, la alcaldía en 1999 comenzó a demoler la autopista y crear un parque de 400 hectáreas que tuviera en centro al río con sus aguas debidamente tratadas. Finalizado el proyecto, Seúl se precia de experimentar un crecimiento en la biodiversidad del 639% en el área; una reducción del efecto de isla de calor entre 3,3 y 5,9 grados Celsius; una disminución de un 35% en la contaminación; un incremento en el uso de transporte público en un 15,1% respecto a los buses y en un 3,3% para el metro; y un aumento del valor inmobiliario entre el 30% y el 50%.(LA.Network, n.d.)

Otro caso de éxito fue la restauración del parque lineal aledaño al río Nervión en Bilbao España, esto se aprovechó para reactivar el empleo en la ciudad después de 15 años en crisis.

Los proyectos de restauración de ríos en proceso:

- Bogotá quiere recuperar ambientalmente su río y luego poder desarrollar malecones y espacios públicos nuevos en su ribera. Ciudad Río se llama este proyecto de largo aliento.
- Montería es hoy una de las 10 ciudades más sostenibles del mundo. La recuperación del río Sinú y la generación de nuevo espacio público ha sido factor clave para que esta ciudad colombiana reciba ese reconocimiento global.
- Río Kissimee (Florida E.E.U.U.) Sus impulsores recuperaron el trazado natural del río y la conectividad de los canales con las riveras (conectividad natural), así como con los acuíferos (conectividad vertical) (LA.Network, n.d.).

La ciudad de Cuenca a través de su empresa ETAPA (Empresa de Telecomunicaciones, de Agua Potable y Alcantarillado), trabaja desde 1984 para recuperar la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, siendo pionera a nivel de país y tomada como modelo para el resto de ciudades.

En el período 1984-1989 se realizaron los estudios del plan maestro de control de la contaminación, a partir de 1991 se implementó en ETAPA un programa de vigilancia de la calidad de agua de los ríos de Cuenca, que permite entre otros establecer indicadores de beneficio de las obras de interceptación. Además, en la ciudad de Cuenca existen parques lineales en donde sus áreas verdes son recreación en las márgenes de los ríos destinados para la recreación de la población. En este tipo de áreas existen camineras asfaltadas con bordes de piedra. Algunas tienen canchas deportivas y juegos infantiles, muchos de ellos se encuentran recién reforestados. Por lo general la vegetación predominante en estas áreas son los eucaliptos, sauces, alisos, molles, capulí, cholán, kikuyo, trébol blanco, diente de león, sigsal, altamizas, cardo santo, retamas, chilcas. En estos parques se está reforestando ciertas plantas nativas como: el guabisay, capulí, guaba, mole, aliso, linllin, níspero. Muy raro se encuentra el cáñaro. Otras plantas ornamentales recién reforestadas son el fresno ecuatoriano, arrayan nacional y arrayan extranjero, pumamaqui (Porras López, 2011).

Porcentaje de áreas de vegetación en el Azuay

La existencia de áreas verdes urbanas, contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida y a la salud de sus habitantes, al tiempo que facilita la práctica

de deportes, la recreación, el esparcimiento y la integración social; además disminuye el impacto producido por niveles excesivamente altos de densidad y edificación, produce efectos que ayudan a la eliminación del polvo, la reducción del ruido, enriquecimiento de la biodiversidad y la protección del suelo (INEC, 2012)

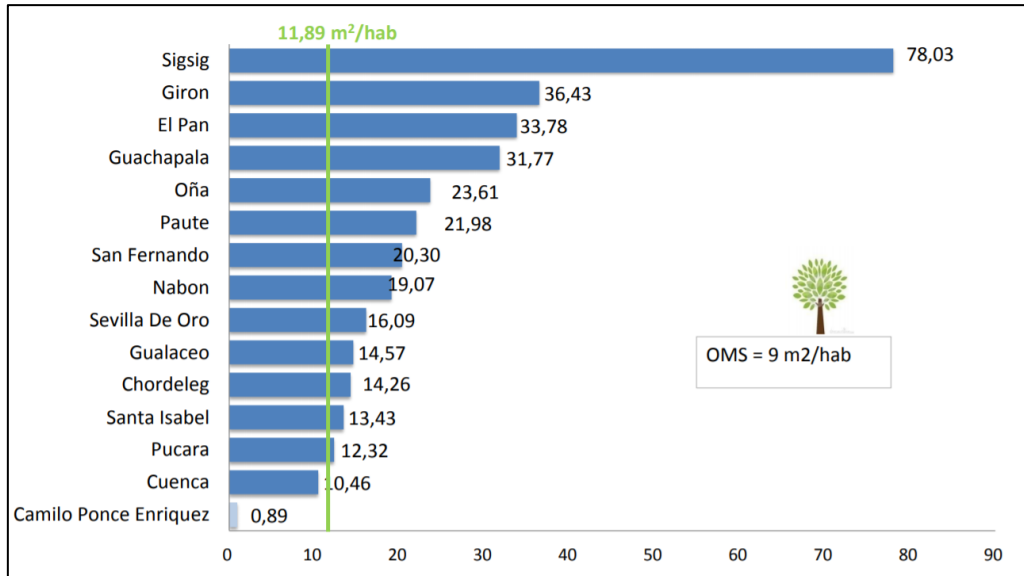


Figura 1: Índice Verde Urbano en la provincia del Azuay
Fuente (INEC, 2012)

Según la Organización mundial de la salud (OMS) el índice verde urbano sugerido es de 9 m²/hab, para la provincia del Azuay es de 11,89 m²/hab, cumpliendo el rango sugerido por la OMS.

2.2.1 Restauración de ríos

Como sabemos los ríos son sistemas naturales de alta importancia para nuestro planeta ya que gracias a ellos permiten la existencia de otros seres vivos, crecimiento económico y desarrollo social de cada región, es por ello que cada vez surge la idea de recuperarlos ya que su valor ecológico influencia sobre otros ecosistemas.

El valor ambiental de los ríos se estima por los beneficios que conceden al hombre, como el abasto de agua potable, agrícola e industrial; purificación de aguas residuales; mitigación de inundaciones; mantenimiento de fertilidad de suelos; distribución de nutrimentos a lo largo de la cuenca; provisión de espacios recreativos; generación de energía y medios de transporte. (Mendoza, 2014)

Es por esto que se analizan 3 factores muy importantes para la recuperación de los ríos:(LA.Network, n.d.)

- **Sociales.** Recuperar los ríos origina la unión de las comunidades, las cuales cuentan con nuevos espacios públicos de calidad para el encuentro. Incluso, si los ciudadanos logran apropiarse de estos espacios aumentará la seguridad y se reducirá drásticamente la violencia.
- **Ambientales.** La restitución del hábitat fluvial favorece al control de la temperatura, mejora la calidad del aire y ayuda a evitar inundaciones.
- **Económicos.** Intervenciones de este tipo mejoran la salud pública lo que reduce el presupuesto dedicado a ello, eleva el valor inmobiliario de las propiedades que están en el área de influencia y fomentan el desarrollo comercial en la zona, estas iniciativas son susceptibles de atraer mucha inversión privada.

Experiencias de restauración en Ecuador

La vegetación natural en el Ecuador es aproximadamente 10,7 millones de hectáreas, de las cuales 3 millones (aproximadamente el 12%) son áreas destinadas para vegetación (Aguirre, 2013). El país cuenta con instrumentos adecuados para soportar procesos de restauración:

- Constitución Política del Ecuador
- Derecho que tiene la naturaleza a la restauración (Art. 72), el estado establecerá mecanismos eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará medidas para eliminar o mitigar consecuencias ambientales nocivas.
- Medidas de precaución y restricción para actividades que puedan conducir a la extinción de especies, destrucción de ecosistemas y alteración permanente de los ciclos naturales (Art. 73)
- La conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos (Art. 411)
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre
- Código Ambiental

El conocimiento científico en Ecuador sobre restauración, es aún incipiente. Los estudios se han incrementado considerablemente desde el 2007, lo cual muestra que la restauración ecológica en el país está cobrando mayor importancia. La restauración de la cobertura vegetal ha sido el tema más estudiado y los estudios se han enfocado a la evaluación de la regeneración natural, y el manejo de pasturas. El bosque húmedo montano, el bosque húmedo amazónico y el manglar son los ecosistemas más estudiados (Aguirre, 2013).

Iniciativas relacionadas con la restauración ecológica en el Ecuador:

1. Acuerdos de conservación Reserva Chachis, Esmeraldas.
2. Restauración Ecológica en Mindo-Nambillo, Pichincha.
3. Recuperación cobertura vegetal: cuenca río Guayllabamba, Pichincha.
4. Restauración Ecológica de bosque degradados del corredor ecológico: Parque Nacional Llanganates y Sangay.
5. Acuerdos de conservación Cordillera Chongon Colonche, Manabi.
6. Restauración Ecológica del Estero Salado.
7. Restauración de Bosque seco sur Ecuador.
8. Restauración pasturas abandonas sur Ecuador, Loja y Zamora Chinchipe.
9. Restauración de cuencas proveedoras agua para la provincia de Loja (FORAGUA).
10. Restauración ecológica de la cubierta vegetal de la cuenca Jamboe, Zamora Chinchipe.

Dentro de los casos de restauración de tramos de ríos se puede mencionar la restauración hidráulica y ecológica de un tramo del río San Pedro, cuenca del río Guayllabamba. En el cual utiliza un tramo de restauración con y un tramo como testigo. El tramo del río en donde se encuentra el ecosistema de referencia, comprende una longitud de 2200 m, desde la zona de San Pedro de Taboada hasta la Bocatoma de San Rafael. En este tramo existe presencia de vegetación de ribera y el cauce está protegido en varios segmentos (Proyecto Corporación Vida para Quito). Los poblados más importantes por los que atraviesa el río son: Amaguaña, Sangolquí y San Rafael, en donde se ubica la captación conocida como Bocatoma de San Rafael (Rosero, 2009).

En la figura 2 se muestra los tramos analizados en esta experiencia de restauración de ríos en Ecuador:

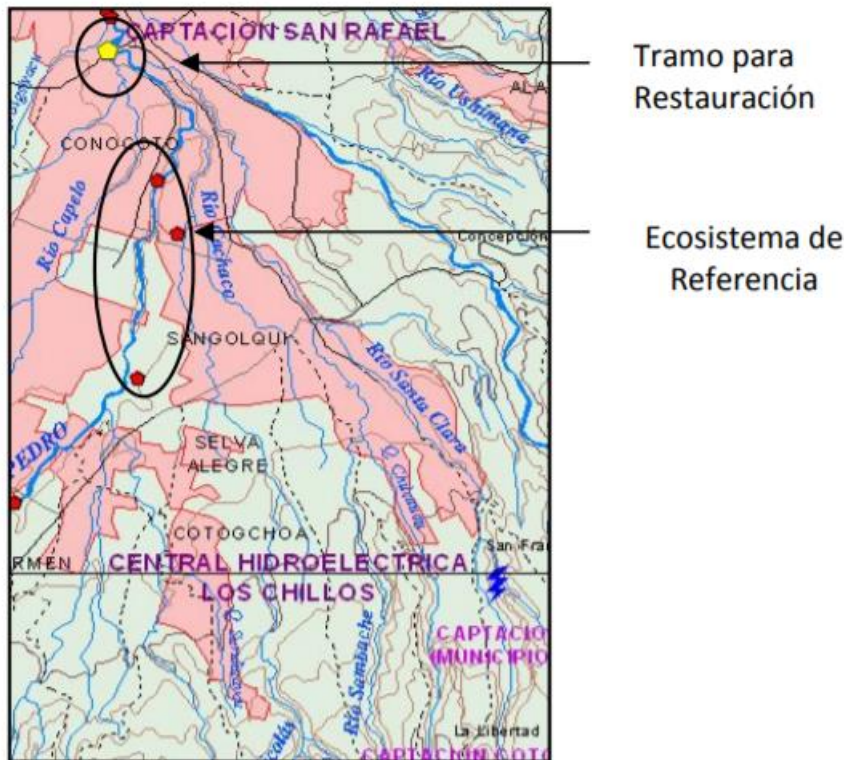


Figura 2: Área de investigación propuesta para la restauración hidráulica y ecológica.

Fuente (Rosero, 2009)

Los resultados físicos en el ecosistema acuático, son evidentes a nivel de paisaje y funcionalidad, ya que inmediatamente seguido de la intervención, las primeras estrategias de revegetación serán difíciles de evaluar, pero podrán observarse en la salud del medio acuático y los procesos como producción primaria y secundaria. Ante esto, para que las acciones de reforestación y re vegetación sean eficientes, se sugiere que las especies previstas para esto, sean especies nativas pioneras y principalmente las de crecimiento rápido.

2.3 Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

Parte de los cuerpos legales:

- Constitución política de la república
- Ley de régimen municipal
- Ley de régimen provincial
- TULSMA anexo 1 calidad de agua
- Ley de gestión ambiental
- Ley de aguas
- Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre
- Ley de minería o Reglamento ambiental de actividades mineras

- Ley del sistema nacional de ciencia y tecnología
- Código de la salud

2.4 Elementos de diagnóstico de un ecosistema lótico

Se han desarrollado diversos índices para analizar la calidad del agua en los ambientes fluviales; estos índices están basados en indicadores físicos, químicos y biológicos y han sido protocolizados por diferentes agencias ambientales. Son adecuados para una evaluación rápida y permiten informar a las autoridades de aplicación y al público en general sobre el estado ecológico de los ríos. Por su sencillez pueden ser usados por ciudadanos voluntarios y son una herramienta didáctica en educación ambiental (USEPA, 2004)

2.4.1 Calidad ecológica de los ríos

Los ecosistemas de río son elementos integradores de los paisajes. Dentro de una cuenca hidrográfica, el movimiento de la escorrentía de lluvia, transporta solutos y partículas hacia los ríos, además determina la cantidad de agua y de sedimentos que entran a los cuerpos de agua y define en gran medida la geomorfología y fisicoquímica de estos ecosistemas.

Actualmente se considera a el agua como un recurso esencial que requiere la máxima atención de los estados por ser indispensable para la preservación de la vida y encontrarse expuesta al deterioro, en ocasiones irreversible, ocasionado por un uso irresponsable e intensivo del recurso.

El mayor impacto sobre la salud pública se da a través de los sistemas de suministro de agua; la alteración de las características, físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento incurre directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua .El evidente deterioro de los cuerpos de agua superficial hace prioritaria su evaluación con el fin de tomar acciones de control y mitigación del nivel de riesgo que será determinante en la complejidad y costos del tratamiento del agua para consumo humano, como lo evidencia la reglamentación vigente para aguas superficiales destinadas al consumo humano (Torres, Hernán, Paola, & Patiño, 2009).






Los índices de calidad del agua ICA surgen como una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental en procesos decisorios de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos. La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la valoración de su naturaleza química, física y

biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. (Torres et al., 2009).

Las variables que utiliza el ICA en el aspecto fisicoquímico son: demanda biológica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto, temperatura, turbiedad, potencial de Hidrógeno (pH), fosfatos, nitratos, sólidos disueltos totales y coliformes totales aspecto microbiológico cada una de estas variables tienen su importancia específica relacionada con la calidad de agua (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016).

Según (SNET, 2016) el “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base en la tabla 1.

Tabla 1 Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

Calidad de agua	Valor	Color
Excelente	91 a 100	
Buena	71 a 90	
Regular	51 a 70	
Mala	26 a 50	
Pésima	0 a 25	

Fuente: (Fernandez & Solano, 2007)

El Índice de calidad de agua “UWQI” propuesto por Brown es una versión modificada del que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que hizo 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)(SNET, 2016). Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (SNET, 2016).

Los indicadores de calidad de agua se pueden clasificar de diversas maneras:

Índices hidromorfológicos: Tienen como objetivo caracterizar la calidad hidromorfológica del cauce basándose en determinados parámetros. Ejemplos son:

QBR (índice calidad del bosque de ribera), ICF (índice de continuidad fluvial), IHF (índice hábitat fluvial)-.

Biológicos: es un organismo que con su presencia informa del estado de salud del medio acuático en el cual se desarrolla su ciclo biológico. Organismos usados como indicadores biológicos de calidad de aguas son los siguientes: macroinvertebrados, peces, diatomeas, organismos patógenos, etc. (“Indicadores de calidad del agua | iAgua,” n.d.)

De acuerdo a la información bibliográfica el método más empleado para valoración de la calidad de las aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial es el ICA.

Indicadores Físico Químicos. - Los parámetros que se van a analizar en la zona de estudio son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fosfatos, Nitratos, Amonio, Nitritos, Sulfatos, Sufuros, Cloruros, Tensoactivos, Aceites y Grasas, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hierro, Aluminio, Níquel, Carbonatos, Bicarbonatos y Coliformes Fecales. Estos datos tomados en diferentes puntos permiten identificar las concentraciones y el tipo de contaminación presente en el río (Sánchez, 2016).

Demanda biológica de Oxígeno (DBOlim): es la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos para degradar una cantidad de materia orgánica.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): es una prueba usada para medir la carga polucional de los desechos domésticos e industriales y cuantifica la cantidad de oxígeno requerido para oxidar completamente la materia orgánica.

Aceites y Grasas: en las aguas superficiales interfieren la transferencia del oxígeno atmosférico

Oxígeno disuelto: condición importante para que exista crecimiento y reproducción de una población normal de peces.

Cloruros: son una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano aporte de sus heces fecales y orina, así como presencia de sales ionizables.

Nitritos: en aguas superficiales, la presencia de nitrito indica contaminación debido a la formación de ácido nitroso, cuya mezcla con aminas secundarias forman las nitroso aminas que es un reconocido compuesto cancerígeno.

Hierro: La estabilidad y aparición en una forma u otra depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, composición de la solución, etc. Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones.





Coliformes Fecales: Generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación, esto es una práctica generalizada en todo el mundo, se supone que la NO presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable bacteriológicamente hablando.


El índice biótico andino (ABI) es un índice basado en el índice BMWP, como un método de calidad biológica de las corrientes. En este índice están incluidas menos familias de macro invertebrados que en otras partes del mundo, donde se aplica el índice BMWP, debido a que la altura restringe la distribución de muchas familias (Ríos, Acosta, & Prat, 2014).

En los cuerpos de agua habitan gran cantidad de organismos como son: las bacterias, las algas, los peces y microorganismos. Cada uno de estos han evolucionado en ambientes naturales, siendo así tolerantes a distintos niveles de contaminación de agua. Algunas especies son muy sensibles a la contaminación y si se presenta alguna alteración desaparecen. Sin embargo, otros son más tolerantes, pero cabe indicar que en niveles elevados de contaminación podrían desaparecer del río. Solamente pocas especies resisten niveles altos de contaminación como son las explotaciones mineras en donde casi no se encuentra ningún organismo vivo (Encalada, Rieradevall, Ríos, García, & Narcís, 2011).

En el siguiente cuadro se manifiesta el estado de calidad de agua según los organismos encontrados siguiendo el protocolo CERA (Calidad ecológica de ríos andinos), cada microorganismo encontrado corresponde al nivel de tolerancia de contaminación, a continuación, se detalla la interpretación de los valores ABI para el Ecuador.

Tabla 2: Valores del ABI

CLASE	CALIDAD DE AGUA	SIGNIFICADO	COLOR
I	Excelente	Aguas limpias a muy limpias	
II	Bueno	No contaminadas de modo sensible	
III	Moderado	Evidentes algunos efectos de contaminación	
IV	Malo	Aguas contaminadas	

V	Pésimo	Fuertemente contaminadas	
---	--------	--------------------------	---

Fuente: Adaptación de Acosta et. al 2009

El Índice QBR (Índice de calidad de bosque de ribera) se utiliza para evaluar ecosistemas ribereños; las zonas ribereñas son ecosistemas dependientes de cuerpos de agua, que se constituyen por su tipo de vegetación, inmersos en cuencas hidrográficas. Estas zonas cumplen funciones importantes como es la preservación de los ecosistemas a la vez suministran bienes y servicios para la biota y el bienestar humano. Por lo tanto, en cualquier unidad territorial, es necesario determinar la calidad e importancia de los ecosistemas ribereños, ya que constituyen una fuente de recursos económicos y servicios ecosistémicos (Romero, Cozano, Gangas, & Naulin, 2014)

El índice QBR puede ser una herramienta viable para estimar el grado de conservación in situ de la vegetación ribereña. La conservación in situ es reconocida a nivel global y regional como una de las más importantes herramientas de protección de la diversidad biológica, pues, permite mantener y restaurar el rango completo de la diversidad biológica de la región, al generar una cobertura protegida, conectividad, restauración, reducción y mitigación de amenazas (Dirección General de Aguas, 2014). En este sentido, el objetivo de este trabajo es evaluar la calidad de la vegetación ribereña del río Burgay utilizando el índice QBR, y entregar una aproximación actual del estado de conservación de la cuenca.

La pérdida de vegetación en las orillas de arroyos y ríos (vegetación ribereña) implica la ausencia de sombra y de hojas que caen en el agua, lo cual cambia la composición química de ésta y el aumento de su temperatura, situación que daña a los peces. La carencia de árboles ocasiona que haya menos sitios para la alimentación y anidación de los peces. En casos extremos, algunos arroyos y manantiales se secan o se azolvan por erosión del suelo. Cuando surgen estos problemas, es necesario aplicar acciones de restauración ambiental (Meli & Carrasco, 2011).

