



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales**

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**CUANTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE IONES
DE NITRATO EN DOS CUENCAS ANDINAS ALTAS DEL SUR DEL ECUADOR**

AUTORA:

DIANA LORENA CURILLO SANTOS

TUTOR:

PABLO ARÉVALO Ph. D.

CUENCA – ECUADOR

2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.

Yo, Diana Lorena Curillo Santos, con documento de identificación N° 0302737929, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de autor del trabajo de titulación: “CUANTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE IONES DE NITRATO EN DOS CUENCAS ANDINAS ALTAS DEL SUR DEL ECUADOR”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de “Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales”, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en formato digital e impreso a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Octubre del 2017.



Diana Lorena Curillo Santos

0302737929

CERTIFICACIÓN.

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:
“CUANTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE
IONES DE NITRATO EN DOS CUENCAS ANDINAS ALTAS DEL SUR DEL
ECUADOR”, realizado por Diana Lorena Curillo Santos, cumple con todos los requisitos
estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Octubre del 2017.



Pablo Wilson Arévalo Moscoso Ph.D.

0102156957

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.

Yo, Diana Lorena Curillo Santos con número de cédula 030237929 autora del trabajo de titulación “CUANTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE IONES DE NITRATO EN DOS CUENCAS ANDINAS ALTAS DEL SUR DEL ECUADOR”, certifico que el total contenido de este trabajo experimental es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, Octubre del 2017.



Diana Lorena Curillo Santos

0302737329

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza para cumplir mis metas, por guiarme y siempre estar conmigo en todos los momentos de mi vida.

A mi madre por el amor y apoyo incondicional que me dio cada día de mi vida sin ella nunca hubiera podido lograr esta meta, nunca podré agradecerle lo suficiente por todo lo que ha hecho por mí.

A mi padre por el apoyo que me dio durante mi carrera y por siempre estar orgulloso de mí.

A mi hermana por ser mi mayor orgullo eres el pilar fundamental de mi vida.

A mi novio por su amor, apoyo y comprensión durante los años que hemos estado juntos eres mi fortaleza y mi inspiración.

A mi abuela, por ser como una madre para mí por su amor y sabiduría que supo darme durante toda mi vida.

A mi abuelo por el cariño enorme que me dio toda mi vida.

A mis tíos que siempre me ayudaron en los momentos que más los necesitaba, siempre están a mi lado dándome ánimos.

A mis amigas que me han cuidado y acompañado en todos los proyectos durante la carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida con la que me ha bendecido y por los medios brindados para la culminación de esta importante etapa en mi vida.

A mis padres, Teodoro y Rosa, y a mi hermanita Karla quienes me entregan su amor y apoyo incondicional, sin ellos nunca hubiera podido culminar esta etapa importante de mi vida.

A mi compañero, amigo y novio Carlos por apoyarme siempre en mis proyectos y por nunca haber permitido que me rinda sin importar los obstáculos.

A mis tíos/as que siempre han estado para apoyarme en todos momentos acompañándome por los trayectos más difíciles de mi vida.

A mis abuelos que siempre me han cuidado y apoyado sin importar las circunstancias.

Al Ph.D. Pablo Arévalo, director de tesis, quien me ha guiado con sus conocimientos, sugerencias y comentarios durante la realización de este trabajo y durante toda esta etapa académica.

A la Ph. D. Beverley Wemple por haber compartido todos sus conocimientos y haberme ayudado a culminar esta etapa de mi vida.

A los docentes de la carrera de Biotecnología por haber compartido todos sus conocimientos y por ser como una segunda familia para mí.

A mis amigas Johana y Valeria por siempre estar a mi lado y por compartir momentos inolvidables en la universidad.

RESUMEN

Existe poca información para documentar la dinámica espacial y temporal de la producción de sedimentos y nutrientes de las corrientes montañosas de los Andes tropicales. Se realizó una campaña de monitoreo sinóptico para documentar el patrón de sedimentos suspendidos y concentración de nitratos en 23 corrientes montañosas de la cordillera andina oriental en la cuenca baja del río Paute, en el sur de Ecuador.

Las cuencas de las corrientes muestreadas comprendían un conjunto de segmentos de arroyos anidados y conectados que varían en tamaño de 14 a más de 11.000 ha, e incluían páramo de alta elevación, bosque montano tropical, pastos y tierras cultivadas. El muestreo se llevó a cabo durante un período de 4 meses capturando algunas de las condiciones más húmedas de un ciclo anual típico. En todos los eventos y sitios muestreados, las concentraciones de sedimento suspendido fueron de 140 mg/L, pero variaron en cuatro órdenes de magnitud y las concentraciones de nitratos promediaron 0,07 mg/L.

Los porcentajes de la cobertura vegetal sólo explicó en parte la variación en las concentraciones de nutrientes y sedimentos para los arroyos muestreados, pero las perturbaciones, tanto naturales como antropogénicas, se asociaron con concentraciones extremadamente elevadas. A pesar de las actividades antropogénicas presentes en la parte alta de las cuencas, en la parte inferior de estas no presenta concentraciones elevadas. Este trabajo proporciona una primera mirada a los contaminantes del agua en arroyos de este entorno de montaña tropical y destaca la naturaleza altamente variable de la calidad del agua en el espacio y el tiempo.

Contenido

CAPITULO 1	14
INTRODUCCIÓN	14
1.1 Antecedentes	16
1.2 Planteamiento del Problema	18
1.3 Justificación	19
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 Objetivo General.....	21
1.4.2 Objetivos Específicos	21
1.5 Hipótesis	21
CAPITULO 2	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Marco legal internacional del agua	22
2.1.1 Clean Water Act - La Ley de Agua Limpia (CWA).....	22
2.1.2 Directiva de Nitratos - Nitrates Directive (1991)	22
2.2 Marco legal del agua del Ecuador.....	23
2.2.1 Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente LIBRO VI	
ANEXO 1 (TULSMA).....	23
2.3 Calidad del agua en los ríos	25
2.3.1 Índices de Calidad del Agua (ICA)	26
2.3.2 Indicadores físicos	28
2.3.3 Indicadores químicos	30

2.4	Cromatografía Iónica	32
2.4.1	Intercambio iónico.....	33
2.5	Cuencas hidrográficas.....	34
2.5.1	Definición	34
2.5.2	Estructura en las áreas de las Cuencas Hidrográficas.....	34
2.5.3	Funciones de las Cuencas Hidrográficas	35
2.6	Descripción del área de estudio	36
2.6.1	Cuenca del Río Dudas	36
2.6.2	Cuenca del Rio Mazar	37
2.7	Cobertura Vegetal	39
2.8	Variación temporal y espacial.....	40
2.9	Estado del Arte.....	41
CAPITULO 3		45
MATERIALES Y MÉTODOS		45
3.1	Fase 1: Caracterización.....	45
3.1.1	Levantamiento de información preliminar	45
3.1.2	Obtención de Mapas Geográficos.....	46
3.1.3	Puntos de muestreo	47
3.2	Fase 2: Laboratorio	47
3.2.1	Monitoreo de las cuencas	47
3.2.2	Toma de Muestras	47
3.2.3	Determinación de pH.....	49

3.2.4	Análisis de sedimentos totales suspendidos	49
3.2.5	Análisis de Cromatografía Iónica	52
3.2.6	Metodología de Estandarización	53
3.2.7	Prueba de Linealidad	55
3.2.8	Determinación de la concentración del ion de nitrato presente en la muestra	56
3.3	Fase 3: Análisis.....	56
3.3.2	Análisis de Correlación de Pearson	57
3.3.3	Comparar la concentración de sólidos totales suspendidos (STS) e iones de nitratos.	57
CAPITULO 4		59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		59
4.1	Los resultados de caracterización del área de estudio	59
4.2	Resultados del análisis de muestras	62
4.2.1	Resultados de temperatura.....	62
4.2.2	Resultados de pH	64
4.2.3	Resultados de sólidos totales suspendidos.....	65
4.3	Resultados de estandarización del método de cromatografía iónica	67
4.3.1	Prueba de Linealidad	67
4.3.2	Prueba de Precisión	69
4.3.3	Resultados de concentración de iones de nitrato	70
4.3.4	Variabilidad espacial y temporal de iones de nitrato.....	72

4.4	Análisis	75
4.4.1	Relacion entre concentracion de nitratos y STS.....	77
CAPITULO 5		80
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES		81
BIBLIOGRAFIA.....		82
ANEXOS.....		91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cobertura Vegetal de la Cuenca del Rio Dudas.....	37
Figura 2. Cobertura Vegetal de la Cuenca del Rio Mazar.....	39
Figura 3. GPS Trimble	46
Figura 4. pH-metro	49
Figura 5. Equipo de Filtración.....	50
Figura 6. Estufa Memmert.....	51
Figura 7. Equipo de Cromatografía Iónica	52
Figura 8. Baño Ultrasónico.....	54
Figura 9. Mapa hidrográfico de los puntos de muestreo	59
Figura 10. Mapa de Cobertura Vegetal de la cuenca Dudas - Mazar	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites permisibles de nitratos en el agua	24
Tabla 2. Índice de Calidad del Agua	27
Tabla 3. Rango de Calidad del agua	28
Tabla 4. Coordenadas de los sitios de muestreo	61
Tabla 5. Resultados de temperatura.....	62
Tabla 6. Resultados del pH.....	64
Tabla 7. Resultados de STS de la Cuenca Dudas	65
Tabla 8. Resultados de STS de la Cuenca Mazar	66
Tabla 9. Concentración de NO_3^- , en las soluciones de estándar	67
Tabla 10. Resumen de estadísticos	68
Tabla 11. Concentraciones para ensayo de repetibilidad	69
Tabla 12. Concentraciones de nitratos de las cuencas Dudas y Mazar	71

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos más esencial para la vida, se conoce que el agua es necesaria para todos los seres vivos, para la producción de alimentos, electricidad, mantenimiento de la salud. También es requerida en el proceso de elaboración de muchos productos industriales y es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra (ONU/WWAP 2003).

Durante las últimas décadas las presiones ejercidas sobre el ambiente (degradación de suelos, contaminación de los recursos hídricos, deforestación, prácticas agropecuarias inadecuadas, escasa capacidad institucional, sumado a una discontinuidad política) han aumentado aceleradamente, ocasionando el deterioro de los recursos naturales, especialmente la de los recursos hídricos (Lloret 2004). De todo el recurso hídrico existente en la Tierra, sólo muy poco puede ser utilizado por el hombre, ya que el 97% es agua salada proveniente de los océanos; y, sólo el 3% de toda el agua del planeta es dulce distribuida en: capas de hielo y glaciales 68.7%, agua subterránea 30.1% y otros que corresponden a ríos, pantanos y lagos el 0.9% (González, 2011).

El agua forma parte de todos los ciclos biogeoquímicos de la tierra, debido a esto, todos los organismos dependen del agua. El agua se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Es el principal recurso transversal para las actividades humanas y los ecosistemas, la contaminación del agua alrededor del mundo a aumentado el estrés hídrico y el aumento de la escorrentía en otros. (Arnell, 2004). “La contaminación generada por efectos antrópicos agudiza su escasez” (Fernández, 2015).

Una de las variables más importantes para estudiar la contaminación de las aguas superficiales es la concentración de nitrato, que es una de las principales formas en que se manifiesta el nitrógeno en la naturaleza. Los niveles de nitratos son de gran importancia ecológica, especialmente teniendo en cuenta que están naturalmente presentes en las aguas superficiales y subterráneas en bajas concentraciones, pero son perjudiciales para los seres humanos y el ganado y causan la degradación del ecosistema acuático en altas concentraciones. Así los nitratos son considerados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (Geo-4, 2007) como una de las peores formas de la contaminación en aguas superficiales y subterráneas en todo el mundo.

Los nitratos entran en el medio ambiente como contaminación inducida por el hombre de una variedad de fuentes, pero la mayor fuente de nitratos proviene de la escorrentía de los fertilizantes agrícolas. El nitrato es muy soluble en agua, por lo que es fácilmente transportado desde el suelo a las aguas subterráneas y naturales como pozos, acuíferos, embalses, lagos y arroyos esta capacidad ha generado preocupación por los efectos que tienen los nitratos sobre la salud humana.

Debido a los impactos que existen por la presencia de nitratos en diferentes fuentes de agua, es indispensable realizar monitoreos exhaustivos del agua para evaluar su calidad e identificar las fuentes de contaminación.

Este trabajo tiene como propósito, evaluar la calidad del agua de las cuencas Dudas y Mazar mediante la cuantificación de iones de nitratos de diferentes puntos de muestreo a lo largo de las cuencas, lo que nos permite establecer si los resultados cumplen con la normativa vigente del país.

1.1 Antecedentes

“La contaminación del agua es la modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural” (Carta del agua, Consejo de Europa, 1968).