2.5 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) es un índice cuantitativo de verdor que varía de 0 a 1, donde 0 representa verdor mínimo o nulo y 1 representa verdor máximo. Este índice de vegetación que se fundamenta en la respuesta de la vegetación con respecto a la radiación solar, fue desarrollado por (Rouse, 1973).

Se han desarrollado varios índices de vegetación espectral en las últimas décadas que se han utilizado para estimar biomasa y porcentaje de cobertura vegetal. El índice de diferencia de vegetación normalizado (NDVI) es uno de los índices de vegetación más utilizados y su utilidad en evaluación satelital y monitoreo de la cubierta vegetal global ha sido bien demostrado en las últimas dos décadas (Jiang et al., 2006)

El NDVI, un cociente que representa las características funcionales de la planta activa y que contrasta la reflectancia de las bandas infrarrojo cercano (Near Infrared-NIR) y rojo (Red-R). Utilizando las mismas bandas, el índice de vegetación con ajuste de suelo (Soil Adjusted Vegetation Index-SAVI) también representa el vigor y la estructura del dosel, pero además incorpora un ajuste arbitrario para la cobertura incompleta del terreno (Gilabert, 2004).

Los índices de vegetación basados en datos remotos se han utilizado cada vez con más frecuencia como indicadores cuantitativos del funcionamiento de los ecosistemas. Esto es debido a su diseño conceptual y estructural de que, a partir de datos indirectos, se infiera el monto de energía absorbida, reflejada o irradiada por los objetos según sus propiedades ópticas al entrar en contacto con su superficie. Consuetudinariamente se han utilizado para realizar estudios espaciales y multitemporales por la caracterización de ecosistemas, escalando observaciones locales y también para evidenciar la respuesta de la vegetación a las variaciones en los flujos radiante e hídrico (Cheng, 2008).

La vegetación es un componente importante de los ecosistemas globales y el conocimiento de la cubierta vegetal de la Tierra es importante para comprender las interacciones tierra-atmósfera y sus efectos sobre el clima. Los cambios en la cubierta vegetal afectan directamente a los cuerpos de agua. Los datos satelitales proporcionan una vista espacial y periódica, integral de la vegetación terrestre (Quizhpe, 2015)

2.6 Modelo conceptual de restauración

Los modelos permiten contribuir a la protección y/o restablecimiento de los ecosistemas afectados para su conservación, uso sustentable y obtención continua de los beneficios derivados de la utilización de los ecosistemas (Ocampo, 2019)

Los modelos ecológicos son representaciones descriptivas, en las cuales se emplean generalmente el lenguaje matemático y gráfico, para desarrollar descripciones prácticas y teóricas, que apuntan a ayudar a la comprensión de los

sistemas ecológicos. Todos los modelos ecológicos son representaciones simplificadas de la realidad, algunas demasiado simples, que podrían excluir variables de importancia para el funcionamiento del sistema en estudio, mientras otras, demasiado complejas, que podrían estar incluyendo variables no influyentes en el comportamiento del sistema (Salvatierra et al., 2010).

Según la revisión bibliográfica en estudios similares no se ha elaborado modelos de restauración firmemente establecidos, es por ellos que se desea implementar un modelo que se ajuste con todos los índices ecológicos levantados en la zona de estudio para priorizar las zonas de restauración más degradadas.

Como la gestión de ecosistemas supone un alto grado de impredecibilidad e incertidumbre es necesario implementar un sistema dinámico de manejo y control. Este sistema se propone a través de un modelo conceptual que involucre calidad de agua y estado de ribera e índice de vegetación.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

La zona de estudio corresponde la subcuenca del río Burgay, la cual representa el 8,72% del área total de la cuenca del río Paute, y se encuentra ubicada en la cuenca media de la misma. El área de drenaje de esta subcuenca es de 447, 04 km² con una elevación media de 2997 ms.n.m. y una pendiente media de 15, 4% (Pauta, 2014).

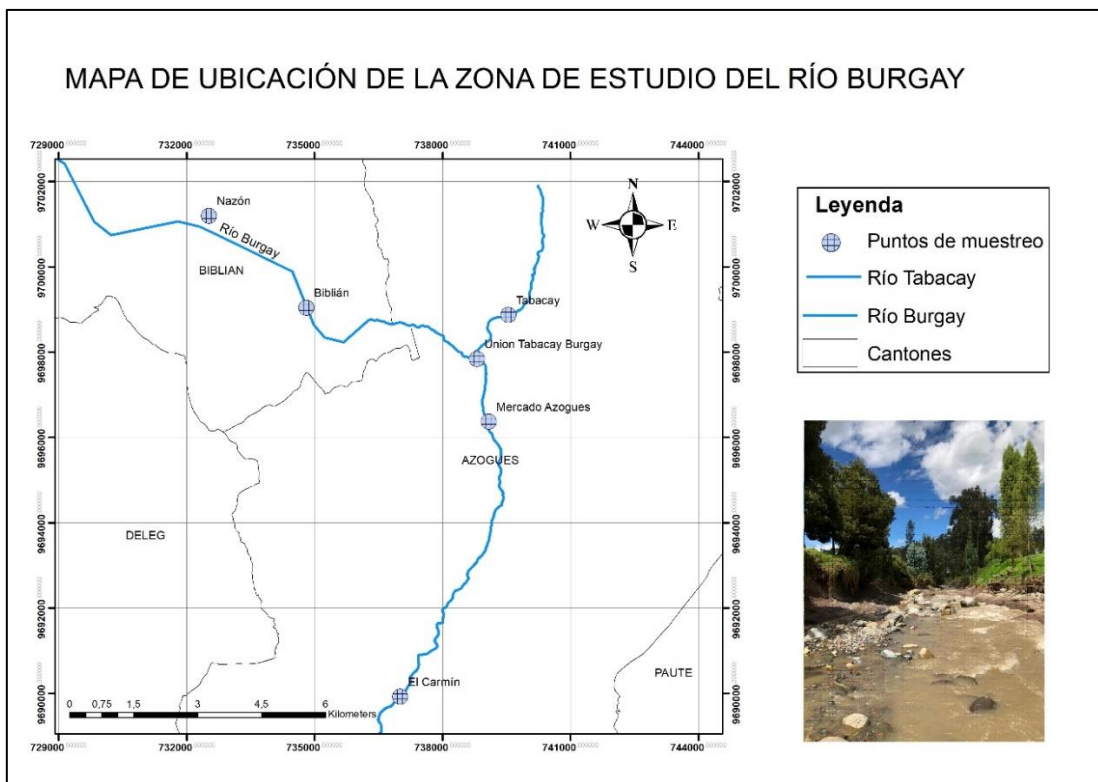


Figura 3: Mapa de ubicación del río Burgay

Se analizó 6 tramos de río que miden entre 50 y 100 m de longitud, donde se determinaron los 4 índices:

- Índice QBR
- Índice ABI
- Índice NDVI
- Índice WQI

Tabla 3: Puntos de monitoreo del río Burgay

Zona de muestreo	COOR_X UTM (17S)	COOR_Y UTM(17S)
Nazón	732520.00	9701195.00
Biblián	734803.00	9699044.00
Tabacay	739541.00	9698870.00
Unión Tabacay-Burgay	738801.00	9697841.00
Mercado Nuevo	739078.00	9696369.00
El Carmín	737002.00	9689922.00

3.2 Calidad de agua

Para realizar la evaluación del estado de calidad del cuerpo de agua se parte de los datos físicos, químicos y microbiológicos analizados en seis puntos de la zona de estudio. La determinación de los puntos de muestreo se realizó a partir de la máxima concentración de asentamientos humanos que son los que ejercen mayor presión sobre el cauce hídrico. Con este criterio se considera la zona de estudio desde la parte alta previo al ingreso a la ciudad de Biblián, hasta el punto final luego de la ciudad de Azogues, de esta manera se considera el tramo de interés del río en la zona urbana.

Los parámetros que fueron analizados en estudios previos realizados por la SENAGUA y la Universidad Católica de Cuenca son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fosfatos, Nitratos, Amonio, Nitritos, Sulfatos, Sufuros, Cloruros, Tensoactivos, Aceites y Grasas, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hierro, Aluminio, Níquel, Carbonatos, Bicarbonatos y Coliformes Fecales. Estos datos tomados en diferentes puntos permiten identificar las concentraciones y el tipo de contaminación presente en el río.

Las muestras se recolectaron en el período de octubre 2017 a marzo 2018 en los seis puntos de muestreo; además de las mediciones de caudal de cada punto. La toma de muestras, el método de conservación y los análisis para la determinación de los diferentes parámetros se ejecutaron de acuerdo a American Public Health Association (APHA). Además, estos datos serán completados con mediciones de macroinvertebrados con el índice ABI en la zona de estudio.

3.3 Calidad de vegetación de ribera

En base a la complejidad de su estructura física se puede distinguir dos tipos de comunidades principales: bosques montanos alto andinos y páramos. La calidad de vegetación se evalúa según se presente una de estas dos formaciones, estas se indican en la Evaluación de la Calidad de la Ribera en la Región Austral del Ecuador: Ecosistemas de Bosques de Ribera (Acosta et al., 2014).

Se considera todo el potencial de la vegetación de la Ribera, y se evalúan los distintos apartados del QBR, ambos márgenes del río se determinan ubicándose en la dirección en la que el agua del río fluye el QBR para comunidades de bosques de ribera está conformado de cuatro apartados.

Se evalúan 4 parámetros:

- **Grado de cubierta de la zona de ribera:** se evalúa visualmente el porcentaje de cubierta en cada uno de los márgenes de los ríos, se consideran solo las especies arbóreas y arbustivas independientemente si son nativas o introducidas.
- **Estructura de la cubierta de la zona de ribera:** se centra en el tipo de especies si son arbóreas o arbustivas, se le asigna un valor de acuerdo al porcentaje de recubrimiento de vegetación en cada margen del río que además puede mejorar si se evidencia una estratificación de la comunidad vegetal.
- **Calidad de cubierta de ribera:** se centra en las especies que existen en los márgenes de los ríos si son introducidas o nativas. Se destaca la presencia de los tres géneros introducidos más frecuentemente usados en prácticas de reforestación como son: *Eucalyptus*, *Pinus* y *Salix*.
- **Grado de naturalidad del canal fluvial:** en este punto se le da un solo puntaje para ambos márgenes del río, y se evalúa si el canal es natural o ha sido modificado ya sea dentro del mismo o en las terrazas adyacentes.

En cada apartado se da un puntaje máximo de 25 puntos. Una ribera de bosque en perfecto estado de conservación tendrá un QBR de 100 puntos.

La tabla de referencia para conocer la condición de la ribera se encuentra en el Anexo 1 (Acosta et al., 2014)

3.4 Índice ABI

Identificación de microhábitats

Una vez escogido el microhábitats se chequea cuáles de estos son los más aptos para ser muestreados, los microhábitats están definidos por áreas del lecho del río compuestas por determinados tipos de sustratos ya sean orgánicos o minerales siendo los más frecuentes:

- Sustratos minerales: bloques, piedras, cantos, grava, arena, arcilla, limo.
- Sustratos orgánicos: hojarasca, macrófitas, briófitos, algas filamentosas, raíces expuestas, ramas y troncos.

De igual manera se reconocieron cuáles de estos microhábitats son marginales o dominantes, considerando que los microhábitats marginales, tienen una representatividad menor al 10% en el tramo (Acosta et al., 2014).

Colecta de muestras

El muestreo de macroinvertebrados se realiza con una red de marco cuadrado o rectangular (Square frame net) de 500 micras de ojo de malla (tamaño mínimo de red de 25 cm de lado) y con la técnica de patada. Se debe considerar un total de ocho réplicas (cada una de aproximadamente 1 m² de área) las cuales serán distribuidas según la representatividad de los microhábitats en el tramo escogido (Acosta et al., 2014).

El muestreador se coloca en dirección opuesta a la corriente y pateo el fondo del río removiendo el sustrato de modo que queden todos los macroinvertebrados adheridos a la red figura 4, también se recomienda remover las piedras ya que ahí se pueden encontrar más especies de macroinvertebrados que son fuertemente adheridos y no son desprendidos solo con la técnica de patada (Acosta et al., 2014)



Figura 4: Ejemplo del uso de la red de pantalla



Figura 5: Inspección de piedras para la colecta de especímenes adheridos

Se debe utilizar una bandeja donde se procederá a excluir los sustratos minerales y orgánicos grandes (cantos, hojarasca grande, ramas, etc.) teniendo precaución de lavarlos previamente para desprender los macroinvertebrados que pudieran estar sobre los mismos y con la ayuda de una pinza atrapar cada macroinvertebrado y colocarlos en un frasco de vidrio hermético con alcohol al 96% para que este se conserve hasta ser analizados en el laboratorio; así mismo, se debe intentar que la muestra entre al frasco con la menor cantidad de agua posible para evitar la dilución del alcohol (Acosta et al., 2014).

Los muestreos de macroinvertebrados acuáticos se los realiza en los mismos puntos establecidos para los estudios físico-químicos de la calidad del agua. En cada uno de las estaciones de muestreo se toman muestras biológicas de macroinvertebrados.

Los valores de tolerancia utilizados para la evaluación de calidad del agua mediante el método ABI fueron obtenidos del protocolo de evaluación de la

integridad ecológica de los ríos de la región Austral del Ecuador (Acosta et al., 2014) asignando valores según la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Puntaje del Índice Biótico Andino (ABI)

ABI	Calidad del Agua
>96	Muy bueno
59-96	Bueno
35-58	Regular
<35	Malo

Fuente: Acosta et al. 2009

Tratamiento de muestra en el laboratorio

Los macroinvertebrados recolectados fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca en donde se vacía el frasco y se coloca la cantidad suficiente de estos, para luego sean identificados con claridad en diferentes placas Petri, se observa en el estereoscopio los taxones existentes y poder clasificar al nivel de familia que se requiere para el estudio de macroinvertebrados que se encuentra en el protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región Austral del Ecuador (Acosta et al., 2014), también se utilizó guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca (González & Hampel, n.d.).

Con un total de seis estaciones para colecta de muestras, se realizó una repetición en los determinados puntos, en un periodo de época lluviosa.

Las muestras se ejecutaron en época lluviosa (mayo y junio) obteniendo una réplica por cada punto.

3.5 Metodología para calcular el NDVI

Para evaluar la calidad de vegetación del estado del cuerpo de agua se basa en el índice NDVI, se trabaja con visitas in situ e imágenes satelitales de la zona. El índice es completamente visual por lo cual se utiliza un análisis multicriterio con Sistemas de Información Geográfica y uso de software estadístico para compilar y valorar todas las variables obteniendo los diferentes puntajes.

El índice NDVI modificado con información georreferenciada en conjunto con modelos de calidad, permiten identificar mediante puntuaciones las zonas de mayor interés para ser restauradas y en las cuales se puedan aplicar planes de restauración, pero previo la ejecución de los planes es necesario un modelo

conceptual que plantee los requerimientos necesarios y que darán resultado dentro de la restauración ecológica.

El Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI) es un índice de vegetación que se basa en la respuesta de vegetación con respecto a la radiación solar (Herbei, Sala, & Boldea, 2015) .

“La clorofila, presente en los organismos vegetales, absorbe la luz visible, de 0,4 a 0,7 micrómetros, en la fotosíntesis. En cambio, las células vegetales reflejan la luz infrarroja cercana, de 0,7 a 1,1 micrómetros. Si existe mucha más radiación reflejada en la porción de infrarrojo cercano que en la luz visible se puede establecer que la vegetación analizada es más densa, propia de un bosque, si por el contrario la diferencia entre el infrarrojo cercano y la luz visible la vegetación es escasa, la vegetación analizada es menos densa o menos vigorosa, propia de ecosistemas como pastizales o desiertos. En este índice se analiza el componente rojo de la luz visible, 0,6 a 0,7 micrómetros, por lo que se utiliza esta banda en los análisis”.(Quizhpe, 2015)

Para calcular el NDVI se utilizó la siguiente **Ecuación 1**:

$$NDVI = \frac{\rho IRC - \rho R}{\rho IRC + \rho R} \quad (1)$$

Donde:

NDVI: Índice de Normalizado Diferencial de Vegetación

ρIRC : Banda de Infrarrojo Cercano

ρR : Banda de Rojo

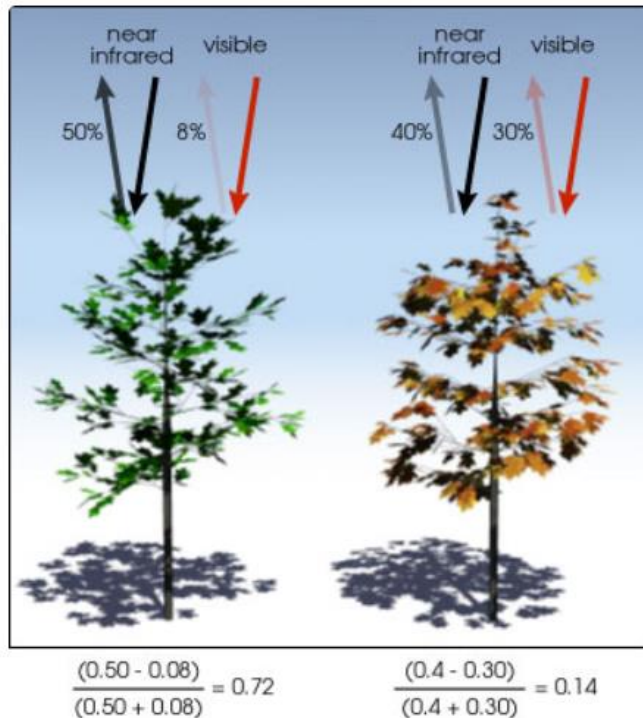


Figura 6: Cálculo del NDVI
Fuente: (NASA, 2015)

Para el cálculo del NDVI se utilizaron las imágenes del programa SigTierras del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) del Ecuador. Las imágenes cuentan con una resolución de 30 cm, y se tomaron las bandas 3 y 4 correspondientes al rojo e infrarrojo respectivamente.

Mediante el programa arcGIS se generaron buffers de 50 metros de radio para cada punto de muestreo del río. En donde se calcularon el porcentaje de vegetación en cada tramo con el uso de la herramienta Raster calculator y las bandas ya establecidas del NDVI. Se calculó el promedio del NDVI del área de influencia, a partir de la suma de todos los píxeles dividido para el número de píxeles.

3.6 Metodología para el desarrollo del modelo de calidad de agua

Para el desarrollo y la aplicación de modelos de calidad de agua es necesario realizar varias actividades que permitan el conocimiento completo del transporte y comportamiento del contaminante modelado, con el objetivo de representar la realidad del sistema.

Con estos antecedentes, la investigación se enfoca en la evaluación de las cinéticas de degradación, nitrificación, reaireación y sedimentación (Rivera Gutiérrez, 2015) (Camacho et al., 2015), necesarias para realizar el modelo

matemático para el río y entender la dinámica de los contaminantes y su afección al recurso.

Se trabaja con una adaptación del índice UWQI, que tiene gran uso en Europa, ya que permite trabajar con varios parámetros (Bejarano, Ramírez-León, Cuevas, González, & Jaraba, 2015) y asignarle un peso a cada uno en función de la necesidad, calculando el valor del índice a través de un promedio aritmético ponderado, la ecuación es:

$$UWQI = \sum_{i=1}^n W_i * I_i(1)$$

Donde:

W_i: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro

I_i: subíndice de i-ésimo parámetro

Se trabaja con un índice propio para este tema de investigación en función de los parámetros analizados en el monitoreo, se llamará UWQI_B, en la tabla 5 se muestra los parámetros analizados y la frecuencia de uso en diferentes índices de calidad de agua indicada como porcentaje, estos datos sirven para elegir los parámetros con los que se plantea el componente de calidad de agua del modelo conceptual.

Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos y frecuencia de uso

Parámetro	Frecuencia de uso (%)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/l)	60
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)	10
Oxígeno Disuelto (% Sat)	70
Potencial de hidrógeno (unidades de ph)	70
Conductividad (uS/cm)	20
Temperatura (°C)	40
Fosfatos (mg/l)	10
Nitratos (mg/l)	50
Amonio (mg/l)	10
Nitritos (mg/l)	10
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	50
Sulfatos (mg/l)	10
Sulfuros (mg/l)	10
Cloruros (mg/l)	10

Tensoactivos (mg/l)	10 %
Aceites y Grasas (mg/l)	10 %

Fuente: Modificado de (Torres et al., 2009)

Se observa que los parámetros mayormente empleados pertenecen a las categorías recomendadas por (Dunnette, 2014), y son el oxígeno disuelto y el pH. Los parámetros seleccionados en el UWQI son los representativos de la presencia de sustancias químicas en el agua y causantes de impactos sobre la salud y el ambiente, razón por la cual se incluyeron algunos recomendados por las guías de Monitoring and Assessment of Chemical Quality Guidelines for Drinking Water Quality Training Pack (Organization, 2014) para monitoreo y evaluación de la calidad química del agua potable.