En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua de uso humano, agrícola, industrial y fabricación de productos farmacéuticos; para diseñar y ejecutar programas de monitoreo aplicando las múltiples técnicas analíticas de los laboratorios y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines. (Rivera, 2004)

En Venezuela, aun cuando se cuenta con una legislación adecuada en cuanto a las aguas destinadas a consumo humano, a veces no se toman las medidas preventivas necesarias para evitar la contaminación de los afluentes. Por lo cual se realizó un estudio “Evaluación de la calidad microbiológica y niveles de nitratos y nitritos en las aguas del río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela” con el objetivo de determinar la calidad microbiológica y los niveles de nitratos y nitritos en las aguas del Río Guarapiche entre Febrero y Julio del 2011. Durante el monitoreo de este estudio se analizaron mensualmente a lo largo del río siete estaciones. Los resultados expresaron que los niveles de microorganismos (Mesófilos, coliformes totales y fecales), superaban el umbral de la norma vigente del país, en los puntos cercanos a la planta de tratamiento del agua potable del Bajo Guarapiche, producto del crecimiento de los establecimientos poblacionales e incumplimientos de la Ley de Ordenamiento del territorio. Los niveles de nitritos y nitratos en la estación de Merecure excedieron el límite establecido en el Decreto 883. (Gil Marín *et al.*, 2013)

En Estados Unidos en la cuenca del río Mississippi el estudio “Monitoreo de Nitratos de Alta Frecuencia en Sistemas de Ríos Dinámicos: el Caso de Tres Ríos de Iowa en la Cuenca de Mississippi” realizado por (Banerjee, 2013), analiza la descarga de alta frecuencia, la carga de nitratos y los datos de concentración para tres cuencas hidrográficas de diferentes tamaños - Cuenca del Río Cedro, Mapache Norte y Mapache Medio. La concentración y carga de nitratos varía significativamente de una cuenca a otra basados en la historia geológica, el uso de la tierra, las prácticas de drenaje agrícola, los niveles de descarga y las fuentes puntuales. Incluso en un único sitio de monitoreo, la concentración y carga de nitrato varía significativamente de un año a otro.

Acosta (2010) señala que “Ecuador es un país con agua suficiente en términos nacionales y con cuatro veces más agua superficial que el promedio per cápita mundial, pero el problema es que está mal distribuida, que la contaminación crece y que las fuentes se destruyen de manera acelerada, como es el caso del río Guayas y Puyango” (Tarras - Wahlberg *et al.* 2001).

En el Ecuador la cuenca del río Guayas es una de las principales cuencas hidrográficas del Ecuador, donde el aumento de las actividades humanas está afectando la calidad del agua y los servicios relacionados. (Damanik-Ambarita *et al.*, 2016). Según el estudio realizado “Análisis ecológico de la calidad del agua de la cuenca del río Guayas (Ecuador) a partir de índices de macroinvertebrados” Dos índices bióticos fueron calculados para evaluar la calidad del agua con un enfoque ecológico: el Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico de Colombia (BMWP-Col) y el Índice Neotropical de Flujo Bajo de Tierra (NLSMI). Ambos la BMWP-Col y la NLSMI indicaron una buena calidad del agua en las zonas boscosas (aguas arriba), una menor calidad del agua para los sitios situados en tierras de cultivo y una mala calidad del agua en las zonas residenciales. Un análisis de correspondencia aplicado en ambos índices sugirió que la velocidad del flujo,

la concentración de clorofila, la conductividad, el uso del suelo, la capa de lodo y el tipo de sedimento fueron las principales variables ambientales que determinaron la calidad ecológica del agua. También se sugirió que las mediciones de nutrientes y pesticidas son importantes para estudiar la calidad del agua en el área donde se desarrollan actividades agrícolas intensivas.

Según el monitoreo realizado por (Carrillo Alvarado, 2016) en la cuenca del río Mazar y Pindilig con la ayuda del índice de calidad del agua (IQE) que permite evaluar e informar sobre la calidad del agua de los recursos hídricos. Para ello se utilizó el modelo de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (WQI-NSF), que consta de 9 parámetros: (temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales). Basados en los resultados se concluye que la calidad del agua de los ríos se ve afectada por un deterioro continuo debido a la presencia de contaminantes naturales y antropogénicos. El aumento de los niveles de estos contaminantes ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de estos cuerpos de agua. (Carrillo Alvarado, 2016)

1.2 Planteamiento del Problema

Ecuador es un país que en materia de recursos hídricos puede considerarse privilegiado dentro del contexto mundial, ya que de acuerdo con el Informe del Instituto Mundial del Agua tiene un estrés hídrico menor al 30% (SENAGUA,2010)

En el Ecuador, la mayoría de los ríos se encuentran contaminados con desechos sólidos, aguas servidas domésticas, afluencia agrícola y aguas servidas industriales (Lloret, 2004).

Las cuencas del río Dudas y Mazar alberga una enorme biodiversidad y aportan a la Central Hidroeléctrica del Ecuador. Más del 60% de la producción de electricidad en

el país es generada por la Central Hidroeléctrica Daniel Palacios, que se encuentra ubicada en la parte inferior, en funcionamiento normal; por lo que estas cuencas tienen gran importancia para el resto del país (UC, 2009). El estudio de los parámetros físico químicos de los ríos Dudas y Mazar se convierte en prioridad, pues toda la contaminación y actividades antropogénicas presentes en el área afecta el almacenamiento de agua en el embalse. También afectan a los habitantes de los cantones cercanos que tienen estas cuencas como únicas fuentes de agua para consumo humano, riego, agricultura y ganadería.

Los cantones cercanos que tienen los ríos Dudas y Mazar como únicas fuentes de agua para consumo humano, riego, agricultura y ganadería.

La falta de estudios de las cuencas hidrográficas ha generado vacíos de información en el manejo y monitoreo del recurso hídrico. No existe una base de datos para la gestión de la información en el Ecuador. Es por ello que surge la necesidad de realizar un monitoreo con el fin de verificar si están en condiciones adecuadas para su uso y analizar sus posibles fuentes de contaminación a lo largo de las cuencas.

1.3 Justificación

El agua es esencial para todo el desarrollo socioeconómico y para el mantenimiento de ecosistemas saludables. Sin embargo, las fuentes de agua dulce han experimentado un mayor estrés debido a la creciente demanda y el uso degenerado, así como por el aumento de la contaminación en todo el mundo (USGS, 2006).

Uno de los grandes retos que enfrenta la gestión integral de los recursos hídricos es la contaminación de los cuerpos de agua, superficial y subterráneos; en el país no se cuenta con un estudio integral de las fuentes de contaminación, así como con una red de monitoreo nacional para controlar y vigilar la calidad del agua, todo lo cual limita la

posibilidad de adoptar medidas eficaces de prevención y control de la contaminación. (Achupallas & Alexandra, 2011)

Al ser las cuencas Dudas y Mazar las más importantes y únicas fuentes de suministro de agua para los cantones cercanos y de gran importancia para el sector energético del país, es necesario monitorear y evaluar su calidad a través de métodos específicos, rápidos, exactos y confiables para obtener una línea base de información para monitoreo periódico del mismo con el objeto de evitar mayores problemas suscitados por contaminación, eutrofización o cambios en el ecosistema. (Carrillo *et. al* 2016)

Las condiciones actuales de estas cuencas están en consonancia con los niveles de intervención que se producen en la zona, en las cuales existen algunas presiones para los recursos: prácticas ganaderas, agrícolas, de piscicultura, y plantaciones de especies exóticas como el pino; tanto por el crecimiento poblacional como por la demanda de recursos y el desarrollo económico. De ahí la necesidad de establecer un manejo y monitoreo adecuado de los recursos hídricos, en especial de aquellos de los que se hace uso para consumo humano y riego.

El estudio de los ríos Dudas y Mazar requiere un proceso periódico de recopilación de información, evaluación y propuesta para la recuperación del cauce. Este estudio incluye un periodo de muestreo para establecer las características físico-químicas de las fuentes hídricas en base a cuyos resultados se determinará la calidad del agua. A partir de los resultados se realizarán propuestas de control de las fuentes de contaminación, estableciendo adicionalmente las zonas y puntos de monitoreo más idóneas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar la concentración de iones de nitrato cuantificando la variabilidad espacial y temporal en las cuencas de los ríos Mazar y Dudas en la Provincia del Cañar.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterización del área mediante el uso del sistema de información geográfica (SIG) determinando los puntos de muestreo y la cobertura que afecta los puntos de muestreo de las cuencas de estudio.
- Determinar la carga de iones de nitrato en las muestras recolectadas por medio de cromatografía iónica estableciendo el nivel de nitrificación y su variabilidad espacial y temporal en las cuencas estudiadas.
- Determinar si existe una relación entre la concentración de nitratos y los tipos de cobertura del área caracterizando la influencia del uso del suelo sobre la calidad del agua a través del sistema de información geográfica.
- Comparar la concentración de sólidos totales suspendidos (STS) e iones de nitratos mediante un estudio de regresión determinando si existe una relación entre los parámetros.

1.5 Hipótesis

Los niveles de nitratos exceden los parámetros establecidos por la normativa vigente indicando que el agua encontrada en las cuencas no es apta para consumo humano, uso agrícola y ganadería.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco legal internacional del agua

2.1.1 Clean Water Act - La Ley de Agua Limpia (CWA)

Establece la estructura básica para regular las descargas de contaminantes en las aguas de los Estados Unidos y la regulación de las normas de calidad de las aguas superficiales. La base de la CWA se promulgó en 1948 y se llamó la Ley Federal de Control de la Contaminación del Agua, pero la Ley fue significativamente reorganizada y ampliada en 1972. "Ley de Agua Limpia" se convirtió en el nombre común de la Ley con enmiendas en 1972.

2.1.2 Directiva de Nitratos - Nitrates Directive (1991)

La Directiva sobre nitratos (1991) tiene por objeto proteger la calidad del agua en toda Europa mediante la prevención de los nitratos procedentes de fuentes agrícolas que contaminan las aguas subterráneas y superficiales y fomentar el uso de buenas prácticas agrícolas.

La Directiva sobre nitratos forma parte integrante de la Directiva sobre el agua y es uno de los instrumentos clave para proteger las aguas contra las presiones agrícolas.

Identifica el agua contaminada, o en riesgo de contaminación, como:

- Las aguas de superficie, en particular aquellas utilizadas o destinadas a la captación de agua potable, que contengan o puedan contener (si no se adoptan

medidas para invertir la tendencia) una concentración superior a 50 mg/L de nitratos.

- Agua subterránea que contiene o que podría contener (si no se toman medidas para invertir la tendencia) más de 50 mg/L de nitratos.
- Los cuerpos de agua dulce, los estuarios, las aguas costeras y las aguas marinas, considerados eutróficos o que podrían llegar a ser eutróficos (si no se toman medidas para invertir la tendencia).

2.2 Marco legal del agua del Ecuador

2.2.1 Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente LIBRO VI

ANEXO 1 (TULSMA)

Dentro del TITULO VII DEL CAMBIO CLIMATICO Título VII derogado por Decreto Ejecutivo No. 1815, publicado en Registro Oficial 636 de 17 de Julio del 2009, se encuentra la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

La presente norma técnica ambiental dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. (TULSMA, 2002)

En la que se determina o establece:

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

El objetivo principal de norma es proteger la calidad del agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de Flora y Fauna.
- c) Agrícola.
- d) Pecuario.
- e) Recreativo.
- f) Industrial.
- g) Transporte.
- h) Estético

A continuación, se establece los límites permisibles de los diferentes parámetros en el agua según su uso.

Tabla 1. Límites permisibles de nitratos en el agua

Compuesto	Unidad	Limite
Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce		
Nitratos + Nitritos	mg/L	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	100
Criterios de calidad para aguas de uso pecuario y riego		
Nitratos + Nitritos	mg/L	10

Fuente: (TULSMA,2002)

2.3 Calidad del agua en los ríos

Un río se define como una gran corriente natural de agua que se vierte en un océano, lago u otra masa de agua y generalmente se alimenta a lo largo de su curso por afluentes convergentes (O'Keefe, T.*et.al.*,2012).

Los ríos y arroyos drenan el agua que cae en las áreas altas. El agua en movimiento diluye y descompone los contaminantes más rápidamente que el agua estancada, pero muchos ríos y arroyos están contaminados de manera significativa en todo el mundo.

Una razón principal para esto es que las tres fuentes principales de la contaminación (industria, agricultura y doméstico) se concentran a lo largo de los ríos. Las industrias y las ciudades históricamente se han situado a lo largo de los ríos porque los ríos proporcionan el transporte y han sido tradicionalmente un lugar conveniente para descargar desechos (Alam, 2011). Las actividades agrícolas han tendido a concentrarse cerca de los ríos, porque las llanuras del río son excepcionalmente fértiles debido a los muchos nutrientes que se depositan en el suelo cuando el río desborda (Akoteyon, 2011).

La calidad del agua natural en ríos, lagos y embalses y debajo de la superficie del suelo depende de una serie de factores interrelacionados. En su movimiento sobre y por la superficie, el agua tiene la capacidad de reaccionar con los minerales que se producen en el suelo y las rocas y para disolver una amplia gama de materiales, de modo que su estado natural nunca es puro. Siempre contiene una variedad de compuestos inorgánicos solubles, orgánicos y orgánicos solubles (Rojas, 2011). Además de estos, el agua puede transportar grandes cantidades de materiales insolubles que se mantienen en suspensión.

Tanto las cantidades como el tipo de impurezas que se encuentran en el agua natural varían de un lugar a otro y según la época del año y depende de una serie de factores. Estos factores incluyen la geología, el clima, la topografía, los procesos

biológicos y el uso de la tierra. Las impurezas determinan las características de un cuerpo de agua. (EPA, 2012)

2.3.1 Índices de Calidad del Agua (ICA)

“A nivel mundial se han desarrollado diferentes ICA, entre los que se destaca el de la National Sanitation Foundation (ICA– NSF), desarrollado por Brown et al. (1970) para los ríos de Estados Unidos, empleado y validado o adaptado en diferentes estudios internacionales.” (Torres, Cruz, Patiño, Escobar, & Pérez, 2010, p. 87)

Un índice de calidad del agua (ICA) ayuda a entender el estado general de la calidad del agua de una fuente de agua y por lo tanto se ha aplicado para la evaluación de la calidad del agua superficial y subterránea en todo el mundo desde las últimas décadas. El objetivo principal del desarrollo de un ICA es transformar un complejo conjunto de datos de calidad del agua en información lúcida y explotable mediante la cual pueda conocer el estado de la fuente de agua (Balan *et al.*, 2011). El ICA tiene como objetivo dar un valor único a la calidad del agua de una fuente mediante la traducción de la lista de parámetros y sus concentraciones presentes en una muestra en un solo valor, que a su vez proporciona una interpretación extensiva de la calidad del agua y su idoneidad para diversos fines como el beber, el riego, la pesca, etc. (Fernández, 2015).