3.7 Asignación de pasos a cada parámetro

La asignación de pesos (ponderación) de cada parámetro tiene mucho que ver con la importancia de los usos pretendidos y la incidencia de cada variable en el índice (Fernández, Ramírez, & Solano, 2005), para el estudio de restauración del río Burgay se consideró la presencia de contaminantes en función del tipo de las actividades antrópicas que se realizan. De acuerdo con Sacha y Espinoza (Torres et al., 2009) en el caso de ICA aplicables a aguas superficiales pareciera que el mayor peso debiera ser otorgado a los parámetros Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitratos y Coliformes Totales. En la tabla 6 se presentan la ponderación de cada parámetro considerado:

Tabla 6: Ponderación de cada parámetro Físico-químico

Parámetro	Ponderación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/l)	0,15
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)	0,02
Oxígeno Disuelto (% Sat)	0,15
Potencial de hidrógeno (unidades de ph)	0,03
Conductividad (uS/cm)	0,08
Temperatura (°C)	0,07
Fosfatos (mg/l)	0,01
Nitratos (mg/l)	0,1
Amonio (mg/l)	0,01

Nitritos (mg/l)	0,01
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	0,18
Sulfatos (mg/l)	0,01
Sulfuros (mg/l)	0,01
Cloruros (mg/l)	0,01
Tensoactivos (mg/l)	0,01
Aceites y Grasas (mg/l)	0,15
Total	1

3.8 Clasificación del estado del río en función del índice de calidad de agua.

El valor del ICA permite clasificar el recurso a partir de rangos establecidos que son definidos considerando el o los usos a evaluar. Las categorías, esquemas o escalas de clasificación, son un punto de igual o mayor interés que el cálculo en sí del índice, pues es aquí donde finalmente el valor obtenido es transformado en una característica que define la calidad final del agua (Fernández et al., 2005). En la tabla se presentan los rangos de clasificación para el UWQI.

Tabla 7: Rangos de clasificación del UWQI

Código	UWQI	Rango
1	Pobre	0-25
2	Marginal	25-50
3	Regular	50-70
4	Buena	70-90
5	Excelente	90-100

3.9 Proceso de cálculo

Si los Coliformes fecales son mayores de 10^5 NMP /100 mL el índice toma el valor de 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 10^5 NMP/100 mL, se debe buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 7 e interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el índice de Coliformes fecales, posteriormente se procede a multiplicarlo por el peso otorgado en la Tabla 6.

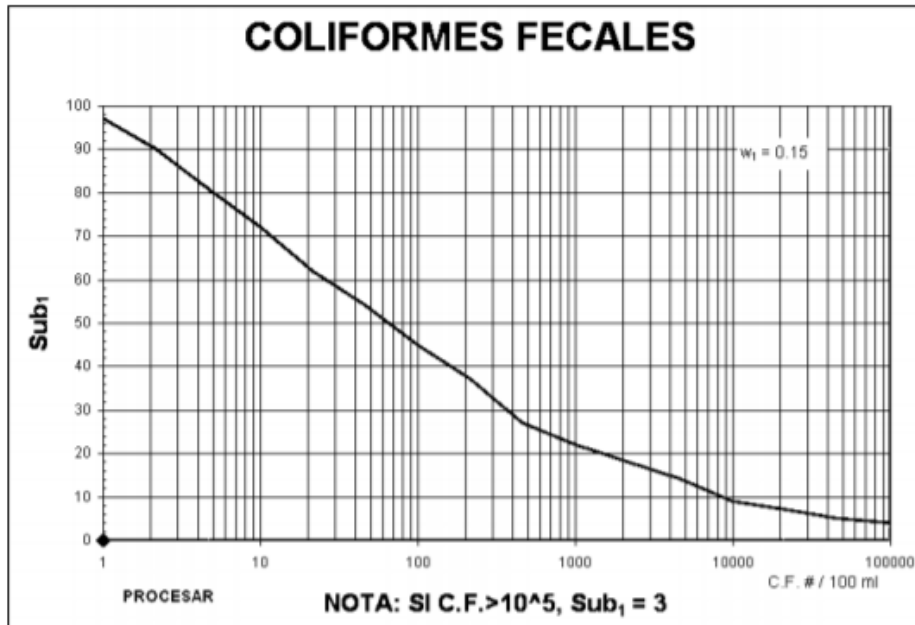


Figura 7: Coliformes fecales
Fuente:(Torres et al., 2009)

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el índice es igual a 2, sí el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) de la Figura 8 y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el índice de pH y se procede a multiplicarlo por el peso otorgado en la Tabla 6.

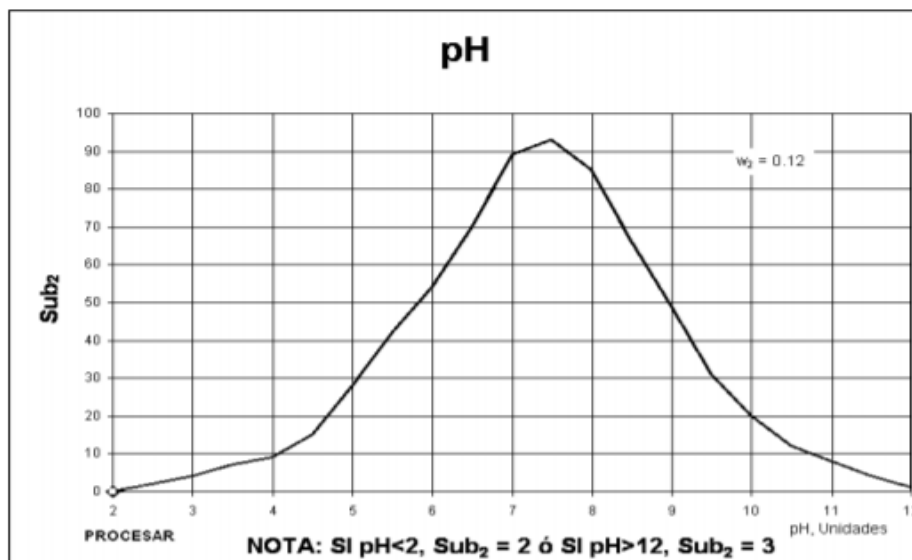


Figura 8: Potencial de Hidrógeno
Fuente:(Torres et al., 2009)

Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el índice es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 9 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y).

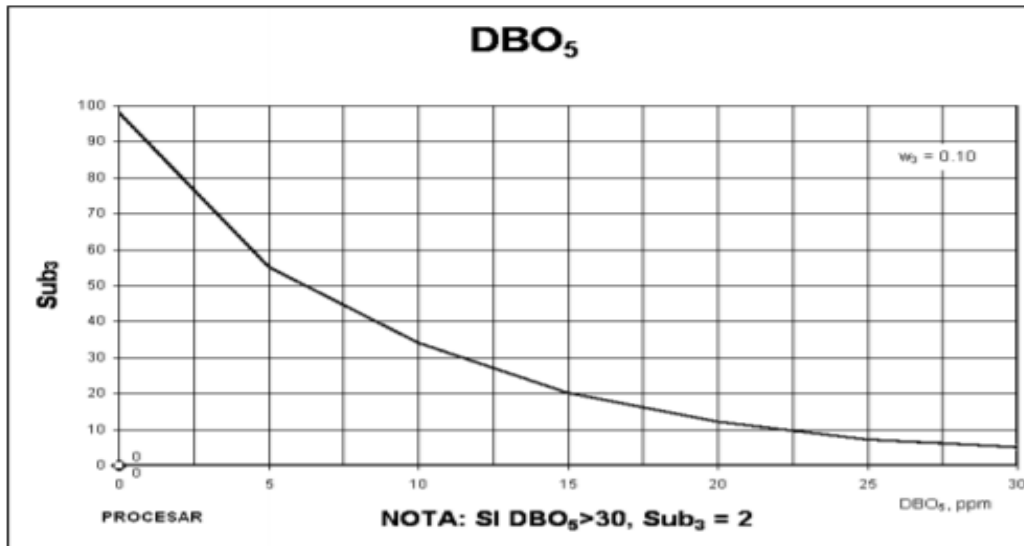


Figura 9: Demanda Biológica de Oxígeno
Fuente:(Torres et al., 2009)

Se procede de la misma manera para los demás parámetros de acuerdo a las figuras presentadas a continuación:

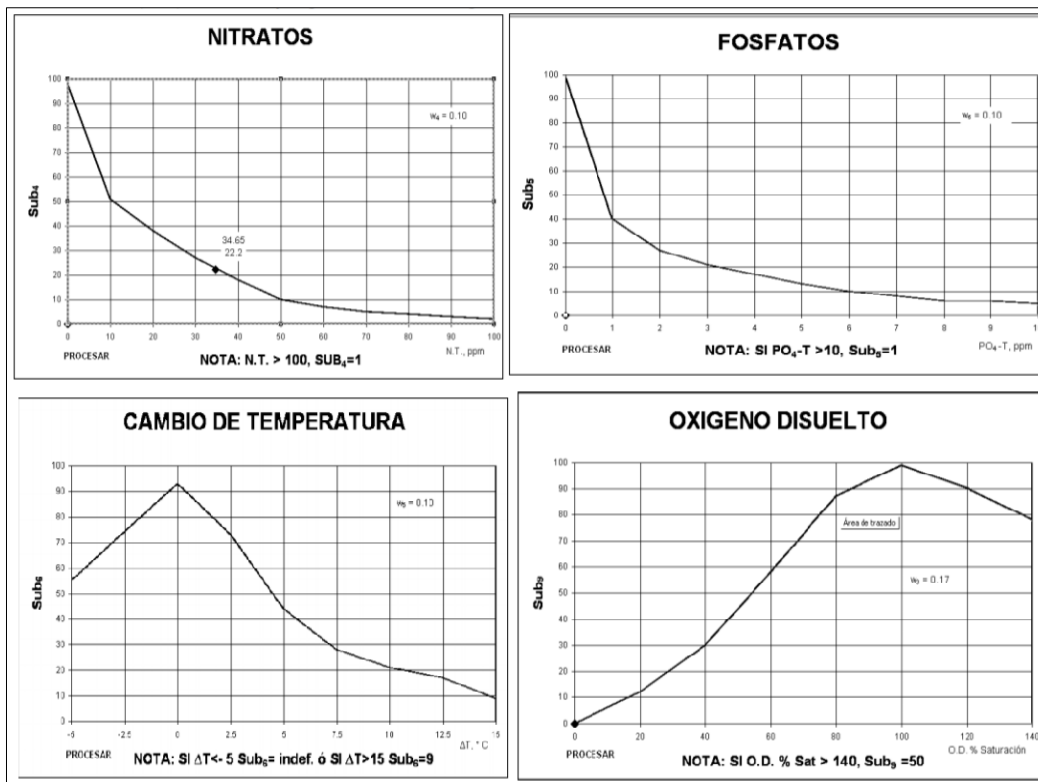


Figura 10: Nitratos, Fosfatos, Cambio de temperatura, Oxígeno Disuelto.
Fuente:(Torres et al., 2009)

Para el cálculo del valor del porcentaje del oxígeno disuelto se trabajará con la saturación en función de la altura, ya que para modelos en ríos andinos es el parámetro que más afecta. La variación de la saturación del OD está en función de la ecuación de Zison. (Figura 11)

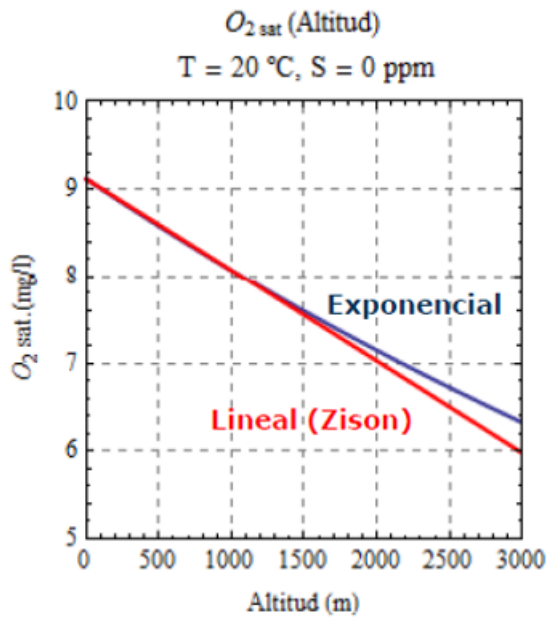


Figura 11: Efecto de la altura en la saturación de oxígeno.
Fuente: (Torres et al., 2009)

3.10 Metodología del Modelo conceptual

En la Figura 12 se presenta un diagrama de flujo de la metodología condensada para el planteamiento, esta toma en cuenta los índices analizados y la manera de integrarlos para tener un modelo conceptual y plantear alternativas de restauración.

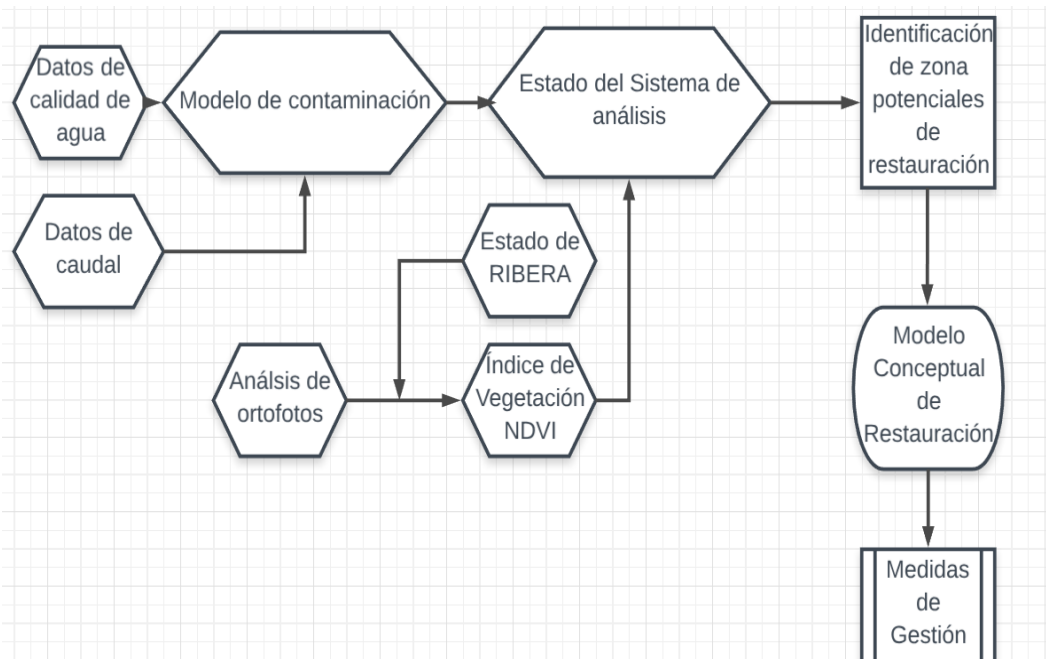


Figura 12: Metodología para el modelo de restauración

En el planteamiento completo del modelo conceptual se integrarán todos los índices analizados hasta el momento y cada uno de ellos tendrá un diferente peso en función de su importancia. Esta ponderación se muestra en la tabla 8:

Tabla 8: Ponderación para cada índice

Índice Analizado	Ponderación
UWQI _B	0,5
ABI	0,25
QBR	0,20
NDVI	0,05
TOTAL	1

El puntaje que se obtenga de cada uno de los índices y en cada uno de los tramos se colocan en el valor de la ponderación del modelo propuesto y para la calificación se utilizará lo propuesto por (Fernández et al., 2005) modificado en 5 niveles de calidad que indicarán la prioridad de restauración, estos valores se muestran en la tabla 9:

Tabla 9: Indicador de prioridad de restauración

Código	Indicador	Rango	Prioridad para Restauración	Color
1	Pésimo	0-25	Emergencia	
2	Malo	25-50	Urgente	
3	Moderado	50-70	Alta	
4	Buena	70-90	Moderada	
5	Excelente	90-100	Sin necesidad de intervención	

Cada una de las prioridades indica en que tramo del río es necesario intervenir de manera urgente y los tramos que no son necesarios.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de calidad del agua

Los valores del índice de calidad de agua se obtuvieron después del análisis de las muestras en el Laboratorio del Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnologías (CITT), los cuales indican la calidad de agua del río Burgay en seis diferentes puntos de muestreo.

El Acuerdo Ministerial 061 basado en el TULSMA 2015, Libro VI Calidad Ambiental Anexo 1 Tabla 10 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce para criterios de la calidad admisibles.

Tabla 10: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce para criterios de la calidad admisibles.

TULSMA	Calidad de agua del río Burgay
DBO límite máximo permisible es de 100 mg/l	46 mg/L
DQO el límite máximo permisible 250 mg/l	66mg/L
Fosfatos el límite máximo permisible es de 10 mg/l	40 mg/L
Nitratos + Nitritos el límite máximo permisible 10,0 mg/l	26 mg/l
Aceites y grasas el límite máximo permisible es de mg/l 0.3	0,5 mg/l
Magnesio el límite máximo permisible es de 2 mg/l	10 mg/l
Hierro el límite máximo permisible es de 10 mg/l	4,6 mg/l
Níquel el límite máximo permisible es de 2 mg/l	0,3 mg/l

Se puede observar en la figura 13 que existe presencia de materia orgánica en todos los puntos de monitoreo analizados siendo los más críticos el del Carmín con 46 mg/L y de Biblián con 27mg/L, lo cual indica vertidos de agua residuales sin depurar y escorrentía de suelos agrícolas de los cuales ingresa materia orgánica como aporte difuso hacia el cuerpo de agua. Este ingreso de materia orgánica

generalmente representa una reducción del OD pero que en este río no es notorio por la gran reaeración que tiene.

En estudios similares como el de (Pauta, 2014) indican que el ingreso de materia orgánica en este cuerpo de agua es más alto en época de caudales bajos, ya que el contaminante no se está diluyendo, representando un problema potencial en época de sequía ya que disminuye la calidad y cantidad de agua.

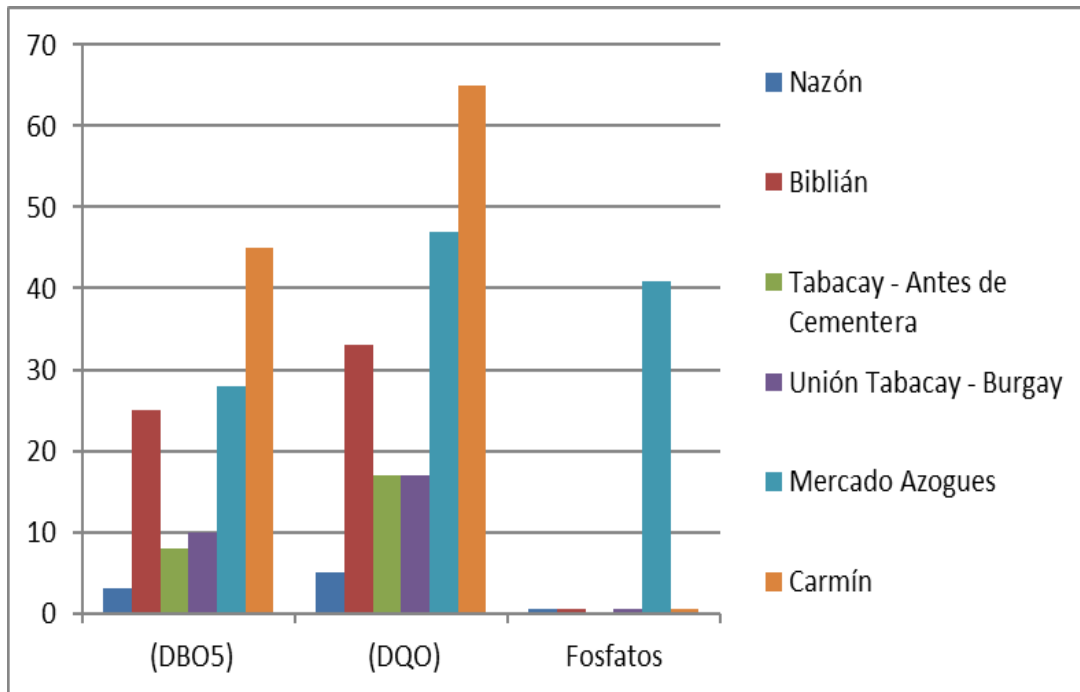


Figura 13: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: DBO, DQO y Fosfatos

La concentración de Nitratos es parte de la composición química normal, pero en el punto de monitoreo El Carmín correspondiente a la figura 14 se observa una gran concentración de Nitratos y esto es un indicador de contaminación por aguas industriales y el uso de abonos nitrogenados que son arrastrados hasta el cauce por la escorrentía.