El ICA resume y presenta los datos de calidad del agua en un formato de fácil comprensión. Es un número que va de 1 a 100, el número más alto indica una mejor calidad del agua. En general, las estaciones con puntaje de 80 o más cumplieron con las expectativas de calidad del agua y son de "menor preocupación", las puntuaciones 40 a 80 indican una "preocupación moderada" y la calidad del agua en las estaciones con calificaciones inferiores a 40 no cumplían las expectativas y eran de "mayor

preocupación". Los gráficos de ICA son de color beige para la preocupación baja, azul para la preocupación moderada, y rosado rojizo para la alta preocupación o la calidad pobre del agua. (Akoteyon, 2011)

Tabla 2. Índice de Calidad del Agua

KEY	blue - good	beige - moderate	red - poor
-----	-------------	------------------	------------

Fuente: Washington State Department of Ecology

2.3.1.1 Cálculo del ICA-NSF

En el ICA-NSF se determina la calidad mediante la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{(\sum Ci * Pi)}{(\sum Pi)}$$

Donde:

C_i : valores asignados de cada parámetro C .

P_i : es el peso relativo asignado a cada parámetro.

A mayor importancia mayor peso. Para clasificar la calidad de agua se emplea el índice de calidad de agua (ICA) (Tabla 3), se utilizaron nueve parámetros fisicoquímicos: OD, DBO₅, pH, temperatura, sólidos totales, coliformes fecales, fosfatos, nitratos y turbiedad. (Coello, Ormaza, Déley, Recalde, & Rios, 2014)

Tabla 3. Rango de Calidad del agua

Calidad	Rango
Excelente	91 – 100
Buena	71 – 90
Media	51 – 70
Mala	26 – 50
Muy mala	0 – 25

Fuente: (Coello, Ormaza, Déley, Recalde, & Rios, 2014)

2.3.2 Indicadores físicos

Los indicadores físicos, se refieren a los parámetros que definen el aspecto del agua como: color, olor, sabor, etc., de aquí que la presencia de sólidos puede alterar una apreciación visual. Los parámetros analizados fueron:

2.3.2.1 Sólidos Totales Suspendidos

En términos de calidad del agua, altos niveles de sólidos suspendidos totales aumentarán las temperaturas del agua y disminuirán los niveles de oxígeno disuelto (OD). (Fernández, 2015) Esto se debe a que las partículas suspendidas absorben más calor de la radiación solar que las moléculas de agua. Este calor se transfiere entonces al agua circundante por conducción. El agua más caliente no puede contener tanto oxígeno disuelto como agua fría, por lo que los niveles de OD bajarán (Fondriest Environmental, 2014).

Las partículas suspendidas en las aguas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas que contienen las aguas y que al ser usadas para el riego ocasionan problemas de toxicidad ya que estos compuestos tóxicos son absorbidos por la zona radicular de la planta y por las hojas acumulándose en tejidos, en concentraciones lo suficientemente altas como para provocar daños y reducir sus rendimientos (Washington State Department of Ecology, 1991).

Los sólidos totales suspendidos (STS), como medida de masa, se indican en miligramos de sólidos por litro de agua (mg/L). El sedimento suspendido también se mide en mg/L (Bouchez, 2011). El método más preciso para determinar los STS es filtrar y pesar una muestra de agua. Esto es a menudo difícil de medir con precisión debido a la precisión requerida y el potencial de error debido al filtro de fibra. (Billi,2010)

2.3.2.2 Cálculos

El contenido de STS se determina mediante el método gravimétrico. Para esto se filtran las muestras de agua a través de un filtro de polycarbonato con un tamaño de poro de 47 mm, previamente pesado. Posteriormente, los filtros se secaron en una estufa a 105°C por 24 hrs. El incremento en el peso del filtro representa los STS expresados en mg/L, de acuerdo a la fórmula: (Bouchez,2011)

$$STS (mg) = \frac{(A - B) \times 100}{Vol. Muestra (L)}$$

Donde:

A: peso del filtro+ residuo seco (mg)

B: peso del filtro (mg)

2.3.2.3 Temperatura

El aumento de la temperatura de la superficie puede causar estratificación o estratificación de un cuerpo de agua. Cuando el agua se estratifica, las capas superior e

inferior no se mezclan. Como la descomposición y la respiración ocurren a menudo en las capas inferiores, pueden llegar a ser demasiado hipóxicas (bajos niveles de oxígeno disuelto) para que los organismos sobrevivan. (Torres, 2010)

2.3.3 Indicadores químicos

2.3.3.1 pH

Los valores de pH se indican como un número entre 0 y 14 como unidad de pH estándar. Dependiendo de la precisión de la medición, el valor del pH se puede llevar a uno o dos decimales.

Si el pH del agua es demasiado alto o demasiado bajo, los organismos acuáticos que viven dentro de él morirán. El pH también puede afectar la solubilidad y toxicidad de químicos y metales pesados en el agua. La mayoría de las criaturas acuáticas prefieren un rango de pH de 6,5-9,0, aunque algunos pueden vivir en agua con niveles de pH fuera de este rango (USGS, 2013).

Hay muchos factores que pueden afectar el pH en el agua, tanto natural como artificial. La mayoría de los cambios naturales ocurren debido a las interacciones con la roca circundante (particularmente formas del carbonato) y otros materiales (Fernández 2015). El pH también puede fluctuar con las precipitaciones (especialmente la lluvia ácida) y las descargas de aguas residuales o minerales. Además, las concentraciones de CO₂ pueden influir en los niveles de pH (EPA, 2012).

2.3.3.2 Nitratos

El nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en el agua, son compuestos inorgánicos formados por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de

oxígeno (O); su símbolo químico es NO_3^- . El nitrógeno orgánico se encuentra en las proteínas siendo reciclado continuamente por las plantas y animales. (Cisneros, 2016)

El nitrógeno se presenta en el agua en tres formas; Amoníaco (NH_3), nitrato(NO_3^-) y nitrito (NO_2^-). El nitrato entra en los suministros de agua a través del ciclo del nitrógeno en lugar de los minerales disueltos. Otras fuentes secundarias de compuestos de nitrógeno son los fertilizantes, el estiércol y la orina procedentes de parcelas y pastizales, aguas residuales y vertederos (ODNR, 2011)

2.3.3.3 Impacto Ambiental

El aumento de los niveles de nitratos en los recursos hídricos es una fuente potencial de estrés ambiental severo para los organismos acuáticos, ya que el nitrato es tóxico para los insectos, anfibios (Baker and Waights 1993, 1994) y peces (Tomasso y Carnicheal, 1986). El agua que se mueve a través del suelo después de la lluvia o el riego lleva el nitrato disuelto con él al agua subterránea. De esta manera, el nitrato entra en el suministro de agua de muchos propietarios que utilizan pozos o manantiales (Jennings *et al.*, 1996).

Los cultivos sensibles resultan afectados por concentraciones de nitrógeno superiores a 5 mg/L, mientras que la mayor parte de los otros cultivos no son afectados hasta que las concentraciones exceden de 30 mg/L. (USGS, 2013)

Las concentraciones excesivas de nitratos causan trastornos sanguíneos. Además, los altos niveles de nitratos en el agua estimulan el crecimiento de algas verde-azules, que llevan a la desoxigenación (eutrofización). (Jackson, 2001)

2.3.3.4 Límites

El nitrato se determina normalmente mediante métodos espectrofotométricos o cromatográficos y puede expresarse como mg/L de N o NO_3^- .

Cuando un laboratorio informa directamente de la concentración de nitrato, se refiere específicamente al ion nitrato, que se designa químicamente como NO_3^- . La mayoría de los laboratorios y asesores consideran que un nivel de 9.000 a 10.000 partes por millón del ion nitrato es el nivel donde comienzan las preocupaciones por toxicidad. (Test, 1998)

Algunos laboratorios, sin embargo, informan la cantidad de nitrógeno que se encuentra en el ion nitrato y lo llaman nitrato - nitrógeno y lo informan químicamente como $\text{NO}_3\text{-N}$. El nitrato es una parte de nitrógeno más tres partes de oxígeno por lo que el nitrógeno sólo representa alrededor del 22,6 por ciento sobre el ion nitrato. Por lo tanto, se necesita una cantidad mucho menor de nitrato - nitrógeno para producir el mismo efecto que el ion nitrato completo. (Test, 1998)

2.4 Cromatografía Iónica

Según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) la cromatografía es un método físico de separación en el cual los componentes al separarse se distribuyen entre una fase estacionaria y una fase móvil. La fase estacionaria puede ser un sólido, un gel, o un líquido adherido químicamente o inmovilizado sobre un sólido. La fase móvil constituye el fluido que penetra a lo largo del lecho estacionario, en una dirección determinada y puede ser líquido, gas o un fluido supercrítico (IUPAC, 1995).

2.4.1 Intercambio iónico

La cromatografía de intercambio iónico está basada en una reacción química estequiométrica entre iones de una solución y una sustancia sólida llamada cambiadora de iones, que normalmente lleva grupos funcionales los cuales pueden fijar iones como resultado de fuerzas electrostáticas y a la vez ceder otros (Trujillo, 2009). En teoría, los iones con la misma carga pueden ser intercambiados reversiblemente y completamente entre las dos fases hasta llegar a una condición de equilibrio, dependiendo de la afinidad de los iones participantes con los grupos funcionales de la fase estacionaria (Eith et al., 2001).

La cromatografía iónica es una técnica confiable y conveniente que permite la determinación de concentraciones de cationes y aniones tanto orgánicos como inorgánicos con un peso molecular bajo. (Eith et al., 2001)

Las siguientes variables son de gran importancia en el funcionamiento de la cromatografía iónica:

- a. La temperatura de la columna generalmente es mayor al ambiente, el mismo que debe ser rigurosamente controlada.
- b. El caudal sirve para maximizar la resolución y compensar la lentitud de la transferencia de materia.
- c. La presencia de disolventes orgánicos en la fase móvil disminuye su viscosidad favoreciendo así la cinética del proceso. (Trujillo, 2009)

2.5 Cuencas hidrográficas

2.5.1 Definición

Un área de tierra que drena el agua, los sedimentos y los materiales disueltos a un cuerpo receptor común o salida. El término no se limita a la escorrentía superficial del agua e incluye interacciones con el agua subterránea. Las cuencas hidrográficas varían desde las cuencas de los ríos más grandes hasta sólo hectáreas o menos (Groffman, P. *et. al.*, 2004).

2.5.2 Estructura en las áreas de las Cuencas Hidrográficas

La forma física de las tierras altas en las cuencas hidrográficas puede variar mucho. Se sabe que la vegetación y los patrones de uso de la tierra en las cuencas hidrográficas tienen muchas influencias significativas en la condición de las masas de agua que drenan. (EPA,2012)

La estructura de la vegetación de las tierras altas varía espacialmente, siguiendo diversos patrones biogeográficos basados en el clima, los suelos, los regímenes de perturbación y sus interacciones. Las comunidades de vegetación son áreas donde unas pocas especies de plantas dominan y establecen una forma o estructura característica, dentro de la cual también existe un número potencialmente grande de organismos menos abundantes. (O'Keefe, T.*et.al.*,2012).

En todos los campos de la gestión ambiental, incluida la gestión de las cuencas hidrográficas, es común el análisis de los tipos, patrones y tendencias del uso de la tierra. (Groffman, P. *et.al.*, (2004) Debido a que los usos múltiples ocurren en muchos lugares y algunos usos de la tierra no son en sí mismos una característica visible del paisaje, se

usan a menudo la cubierta terrestre del término para describir la delineación de la estructura y del patrón del paisaje formados por los usos dominantes de la tierra y comunidades restantes de la vegetación. Algunas categorías comunes de cobertura de la tierra (indicando los usos de la tierra dentro de las áreas) incluyen:

- Uso urbano (residencial, comercial, industrial, mixto)
- agricultura (cultivos en hilera, cultivos de campo, pastos)
- transporte (carreteras, ferrocarriles, aeropuertos)
- Pastizales
- Silvicultura
- áreas mineras / extractivas

2.5.3 Funciones de las Cuencas Hidrográficas

Debido a que una cuenca es un área que drena a un cuerpo de agua común, una de sus principales funciones es almacenar y transportar temporalmente el agua de la superficie terrestre al cuerpo de agua y, en última instancia (para la mayoría de las cuencas hidrográficas) hacia el océano. Pero, además de mover el agua, las cuencas hidrográficas y sus cuerpos de agua también transportan sedimentos y otros materiales (incluyendo contaminantes), energía y muchos tipos de organismos. Es importante, al reconocer la función de transporte, reconocer también la retención o almacenamiento temporal en diferentes lugares de la cuenca (O'Keefe, T.*et.al.*,2012).

Uno puede ver una cuenca hidrográfica como un enorme dispositivo de recolección y enrutamiento de precipitaciones, pero el transporte y almacenamiento de agua realmente involucra una mezcla complicada de muchos procesos más pequeños. Incluso antes de que la precipitación llegue al suelo, interactúa con la vegetación (Groffman, P. *et.al.*,

(2004). Los árboles y otras especies de vegetación son responsables de la interceptación y detención de algunas de las precipitaciones, lo que provoca cierta evaporación y también disminuye la cantidad que llega al suelo a través de la inundación y da tiempo para una mejor infiltración en las aguas subterráneas (O’Keefe, T.*et.al.*,2012).

2.6 Descripción del área de estudio

2.6.1 Cuenca del Río Dudas

El río Dudas pertenece a las redes hidrográficas más importantes de la Provincia del Cañar. Se encuentra ubicada dentro del área de influencia directa del Proyecto Hidroeléctrico Paute Mazar, razón por la cual es de interés su protección y manejo. Más del 65% de esta cuenca se encuentra dentro de las áreas protegidas: Parque Nacional Sangay y Bosque Protector Dudas - Mazar. (Carrillo Alvarado, 2016)

2.6.1.1 Calidad del agua

“Las causas principales de la contaminación de las aguas del río Dudas, se deben a las descargas de efluentes y presencia de desechos sólidos en cauces de quebradas, mismos que tienen como destino final aguas abajo de la represa, alterando su calidad” (Carrillo Alvarado, 2016).

2.6.1.2 Usos del Suelo

“En la parte alta de la cuenca existen formaciones vegetales con tierras de páramo, tierras con bosques arbustivos, tierras con bosques arbóreos y en menor proporción tierras con pastos cultivados en buenas condiciones” (Carrillo Alvarado, 2016).

En la parte media y baja donde existe una mayor cantidad de asentamientos humanos, se observa en mayor proporción tierras con cultivos predominantes de maíz con

fréjol y cultivos andinos con hortalizas; pastos cultivados en buenas condiciones cuyos bordes presentan pastizales que se utilizan para pastoreo de ganado y en menor proporción bosques arbóreos y arbustivos, debido a que han sido intervenidos con vegetación exótica y pastos.

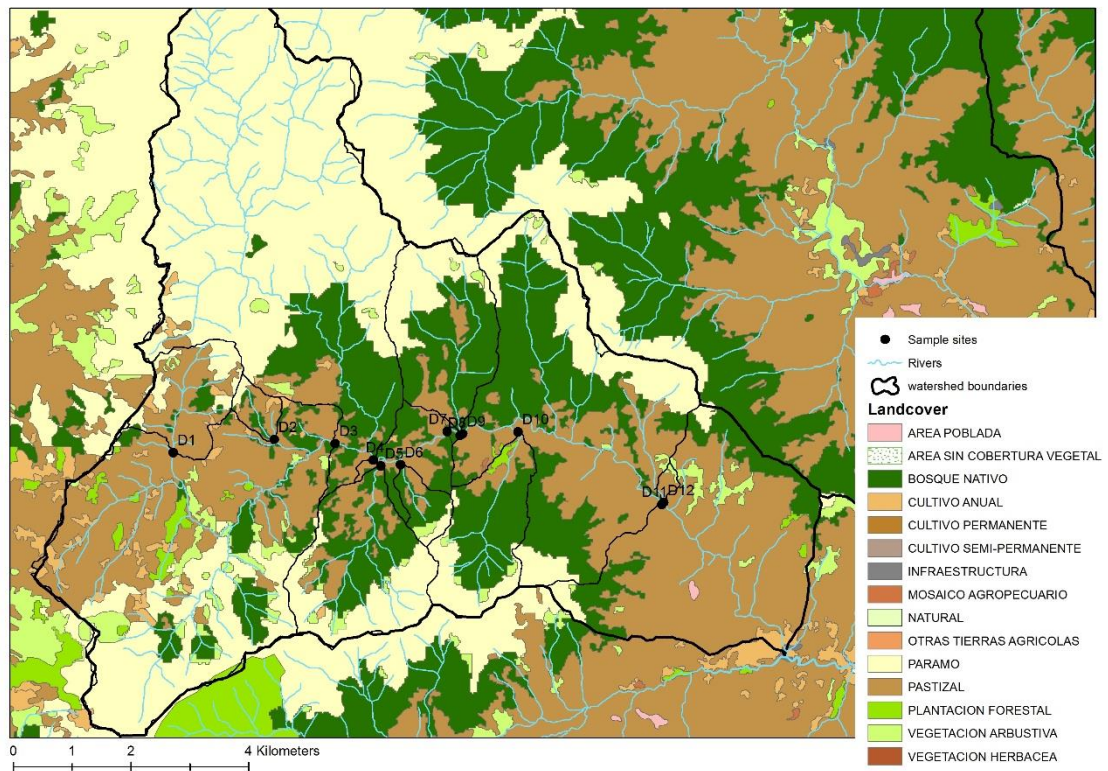


Figura 1. Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Dudas

Elaborado por: Beverley C. Wemple

2.6.2 Cuenca del Río Mazar

Esta cuenca es parte de las montañas interandinas, con pendientes que están en el rango de 25-50%. El relieve empinado es representativo de la zona media e inferior de la cuenca, seguido por un relieve montañoso. La cuenca del río Mazar alberga una enorme biodiversidad y aporta a la mayor central hidroeléctrica del Ecuador. Más del 60% de la producción de electricidad en el país es generada por la Central Hidroeléctrica Daniel

Palacios en funcionamiento normal; por lo que esta cuenca tiene gran importancia para el resto del país. (Velasco Arguello, 2014)

Debido a la amplia gama de gradiente altitudinal (3000 - 4000m), la precipitación es muy diversa en intensidad y prolongada. Los promedios máximos anuales de precipitación son de 2500 - 3000 mm.

La temperatura media es de 8 ° C. La vegetación predominante es el páramo con algunos cultivos, especialmente cereales y verduras. (Velasco Arguello, 2014)

2.6.2.1 Uso del suelo

Algunas áreas con arbustos bajos se han utilizado para el pastoreo o cultivos. La tasa de deforestación en la cuenca es alta. El principal motor de la deforestación es la tala para extender las áreas de cultivo.

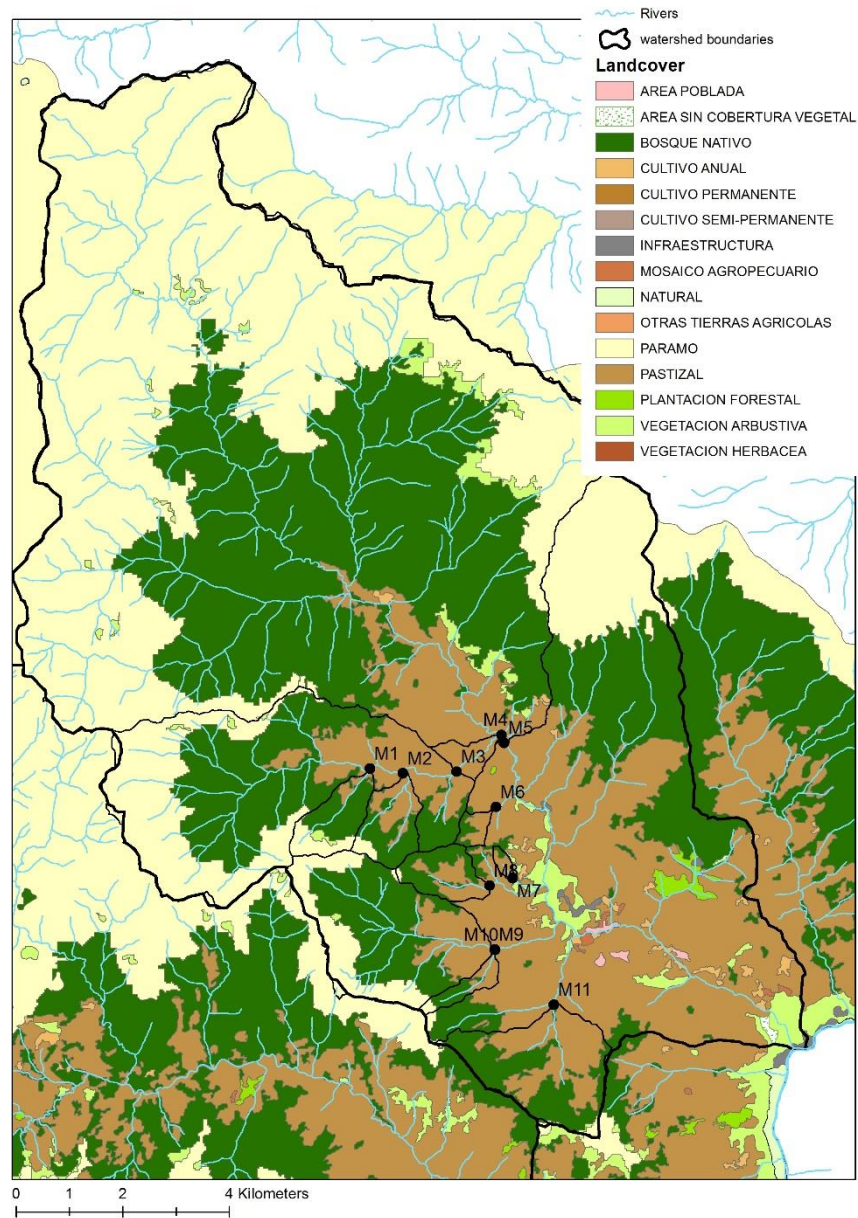


Figura 2. Cobertura Vegetal de la Cuenca del Rio Mazar

Elaborado por: Beverley C. Wemple

2.7 Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal combinada con la mínima labranza juega un papel primordial en el control de la erosión y en el mejoramiento de los suelos de las montañas de América Latina.

La erosión hídrica del suelo es uno de los principales problemas medioambientales de las montañas tropicales centroamericanas, donde se ha sustituido el bosque por los usos agropecuarios.

De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rivera (2015) las cuencas de los ríos Dudas y Mazar abarca las siguientes formaciones vegetales: Páramo Herbáceo, Bosque Siempre-Verde Montano Alto de los Andes Orientales y Matorral Húmedo Montano del Norte y Centro.

Como ejemplo se toma el matorral húmedo montano de los Andes del Norte y Centro. Se encuentra desde los 2000 hasta los 3000 msnm, presenta un mosaico de cultivos, pastizales, chaparros y viviendas dispersas. (Velasco Arguello, 2014)

2.8 Variación temporal y espacial

Para un sistema eficaz de manejo de la calidad del agua es muy importante el reflejo de las características de la variación temporal (Huang y Xia, 2001). La variación temporal es la evaluación del efecto del tiempo sobre la contaminación como el patrón estacional y su efecto en la relación del constituyente (Kannel et al., 2007). La variación en la calidad del agua es causada por procesos naturales y fuentes antropogénicas (Li et al., 2007).

El análisis de los patrones puntuales espaciales cobró importancia en la geografía a finales de los años cincuenta y principios de los sesenta, cuando un paradigma de análisis espacial comenzó a tomar fuerza dentro de la disciplina (Gatrell et al., 1996). Los investigadores tomaron prestados libremente de la literatura sobre ecología vegetal, adoptando técnicas que se habían utilizado allí en la descripción de patrones espaciales y aplicándolos a otros contextos (Gatrell et al., 1996). La extensión espacial de la contaminación es crítica ya que la mezcla de contaminantes ocurre a una distancia

determinada. Desde una perspectiva de gestión de la calidad del agua es esencial evaluar con precisión la variación espacial y temporal de las cargas de contaminantes en los arroyos dentro de una cuenca hidrográfica (Elshorbagy et al., 2006). El riesgo asociado con la contaminación depende tanto del alcance de la variación temporal y espacial del contaminante (Remesan & Panda, 2008).

El análisis de la variación temporal y espacial sólo refleja parte del factor de impacto de la contaminación. El análisis estadístico y el juicio de expertos pueden utilizarse para transformar los datos en información y proporcionar una base de datos que sea un punto de referencia para los datos analizados para un apoyo decisorio significativo (Huang & Xia, 2001). Además, el análisis estadístico puede utilizarse para obtener una comprensión más amplia de la interacción entre los parámetros de calidad del agua y aislar los impactos de la contaminación en relación con su fuente, ayudando así a resolver varios problemas de contaminación.

2.9 Estado del Arte

Según Gil Marín (2013) en su trabajo “Evaluation of microbiological quality and levels of nitrates and nitrites in the Guarapiche River, Monagas state, Venezuela” el objetivo fue determinar la calidad microbiológica y los niveles de nitratos y nitritos en las aguas del Río Guarapiche entre Febrero y Julio del 2011. Se analizaron mensualmente a lo largo del río siete estaciones o puntos de muestreo, donde se recolectaron las muestras de aguas. Para la determinación de nitrato y nitrito se utilizó un fotómetro multiparamétrico de campo. Marín concluyó que los compuestos químicos, como nitratos y nitritos en aguas superficiales y subterráneas en bajas concentraciones también favorecen la contaminación del agua, cuando se presentan en pocos miligramos por litro. Los niveles de nitritos y nitratos en la estación de Merecure estuvieron muy por encima

del umbral crítico señalado en el Decreto 883. La mayor problemática ambiental con niveles por encima de los umbrales establecidos para los diferentes parámetros se presenta en la cuenca baja del Río Guarapiche.