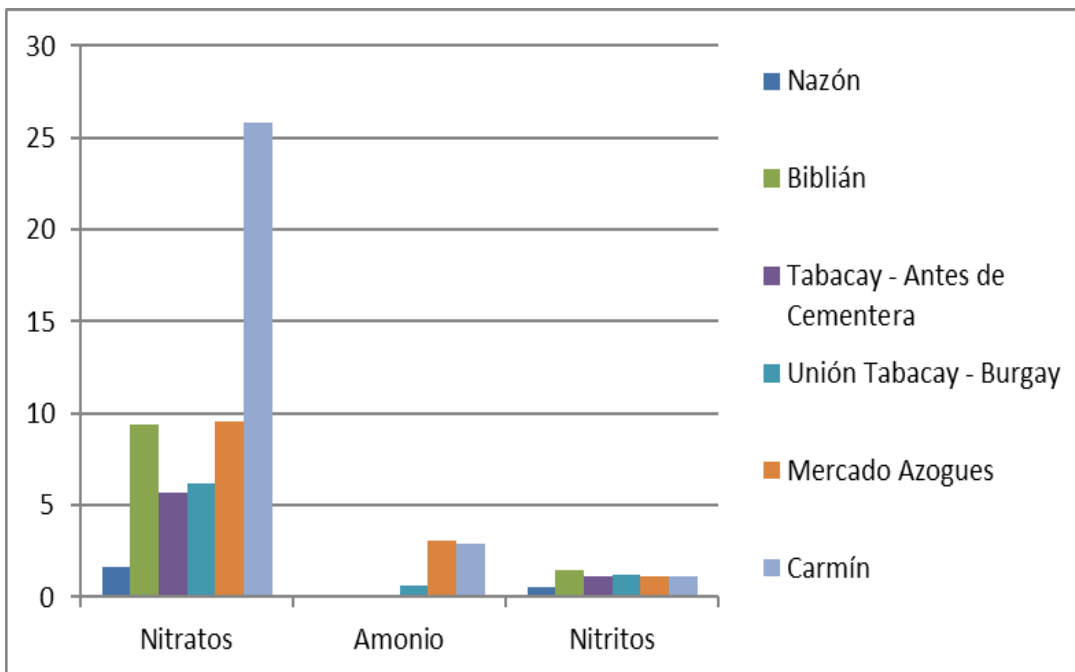


Figura 14: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: Nitratos, Amonio, Nitritos.

En el punto de monitoreo Biblián correspondiente a la figura 15 existe una elevada concentración de cloruros en la zona de muestreo.

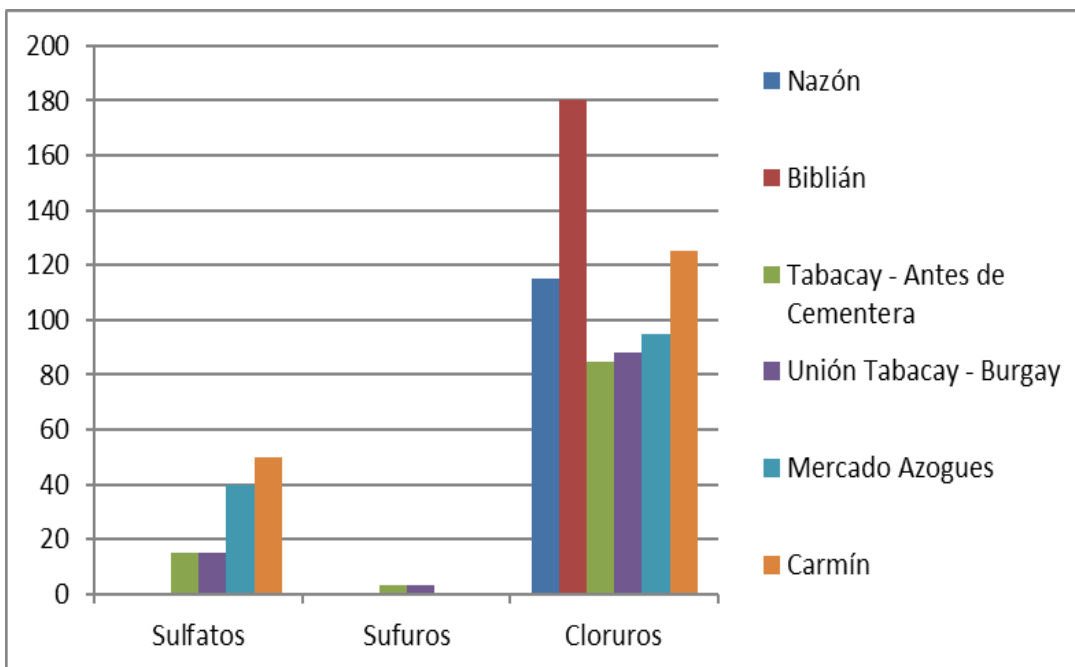


Figura 15: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: Sulfatos, Sulfuros, Cloruros.

En el punto de monitoreo el Carmín correspondiente a la figura 16 se ve un aumento de la contaminación respecto a grasas y aceites, debido que en este punto se encuentran: mecánicas, lavadoras de carros entre otras actividades antropogénicas, también se puede apreciar un aumento significativo en el aumento

de calcio que es propiamente por las características del suelo de la zona de muestreo.

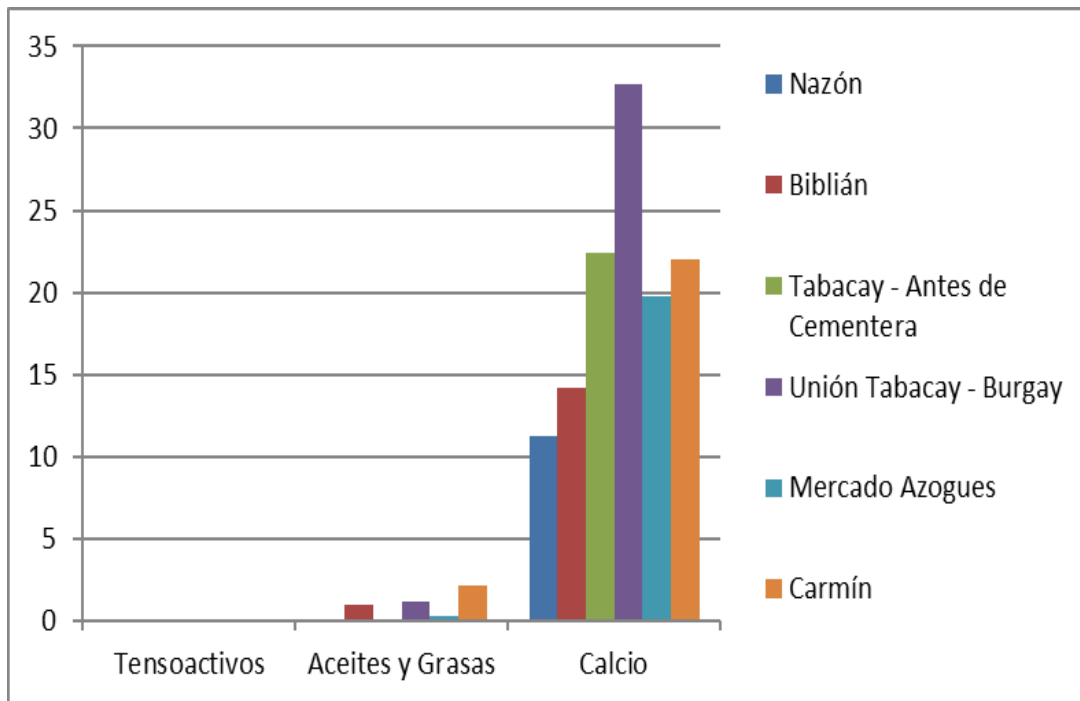


Figura 16: Resultados del índice de calidad de agua: Tensoactivos, Aceites y Grasas, Calcio

En el tramo Unión Tabacay-Burgay se observa un aumento de sodio que también pertenecen a características del suelo en la zona de muestreo.

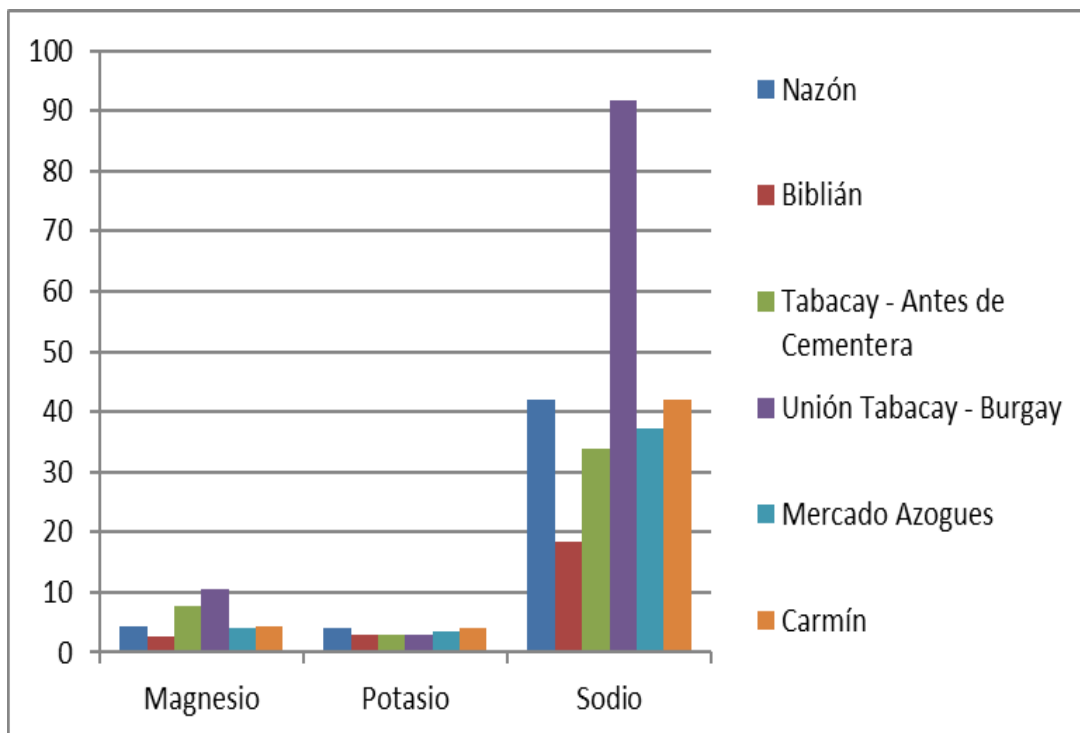


Figura 17: Resultados del índice de calidad de agua: Magnesio, Potasio, Sodio.

La calidad del agua tal como se encuentra en la naturaleza, depende fundamentalmente de las características de la cuenca hidrográfica, especialmente de sus suelos y geología.

El manganeso está presente junto con el hierro en los pozos de agua, dado que su química es similar, las fuentes industriales de manganeso son también fuentes de Hierro (Valencia, 2006) como se indica en la figura 18 un elevado porcentaje de Hierro, en el estudio de (Herrera, Franco, Barrientos, & Miguel, 2015) la contaminación del agua se atribuye por escorrentía del suelo por pesticidas de cultivos como el maneb y mancozeb que incorporan este metal en su formulación ,y coincidiendo con (Pauta, 2014) en los análisis del río Burgay registran plaguicidas que superan los valores referenciales de la Norma Tulsma siendo el punto de monitoreo de Biblián el más contaminado por pesticidas, esto acusa también a la gran cantidad de cultivos que existen en la zona.

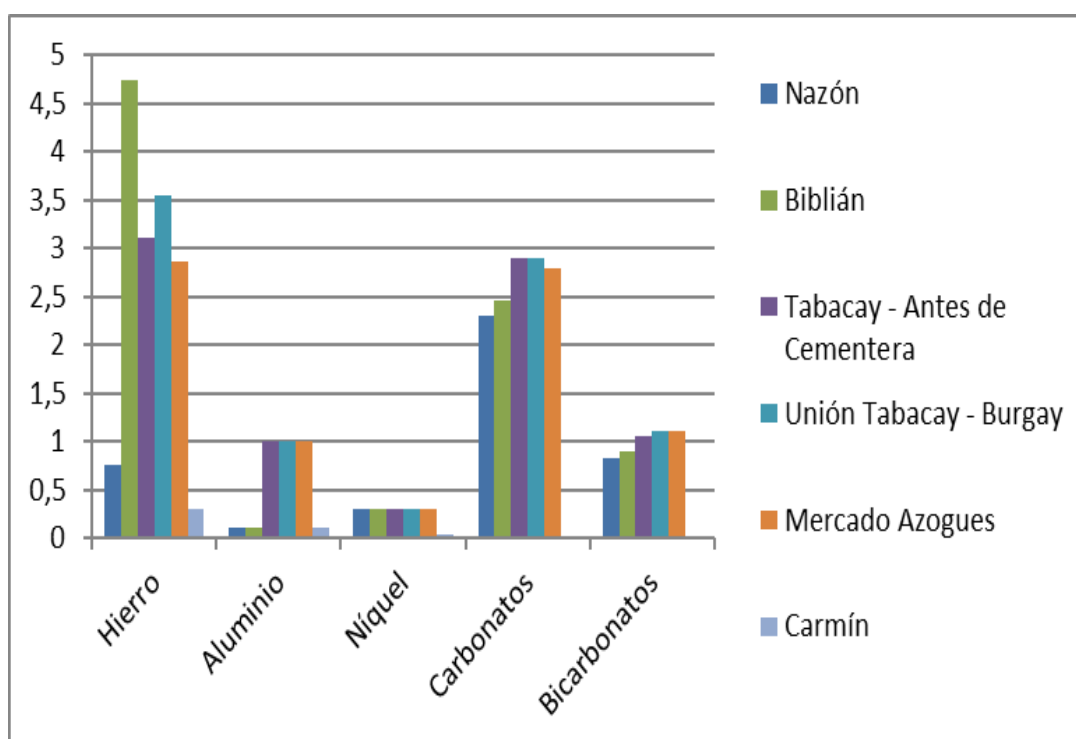


Figura 18: Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua: Hierro, Aluminio, Níquel, Carbonatos, Bicarbonatos

En la tabla 11 se presenta la concentración de los pesticidas encontrados en el estudio realizado por (Pauta, 2014) que evidencian la problemática de contaminación por escorrentía de suelos agrícolas y que es una de las causantes de la presencia de hierro en los puntos analizados.

Tabla 11: Residuos de pesticidas en el río Burgay

Zona de estudio	Pesticidas	ppb
Burgay -Tabacay	Lindano	9,57
	Cisheptacloroepóxido	5,58
	pp-DDE	61,7
	Sumatoria	76,8
Burgay-Deleg	Lindano	14,7
	Cisheptacloroepóxido	13,1
	pp-DDE	22,6
	Sumatoria	50,4

Fuente (Pauta, 2014)

4.2 Resultados del UWQI_B

En la tabla 12 se indica el promedio del índice UWQI en los diferentes meses de monitoreo que se desarrolló en los tramos del río Burgay.

Tabla 12: Promedio del índice UWQI

Mes	Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay- Burgay	Mercado Azogues	El Carmín
Jul	91,25	58,6	81,92	65,5	60,5	48,9
Ago	87,75	58,25	85,19	62,97	52,45	51,4
Sep	86,16	61,16	83,01	66,26	55,45	52,35
Oct	83,5	60,16	85,26	65,13	55,5	51,25
Nov	84,5	65,13	88,9	68,13	53,4	48,5
Dic	83,25	62,13	85,15	65,13	52,15	50,05
Ene	88,15	61,58	85,01	63,12	51,15	47,4
Feb	88,5	62,13	83,15	62,15	52,15	49,5
Mar	90,01	60,13	85,15	60,09	50,25	45,25
Abr	88,15	62,15	83,26	61,25	52,12	48,9
May	85,16	59,95	81,25	61,25	54,3	49,4
Jun	83,15	58,14	79,85	62,15	58,5	52,13
Promedio	86,6	60,8	83,9	63,6	54,0	49,6

En la figura 19 se muestra los porcentajes obtenidos del índice UWQI_B indicando que un mejor índice en el tramo de Nazón con un porcentaje de 86,6 %, así mismo en el tramo del Tabacay con un porcentaje de 83,9%, consecutivamente el tramo unión Tabacay Burgay con un porcentaje de 63,6/% ,teniendo una similitud en el tramo Biblián con un porcentaje de 60,8% con una calidad regular , finalmente

el tramo del mercado Azogues con un porcentaje de 54% y el tramo el Carmín con un porcentaje de 49,6% con una calidad mala .

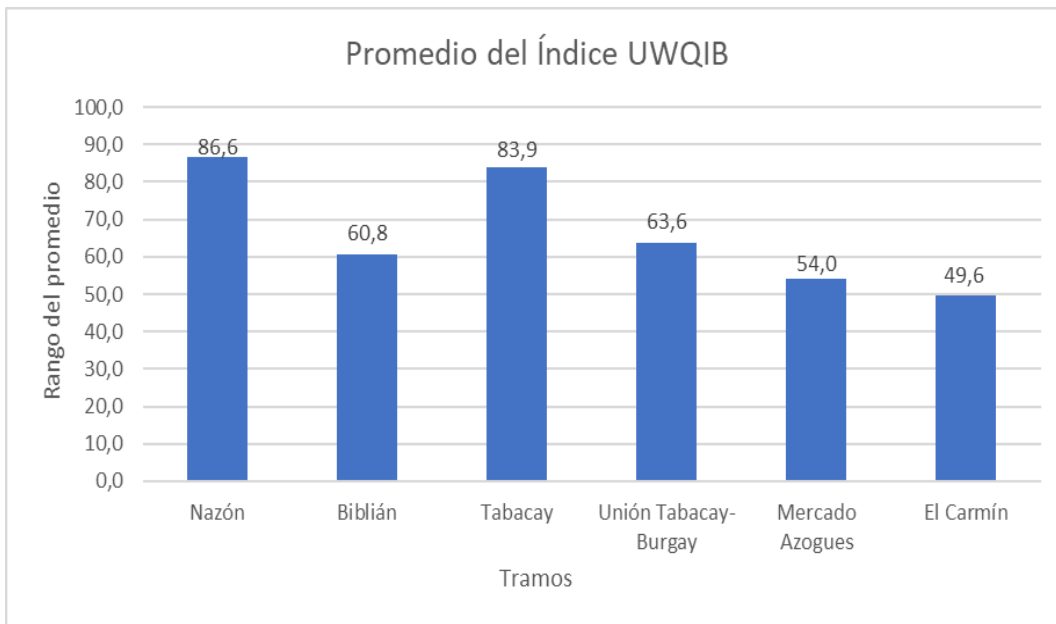


Figura 19: Promedio del índice UWQIB

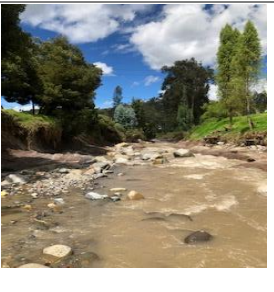



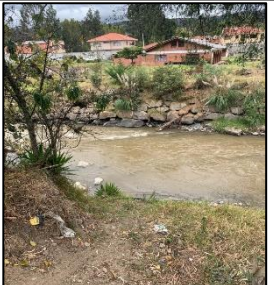
4.3 Resultados del QBR

Los resultados obtenidos de la aplicación del QBR permiten conocer el estado actual de la vegetación ribereña y realizar una aproximación a una comparación de las condiciones ecológicas que se analizó en seis tramos diferentes del río Burgay a continuación se muestra en la tabla 13 el estado de cada tramo del río.

Tabla 13: Porcentaje y calidad asignados por el índice QBR en seis zonas de muestreo a lo largo de la subcuenca del río Burgay

				Índice QBR
Zona de muestreo	Puntaje	Categoría	Clasificación	
1. Nazón	55	Regular	51-70	Regular



<p>2. Biblián 47 Mala 26-50 Mala</p>	
<p>3. Tabacay 55 Regular 51-70 Regular</p>	
<p>4. Unión Tabacay-Burgay 15 Muy mala ≤25 Muy mala.</p>	
<p>5. Mercado Azogues 15 Muy mala ≤25 Muy mala.</p>	
<p>6. El Carmín 47 Mala 26-50 Mala</p>	

Clasificación: ≥95 Muy buena, 71-94 Buena, 51-70 Regular/Intermedia, 26-50 Mala, ≤25 Muy mala

De acuerdo al índice QBR se obtuvo una calidad “Regular” para el tramo de Nazón Y Tabacay (55 Puntos) respectivamente, para el tramo de Biblián y el Carmín (47 puntos) con una calidad “mala”. Finalmente, la calidad del tramo unión Tabacay-Burgay y Mercado Azogues fue “muy mala”, al adquirir un puntaje de 15 puntos.

En la tabla 13 el QBR arroja mejores rangos de calidad en la zona alta de la cuenca, disminuyendo los valores en la cuenca baja.

La degradación de las riberas es más intensa en las partes bajas de los ríos que en las zonas altas, debido a la mayor presión antrópica en estas zonas. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio para el río Burgay a demás se deberían incluir en el análisis parámetros sociales como indica (Suárez, Vidal, & Sánchez, 2002) (Yannarella & Hernández, 2017).

De la misma manera de acuerdo a (García & Velásquez, 2016) la alteración de la vegetación del bosque de ribera es notables debido a la deforestación para la construcción de la hidroeléctrica, el ingreso de maquinaria, la canalización del río y el incremento de basura en este tipo de proyectos, siendo así que en las zonas donde existe mayor intervención en este caso en la construcción de la hidroeléctrica se encuentran más alteradas.