En el estudio “Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de Yacuambi. Propuestas de Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación” realizado por (Achupallas & Alexandra, 2011). En cuanto a concentraciones y cantidades de los diferentes parámetros de calidad de aguas y en cada una de las jornadas de muestreo, se considera también que la calidad del cauce se mantiene por los procesos de autodepuración natural del cauce, y por la topografía de la zona existiendo un alto grado de homogenización y oxigenación que mantiene altas concentraciones de oxígeno disuelto expresado como porcentaje de saturación. En la zona no existe una contaminación antropogénica fuerte, descartando problemas de contaminación por pesticidas o metales pesados cuyas concentraciones se encuentran por debajo del límite permisible en la norma ecuatoriana.

El trabajo realizado por Vieira (2015) sobre la “Variabilidad Espacial de la Concentración de Nitratos en el Embalse de Nova Ponte, Minas Gerais, Brasil, Por Medio de la Geoestadística y los Sistemas de Información Geográfica-SIG”, evaluó diferentes algoritmos de interpolación para determinar la variabilidad espacial de la concentración de nitratos en el embalse de Nova Ponte, Minas Gerais (MG), Brasil. Se trata de un embalse de cabecera, con características predominantemente oligotróficas y un alto tiempo de retención hidráulica. Los datos de concentración de nitratos se obtuvieron in situ por medio de una sonda multiparámetros YSI modelo 6920, en Octubre de 2008, en un total de 59 puntos de muestreo distribuidos a lo largo de la represa. El aporte de nitratos a la represa ocurre principalmente a través del Río Santo Antônio, donde es posible identificar un claro patrón espacial con concentraciones más elevadas de esa especie de

nitrógeno inorgánico aguas arriba, en dirección a la ciudad de Patrocínio (MG). Ese patrón sugiere que tanto las fuentes difusas como la escorrentía de las actividades agrícolas y descargas puntuales de aguas arriba de la ciudad, pueden estar impulsando esa contaminación por nitratos.

En el artículo “Caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del Río Atacames” por Rodríguez, A. (2002). Se presenta y evalúa los resultados obtenidos tanto en el estudio de calidad de las aguas como de los sedimentos del río Atacames en la Provincia de Esmeraldas, tomando en consideración la distribución y comportamiento superficial de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en un área que abarca entre 15 kilómetros aguas arriba y su desembocadura en el Océano Pacífico. Durante el estudio se estableció que, las aguas del río Atacames, principalmente las que se encuentran influenciadas por la población presentan graves problemas de contaminación por sus características químicas y microbiológicas.

En el trabajo de investigación realizado por Aguirre (2011) “Validación De Los Indicadores Biológicos (Macroinvertebrados) Para El Monitoreo De La Cuenca Del Río Yanuncay” estudió los macroinvertebrados acuáticos de la subcuenca del río Yanuncay de la ciudad de Cuenca, utilizando para ello el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), mismo que asigna puntajes a las especies de macroinvertebrados de acuerdo a su nivel de tolerancia a la contaminación, la escala es de 1 a 10, siendo las especies de puntaje alto las menos tolerantes a la contaminación del agua, y las menos puntuadas las más resistentes a la presencia de contaminantes. Además del monitoreo biológico también se realizaron mediciones con parámetros tales como la temperatura ambiente, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, conductividad y caudales promedio, para de cierta forma tener una visualización más exitosa sobre los factores que

inciden en la presencia o ausencia de las especies, y su incidencia directa sobre la calidad del agua.

CAPITULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se dará a conocer la diferente metodología de cada uno de los objetivos que se plantearon para determinar la concentración de iones de nitrato cuantificando la variabilidad espacial y temporal en las cuencas de los ríos Mazar y Dudas en la Provincia del Cañar. Para la obtención de la diferente metodología, protocolos y levantamiento de información básica del área de estudio, se realizó un estudio de tipo combinada de investigación documental y de campo.

3.1 Fase 1: Caracterización

3.1.1 Levantamiento de información preliminar

Para el cumplimiento del objetivo específico de caracterización del área mediante el uso del sistema de información geográfica (SIG) determinando los puntos de muestreo y la cobertura vegetal, se realizó una investigación documental, mediante el levantamiento de información de diferentes mapas del área, revisión bibliográfica y trabajos de investigación para generar criterios sobre la cobertura vegetal en el área y para identificar posibles puntos de muestreo. Luego se continua con una investigación practica que se efectúa *in situ* para observar la cobertura vegetal y las actividades agrícolas que pueden afectar a las cuencas de estudio.

Con los dos tipos de investigación se logra validar la información levantada, identificar las coberturas vegetales y definir los puntos de muestreo a lo largo de los ríos Dudas y Mazar.

3.1.2 Obtención de Mapas Geográficos

Se ejecutó una revisión geográfica utilizando los planos de cobertura correspondientes al Proyecto de "Generación del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental 2013-2014, a escala 1:100.000" por parte del Ministerio del Ambiente -MAE- y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca -MAGAP- con el fin de conocer la realidad en el área de estudio en cuanto a la distribución de la cobertura vegetal.

Con la finalidad de tener un diagnóstico previo del área de estudio, se realizaron varias visitas de campo, para evidenciar las diferentes actividades antropogénicas que se presentan en las cuencas. Se caracterizaron las áreas de estudio mediante el uso de un GPS marca Trimble, el Software ArcGIS, y los planos de cobertura de las cuencas obtenidos del MAE. Se logró obtener los mapas en relación a la temática de estudio, que sería la cobertura vegetal, luego con el uso de estos mapas se determinaron los puntos de muestreo a lo largo de la cuenca.



Figura 3. GPS Trimble

Fuente: Autor

3.1.3 Puntos de muestreo

En base a la información levantada se consideraron dos factores primordiales, la proximidad de acuerdo a ciertos factores de los efluentes y la facilidad y acceso para la toma de muestras, lo que permite desarrollar las actividades propuestas con éxito.

3.2 Fase 2: Laboratorio

Para la determinación de la carga de iones de nitrato en las muestras recolectadas por medio de cromatografía iónica, se realizó una investigación empírica y documental al revisar diferentes normas, trabajos de investigación, artículos científicos y manuales de análisis de aguas con el propósito de establecer protocolos de toma de muestras adecuados para obtener muestras representativas. La combinación de las dos investigaciones también ayudó a establecer las condiciones de trabajo adecuadas, para el uso de la metodología de cromatografía iónica.

3.2.1 Monitoreo de las cuencas

Para realizar el monitoreo de la calidad de los ríos Dudas y Mazar, las muestras fueron tomadas durante el periodo Marzo - Junio 2017, tratando de abarcar la época invernal de la zona. El muestreo se realizó mensualmente para los meses de Marzo y Abril, y para los meses de Mayo y Junio el muestreo se realizó dos veces por mes.

3.2.2 Toma de Muestras

Para la recolección de muestras y la conservación de las mismas, se usó el protocolo planteado en el MANUAL NACIONAL DE CAMPO PARA LA

RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE CALIDAD DEL AGUA DE E.E.U.U. (USGS, 2006).

En la fecha de monitoreo las muestras deben ser recolectadas cerca de la misma hora que fue recolectada la última vez, para evitar variaciones en los resultados de los análisis físico-químicos.

3.2.2.1 Procedimiento

Para la toma de muestras que se utilizaron en el análisis físico químico se lo hace en botellas de polipropileno de 1000 ml para luego almacenarlas en una caja de enfriamiento durante el transporte.

- Previo a la toma de muestra, todos los envases fueron enjuagados dos o tres veces con el agua del punto de monitoreo y llenándolos completamente hasta su parte superior.
- La medición del parámetro de temperatura se realizó *in situ* mediante un termómetro. Al momento de recolectar la muestra se coloca el termómetro dentro del envase durante 5 a 10 minutos y se procede a anotar la temperatura en la hoja de datos.
- Las muestras fueron tomadas del agua superficial aproximadamente a 10 - 20 cm de profundidad.
- Las muestras fueron etiquetadas indicando el nombre del punto de muestreo, fecha, hora y temperatura
- Hasta realizar las pruebas correspondientes todas las muestras fueron refrigeradas de 4-5°C.

3.2.3 Determinación de pH

La lectura del pH se realiza en el laboratorio al instante que se regresa de la recolección de muestras para usar un pH-metro con mayor precisión, usando un equipo de medición de pH marca Mettler Toledo.

Antes de usar el pH – metro se debe verificar que esté adecuadamente calibrado para proceder al análisis de cada muestra. Al momento de usar y luego de su uso siempre realizar el lavado del electrodo para evitar variaciones en las lecturas. Todos los valores se anotan en las hojas de datos.



Figura 4. pH-metro

Fuente: Autora

3.2.4 Análisis de sedimentos totales suspendidos

3.2.4.1 Procedimiento

Primeramente, se realiza una preparación de filtros para eliminar impurezas y pesos innecesarios que pueden estar en los filtros.

- Se debe insertar el filtro circular en el aparato de filtración con el lado rugoso hacia arriba, aplicar la filtración al vacío y lavar el filtro con tres porciones sucesivas de 20 mL de agua ultra purificada. Continuar la succión hasta remover todas las trazas de agua, y descartar el filtrado. Remover el filtro y transferirlo a un plato de aluminio, previamente enumerado, para pesaje. Secar los filtros en una mufla a 500° C por 30 min.
- Dejar enfriar los filtros y pesar, el peso se denomina peso B.

3.2.4.2 Filtración de Muestras

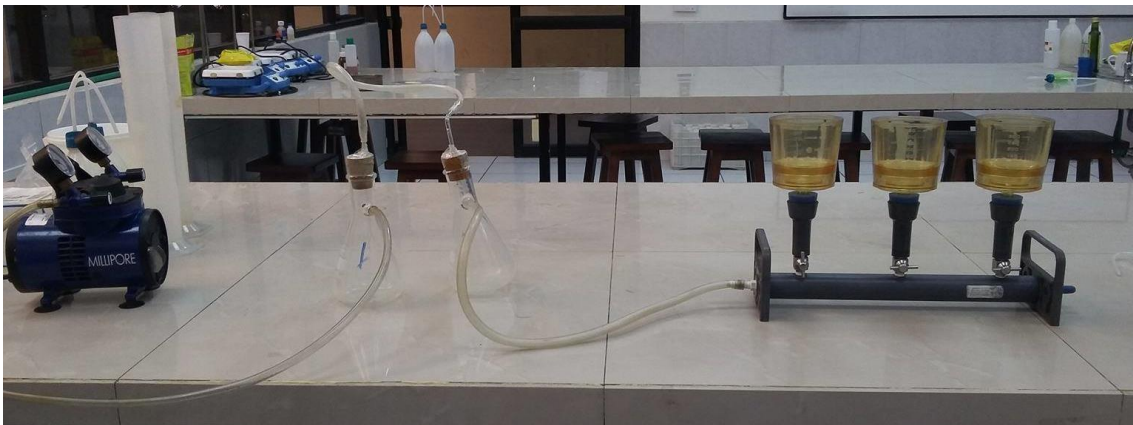


Figura 5. Equipo de Filtración

Fuente: Autora

Para proceder a filtrar las muestras recolectadas se usa los filtros preparados en el punto anterior, estos filtros deben ser manipulados únicamente con la ayuda de pinzas para evitar agregar un peso a los filtros y a los platos de aluminio.

- Se ensambla el aparato de filtración y se coloca un filtro.
- En la hoja de datos se anota el número de muestra con el número de filtro usado y el volumen total de la muestra.

- Agitar la muestra y colocar en el equipo de filtración.
- Una vez filtrada la muestra se desecha el filtrado y se vuelve a colocar el filtro con el sedimento en el mismo plato de aluminio en que se pesó originalmente.
- Se coloca los filtros en una estufa a una temperatura de 103 -105° C por 24 horas.



Figura 6. Estufa Memmert

Fuente: Autora

- Se deja enfriar los filtros y se procede a pesar los filtros este peso se denomina peso A.
- Una vez obtenidos los datos del peso limpio y el peso del sedimento, se procede a calcular el STS mediante la fórmula:

$$STS (mg) = \frac{(A - B) \times 100}{Vol. Muestra (L)}$$

Donde:

A: peso del filtro+ residuo seco (mg)

B: peso del filtro (mg)

3.2.5 Análisis de Cromatografía Iónica

Para el análisis de las muestras de agua se utilizó un CROMATÓGRAFO IÓNICO DIONEX ICS –1600, con una columna AS18/4x250 mm y una precolumna AG18/4x50 mm, se programa el equipo para el análisis de las muestras seleccionadas y preparadas. Se verifica la existencia del eluyente de hidróxido de potasio (KOH) a una concentración de 40 mM en la respectiva botella, o se procede a llenar con nuevas soluciones.



Figura 7. Equipo de Cromatografía Iónica

Fuente: Autora

Las muestras para el análisis cromatográfico son filtradas a través de un filtro millipore de 0.45µm, obteniéndose una muestra transparente, libre de partículas, adecuada para ser inyectada en el equipo sin que haya riesgos de contaminación de la columna o taponamientos de válvulas debido a los sedimentos presentes en las muestras originales (EPA, 2013).

3.2.5.1 Condiciones del método

Para el correcto funcionamiento del cromatógrafo iónico fueron necesarias las siguientes condiciones:

- Efluente: 23 mg.
- Flujo: 1.2 ml/min.
- Temperatura: 30°C.
- Supresor: ASRS 300 4 mm.
- Amplitud de corriente: 59 miliamperios.
- Volumen de inyección: 25 µl (Fritz,2009).

Las muestras analizadas fueron determinadas en unidades de ppm con un tiempo de corrida de 8 min por muestra.

3.2.6 Metodología de Estandarización

Para usar el método de cromatografía iónica se debe estandarizar el método tomando para caracterizar el rendimiento del instrumento antes de realizar los análisis por este método (Pfaff, 1993).

3.2.6.1 Procedimiento del análisis

Preparación de blancos, estándares y muestras

Las muestras de blancos, estándares y eluyentes, requieren acondicionamiento previo antes de ser inyectados en la columna del equipo, lo cual consiste en regular las muestras a la temperatura ambiente, filtrarlas a través de un filtro de membrana de 0.45µm y pasarlas por el Baño Ultrasonico marca Fisher Scientific.



Figura 8. Baño Ultrasónico

Fuente: Autor

Para la preparación de soluciones patrón se utilizó el Método 300 de USEPA para la determinación de iones inorgánicos por cromatografía iónica. La preparación de los estándares de nitrato se realiza diferentes diluciones de estándares certificados de Nitrato – Nitrógeno con una concentración de 1000 ppm (Pfaff, 1993).

Para la curva de calibración, en donde se compara la concentración de iones obtenida en la muestra con la solución estándar. Para esto se preparó patrones de 0.01, 0.1, 0.5, 1 y 3 partes por millón, dado que las concentraciones en aguas limpias pueden ser menores 1 ppm y si existe una contaminación puede exceder la concentración de 5ppm (Fritz, 2009).

- Las soluciones de los estándares se preparan con agua ultra pura desgasificada en un matraz de aforo de 25 ml.
- Las mismas se deben preparar cada vez que se cambia el eluyente. Se deben guardar en botellas de polietileno con tapa y en refrigeración.

Según el Manual del Equipo se preparó como eluyente hidróxido de potasio a una concentración de 40 mM. Para cada día de análisis de muestras se utilizó 2000 ml, con el objetivo de mantener el cromatógrafo en buenas condiciones.

3.2.6.2 Prueba de precisión

Se realiza la prueba precisión a través de repetibilidad instrumental al correr la misma solución 6 veces.

3.2.7 Prueba de Linealidad

Para realizar la prueba de linealidad se preparan 4 concentraciones de NO_3^- , se analizan y con los resultados obtenidos se calcula la recta de regresión lineal por mínimos cuadrados. Cada solución se lee dos veces.

Cada estándar preparado es analizado en el equipo, el análisis se inicia con agua ultra pura (blanco) y seguidamente los estándares de menor a mayor concentración. Los resultados son usados para obtener la recta de calibración de iones de nitrato. La recta de calibración debe ser verificada cada día de trabajo o cuando el eluyente de los aniones se haya cambiado.

Con los datos obtenidos, se calcula el coeficiente de correlación (R) y se grafica la recta de regresión.

3.2.7.1 Análisis mediante programa Excel Calibración

Los datos obtenidos se analizan a través del programa de Microsoft Windows office Excel, para verificar el correcto funcionamiento del programa en el equipo de cromatografía iónica y además para calcular los diversos resultados estadísticos necesarios.

3.2.8 Determinación de la concentración del ion de nitrato presente en la muestra

Una vez calibrado el equipo se procede a inyectar las muestras y realizar el análisis. El programa del equipo automáticamente da lectura de la concentración en las unidades deseadas, siendo para éste método en ppm.

3.3 Fase 3: Análisis

En el desarrollo de la tesis se realizó una investigación para estudios de caso, con el objeto de describir los datos, establecer relaciones y comprobar si existen efectos significativos, se ha utilizado dos técnicas básicas estadísticas que se nombran a continuación, remitiendo a la bibliografía básica para la mejor aplicación, comprensión e interpretación de estas técnicas.

3.3.1.1 Diagrama de Dispersión

Una vez culminada la fase 2 de laboratorio se obtienen las concentraciones de iones de nitrato, sólidos totales suspendidos y en conjunto con los tipos de cobertura se procede a realizar un diagrama de dispersión con el fin de establecer una relación entre los resultados y la cobertura vegetal.

Para verificar si existe una relación entre la concentración de nitratos y los tipos de cobertura del área, se procedió, con la ayuda del programa Excel 2016 a elaborar una tabla con los datos obtenidos cuantificación de iones de nitrato en las muestras y el porcentaje de área cultivada de cada uno de los puntos de muestreo, esta tabla nos ayudará a obtener el diagrama de dispersión con ejes Y y X. El eje X siendo el porcentaje de área cultivada y el eje Y la concentración de nitratos en mg/L.

3.3.2 Análisis de Correlación de Pearson

A partir de los gráficos de regresión lineal y dispersión se procedió a sacar el factor de correlación r para cuantificar la intensidad de la relación lineal entre las variables que van a ser estudiadas, para que se pueda analizar si existe o no una dependencia entre estas variables.

3.3.2.1 Interpretación

Al momento de relacionar la concentración de iones de nitrato con el área de cobertura vegetal en los 23 puntos de muestreo, se realizó una Correlación de Pearson con la ayuda del programa Excel 2016 para calcular el valor de r . El análisis estadístico se basó en la correlación lineal, con lo cual se establece un índice adimensional acotado entre -1,0 y 1,0. (García, 2000) (Tetzaguic, 2003).

Cuanto más cerca este el valor de r a 1 significa que la dependencia es más fuerte y aceptable, y si el valor de r está más cerca del cero significa que, aunque haya dependencia ésta no es aceptable.

Finalmente, se obtendrán la gráfica de dispersión y el valor de r , herramientas que nos ayudará a determinar si existe o no una relación entre las variables de estudio y si esta es aceptable o no.

3.3.3 Comparar la concentración de sólidos totales suspendidos (STS) e iones de nitratos.

Para la comparación de datos de iones de nitrato y STS de los 23 puntos de muestreo, se obtuvo una gráfica de dispersión y se realizó un análisis de correlación de Pearson con la ayuda Excel 2016, de la misma manera que se realizó para el punto anterior

para el análisis entre concentración de nitratos y el porcentaje de la cobertura agrícola. Se aplicó las mismas condiciones estadísticas.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Los resultados de caracterización del área de estudio

En base a la información levantada y utilizando los planos de cobertura por parte del MAE y el MAGAP se definieron los puntos de muestreo, se eligieron en total 23 puntos de muestreo, 11 puntos en la cuenca del río Mazar y 12 en la del río Dudas, en donde se consideró puntos de monitoreo no solo en el río principal sino también quebradas importantes por la cobertura vegetal. Las ubicaciones y coordenadas de los puntos de muestreo están presentados en la Tabla 4 y Figura 10 - 11.

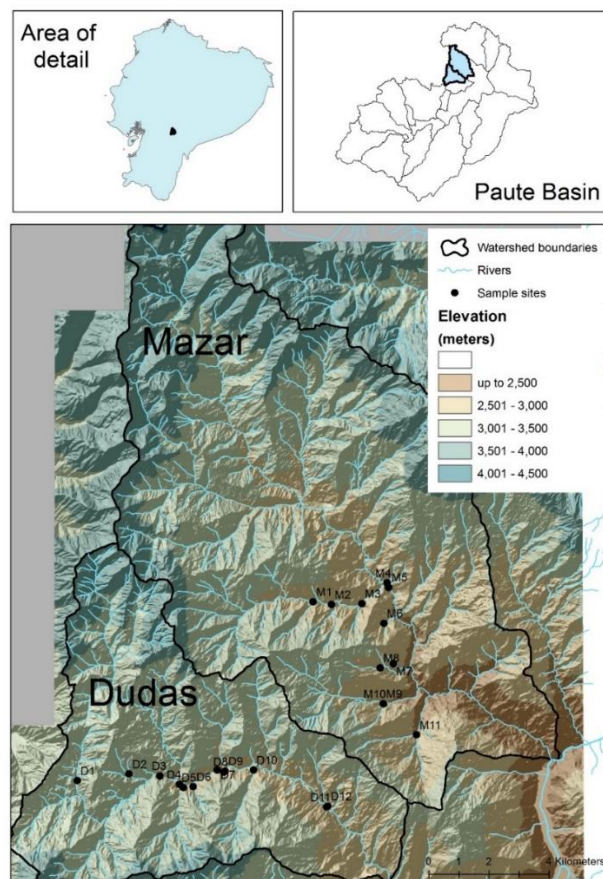


Figura 9. Mapa hidrográfico de los puntos de muestreo

Elaborado por: Beverley C. Wemple

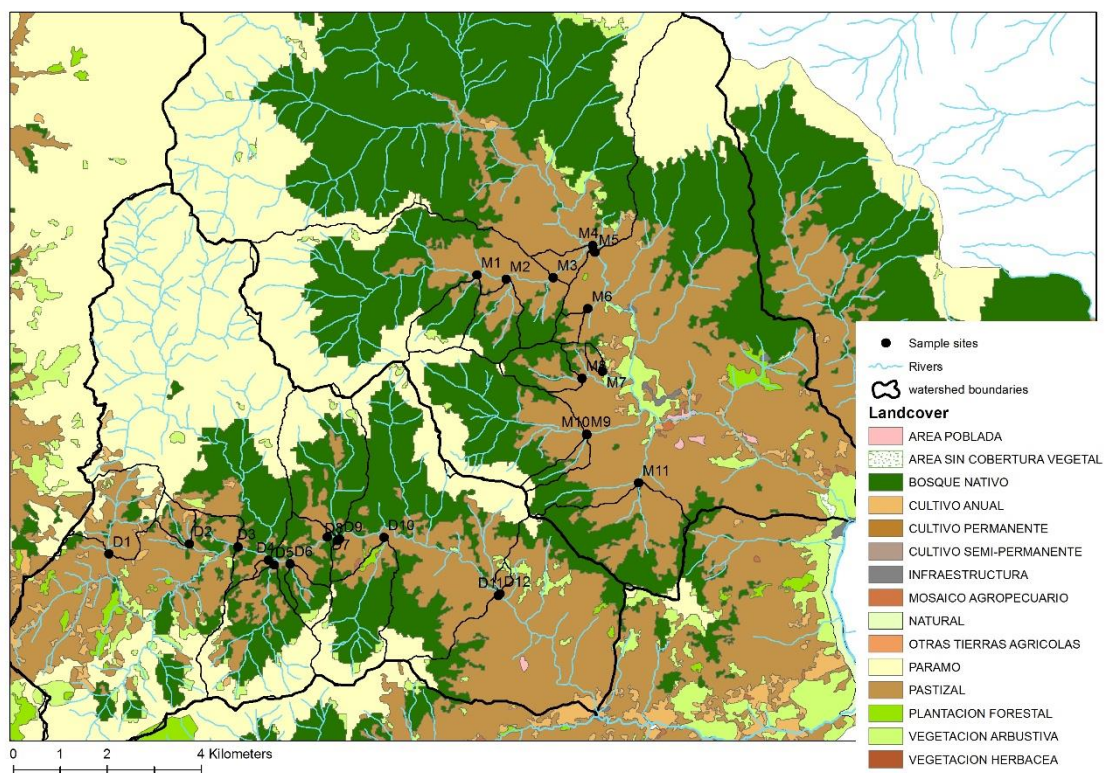


Figura 10. Mapa de Cobertura Vegetal de la cuenca Dudas - Mazar

Elaborado por: Beverley C. Wemple

El área de estudio de la cuenca Dudas y Mazar abarca un área total de alrededor de 42540 hectáreas, de la cual aproximadamente el 47% del área de estudio se utiliza para actividades agrícolas. La cobertura forestal y leñosa en la cuenca del río Dudas representa el 50% del área de estudio (incluyendo bosque nativo, páramo, arbusto y vegetación herbácea).

En estudios realizados sobre la caracterización de la cobertura vegetal de las cuencas Dudas y Mazar se destaca el trabajo realizado por Salgado et al., (2007) sobre la “Caracterización de la cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca alta del río Mazar, Provincia Cañar – Ecuador”, se destacó que la cobertura de vegetación dominante del paisaje es el páramo herbáceo con un 31% y le sigue el bosque neblina montano con un 15 %, además se pudo observar la cuenca del río Dudas, en donde existe también el

páramo como vegetación dominante y existen amplias zonas cubiertas de pastizales y bosque neblina montano intervenido.

Actualmente las cuencas Dudas y Mazar han sufrido cambios importantes en su cobertura vegetal en Dudas actualmente predomina la presencia de páramos, cultivos permanentes y en cuanto a los bosques nativos se observa una proporción similar en ambos estudios. En el río Mazar existe actualmente un porcentaje del 35,60% de área cultivada y lo mismo ocurre con el río Dudas con un 35,40%, lo que evidencia un cambio muy significativo en comparación con el estudio de Salgado et al., (2007).

En algunos de los puntos de muestreo se evidencia que el porcentaje de área cultivada es considerablemente mayor a la de los bosques nativos sobre todo en los puntos M6, M7 D1, D2 y D12. (Ver Tabla 4)

De acuerdo con el estudio realizado por Carrillo & Urgilés, (2016) para determinar el índice de calidad del agua en los ríos Mazar y Pindilig establecieron 2 puntos de muestreo para el río Mazar y 3 para el Pindilig. Para establecer los puntos de monitoreo se basaron en las actividades antropogénicas que se desarrollan en las áreas de estudio, así como en el fácil acceso para la toma de muestras.