4.4 Resultados del ABI

Tabla 14: Valores del índice ABI en el río Burgay

Zona de muestreo	ABI	Calidad del agua
1. Nazón	41	Regular
2. Biblián	18	Malo
3. Tabacay	42	Regular
4. Unión Tabacay-Burgay	22	Malo
5. Mercado Azogues	8	Malo
6. El Carmín	12	Malo

Los resultados de calidad de agua del Índice Biológico Andino (ABI) nos muestran una calidad regular en el Tramo de Nazón por que la contaminación no es tan significativa y también en el tramo de Tabacay. Sin embargo, en los tramos Biblián, Unión Tabacay-Burgay, Mercado Azogues y El Carmín la calidad es mala, debido a que recorre la parte urbana y se pudo observar descargas de aguas residuales al cauce del río.



Figura 20: Descarga directa de agua residual al río Burgay

La campaña de muestreo de la fauna bentónica del río Burgay se realizó en época lluviosa, por lo cual se podría reducir la calidad de este índice ya que los macroinvertebrados pueden ser arrastrados. Por eso algunos autores proponen muestrear también en época seca (Espinoza, 2017) (Ríos et al., 2014).

Se comprueba con los resultados del Índice ABI obtenidos por (Padrón, 2018) en el río Tabacay, que indican un valor de la calidad de agua muy bueno y bueno en la cuenca alta, siendo así es un río menos intervenido que el río Burgay.

La cantidad de familias encontradas fueron seis lo que no es significativo, coincidiendo con el estudio de (Pauta, 2014) entre las familias encontradas en el río Burgay, y comparando en nuestra investigación las familias que se repiten son (*Chironomidae*, *Baetidae*, *Physidae*, *Leptohyphidae*, *Scirtidae*, *Elmidae* (adulto)).

4.5 Resultados del Índice NDVI

Tabla 15: Promedio del NDVI de los tramos del río Burgay

	Nazón	Biblián	Tabacay	Mercado Azogues	El Carmín
Promedio NDVI	0,2	0,19	0,2	0,1	0,2

En la figura 21 se muestra el valor del NDVI en el tramo Nazón obteniendo como resultado un valor de 0,2 lo que corresponde a vegetación escasa, puntaje que se revela en la tabla 16.

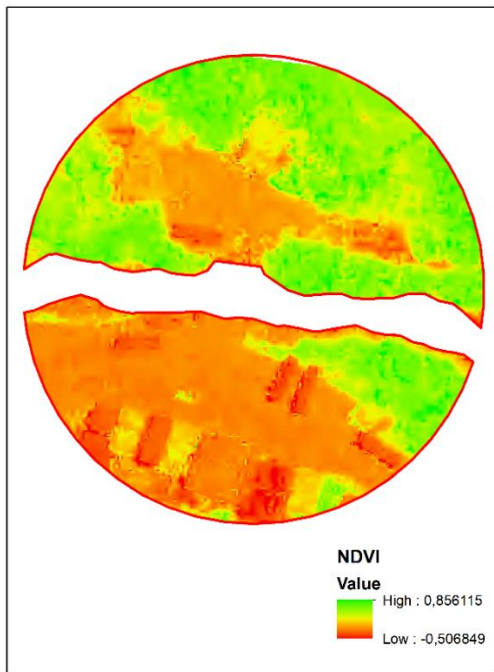


Figura 21: NDVI Tramo Nazón

En la figura 22 se muestra el valor del NDVI en el tramo Biblián obteniendo como resultado un valor de 0,19 lo que corresponde a vegetación escasa, puntaje que se revela en la tabla 16.

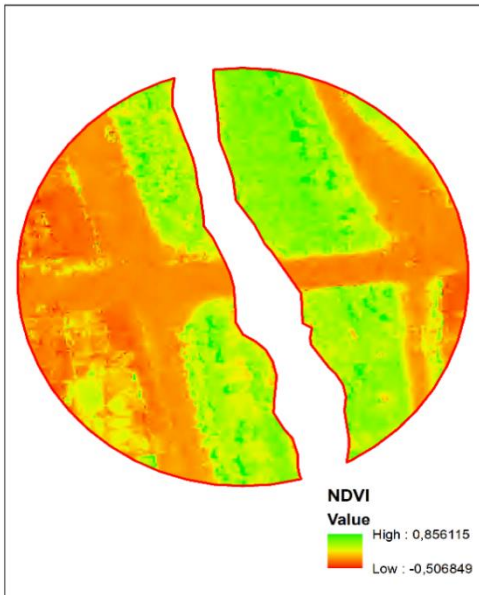


Figura 22: NDVI Tramo Biblián

En la figura 23 se observa el valor del NDVI en el tramo Tabacay obteniendo como resultado un valor de 0,2 lo que corresponde a vegetación escasa, puntaje que se revela en la tabla 16.

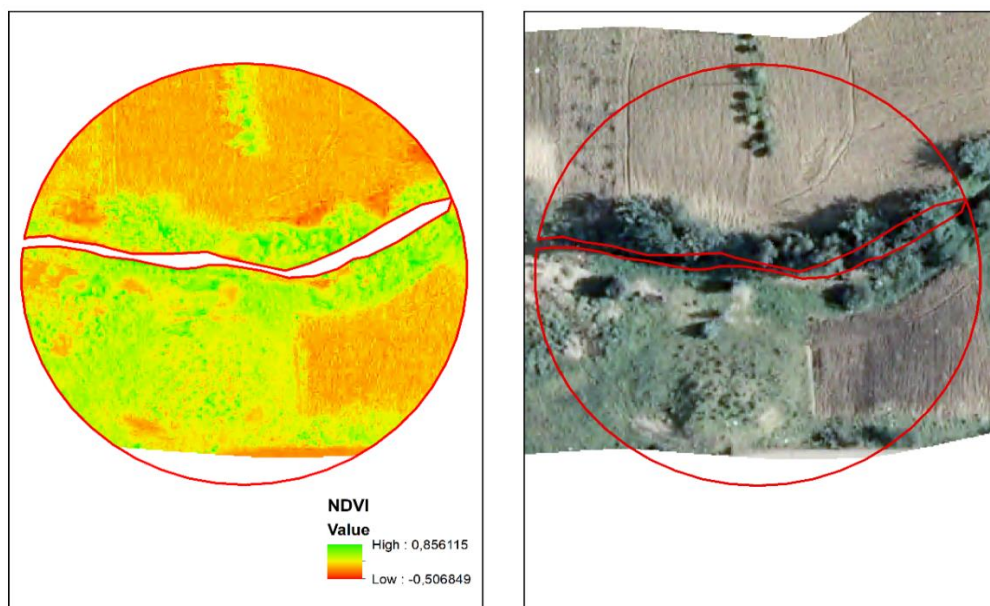


Figura 23: NDVI Tramo Tabacay

En la figura 24 se muestra el valor del NDVI en el tramo Burgay-Tabacay obteniendo como resultado un valor de 0,1 lo que corresponde a suelo desnudo, puntaje que se revela en la tabla 16.

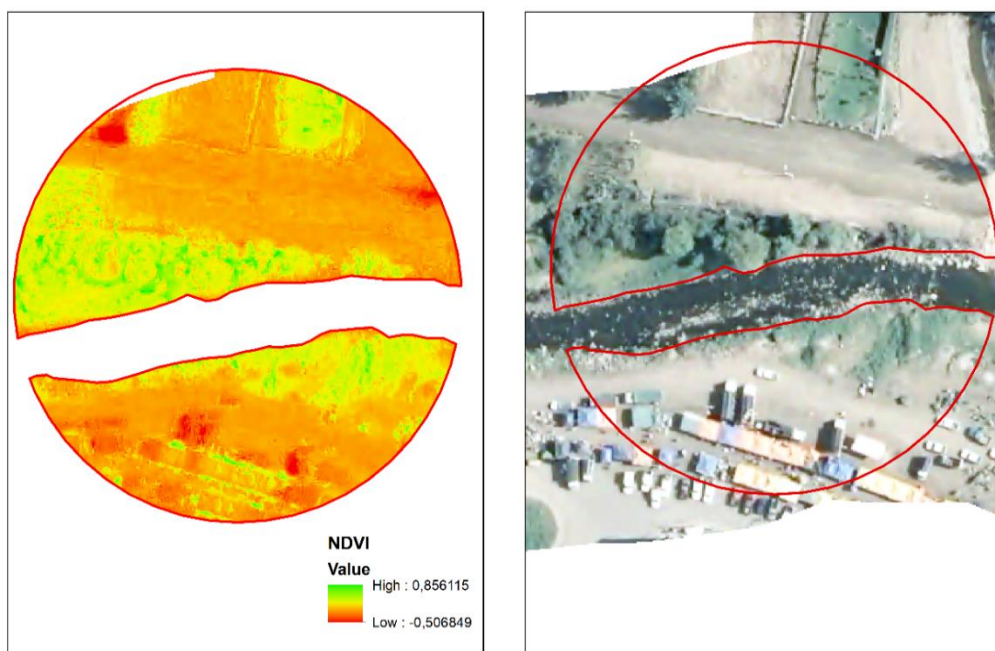


Figura 24: NDVI Tramo unión Burgay-Tabacay

En la figura 25 se muestra el valor del NDVI en el tramo el mercado Azogues obteniendo como resultado un valor de 0,1 lo que corresponde a suelo desnudo, puntaje que se revela en la tabla 16.

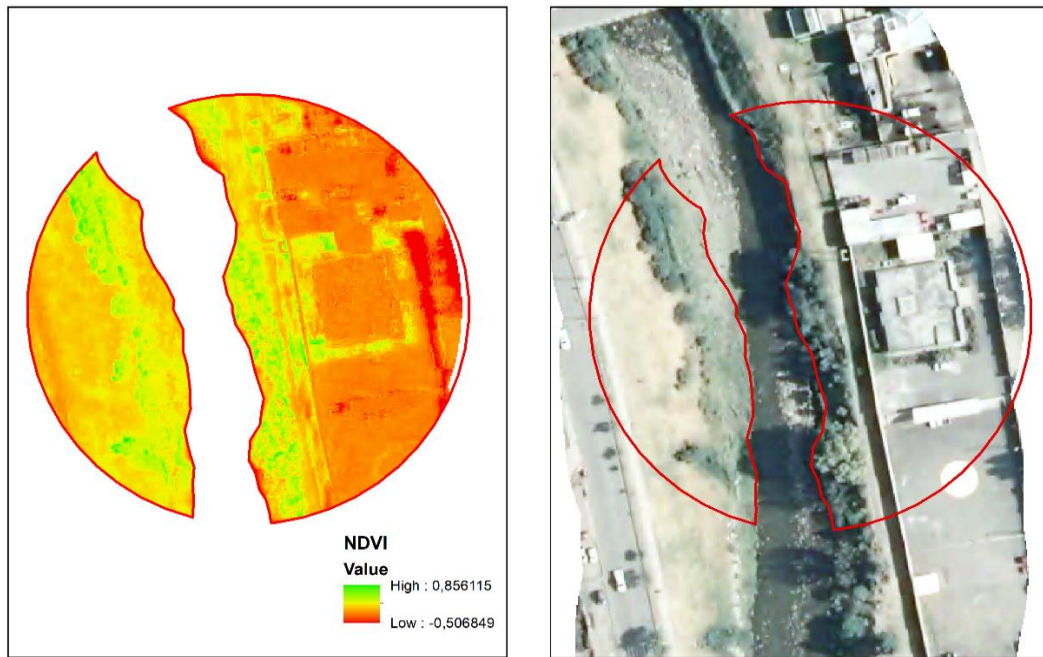


Figura 25: NDVI Tramo El mercado Azogues

En la figura 26 se muestra el valor del NDVI en el tramo El Carmín obteniendo como resultado un valor de 0,2 lo que corresponde a vegetación escasa, puntaje que se revela en la tabla 16.

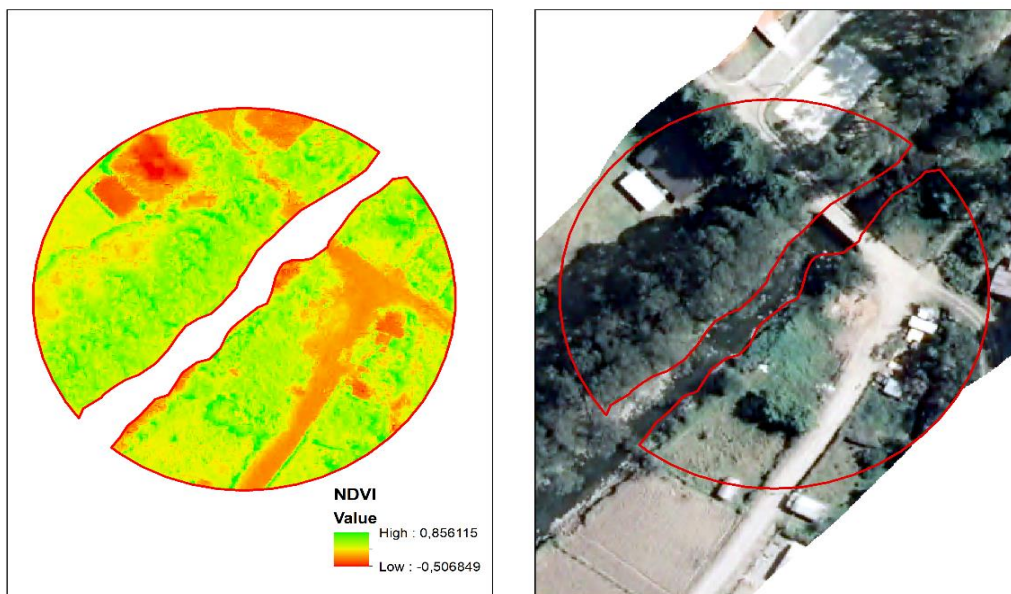


Figura 26: NDVI Tramo El Carmín

Para el cálculo del NDVI no se considera el tramo de río, ya que ahí el indicador daría errores por lo que en la ortofoto se refleja una lámina de luz, por tal motivo se excluye del análisis este segmento, esto se puede ver en las ilustraciones anteriores.

Según el estudio de (Colón & A.Yomayra, 1966) los valores comprendidos entre 0,1 a 0,4 corresponden a coberturas de pasto o afines;(Chuvieco, 2015) dice que un umbral mínimo de NDVI para la cubierta vegetal ronda en torno a 0,1,mientras que para vegetación densa ronda entre 0,5 y 0,7 tomando en cuenta que estos umbrales son variables y es necesario analizar el comportamiento del NDVI teniendo un rango como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Rangos NDVI

Rangos de NDVI	
< 0	Presencia de agua y/o áreas con sombra
0 – 0,2	Suelo desnudo
0.2 - 0.4	Vegetación escasa + Suelo
0,4 – 0,6	Vegetación dispersa
< 0,6	Vegetación densa

Fuente:(Chuvieco, 2015)

Coincidiendo con (Chuvieco, 2015) en este estudio los rangos del NDVI oscilan entre 0,1 y 0,2 observando en la ortofoto baja densidad de vegetación, ya que en la zona de influencia existe un alto nivel de degradación antrópica en los márgenes del río estudiado como son:

- Aguas servidas
- Asentamientos urbanos
- Expansión de la frontera agrícola
- Presencia de plaguicidas
- Cambios de uso de suelo

4.6 Correlación de resultados

Se correlacionaron los resultados del índice UWQI, el índice de calidad de ribera QBR y el índice ABI.

En el dendograma de la figura 27, se observa que existen características similares de los parámetros analizados entre los tres grupos, el primer grupo muestra una correlación de los resultados entre el tramo Tabacay y Nazón, que tienen distancias similares y además resultan ser los tramos menos intervenidos, con menor necesidad de restauración.

Los tramos de Biblián y El Carmín son similares entre sí y forman un grupo que se alejan en similitud con el grupo uno, y así mismo están alejados del grupo que está formado por unión Tabacay-Burgay y mercado Azogues. Cada distancia de similitud a su vez está relacionada con el grado de alteración de los tramos y de la necesidad de restaurarlos, observándose que, los que presentan mayor distancia euclidiana son los mismos tramos que tienen mayor necesidad de restauración.

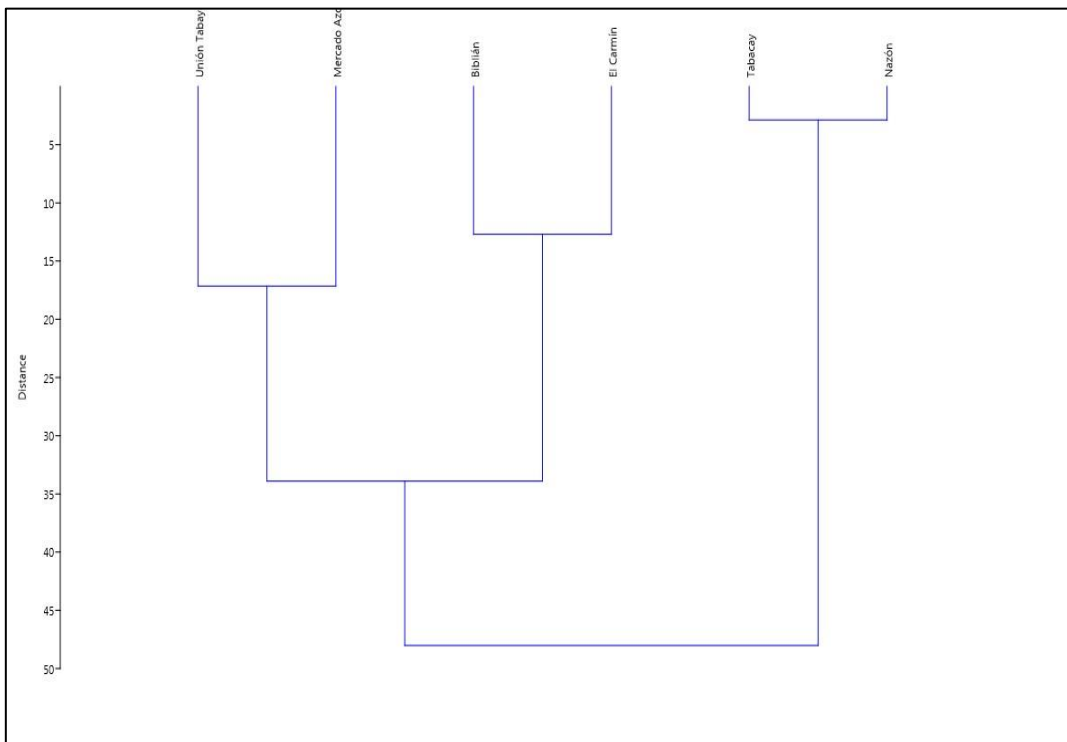


Figura 27: Dendograma de resultados

4.7 Resultados del modelo conceptual

En la tabla 17 se muestra los resultados del puntaje del modelo conceptual de priorización de tramos estudiados en función de la integración de los índices evaluados y puntuados para cada tramo de análisis, indicando la prioridad de restauración de cada uno.

Tabla 17: Modelo conceptual de priorización de restauración

Índice	Rango de puntuación	Tramos					
		Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay - Burgay	Mercado Azogues	Carmín
UWQIB	0-100	86,63	60,79	83,93	63,59	53,99	49,59
ABI	0-120	41	18	42	22	8	12
QBR	0-100	55	47	55	15	15	47
NDVI	-1 + 1	0,2	0,19	0,2	0,143	0,13	0,25
Ponderación del Modelo Conceptual	0,5	43,31	30,40	41,96	31,80	27,00	24,79
	0,25	8,5	3,8	8,8	4,6	1,7	2,5
	0,20	11	9,4	11	3	3	9,4
	0,05	3	2,975	3	2,8575	2,825	3,125
Total	100	65,86	46,52	64,71	42,24	34,49	39,82
Prioridad de Restauración		6	4	5	3	1	2
Indicador		Alta	Urgente	Alta	Urgente	Urgente	Urgente

En la tabla 18 se indica la priorización de los tramos en función del puntaje obtenido, el tramo de mayor prioridad de intervención es Mercado Azogues con un puntaje de 34,49 y un indicador de necesidad urgente. Segundo tramo que debe ser intervenido es el Carmín con un puntaje de 39,82 y un indicador de necesidad urgente. Tercer tramo con necesidad de intervención es unión Burgay-Tabacay con un indicador de necesidad urgente y un puntaje de 42,24 y cuarto el tramo Biblián con un puntaje de 46,52. Los tramos que no tienen un indicador urgente son: Nazón y Tabacay con un indicador de necesidad alta de intervención.

Tabla 18: Indicador de necesidad de restauración según tramos del río Burgay

Prioridad	Zona de muestreo	Indicador de necesidad de restauración	Color
Primera	Mercado Azogues	Urgente	
Segunda	Carmín	Urgente	
Tercera	Unión Burgay – Tabacay (Mercado Sucre)	Urgente	
Cuarta	Biblián	Urgente	
Quinta	Tabacay	Alto	
Sexta	Nazón	Alto	

En la figura 28 se muestra un mapa indicando los puntos de prioridad de restauración.