Tabla 4. Coordenadas de los sitios de muestreo

Río	Punto de Muestreo	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Área (ha)	% de área cultivada
MAZAR	M1	-2,54673294	-78,68788417	2770	145	8,15%
	M2	-2,54673294	-78,68788417	2706	148	39,65%
	M3	-2,54646711	-78,67887217	2602	1861	19,33%
	M4	-2,5402219	-78,67131258	2516	1916	21,64%
	M5	-2,54148505	-78,67100769	2504	11291	8,22%
	M6	-2,55342308	-78,67182761	2633	34	61,99%
	M7	-2,55338376	-78,67182534	2637	15	77,49%
	M8	-2,56446231	-78,6693639	2684	126	41,04%
	M9	-2,56585992	-78,67337364	2524	705	19,50%
	M10	-2,57675096	-78,67234904	2525	52	44,44%

	M11	-2,58603984	-78,6624689	2473	443	50,22%
DUDAS	D1	-2,599946	-78,764109	3176	247	63,72%
	D2	-2,59794447	-78,74849706	3100	57	62,37%
	D3	-2,59832425	-78,73922252	2935	2082	50,85%
	D4	-2,60103615	-78,73336033	2886	4410	26,74%
	D5	-2,60198105	-78,73218693	2895	504	19,90%
	D6	-2,6015984	-78,72908493	2883	78	20,00%
	D7	-2,59664411	-78,72207381	2845	5141	26,55%
	D8	-2,59715708	-78,72011142	2840	5147	26,56%
	D9	-2,59695492	-78,71985784	2840	456	11,75%
	D10	-2,59665807	-78,7112178	2845	348	11,07%
	D11	-2,60772914	-78,68923078	2679	7321	26,15%
	D12	-2,60754043	-78,68903104	2683	14	79,18%

Fuente: Autor

4.2 Resultados del análisis de muestras

4.2.1 Resultados de temperatura

Los resultados de temperatura se pueden observar en la tabla 5, estos datos fueron obtenidos *in situ*.

Tabla 5. Resultados de temperatura

Muestra	Fecha						
	Mar22	Abr25	May16	May30	Jun 13	Jun 27	Promedio
M1	12	13	12	12	13	14	12,6666667
M2	14	14	14	12	14	15	13,8333333
M3	12	13	13	11	12	13	12,3333333
M4	12	15	15	11	12	15	13,3333333
M5	13	15	14	11	13	15	13,5
M6	14	16	16	14	15	16	15,1666667
M7	16	16	17	14	16	16	15,8333333
M8	13	14	14	13	13	15	13,6666667
M9	14	14	15	12	14	14	13,8333333
M10	15	15	16	13	14	15	14,6666667
M11	14	16	15	13	14	14	14,3333333

Muestra	Mar22	Abr25	May16	May30	Jun 13	Jun 27	Promedio
D1	15	14	13	14	15	14	14,1666667
D2	14	13	12	13	14	13	13,1666667
D3	12	15	12	9	15	15	13
D4	12	13	12	13	12	13	12,5
D5	12	13	11	13	13	14	12,6666667
D6	12	15	14	15	13	14	13,8333333
D7	11	13	11	13	12	12	12
D8	11	13	11	11	11	12	11,5
D9	11	12	10	11	11	12	11,1666667
D10	12	13	12	13	12	12	12,3333333
D11	12	13	12	13	12	13	12,5
D12	14	14	13	14	14	15	14

Fuente: Autor

Los resultados de temperatura se expresan en °C, si se observa los promedios totales se puede deducir que en la cuenca de Mazar los puntos M6 y M7 tiene las temperaturas más altas. En la cuenca del rio Dudas los puntos con temperaturas más altas son D1, D6 y D12. Si observamos en la Tabla 4 los mismos puntos, con excepción del D6, son los que mayor área cultivada tienen, por lo que se puede decir que la cobertura vegetal tiene gran influencia en cuanto al equilibrio de la temperatura del agua.

De acuerdo al estudio de temperatura de Carrillo (2016) se observaron valores similares que varían entre 11 y 15 ° C. En comparación con este estudio se puede apreciar variación espacial debido al incremento de la temperatura del agua en el mes de mayo.

Según Abbott (2002) la vegetación puede afectar el flujo de calor reduciendo la velocidad del viento, alterando el microclima por encima de la superficie del agua (es decir, la temperatura del aire y la humedad relativa). Si la cubierta forestal cubre una parte significativa de la corriente, tal vez sus efectos más grandes son la absorción, el filtrado y la radiación solar que refleja. En condiciones no sombreadas, la radiación solar tiene

más influencia sobre la temperatura del agua que sobre la temperatura del aire, siendo así la fuente dominante de entrada de calor en la corriente de agua. (Abbott, 2002)

4.2.2 Resultados de pH

De acuerdo a la norma TULSMA el pH óptimo para fuentes de agua natural es entre 6.5 y 8.5. Dentro de este rango de pH se puede obtener óptimo crecimiento de vida acuática al igual que una calidad de agua apta para uso agrícola. En la Tabla 6 se observa que todos los valores se encuentran dentro de los límites establecidos.

Tabla 6. Resultados del pH

Muestra	Fecha						Promedio
	Mar15	Abr25	May16	May30	Jun13	Jun27	
D1	7,3	7	6,7	7,1	6,5	7,4	7
D2	6,9	7,3	6,8	7	7,4	7,6	7,16666667
D3	7	6,7	6,9	7,2	7,1	7,5	7,06666667
D4	7,2	7,1	6,5	7,5	5	7,7	6,83333333
D5	7,4	7,5	7,1	7,6	7,2	7,8	7,43333333
D6	7,1	7,3	6,9	7,4	7,3	7,8	7,3
D7	7	6,9	7,2	7,1	6,9	7,7	7,13333333
D8	7,2	7,4	6,9	7,6	7,1	7,8	7,33333333
D9	7,3	7,1	7	7,5	6,9	7,5	7,21666667
D10	7	7,3	7,1	7	6,9	7,5	7,13333333
D11	7,4	7,6	7,2	7,5	6,9	7,7	7,38333333
D12	7,2	7	6,9	7	7,1	7,3	7,08333333
M1	7	7,3	7	7,5	7,1	7,6	7,25
M2	7,1	7,5	7,2	7,7	7,3	7,8	7,43333333
M3	7,4	7,2	7	7,6	7,2	7,8	7,36666667
M4	7,3	7,1	6,9	7,3	7,1	7,8	7,25
M5	7,3	7,5	6,8	7,7	6,7	7,9	7,31666667
M6	7,2	7	7,1	7,5	7,3	7,7	7,3
M7	7,1	7,4	7	7,6	7	7,8	7,31666667
M8	7,3	7,5	7,1	7,6	7,2	7,8	7,41666667
M9	7,3	7,2	7	7,3	7,1	7,8	7,28333333
M10	7	7,1	7	7,3	7,2	7,4	7,16666667
M11	7,2	7,4	7	7,7	7,2	7,9	7,4

Fuente: Autor

Según los resultados de pH se establece un rango entre 5 y 7,9 estos valores son similares a los obtenidos dentro del estudio de Carrillo (2016) en el cual se obtuvieron resultados entre 7,27 y 8,18 de manera general dichos rangos no presentan variaciones grandes en el caso del estudio de las cuencas Dudas y Mazar, manteniéndose dentro del rango de 6 a 9 unidades.

4.2.3 Resultados de sólidos totales suspendidos

Tabla 7. Resultados de STS de la Cuenca Dudas

Punto de Muestreo	TSS- Mar22	TSS- Apr25	TSS- May16	TSS- May30	TSS - Jun 13	TSS - Jun 27	TSS- Promedio
D1	2,9	24,8	18,9	19,1	413,0	9,7	81,4
D2	20,0	25,1	12,6	41,9	22,3	11,7	22,3
D3	6,7	7,8	22,7	28,2	3052,0	658,0	629,2
D4	6,6	4,6	19,1	12,3	2024,3	7,8	345,8
D5	8,5	12,7	24,7	12,0	106,3	8,6	28,8
D6	11,6	10,3	21,3	27,4	211,4	15,1	49,5
D7	5,7	8,2	105,0	3,4	188,9	7,0	53,0
D8	35,8	86,0	11,5	35,5	123,1	11,7	50,6
D9	4,4	6,7	2,7	7,2	60,4	4,5	14,3
D10	2,5	16,1	16,1	45,9	95,2	11,0	31,1
D11	5,5	5,5	51,3	2,9	254,9	5,2	54,2
D12	6,7	10,9	12,1	23,6	35,9	4,2	15,6

Fuente: Autor

Tabla 8. Resultados de STS de la Cuenca Mazar

Punto de Muestreo	TSS- Mar22	TSS- Apr25	TSS- May16	TSS- May30	TSS- Jun 13	TSS - Jun 27	TSS- Promedio
M1		26,7	21,7	12,9	52,6	12,8	25,3
M2	25,2	32,4	41,8	18,1	55,4	22,2	32,5
M3	29,5	15,9	16,4	14,3	279,5	14,4	61,7
M4		22,5	18,2	12,0	264,4	3,3	64,1
M5		114,0	432,2	18,3	5839,9	62,1	1293,3
M6	76,8	65,2	72,1	51,5	119,8	195,3	96,8
M7	312,3	71,1	94,4	43,7	99,3	97,3	119,7
M8	18,9	21,0	12,7	41,3	88,7	15,5	33,0
M9	23,1	8,2	35,5	137,2	481,2	4,0	114,9
M10	1,2	20,7	23,3	226,6	75,6	14,8	60,4
M11	18,7	19,0	46,3	11,8	520,5	19,9	106,0

Fuente: Autor

En la tabla se observa la ausencia de datos de las muestras M1, M4 y M5 en el 22 de marzo, debido a que durante esta fecha se perdieron las muestras por la ruptura de los envases.

En la fecha 13 de junio, la recolecta de muestras se efectuó luego de una fuerte lluvia la cual dejó muchos rastros de sedimento en el río y en las corrientes de las cuencas de estudio. Por lo cual se obtuvo concentraciones de STS altas en las muestras, de las cuales dos muestras exceden el límite de 3000 mg/L establecido por la Norma TULSMA, el punto M5 con un valor de 5839,9 mg/L y el punto D3 con un valor de 3052,0 mg/L.

Según el estudio de “Concentration of Total Suspended Solids (TSS) Influenced by the Simulated Rainfall Event on Highway Embankment” realizado Shah, Yusof, Mustaffa, & Mustafa, (2014) y con los resultados obtenidos de sólidos totales suspendidos se puede interpretar que, durante los eventos de lluvia, el flujo de agua generado se dirige hacia los pequeños ríos y que transporta los contaminantes peligrosos en forma de compuestos orgánicos, metales pesados y otros sólidos en suspensión al

cuerpo receptor. Junto con los sólidos en suspensión, la escorrentía generada entrega los contaminantes tóxicos y los nutrientes disruptivos a los canales de agua, que no sólo afecta la calidad del agua, sino que se considera responsable de causar daños a la flora y la fauna.

4.3 Resultados de estandarización del método de cromatografía iónica

4.3.1 Prueba de Linealidad

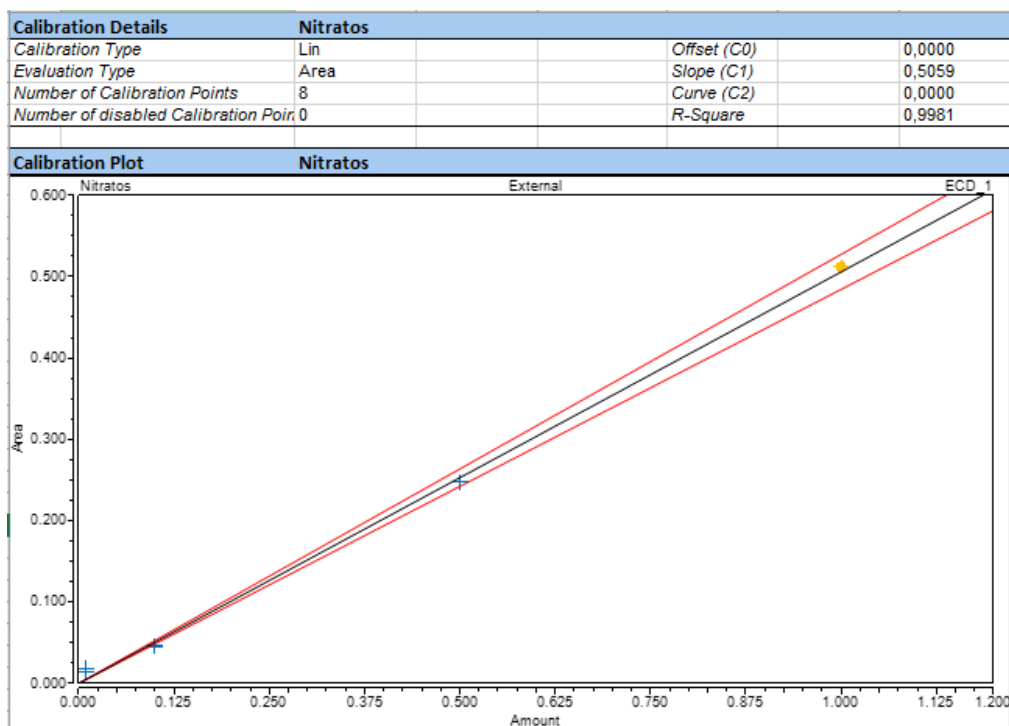
Las 4 soluciones de NO₃-N, fueron analizadas dos veces cada una y los resultados se encuentran registrados en la Tabla 5.