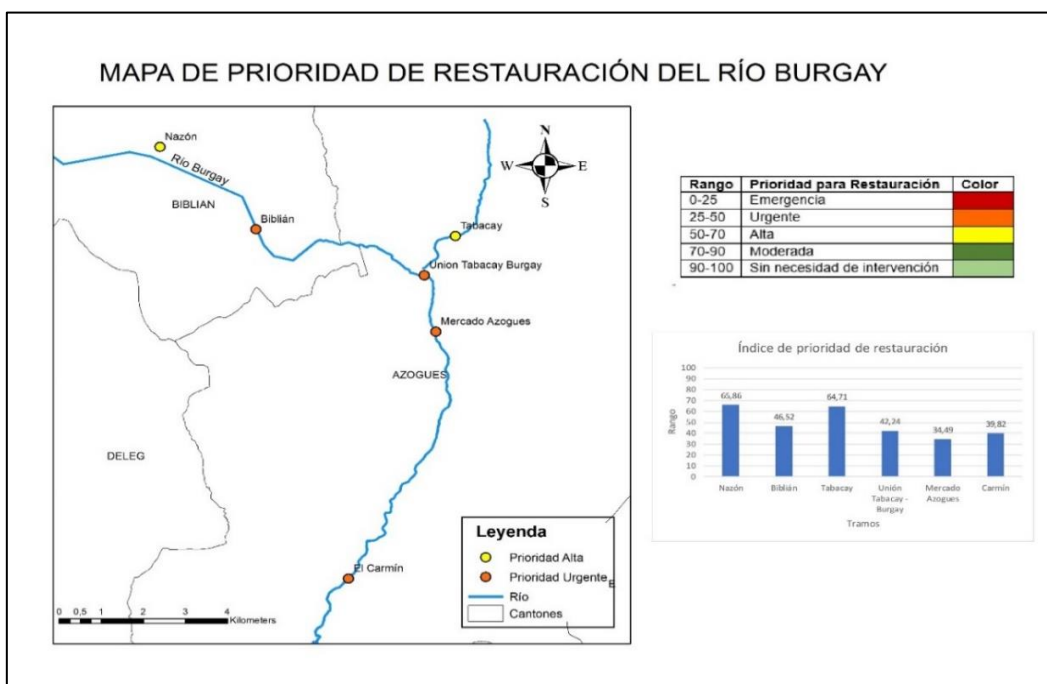


Figura 28: Mapa de prioridad de restauración del río Burgay

4.8 Propuesta de restauración

Esta propuesta va a depender de las condiciones del río, de las semillas y plantas y de los recursos económicos.

Esta propuesta puede realizarse mediante la integración de plantas recolectadas, de plantas producidas en viveros o por propagación vegetativa. No obstante, deberá realizarse una limpieza del área a restaurar para evitar la propagación y colonización de maleza y plantas no deseadas, además de un buen mantenimiento a las plantas sembradas. Para la selección de especies es necesario considerar no solamente su importancia ecológica, sino también las necesidades de las comunidades (Cervantes, Gutierrez, Hernández, Camila, & Tovar, 2018)

Para calcular el área a reforestar utilizamos la ortofoto.

Después de determinar los tramos de prioridad de restauración, se identifican las especies para revegetación, a continuación se detalla las especies propuestas para la recuperación de la zona ribereña del río Burgay; estas especies

fueron recomendadas del estudio de (Minga & Verdugo, 2016) ya que son especies asociadas a las riberas de los ríos del sur del Ecuador

Tabla 19: Especies más comunes asociadas a las riberas de los ríos

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Hábito
Araliaceae	<i>Oreopanax avicenniifolius</i>	pumamaqui blanco	Árbol
Asteraceae	<i>Gynoxys sp</i>	Tugshi	Arbusto
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Árbol-Arbusto
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	sacha capulí	Árbol
Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	chachacoma, shisha, cerotillo	Árbol
Fabaceae	<i>Inga insignis</i>	Pacay, guabilla, guagua	Árbol
Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i>	tocte	Árbol
Lamiaceae	<i>Aegiphila ferruginea</i>		Árbol
Meliaceae	<i>Cedrela montana Moritz</i>	flor de madera	Árbol
Caprifoliaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	rañas	Árbol
Celastraceae	<i>Maytenus verticillata</i>	sherna	Árbol
Podocarpaceae	<i>Podocarpus sprucei</i>	guabisay	Árbol
Solanaceae	<i>Solanum nutans</i>	Allcu jambi	Árbol
Rhamnaceae	<i>Rhamnus granulosa</i>	ayarambrán	Árbol
Myrtaceae	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	huahual	Árbol
Melastomatacea	<i>Miconia aspergillararis</i>	cérrag	Arbusto árbol
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	sauce	Árbol
Asteraceae	<i>Ambrosia arborescens</i>	marco	Arbusto
Asteraceae	<i>Aristeguietia cacalioides</i>	urcu chilca	Arbusto
Cleomaceae	<i>Cleome anomala</i>	Borreguito	Arbusto
Apocynaceae	<i>Nerium oleander L.</i>	adelfa, laurel de flor	Arbusto
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis L.</i>	ricino	Arbusto
Fabaceae Retama	<i>Genista monspessulana (L.) L.A.S. Johnson</i>	retamilla	Arbusto
Fabaceae	<i>Spartium junceum L.</i>	retama de olor (España)	Arbusto
Fabaceae	<i>Ulex europaeus L.</i>	retamillo, retamo espinoso, espinillo.	Arbusto

Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	hibisco, rosa de China	Arbusto
Oleaceae	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	ligustro	Arbusto
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i> Carrière	fuchsia, zarcillo, bailarinas	Arbusto
Rosaceae	<i>Cotoneaster acuminatus</i> Lindl.	manzanita de espinos	Arbusto
Rosaceae	<i>Pyracantha angustifolia</i>	espino de fuego naranja	Arbusto
Rosaceae	<i>Rubus niveus</i> Thunb.	mora	Arbusto
Scrophulariaceae	<i>Buddleja americana</i> L.	tepazan (Colombia), tabaquillo (Costa Rica)	Arbusto
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	falso tabaco, palán palán (lugar de origen)	Arbusto
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	supirroza	Arbusto
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus salviifolius</i> Kunth	huañamín, yuquilla	Arbusto
Primulaceae	<i>Myrsine dependens</i>	samal, yubar pequeño	Arbusto
Proteaceae	<i>Oreocallis grandiflora</i> (	cucharillo, galuay, chilla, boldo	Arbusto
Rosaceae	<i>Polylepis weberbaueri</i> Pilg.	pantsa, yagual	Arbusto
Solanaceae	<i>Brugmansia sanguinea</i>	floripondio, huántug	Arbusto
Verbenaceae	<i>Citharexylum ilicifolium</i> Kunth	casanto, capi, pintilla	Arbusto

Las especies que se detallan son especies que poseen una elevada tasa de regeneración como: Aliso, Sacha Capulí, Sherna, Guabisay, Cérrag (CGA & GAD CUENCA, n.d.).

Para la restauración de las zonas a intervenir el hoyado se recomienda efectuarlo a una distancia de 2 m en arbustos en árboles 5 metros y en herbáceas 0,5m y el tamaño del hoyo será de 1m² x 0.80. Al momento de la siembra debe hacerse la poda de raíces particularmente en aquellas que presentan raíces muy desarrolladas y en aquellas con abundante follaje se recomienda efectuar una poda de hojas (CGA & GAD CUENCA, n.d.).

Las áreas calculadas se muestran a continuación en la tabla 20:

Tabla 20: Identificación y delimitación de sitios de intervención

Áreas de recuperación vegetal		
Tramo	Margen derecho(m²)	Margen izquierdo(m²)
1. Nazón	1683,81506	3494,15842
2. Biblián	3159,1121	3590,70411
3. Tabacay	6650,3328	9185,77252
4. Unión Tabacay-Burgay	2620,65815	3872,94121
5. Mercado Azogues	3204,34837	1539,72014
6. El Carmín	8224,89064	3897,9676

En la figura 29 se observa el tramo Nazón con un área en el margen izquierdo de 3494,15 m² y en el margen derecho 1683,81 m² las mismas que serán consideradas en el proyecto de revegetación.



Figura 29: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Nazón

Se puede observar en la figura 30 el tramo Biblián con un área en el margen izquierdo de 3590,70411 m² y en el margen derecho 3159,1121 m² las mismas que serán consideradas en el proyecto de revegetación.



Figura 30: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Biblián

En la figura 31 se observa el tramo Tabacay con un área en el margen izquierdo de 9185,77252089m² y en el margen derecho 6650,3328m² las mismas que serán consideradas en el proyecto de revegetación.

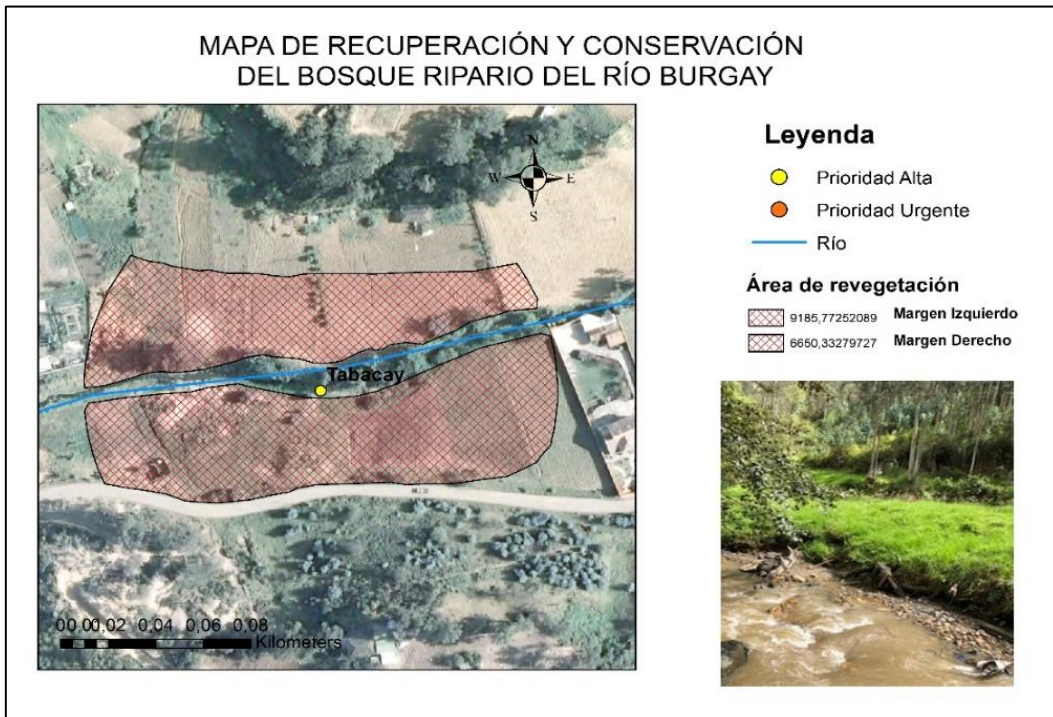


Figura 31: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Tabacay

En la figura 32 se observa el tramo Unión Tabacay-Burgay con un área en el margen izquierdo de 3872,94121071m² y en el margen derecho 2620,65815278m² las mismas que serán consideradas en el proyecto de revegetación.



Figura 32: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo Unión Tabacay-Burgay

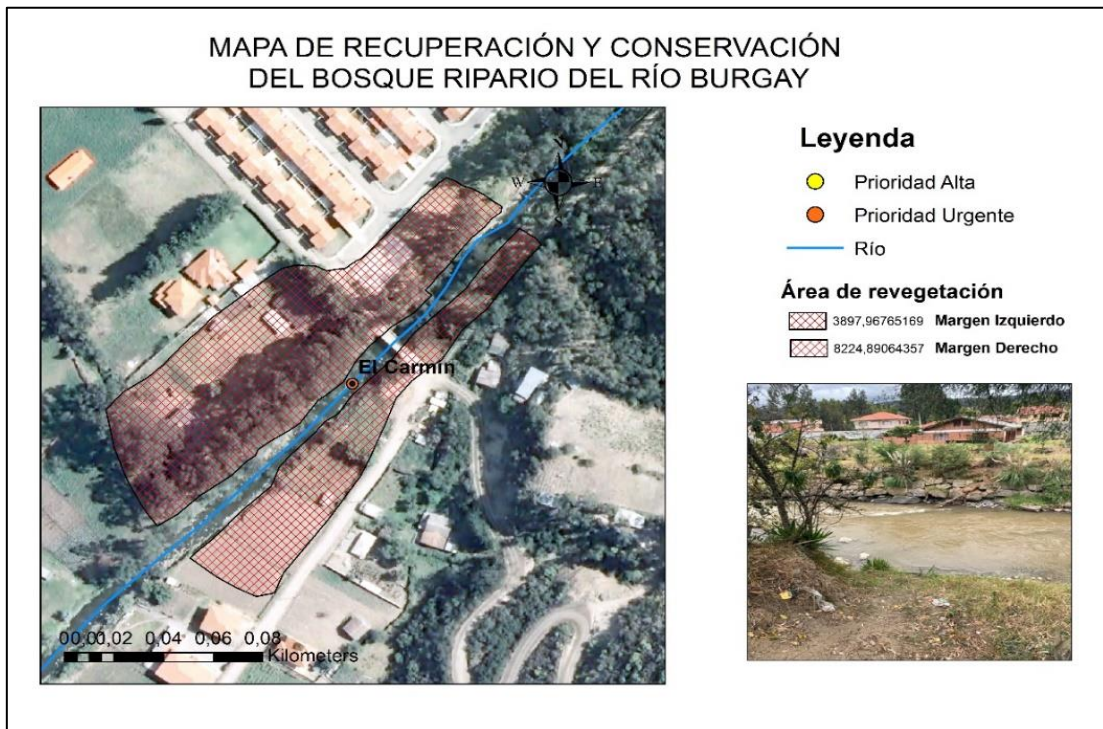


Figura 34: Mapa de recuperación del bosque ripario tramo El Carmín

4.8.1 Fases de revegetación

Para esta fase se tendría que seguir los pasos para la restauración ecológica del río Burgay a continuación se explica cada uno de estos:

a. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración

La selección de especies para la restauración es un aspecto muy importante, puesto que el éxito de los retos depende de esta selección. Se escogió las especies en el libro (Minga & Verdugo, 2016) que se detallan en el capítulo tres.

Del listado de especies de sus trayectorias sucesionales registrado en el potencial de regeneración, se seleccionan las especies más importantes bajo una escala de atributos o rasgos de historia de vida que pueden ser útiles en los sitios que se van a restaurar. Esta fase es necesario combinar el conocimiento de la gente y el conocimiento de expertos locales y científicos.

b. Programar y manejar las especies

Una vez seleccionada las especies se presenta el problema de la obtención del material, muchas especies no se consiguen en los viveros locales o las cantidades no son suficientes para el requerimiento de los experimentos o del tamaño de los dallas la construcción de viveros o invernaderos, es muy importante para la programación, propagación y crecimiento permanente del material, rebrotes o sembrar directamente las semillas en el área a restaurar un error muy

común en proyecto de restauración en la siembra directa de árboles en áreas postreterizadas o áreas abiertas, donde las condiciones ambientales son extremas.

c. Seleccionar los sitios a restaurar

La selección de los sitios o donde se van a realizar el proyecto piloto debe hacerse cuidadosamente, este paso se evalúa principalmente el estado del suelo a escala local y de parcela.

Se detallan algunos criterios de la selección de puntos:

- Ubicación en sitios accesibles
- Definir el área y su grado de alteración
- Evaluar el estado del suelo y su hidrología
- Definir si aún persisten los disturbios a escala y analizar si se pueden volver a presentar. Si no se eliminan de una forma definitiva los factores tensionantes es posible que el proyecto no sea viable
- Evaluar con las comunidades locales las actividades humanas, buscando la mayor compatibilidad posible con el proyecto
- Tener en cuenta las recomendaciones de las comunidades locales en cuanto al fenómeno de estacionales, inundaciones.

En este apartado se observa a continuación los sitios de intervención en los seis tramos del río:

Considerar el número de plantas

Para calcular el número de plantas y arbustos hay que tener en cuenta el hoyado y la distancia que debe tener de árbol a arbusto, se utiliza la herramienta fishnet en el programa Argis para generar una cuadrícula con las distancias establecidas, se procedió a generar un shape de puntos con la ubicación de cada planta como se muestran en los mapas a continuación.

En cada uno de los tramos a restaurar se elige las especies propuestas en la tabla 19 de manera aleatoria, considerando la densidad para cada zona en función del área, esto indica el número total de especies que se necesitan para cada tramo, sin indicar un número específico de cada especie.

Para el tramo Nazón se necesitará 87 arbustos y 9 árboles en donde se escogerán las especies nombradas en la tabla 19 como se indica en el mapa de la figura 35.



Figura 35: Zona de recuperación del tramo Nazón

Para el tramo de Biblián se necesitará 170 arbustos y 20 árboles en donde se escogerán las especies nombradas en la tabla 18 como se indica en el mapa de la figura 36.



Figura 36: Zona de recuperación del tramo Biblián

Para el tramo de Biblián se necesitará 370 arbustos y 57 árboles en donde se escogerán las especies nombradas en la tabla 18 como se indica en el mapa de la figura 37.

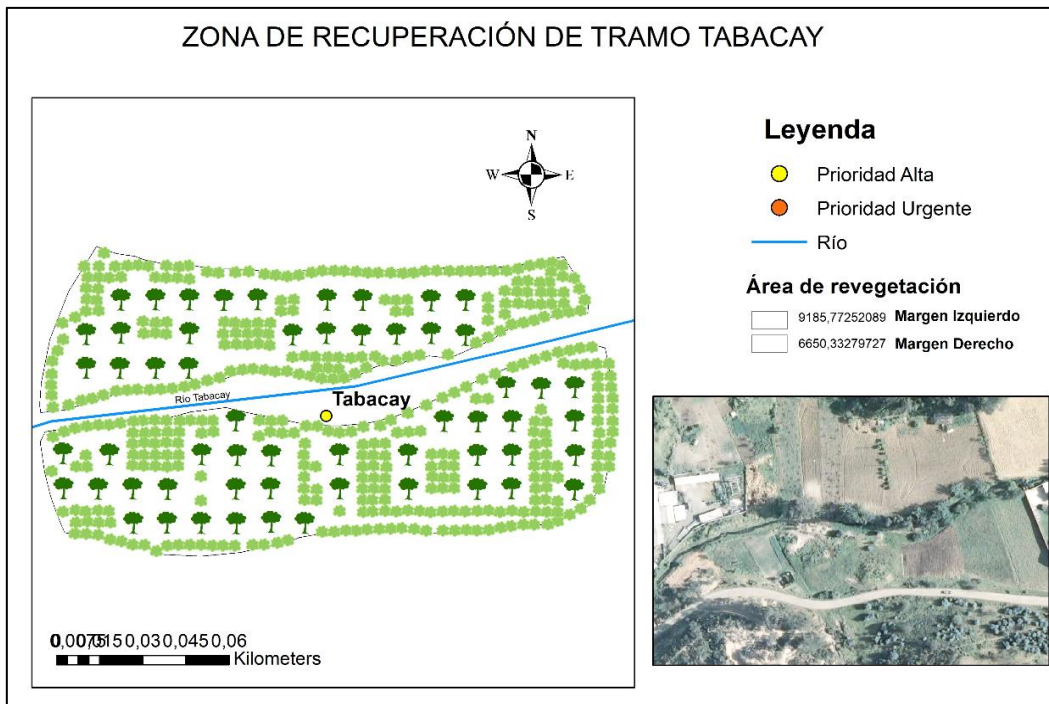


Figura 37: Zona de recuperación del tramo Tabacay

Para el tramo de Tabacay- Burgay se necesitará 145 arbustos y 33 árboles en donde se escogerán las especies nombradas en la tabla 18 como se indica en el mapa de la figura 38.

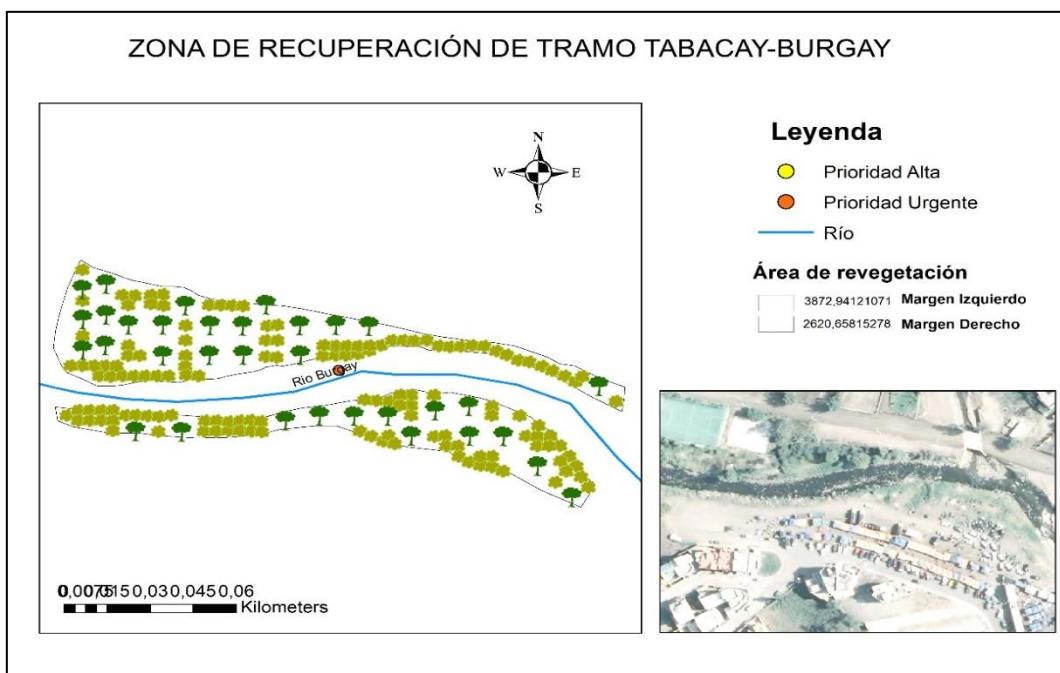


Figura 38: Zona de recuperación del tramo Tabacay-Burgay

Para el tramo del Mercado Azogues se necesitará 135 arbustos y 11 árboles en donde se escogerán las especies nombradas en la tabla 18 como se indica en el mapa de la figura 39.



Figura 39: Zona de recuperación del tramo Mercado Azogues

Para el tramo del Carmín se necesitará 205 arbustos y 34 árboles en donde se escogerán las especies nombradas en la tabla 18 como se indica en el mapa de la figura 40.



Figura 40: Zona de recuperación del tramo Mercado Azogues

5.CONCLUSIONES

- Los ríos han sufrido procesos de degradación elevada, tanto en los flujos que circulan como en su ecosistema ripario, esto se observa en mayor magnitud en los ríos que atraviesan por ciudades, ya que reciben vertidos no controlados de aguas residuales y además se han desarrollado acciones antrópicas en zonas en las cuales se consideran bosque de ribera. Ya que el problema es tan amplio se ha buscado la manera de vincular varios indicadores que den una idea clara e íntegra del estado del sistema analizado, estos índices abarcan un amplio espectro desde la calidad de agua analizada con índices modificados para la zona de estudio según los parámetros monitoreados, las condiciones visuales de ribera, el análisis de ortofotos con Sistemas de Información Geográfica y la utilización de índices bióticos. Cada uno de estos análisis ha llevado a resultados similares en los tramos analizados, esto quiere decir que las diferentes perspectivas de análisis han coincidido en el nivel de degradación de los tramos analizados. Se puede ver que, observando el índice modificado de calidad de agua para el Burgay $UWQI_B$ los tramos más degradados resultan ser “El Carmín” y “Mercado Azogues” con un puntaje de 49,6 y 54,0 respectivamente; el menos degradado es el tramo “Nazón” con un valor de 86,6, esto coincide con el análisis de los índices ABI, QBR y NDVI, en donde la puntuación de cada uno de ellos indica el mismo nivel de degradación en los diferentes tramos.
- Luego de analizar cada índice de manera individual y ver que son robustos ya que marcan condiciones similares de degradación en cada tramo, el modelo propuesto integró cada uno de esos índices con la puntuación asignada, esto da un estado integral del sistema marcando la prioridad que cada tramo tiene para restauración. Los resultados del modelo conceptual indican que cuatro de los seis tramos analizados tienen una necesidad urgente de intervención, esos tramos son “Biblián” “Unión Burgay - Tabacay”, “Mercado Azogues” y “El Carmín” que justamente son los tramos que están en los centros poblados y los tramos “Tabacay” y “Nazón” con una necesidad ALTA de intervención, estos son los tramos que están en las zonas aguas arriba de las ciudades.
- Integrar índices que analicen diferentes problemáticas de calidad ambiental en un solo modelo conceptual permite gestionar los procesos de restauración de cada tramo de una manera eficiente y óptima, los

resultados han marcado altas necesidades de restauración mediante varios índices analizados y en el que cada uno tuvo una ponderación específica, esto da confianza en los resultados obtenidos.

- Se tiene una propuesta de modelo de restauración conceptual de río Burgay en el cual se ha vinculado cuatro índices: UWQIB, QBR, ABI, NDVI cada uno con ponderaciones diferentes en función de la importancia e impacto que se tiene en cada uno de estos parámetros, lo que va a permitir priorizar zonas de intervención para posteriores estudios de restauración y posteriormente cotejar si es que estas intervenciones resultan óptimas en el proceso final de restauración.

CAPÍTULO VI

6.RECOMENDACIONES

- Antes de plantear recomendaciones, cabe puntualizar el hecho que el modelo conceptual se plantea para tramos de río para validar su utilidad, de esta manera una de las primeras recomendaciones sería aplicar el modelo con geo procesamiento y modelación matemática en todo el espacio de la cuenca y en diferentes períodos de análisis, esto permitirá tener un conocimiento más profundo de todo el ámbito del tramo del río y se podrá estudiar la evolución espacial y temporal de los contaminantes.
- Los índices analizados dentro del modelo conceptual indican una priorización de zonas que deben restaurarse y en que ámbito se deberían hacer esos trabajos de restauración, por lo que tomar estas consideraciones sería de gran utilidad para optimizar recursos técnicos y económicos por parte de las autoridades competentes.
- Realizar ensayos de restauración para validar el modelo conceptual y lograr tener un modelo aplicado que pueda ser extrapolado a otras zonas de análisis con tramos de ríos con iguales niveles de degradación. Al ser un tramo de río que atraviesa dos ciudades sería necesario definir de manera adecuada quienes son los responsables de llevar a cabo esta tarea. Partiendo desde la rectoría de la SENAGUA se pueden plantear acciones conjuntas que involucren GADs de las ciudades de Azogues y Biblián para aplicar los modelos de restauración propuestos. Además, se puede vincular a EMAPAL EP, como Empresa Pública que gestiona el recurso hídrico en la ciudad de Azogues.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Hampel, H., González, H., Mosquera, P., Sotomayor, G., & Galarza, X. (2014). *Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región Austral del Ecuador*.
- Aguirre, N. (2013). *La Restauración Ecológica en el Ecuador: Estado actual y perspectivas*. Retrieved from <https://nikolayaguirre.files.wordpress.com/2013/04/1-restauracion-ecologica-en-el-ecuador.pdf>
- Barceló, D., & López de Alda, M. (2017). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Retrieved from https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Bejarano, F. T., Ramírez-León, H., Cuevas, C. R., González, M. P. T., & Jaraba, M. C. V. (2015). Validación de un modelo hidrodinámico y calidad del agua para el Río Magdalena, en el tramo adyacente a Barranquilla, Colombia. *Hidrobiologica*, 25(1), 7–23.
- Burt, T. ., Pinay, G., Matheson, F. ., Haycock, N. ., Butturini, A., Clement, J. ., ... Maitre, V. (2002). Water table fluctuations in the riparian zone: comparative results from a pan-European experiment. *Journal of Hydrology*, 265(1–4), 129–148. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00102-6)
- Camacho, L., Erasmo, R., González, R., Torres, J., Gelvez, R., & Medina, M. (2015). Metodología para la caracterización de la capacidad de autopurificación de río de la montaña. *I Congreso Internacional Del Agua y El Ambiente*.
- Carrillo Alvarado, M. S., & Urgilés Calle, P. D. (2016). *Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los Ríos Mazar y Pindilig*. 142. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
- Cervantes, G., Gutierrez, A., Hernández, D., Camila, M., & Tovar, J. (2018). *Restauración de un fragmento de hábitat ribereño en el río San Marcos, ciudad Victoria, Tamaulipas*. 1–14.
- CGA, & GAD CUENCA. (n.d.). *Recuperación y Conservación Del Bosque Ripario y Biodiversidad Urbana de Cuenca*.
- Chuvieco, E. (2015). *Teledetección Ambiental*. Retrieved from <https://www.worldcat.org/title/teledeteccion-ambiental-la-observacion-de-la-tierra-desde-el-espacio/oclc/1105266820?referer=di&ht=edition>
- Colón, R., & A.Yomayra. (1966). La utilización de imágenes de Landsat TM para cuantificar áreas de deforestación en la región de Mato Grosso, Brazil. *The British Journal of Psychiatry*, 112(483), 211–212. <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>
- Dunnette, D. . (2014). *All use subject to JSTOR Terms and Conditions geographically water quality used variable index in Oregon*. 51(1), 53–61.
- Encalada, A., Rieradevall, M., Ríos, B., García, N., & Narcís, P. (2011). Protocolo simplificado y Guía de evaluación de la calidad ecológica de Ríos Andinos. In *Quito*.
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. In *Serie recursos naturales e infraestructura* (Vol. 50).
- Espinoza, L. (2017). *Variables hidromorfológicas y químicas en la determinación de macroinvertebrados en el río Tungurahua ubicado en el Parque Nacional Cotopaxi*.

- Fernandez, N. J., & Solano, F. (2007). Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. *Índices De Calidad Y De Contaminación Del Agua*.
- Fernández, N., Ramírez, A., & Solano, F. (2005). Índice Físicoquímicos de calidad del agua un estudio comparativo. *Conferencia Internacional: Usos Múltiples Del Agua Para La Vida y El Desarrollo Sostenible*, 81(3), 211–219.
- García, J., & Velásquez, P. (2016). *Alteraciones en los componentes físicos, químicos y biológicos del río Topo por la construcción de una hidroeléctrica*.
- González, H., & Hampel, H. (n.d.). *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca*. Retrieved from https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA_MACROINVERTEBRADOS.pdf
- Herbei, M. V., Sala, F., & Boldea, M. (2015). Relation of normalized difference vegetation index with some spectral bands of satellite images. *AIP Conference Proceedings*, 1648(April), 1–6. <https://doi.org/10.1063/1.4912898>
- Herrera, C., Franco, G., Barrientos, H., & Miguel, R. (2015). *La contaminación por manganeso en comunidades expuestas a fungicidas etilenbisditiocarbamatos en el Soconusco (Chiapas , México) Guadalupe*. 15(2), 1315–1318.
- Indicadores de calidad del agua | iAgua. (n.d.). Retrieved December 10, 2019, from <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua>
- INEC. (2012). *Índice Verde Urbano*. 26. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Verde_Urbano/Presentacion_Indice_Verde_Urbano_2012.pdf%0Awww.ecuadorencifras.com
- Jiang, Z., Huete, A. R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., & Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 101(3), 366–378. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.01.003>
- LA.Network. (n.d.). *Recuperar los ríos de las ciudades, una prioridad mundial*. Retrieved from <https://la.network/rios/>
- Matovelle, C. (2016). *Desarrollo de un modelo de calidad de agua para la microcuenca del río Tabacay, cuenca del río Paute en la ciudad de Azogues. Ecuador*. Retrieved from <https://riunet.upv.es/handle/10251/66443>
- Meli, P., & Carrasco, V. (2011). Restauración ecológica de riberas. Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la selva Lacandona. In *Colección Corredor Biológico Mesoamericano México*. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=sibe01.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=028857>
- Mendoza, M. (2014). *Vegetación ribereña: Indicador de la salud del río de la reserva de la biosfera de la barranca de Metztitlán*.
- Minga, D., & Verdugo, A. (2016). *Árboles y Arbustos de los ríos de Cuenca*. (April 2016), 213.
- Monforte García, G., & Cantú Martínez, P. (2009). Escenario del agua en México. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, (30), 31–40.

- NASA. (2015). Measuring Vegetation. Retrieved from MeasuringVegetation website: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php
- Ocampo, K. (2019). Modelo descriptivo de restauración ecológica en zonas afectadas por incendios forestales e invasión de retamo espinoso en los Cerros Orientales de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 1–12. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.71953>
- Organization, W. H. (2014). Guidelines for Drinking-water Quality. *Applied Radiation and Isotopes*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.03.030>
- Padrón, A. (2018). *Determinación de indicadores bióticos de calidad del agua mediante macroinvertebrados con intervención de la comunidad en la microcuenca del Tabacay.*
- Pauta, G. (2014). *Estudio integral de la calidad del agua del río Burgay y evaluación del riesgo toxicológico por la probable presencia de plaguicidas.* Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/19831>
- Porras López, B. (2011). Areas verdes en la ciudad de Cuenca: parques, plazas, plazoletas y parques lineales. *Tesis*, 194. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1951>
- Quizhpe, C. (2015). *Estimación del potencial energético proveniente de biomasa agroforestal en la provincia de los Ríos -Ecuador.* Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23332/1/tesis.pdf>
- Ríos, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean biotic index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 62(February), 249–273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Rivera Gutiérrez, J. V. (2015). Evaluation of the kinetics of oxidation and removal of organic matter in the self-purification of a mountain river. *Dyna*, 82(191), 183–193. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.44557>
- Romero, F., Cozano, M., Gangas, R., & Naulin, P. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 1–2. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002014000100001>
- Rosero, D. (2009). *Maestría en Ecología Tropical Restauración del Capital Natural.*
- Rouse. (1973). *The, Monitoring Advancement, Vernal Vegetation, Of Natural.*
- Salvatierra, J., Montenegro, G., Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., & Gómez, M. (2010). *Por Incendios Forestales.* 149. Retrieved from http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1363716217res_baja.pdf
- Sánchez, D. (2016). *Calidad del agua y su control.* 93. Retrieved from http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf
- SNET. (2016). Índice De Calidad Del Agua General “ICA.” *Servicio Nacional de Estudios Territoriales*, 1(503), 14.
- Suárez, L., Vidal, M. R., & Sánchez, M. del M. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica*, 21(4), 135–148. Retrieved from http://www.limnetica.net/Limnetica/Limne21/L21b135_Calidad_riberas_mediterranea

s.pdf

Torres, P., Hernán, C., Paola, C., & Patiño, J. (2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Valencia, C. (2006). *Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción*. 51.

Yannarella, F., & Hernández, A. (2017). Modificación del índice de calidad de riberas: Inclusión del componente social en la evaluación de la calidad ribereña de la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca. *Uniciencia*, 31(1), 39. <https://doi.org/10.15359/ru.31-1.5>

ANEXOS

Anexo 1: Evaluación del QBR

TABLA 2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA RIBERA EN LA REGIÓN AUSTRAL DEL ECUADOR: ECOSISTEMAS DE BOSQUES DE RIBERA

OBSERVACIÓN IMPORTANTE: El puntaje máximo de cada apartado no puede ser mayor de 25 puntos ni ser negativo

APARTADOS	PUNTUACIÓN	
	Orilla Izq.	Orilla Der.
1. Grado de cubierta de la zona de ribera (los plantas anuales no se contabilizan)		
> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	12.5	12.5
50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	5	5
10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	2.5	2.5
< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	0	0
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	5	5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es > 50%	2.5	2.5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre 25 - 50%	-2.5	-2.5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es < 25%	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		
2. Estructura de la cubierta de la zona de ribera		
Recubrimiento de árboles es > 75 %	12.5	12.5
Recubrimiento de árboles es entre 50 -75 %	5	5
Recubrimiento de árboles es < 50 %	2.5	2.5
Sin árboles, arbustos por debajo del 10 % o sólo vegetación herbácea	0	0
Gradiente de estratificación evidente y conectado: Dosel de árboles, sotobosque arbustivo y vegetación herbácea	5	5
Concentración de arbustos es > 50 %	5	5
Concentración de arbustos es entre 25 -50 %	2.5	2.5
Concentración de arbustos es < 25 %	1	1
Presencia de epifitas (p. ej. Bromelias)	2.5	2.5
Árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin continuidad	-2.5	-2.5
Existe una distribución regular (linealidad) en los árboles	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		
3. Calidad de la cubierta de la zona de ribera		
Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos	12.5	12.5
Como máximo un 25% de la cobertura es de árboles introducidos (Pinus, Eucalyptus y Salix)	5	5
26 - 50% de los árboles de ribera son especies introducidas	2.5	2.5
Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas	0	0
Presencia de cultivos, pastizales o actividad ganadera	-5	-5
Presencia de construcciones (p. ej. casas, industrias)	-5	-5
Presencia de senderos o caminos	-2.5	-2.5
Presencia de vías asfaltada:	-5	-5
Presencia de otras actividades que modifiquen las riberas (p. ej. dragados, minería informal)	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		
4. Grado de naturalidad del canal fluvial		
El canal del río no ha sido modificado		25
Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal		10
Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río		5
Presencia de alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río		-15
Presencia de alguna estructura sólida dentro del lecho del río (p. ej. columnas de puentes)		-10
Presencia de pequeños vertidos		-5
Presencia de grandes vertidos		-15
Presencia de pequeñas derivaciones del flujo normal del agua		-5
Presencia de grandes derivaciones del flujo normal del agua		-15
Presencia de basuras de forma puntual pero abundantes		-5
Presencia de un basurero permanente en el tramo estudiado		-10
Presencia de lavanderías informales de ropa		-5
TOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)		

Anexo 2: Monitoreos de calidad de agua

La tabla 1. Corresponde al monitoreo del mes de octubre

Parámetro	Punto					
	Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay - Burgay	Mercado Azogues	Carmin
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/l)	5	30	6	15	33	65
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)	8	45	10	33	55	85
Oxígeno Disuelto % Sat	95	88	93	80	89	82
pH (unidades de pH)	7,15	7,1	7,15	7,03	7,3	7,15
Conductividad (uS/cm)	110	120	210	600	320	325
Temperatura °C	10	11	10	12	12	11
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,6	0,1	0,5	41	0,48
Nitratos (mg/l)	1,5	5,6	4	8	9,02	25,8
Amonio (mg/l)	0,25	0,1	Ausencia	0,8	3,05	2,88
Nitritos (mg/l)	0,6	1,8	1	1,05	1,14	1,12
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,8	81	1,8	32	240	350
Sulfatos (mg/l)	0,1	0,45	15	13	30	50
Sufuros (mg/l)	0,2	0,5	3	2	0,1	0
Cloruros (mg/l)	118	185	100	85	88	125
Tensoactivos (mg/l)	0,1	0,15	0,1	0,05	0,1	0,03
Aceites y Grasas (mg/l)	< 0.1	1,9	< 0.1	2,5	1,5	2,1
Calcio (mg/l)	12	15	25	33	20	22
Magnesio (mg/l)	3	3,05	7	11	4,4	4,4
Potasio (mg/l)	1,5	3,5	2,5	3	3,4	4,2
Sodio (mg/l)	11	19,5	35	92	38,22	42,06
Hierro (mg/l)	0,8	4,98	3,3	3,6	2,9	7,7
Aluminio (mg/l)	< 0.1	0,12	< 0.1	0,11	0,12	0,115
Níquel (mg/l)	< 0.3	< 0.30	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Carbonatos (meq/L)	2,35	2,55	2,9	3	2,8	3
Bicarbonatos (meq/L)	0,9	1,05	1,08	1	1,1	0,9
Caudales (m3/s)	0,75	1,45	0,5	0,6	7,05	9,08

La tabla2. Corresponde al monitoreo del mes de noviembre

Parámetro	Punto					
	Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay - Burgay	Mercado Azogues	Carmin
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (	5	30	5	12	35	55
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/	7	40	12	22	50	69
Oxígeno Disuelto % Sat	94	88	95	85	90	85
pH (unidades de pH)	7,2	7,1	7,15	7,13	7,4	7,05
Conductividad (uS/cm)	113	125	190	550	325	315
Temperatura °C	9	11	10	11	12	11
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,6	0,15	0,5	30	0,5
Nitratos (mg/l)	1,5	10	4	7	9	26
Amonio (mg/l)	Ausencia	0,2	Ausencia	0,75	3	3
Nitritos (mg/l)	0,6	1,8	0,5	1,5	1,05	1,5
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,8	9,4	1,8	45	130	210
Sulfatos (mg/l)	0,1	0,4	12	12	25	45
Sufuros (mg/l)	0,2	0,3	2	2	0,1	0,5
Cloruros (mg/l)	110	175	80	90	102	130
Tensoactivos (mg/l)	0,02	0,055	0,02	0,02	0,1	0,05
Aceites y Grasas (mg/l)	< 0.1	1,5	< 0.1	2,5	1,5	2,5
Calcio (mg/l)	12	15	23	33	20,02	25
Magnesio (mg/l)	3,2	3	8	11	4,5	4,5
Potasio (mg/l)	1,5	3,3	3	3	4,2	4,8
Sodio (mg/l)	11	19,5	35,25	95,28	35,5	40,5
Hierro (mg/l)	0,8	4,85	3,5	3,5	2,9	7,5
Aluminio (mg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0,15	0,12	0,13
Níquel (mg/l)	< 0.3	< 0.30	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Carbonatos (meq/L)	2,35	2,55	3	3	3	3
Bicarbonatos (meq/L)	0,85	1,01	1,2	1	1,2	0,8
Caudales (m3/s)	0,7	1,75	0,6	0,8	7,6	8,5

La tabla3. Corresponde al monitoreo del mes de diciembre

Parámetro	Punto					
	Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay - Burgay	Mercado Azogues	Carmin
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (l)	3	25	5	12	30	50
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)	5	35	12	19	49	70
Oxígeno Disuelto % Sat	95	85	90	88	92	83
pH (unidades de pH)	7,3	7,2	7,2	7,15	7,35	7,15
Conductividad (uS/cm)	110	130	140	556	330	345
Temperatura °C	9	11	11	11	12	11
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,6	0,1	0,5	41	5
Nitratos (mg/l)	1,5	9	6	6,1	9,5	26
Amonio (mg/l)	Ausencia	0,2	Ausencia	0,7	3,1	3,2
Nitritos (mg/l)	0,5	1,8	1	1,1	1,1	1,8
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	<1,8	81	<1,8	95	125	250
Sulfatos (mg/l)	0,15	0,3	12	12	33	40
Sufuros (mg/l)	0,25	0,4	1	2,5	0,04	0,1
Cloruros (mg/l)	113	185	80	85	98	126
Tensoactivos (mg/l)	0,03	0,03	0,02	0,025	0,02	0,05
Aceites y Grasas (mg/l)	< 0.1	1,1	< 0.1	1,05	1,1	2,2
Calcio (mg/l)	12	15,2	22,5	33	20,1	25
Magnesio (mg/l)	3	3,05	8	11	4,5	4,5
Potasio (mg/l)	1,5	3,3	3	3	3,8	3,8
Sodio (mg/l)	11,25	19,3	34,5	92	38,9	43,05
Hierro (mg/l)	0,8	4,8	3,05	3,6	2,95	7,8
Aluminio (mg/l)	< 0.1	0,11	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1,1
Níquel (mg/l)	< 0.3	< 0.30	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Carbonatos (meq/L)	2,5	2,5	2,9	2,9	2,9	3
Bicarbonatos (meq/L)	0,85	0,95	1,15	1,2	1,2	0,9
Caudales (m3/s)	0,85	1,65	0,33	0,55	6,5	7,9

La tabla4. Corresponde al monitoreo del mes de enero

Parámetro	Punto					
	Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay - Burgay	Mercado Azogues	Carmin
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (l)	2	25	5	12	30	42
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)	5	35	12	19	55	60
Oxígeno Disuelto % Sat	93	88	92	85	90	85
pH (unidades de pH)	7,35	7,25	7,15	7,35	7,15	7,2
Conductividad (uS/cm)	115	180	120	569	345	350
Temperatura °C	9	11	10	11	10	11
Fosfatos (mg/l)	0,4	0,6	0,1	0,5	35,8	0,5
Nitratos (mg/l)	1,1	9	4,5	6,5	9,02	25,2
Amonio (mg/l)	Ausencia	0,2	Ausencia	0,7	3,01	2,9
Nitritos (mg/l)	0,4	1,6	1,02	1,1	1,15	1,15
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	<1,8	140	<1,8	31	515	540
Sulfatos (mg/l)	0,1	0,35	10	12	35	50
Sufuros (mg/l)	0,2	0,45	3	2,5	0,05	1
Cloruros (mg/l)	112	185	80	90	95	120
Tensoactivos (mg/l)	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03
Aceites y Grasas (mg/l)	< 0.1	1,5	< 0.1	1,2	1,5	2,5
Calcio (mg/l)	11,5	15	23	33,5	20,02	23,5
Magnesio (mg/l)	3,3	2,8	8,5	11,5	4,5	4,01
Potasio (mg/l)	1,3	3,5	3,01	2,9	3,7	4,5
Sodio (mg/l)	11,2	19,33	34,5	92,58	38,25	42
Hierro (mg/l)	0,8	4,75	3,3	3,6	2,9	7,8
Aluminio (mg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Níquel (mg/l)	< 0.3	< 0.30	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Carbonatos (meq/L)	2,5	2,5	2,9	3	2,8	2,9
Bicarbonatos (meq/L)	0,85	1,1	1,15	1,2	1,1	0,8
Caudales (m3/s)	0,9	1,85	0,85	0,95	8,5	9,8



La tabla 5. Corresponde al monitoreo del mes de febrero

Parámetro	Punto					
	Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay - Burgay	Mercado Azogues	Carmín
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (	3	26	5	15	35	45
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/	6	36	10	25	58	65
Oxígeno Disuelto % Sat	90	85	90	88	92	88
pH (unidades de pH)	7,8	7,6	7,45	7,5	7,3	7,15
Conductividad (uS/cm)	105	190	115	568	365	356
Temperatura °C	10	12	10	11	11	12
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,68	0,1	0,5	36	0,6
Nitratos (mg/l)	1,2	9,1	4	6,8	9,05	25
Amonio (mg/l)	Ausencia	0,5	Ausencia	0,8	3,05	3
Nitritos (mg/l)	0,3	1,6	1	1,2	1,2	1,15
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	<1,8	145	<1,8	31	515	540
Sulfatos (mg/l)	0,1	0,38	8	10	33	50
Sufuros (mg/l)	0,2	0,49	2,5	2,05	0,08	1
Cloruros (mg/l)	118	188	85	88	90	120
Tensoactivos (mg/l)	0,05	0,05	0,02	0,08	0,02	0,03
Aceites y Grasas (mg/l)	< 0.1	2,01	< 0.1	2,5	2,8	3,2
Calcio (mg/l)	12	15	23	34	21	25,4
Magnesio (mg/l)	3,5	2,8	8,5	12	4,05	4,05
Potasio (mg/l)	1,5	3,5	3,3	3	3,8	4,6
Sodio (mg/l)	11,5	19,33	35,5	93,2	39,52	42
Hierro (mg/l)	0,85	5,02	3,5	3,7	3,01	7,8
Aluminio (mg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0,11	0,12
Níquel (mg/l)	< 0.3	< 0.30	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Carbonatos (meq/L)	2,5	2,5	3	3	2,9	2,9
Bicarbonatos (meq/L)	0,85	1,1	1,15	1,2	1,1	0,9
Caudales (m3/s)	0,9	1,9	0,9	0,99	8,6	9,9

La tabla 6. Corresponde al monitoreo del mes de marzo

Parámetro	Punto					
	Nazón	Biblián	Tabacay	Unión Tabacay - Burgay	Mercado Azogues	Carmín
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (	5	35	10	15	36	48
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/	10	55	18	27	55	70
Oxígeno Disuelto % Sat	93	80	90	85	90	85
pH (unidades de pH)	7,8	7,6	7,45	7,5	7,3	7,15
Conductividad (uS/cm)	106	195	125	658	365	325
Temperatura °C	9	11	10	12	11	12
Fosfatos (mg/l)	0,6	0,6	0,19	0,5	35	0,5
Nitratos (mg/l)	1,7	8,05	6,5	6,5	9,05	25
Amonio (mg/l)	0,5	0,2	0,6	1,1	3,5	2,7
Nitritos (mg/l)	0,8	1,3	1,54	1,5	1,7	1,1
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,8	140	<1,8	31	515	540
Sulfatos (mg/l)	0,5	0,33	16	18	40	45
Sufuros (mg/l)	0,3	0,45	3,5	3,5	0,1	0,5
Cloruros (mg/l)	115	180	90	95	105	130
Tensoactivos (mg/l)	0,2	0,45	0,4	0,5	0,5	0,6
Aceites y Grasas (mg/l)	< 0.1	0,95	< 0.1	2,8	3,51	4,5
Calcio (mg/l)	13	15,5	25	33	21	25
Magnesio (mg/l)	3,5	3,3	8	15	4,5	4,5
Potasio (mg/l)	1,9	3	3,2	3,5	3,7	4,9
Sodio (mg/l)	15	19	35,8	92,8	39,25	45,05
Hierro (mg/l)	1,1	4,5	3,9	3,8	3,5	8,7
Aluminio (mg/l)	1,1	0,15	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Níquel (mg/l)	< 0.3	< 0.30	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Carbonatos (meq/L)	2,5	2,5	2,9	3	2,8	2,9
Bicarbonatos (meq/L)	0,9	0,9	1,15	1,1	1,1	0,8
Caudales (m3/s)	1,5	4,5	1,5	1,9	8,05	10,5

Anexo 3: Analíticas de laboratorio certificado

 <p>Servicio de Acreditación Ecuador Acreditación N° 046 LE C-11488 Laboratorio de Análisis de Agua</p>	ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.		Muestra AAALab No: 8812-1 Pág 1 de 1		
	La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec				
INFORME DE RESULTADOS No. 8812-1					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2244988 0998364296		
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce,	ATENCIÓN A:	DANIELA MATOVELLE		
2. INFORMACION DE LA MUESTRA					
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL	LUGAR DE MUESTREO:	NAZON		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	18 - 266 NAZON	FECHA DE MUESTREO:	01/08/2018		
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/08/2018	RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA		
		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	06/08/2018 al 13/08/2018		
3. RESULTADOS:					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0	NA
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,76	20
1	Niquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,3	20
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	1,2	20,0
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	10,89	20
1	Calcio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	11,2	10,1
1	Magnesio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	3,1	16,4
NOTAS:					
AA (Acreditaciones):		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%		
1. Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE		N1. No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma			
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE		N2. No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma			
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.					
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2. Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.					
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.					
4. OBSERVACIONES			INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:  Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 16 de agosto del 2018		
MC0703-05					



ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.



Muestra
 AAALab No:
8812-2
 Pág 1 de 1

La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.
 Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec

INFORME DE RESULTADOS No. 8812-2

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	IHTA INGENIERÍA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2244988 0998364296
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce,	ATENCIÓN A:	DANIELA MATOVELLE

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	BIBUAN
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE MUESTREO:	01/08/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	18 - 267 BIBUAN		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/08/2018		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	06/08/2018 al 13/08/2018

3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 C. EPA 3015	mg/L	< 1,0	NA
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	4,74	30,00
1	Níquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,30	20
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	3,0	30,0
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	18,33	20
1	Calcio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	14,6	10,1
1	Magnesio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	2,6	16,4

NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con K=2, nivel de confianza 95,45%
1. Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a lo normado	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma	
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados.		
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2. Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.		

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:
VALOR DE MAGNESIO INFERIOR AL RANGO CERTIFICADO (2,6 mg/L)	
	Lcd. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 16 de agosto del 2018

MC0701-05



**ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.
Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec



Muestra
AAALab No:
8812-3
Pág 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 8812-3

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2244988 0998364296
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce,	ATENCIÓN A:	DANIÉLA MATOVELLE

2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	TABACAY
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE MUESTREO:	01/08/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	1B - 26B TABACAY - ANTES DE GUAPAN		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/08/2018	PERIODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	06/08/2018 al 13/08/2018	

3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D, EPA 3015	mg/L	< 1,000	NA
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B, EPA 3015	mg/L	3,10	30,00
1	Níquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B, EPA 3015	mg/L	< 0,1	20
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	2,9	30,0
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	33,83	20
1	Calcio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	22,4	10,1
1	Magnesio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	7,8	16,4

NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1. Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación OAE	N: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma	
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
El presente informe sólo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2. Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.		

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.

4. OBSERVACIONES

**INFORME APROBADO
Y AUTORIZADO POR:**

Lucía Alejandra Hidalgo
Gerente Técnica
ANAVANLAB CIA. LTDA.
Quito, 16 de agosto del 2018

MCS703-05



**ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**



Muestra
AAALab No:
8812-4
Pág 1 de 1

La Primavera 1, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.
Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

INFORME DE RESULTADOS No. 8812-4

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2244988 0998364296
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce,	ATENCIÓN A:	DANIELA MATOVELLE

2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	TABACAY
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE MUESTREO:	01/08/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	1B - 269 TABACAY - DESPUES DE GUAPAN		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/08/2018	PERIODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	06/08/2018 al 13/08/2018	

3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,000	NA
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	3,54	30,00
1	Niquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,3	30
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	2,8	20,0
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	91,78	30
1	Calcio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	32,7	17,4
1	Magnesio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	30,4	16,4

NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1. Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma	
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2. Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.		

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:
Resultado de Niquel bajo el rango acreditado: 0,52 mg/L	
	Lcds. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 16 de agosto del 2018

HC0703-05



**ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**



Muestra
AAALab No:
8812-5
Pág 1 de 1

La Primavera 1, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.
Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

INFORME DE RESULTADOS No. 8812-5

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2344988 0998364296
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce.	ATENCIÓN A:	DANIELA MATOVELLE

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	BURGAY
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE MUESTREO:	01/08/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	18 - 270 BURGAY - MERCADO NUEVO		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/08/2018		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	06/08/2018 al 13/08/2018

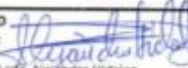
3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,000	NA
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	2,86	20
1	Níquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,30	20
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	3,6	20,0
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	37,22	20
1	Calcio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	19,8	10,1
1	Magnesio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	4,2	16,4

NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con K=2, nivel de confianza 95,45%
1. Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	NO: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE	NO: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma	
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2.	Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.	

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:  Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 16 de agosto del 2018
-------------------------	--

MC0703-05



**ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**



Muestra
AAALab No:
8812-6
Pág 1 de 1

La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.
Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec

INFORME DE RESULTADOS No. 8812-6

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2244988 0998364296
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce,	ATENCIÓN A:	DANIELA MATOVELLE

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	BURGAY
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL		FECHA DE MUESTREO:	01/08/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	18 - 271 BURGAY CIUDADELA EL CARMIN		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/08/2018		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	06/08/2018 al 13/08/2018

3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0	NA
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	7,70	30,00
1	Níquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,30	20
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	4,2	20,0
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	42,06	20
1	Calcio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	22,0	10,1
1	Magnesio	AAA-PE-A015/ SM 2340C	mg/L	4,4	16,4

NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con K=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación OAE	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma.	
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2.		Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR: Lidia Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 16 de agosto del 2018
-------------------------	---

MC0705-05



ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.

La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá.
Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec



Muestra
AAALab No:
8589-5
Pág 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 8589-5

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2244988 0998364296
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce,	ATENCIÓN A:	DANIELA MATOVELLE

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	BURGAY
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE MUESTREO:	26/06/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	18 - 219 BURGAY - MERCADO NUEVO		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA
FECHA DE RECEPCIÓN:	27/06/2018		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	28/06/2018 al 09/07/2018

3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	< 0,1	6,1
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,000	NA
{*}	Calcio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	35,4	20,0
1	Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/ SM 5540 C	mg/L	0,032	11
1	Fenoles	AAA-PE-A016/ SM 5530 B-C	mg/L	< 0,010	7,5
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,25	20
1	Niquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,30	20
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-A020/ SM 5520 F	mg/L	< 0,05	14,6

NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con K=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
{*} Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación OAE	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma	
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2.	Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.	

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA. LTDA.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:
Resultados fuera de rango acreditado: Aluminio 0,42mg/L; Niquel 0,05mg/L Hierro 0,12mg/L	Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 10 de julio del 2018

MC0709-05



**ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**



Muestra
AAALab No:
8589-6
Pág 1 de 1

La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.
Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

INFORME DE RESULTADOS No. 8589-6

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA	TELÉFONO:	07 2244988 0998364296
DIRECCIÓN:	Calle Sucre y Camilo Ponce,	ATENCIÓN A:	DANIELA MATOVELLE

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	BURGAY
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE MUESTREO:	26/06/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	18 - 220 BURGAY - CIUDADELA EL CARMIN		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	IHTA INGENIERIA HIDRAULICA
FECHA DE RECEPCIÓN:	27/06/2018		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	28/06/2018 al 09/07/2018

3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aceltes y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	< 0,1	6,1
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,000	NA
(*)	Calcio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	38,0	20,0
1	Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/ SM 5540 C	mg/L	0,028	11
1	Fenoles	AAA-PE-A016/ SM 5530 B-C	mg/L	< 0,010	7,5
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,25	20
1	Niquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,30	20
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-A020/ SM 5520 F	mg/L	< 0,05	14,6

NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1. Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma	
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2. Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.		

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:
Resultados fuera de rango acreditado: Aluminio 0,71mg/L; Niquel 0,05mg/L Hierro 0,07mg/L	Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 10 de julio del 2018

MC0708-05

Tramo 2 Biblián



Orden	Familia	puntaje ABI
Diptera	SYRPHIDAE	1



Orden	Familia	puntaje ABI
Diptera	DIXIDAE	4



Orden	Familia	puntaje ABI
Ephemeroptera	BAETIDAE	4



Orden	Familia	puntaje ABI
Coleoptera	ELMIDAE (Adulto)	5



Orden	Familia	puntaje ABI
Diptera	LIMONIIDAE	4

Orden	Familia	puntaje ABI
Diptera	SYRPHIDAE	1
Diptera	DIXIDAE	4
Ephemeroptera	BAETIDAE	4
Coleoptera	ELMIDAE (Adulto)	5
Diptera	LIMONIIDAE	4

18 malo

Tramo 3 Tabacay



Orden	Familia	puntaje ABI
Coleoptera	SCIRTIDAE	5



Orden	Familia	puntaje ABI
Basommatophora	LYMNAEIDAE	3



Orden	Familia	puntaje ABI
Coleoptera	ELMIDAE (Adulto)	5



Orden	Familia	puntaje ABI
Coleoptera	HYDRAENIDAE	5



Orden	Familia	puntaje ABI
Basommatophora	PHYSIDAE	3



Orden	Familia	puntaje ABI
Basommatophora	ANCYLIDAE	6



Orden	Familia	puntaje ABI
Coleoptera	SCIRTIDAE	5



Orden	Familia	puntaje ABI
Ephemeroptera	LEPTOPHLEBIIDAE	10

Orden	Familia	puntaje ABI
Coleoptera	ELMIDAE (Adulto)	5
Coleoptera	HYDRAENIDAE	5
Basommatophora	PHYSIDAE	5
Basommatophora	ANCYLIDAE	5
Coleoptera	SCIRTIDAE	3
Ephemeroptera	LEPTOPHLEBIIDAE	6
Basommatophora	LYMNAEIDAE	3
Ephemeroptera	LEPTOPHLEBIIDAE	10

42 Regular

Tramo 4 unión Burgay-Tabacay



Orden	familia	puntaje ABI
Coleoptera	SCIRTIDAE	5



Orden	familia	puntaje ABI
Plecoptera	GRIPOPTERYGIDAE	10



Orden	familia	puntaje ABI
Diptera	CHIRONOMIDAE	2



Orden	familia	puntaje ABI
Basommatophora	PHYSIDAE	3

Orden	familia	puntaje ABI
Coleoptera	SCIRTIDAE	5
Plecoptera	GRIPOPTERYGIDAE	10
Diptera	CERATOPOGONIDAE	4
Basommatophora	PHYSIDAE	3

22 malo

Tramo 5 Mercado nuevo



Orden	familia	puntaje ABI
Diptera	HYDRIDAE	2

Orden	familia	puntaje ABI
Diptera	CHIRONOMIDAE	2
Diptera	DIXIDAE	2
		4

8 calidad mala

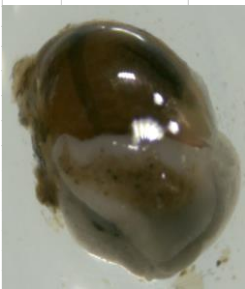


Orden	familia	puntaje ABI
Diptera	CHIRONOMIDAE	2



Orden	familia	puntaje ABI
Diptera	DIXIDAE	4

Tramo 6 El Carmín



Orden	familia	puntaje ABI
Basommatophora	LYMNAEIDAE	3

Orden	familia	puntaje ABI
Basommatophora	LYMNAEIDAE	3
Coleoptera	SCIRTIDAE	5
Diptera	DIXIDAE	4

12 calidad mala



Orden	familia	puntaje ABI
Coleoptera	SCIRTIDAE	5



Orden	familia	puntaje ABI
Diptera	DIXIDAE	4

Anexo 5: Recolección de muestras en los tramos estudiados



Ilustración 1: Cálculo del índice de ribera (QBR)



Ilustración 2: Método de recolección de macroinvertebrados



Ilustración 3: Búsqueda de macroinvertebrados adheridos a las piedras

Anexo 6: Análisis e identificación de macroinvertebrados en el laboratorio.

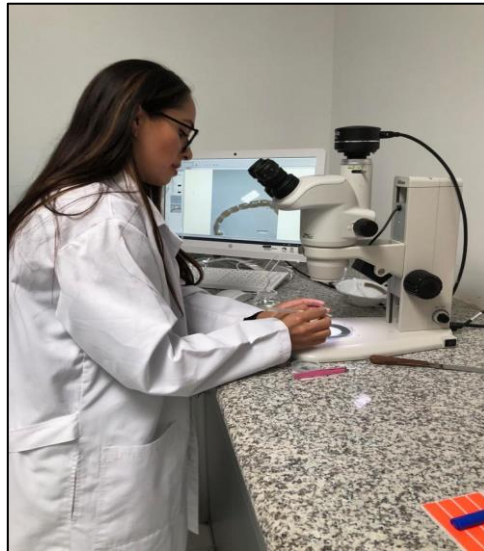


Ilustración 4: Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio

Anexo 7: Tramos estudiados del río Burgay



Ilustración 5: Tramo del río Nazón



Ilustración 6: Tramo Biblián



Ilustración 7: Tramo del río Tabacay



Ilustración 8: Tramo Unión Tabacay-Burgay



Ilustración 9: Tramo Mercado Azogues



Ilustración 10: Tramo el Carmín

**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Andrea Verónica Quito Abad** portadora de la cédula de ciudadanía N° 0604078006. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Propuesta de restauración del ecosistema ripario y calidad de agua del río Burgay: planteamiento de un modelo conceptual**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 21 de enero de 2019

F: 
Andrea Verónica Quito Abad
0604078006