Tabla 9. Concentración de NO₃⁻, en las soluciones de estándar

Muestra	Estándar	Posición	Concentración (ppm)	Volumen (μl)	Área (μS*min)
Estándar 1	0.001pppm	1	0,027	25	0,014
Estándar 1	0.001 ppm	2	0,017	25	0,019
Estándar 2	0.1 ppm	1	0,098	25	0,047
Estándar 2	0.1 ppm	2	0,093	25	0,045
Estándar 3	0.5 ppm	1	0,490	25	0,247
Estándar 3	0.5 ppm	2	0,499	25	0,249
Estándar 4	1 ppm	1	1,002	25	0,501
Estándar 4	1 ppm	2	1,012	25	0,512

Fuente: Autor

El Software Chromeleon 7 facilita la representación de la regresión lineal del ensayo de calibración a través de la recta obtenida de concentración versus área y su linealidad. Asimismo, se observa un coeficiente de correlación muy bueno de 0.9981 por medio de la Gráfica 1.



Gráfica 1. Recta de Calibración

Fuente: Autor

Mediante el uso del programa Microsoft Excel 2016 se obtiene la pendiente (m), la desviación estándar de la pendiente (Sm), el coeficiente de determinación (R2) y el intercepto (Lo) los cuales están resumidos en la Tabla 10. Los cuales coinciden con los resultados de R=0,9982 del Software de Chromeleon 7.

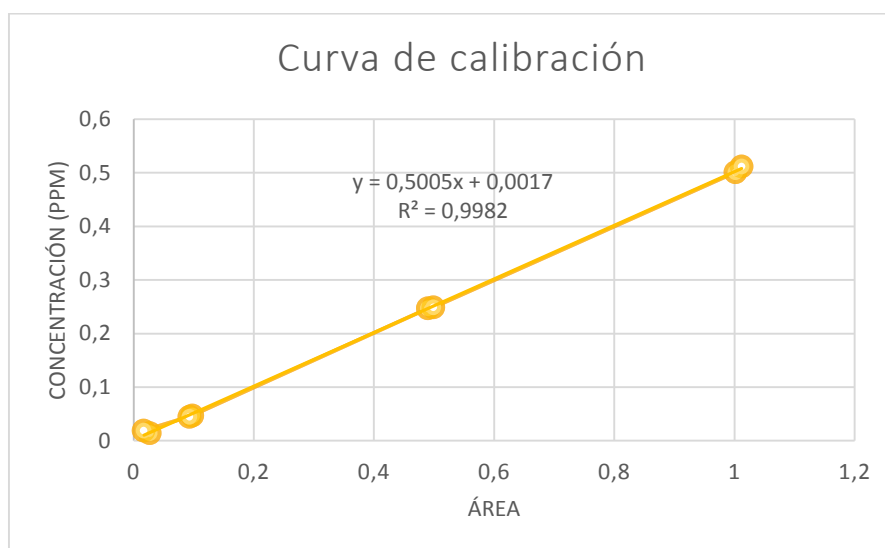
Tabla 10. Resumen de estadísticos

Estadístico	Valor
m(área/concentración)= Pendiente	0,500479428
Sm (área/concentración)	0,336049798
R2 = coeficiente de determinación	0,9982
Lo(área) = intercepto	0,001680951

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos del análisis son graficados con el área (uS.min) versus concentración (ppm). El resultado se puede observar en la Gráfica 2, en donde se muestra

la linealidad y la ecuación de la recta. Se procede a corroborar con la ecuación presentada por el equipo.



Gráfica 2. Representación gráfica de recta de calibración, usando el programa Excel.

Fuente: Autor

4.3.2 Prueba de Precisión

Se toma una alícuota de una misma solución estándar de 1 ppm de NO₃⁻. Se analiza 6 veces en el equipo de CI.

Tabla 11. Concentraciones para ensayo de repetibilidad

Lectura	Concentración
1	0,932263187
2	0,98859907
3	1,057280768
4	1,02369493
5	0,981799363
6	1,021599735
Resultados	
Media	1,000085635
Des. Estand.	0,043252824
Promedio	1,000872842
%CV	4,321510387 %

Fuente: Autor

Para la aceptación de los resultados de % CV (coeficiente de variación) se considera el criterio planteado por Rando & Valderrama (2010) y que indica lo siguiente:

- Para concentraciones comprendidas $LC \leq X < 10 \cdot LC$ se acepta un valor límite de % CV $\leq 15 \%$.
- Para concentraciones comprendidas $10 \cdot LC \leq X < 20 \cdot LC$ se acepta un valor límite de % CV $\leq 10 \%$.
- Para concentraciones comprendidas $20 \cdot LC \leq X$ se acepta un valor límite de % CV $\leq 5 \%$.

De ésta manera para análisis en concentraciones de 1 ppm se acepta hasta un valor de 8% de % CV, por lo cual el 4% obtenido esta aceptable para la prueba de precisión. (Jiménez Sánchez, 2013)

Los valores obtenidos del análisis cromatográfico se indican en la Tabla 11, donde se muestra su mínima desviación estándar, el promedio obtenido y un % Coeficiente de variación (CV) totalmente aceptable, es decir el equipo no presenta variaciones importantes en las determinaciones, por lo tanto, está en óptimas condiciones de trabajo.

4.3.3 Resultados de concentración de iones de nitrato

Una vez realizada la estandarización se procede a correr las 23 muestras en el equipo de Cromatografía Iónica obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 12.

Tabla 12. Concentraciones de nitratos de las cuencas Dudas y Mazar

Punto de Muestreo	NO ₃ -ppm Mar22	NO ₃ -ppm Apr25	NO ₃ -ppm May16	NO ₃ -ppm May30	NO ₃ -ppm Jun 13	NO ₃ – ppm Jun 27	NO ₃ -ppm Promedio
DUDAS							
D1	0,064	0,051	0,106	0,049	0,060	0,042	0,058
D2	0,265	0,213	0,089	0,208	0,171	0,119	0,165
D3	0,049	0,044	0,108	0,060	0,090	0,042	0,058
D4	0,026	0,027	0,067	0,025	0,014	0,021	0,026
D5	0,038	0,062	0,105	0,069	0,049	0,034	0,053
D6	0,044	0,060	0,077	0,072	0,036	0,054	0,050
D7	0,023	0,024	0,085	0,029	0,050	0,007	0,036
D8	0,024	0,026	0,088	0,045	0,064	0,004	0,042
D9	0,107	0,132	0,192	0,141	0,126	0,003	0,104
D10	0,044	0,046	0,070	0,044	0,029	0,002	0,039
D11	0,029	0,032	0,101	0,042	0,043	0,003	0,042
D12	0,059	0,047	0,049	0,047	0,039	0,004	0,041
MAZAR							
M1		0,056	0,053	0,030	0,025	0,094	0,052
M2	0,032	0,043	0,046	0,029	0,013	0,144	0,046
M3	0,030	0,071	0,075	0,057	0,064	0,109	0,060
M4		0,055	0,056	0,080	0,073	0,135	0,116
M5		0,042	0,027	0,030	0,054	0,102	0,051
M6	0,347	0,421	0,336	0,283	0,178	0,265	0,305
M7	0,063	0,037	0,043	0,044	0,035	0,340	0,094
M8	0,020	0,028	0,035	0,058	0,020	0,044	0,034
M9	0,020	0,040	0,036	0,022	0,015	0,058	0,028
M10	0,016	0,013	0,043	0,004	0,011	0,022	0,018
M11	0,034	0,025	0,037	0,007	0,032	0,004	0,020

Fuente: Autor

Las concentraciones de iones de nitrato están expresadas en unidades de ppm o mg/L obteniendo valores entre 0.002 y 0.265 mg/L para la cuenca de Dudas mientras que en el caso del río Mazar los valores registrados se encuentran entre 0.007 y 0.421 mg/L.

Según la Norma TULSMA 2002 se establece como límite 10mg/L de NO₃-N en aguas usadas para riego. Según la Norma EPA, el nivel de nitratos en agua dulce se encuentra generalmente en el rango de 0.1 a 4 mg/L de NO₃ - N. Las aguas no contaminadas generalmente tienen niveles de nitratos por debajo de 1 mg/L. (EPA, 2012)

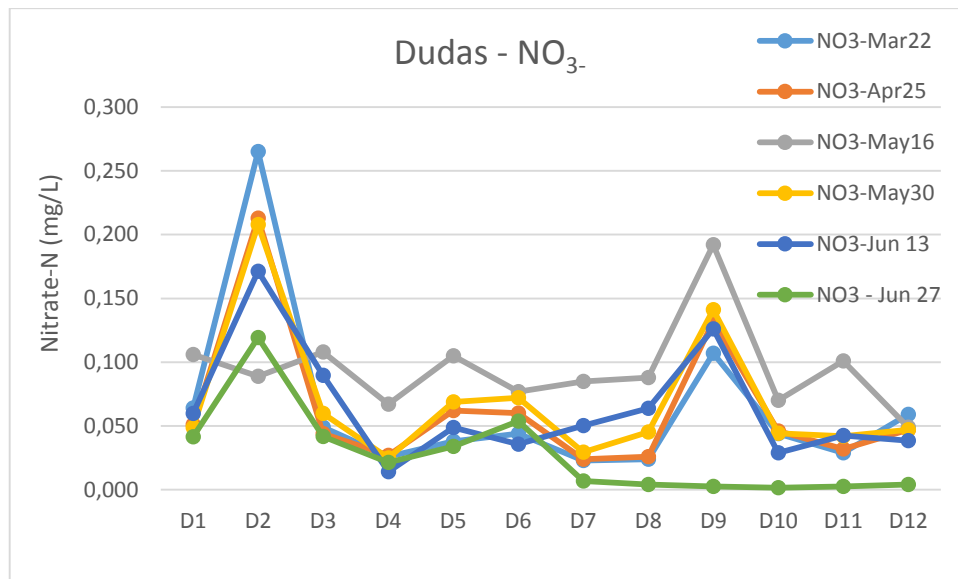
Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) fija el límite de nitrato en el agua de consumo humano en 50 mg/L NO_3 . Por su parte la comunidad europea, y siguiendo sus directrices el Ministerio de Sanidad español, fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50 mg/L NO_3 . (GASPAR & BARRIOS, 2011)

Revisando las diferentes normas para identificar los límites de nitratos se observa que ninguno de los valores sobrepasa el 1 mg/L por lo cual se considera un agua no contaminada según el EPA (2012) ya que los valores de encuentran por debajo de 1 mg/L. El agua debe cumplir otros parámetros físico-químicos para poder considerarse apta para consumo humano.

En el estudio de Carrillo (2016) se determinaron concentraciones de iones de nitrato en el río Pindilig y Mazar con valores entre 0.173 y 0.374 mg/L de NO_3^- , detectándose las concentraciones más altas en el mes Junio (época invernal), fue durante este mismo mes que se detectaron las concentraciones más altas del monitoreo de las cuencas Dudas y Mazar.

4.3.4 Variabilidad espacial y temporal de iones de nitrato

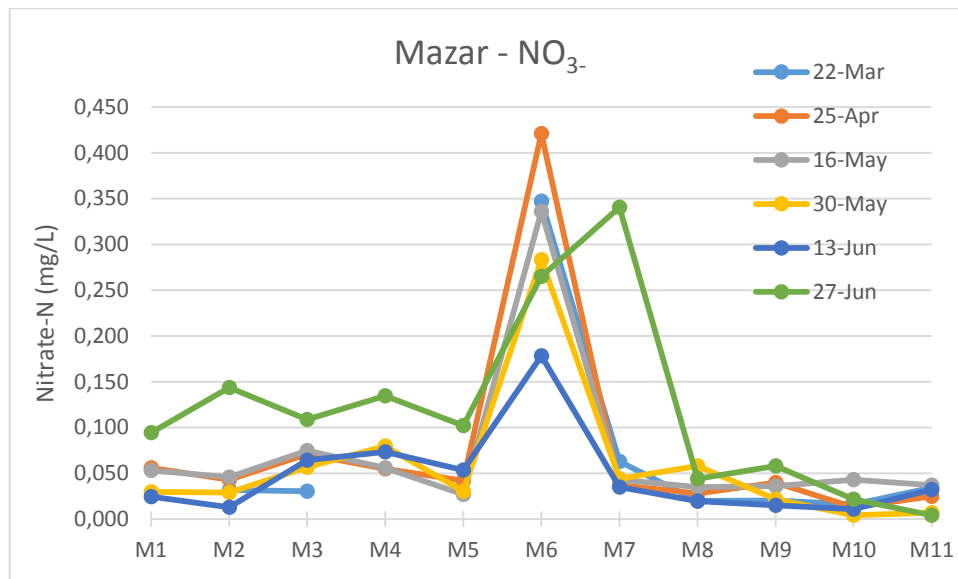
Una vez obtenidas las concentraciones de nitrato de cada muestra se procede a realizar una gráfica para analizar la carga de iones de nitrato con las fechas recolectadas.



Gráfica 3. Variabilidad espacial y temporal de iones de nitrato – Dudas

Fuente: Autor

En la Grafica 3 se puede observar la variación espacial y temporal de las muestras tomadas en la cuenca alta, media y baja del río Dudas, en el monitoreo del 13 de junio los niveles de nitratos se incrementaron notablemente en comparación con las otras fechas de muestreo. Los tres puntos D2, D5 y D9 presentan las concentraciones más altas de toda la cuenca. Pero el punto D2 es el que constantemente presenta mayores concentraciones de nitratos.



Gráfica 4. Variabilidad espacial y temporal de iones de nitrato – Mazar

Fuente: Autor

La variación espacial y temporal de las cuencas alta, media y baja del río Mazar se puede observar en la Gráfica 4, en donde se evidencia el punto de muestreo M6 presenta constantemente altas concentraciones de iones de nitrato.

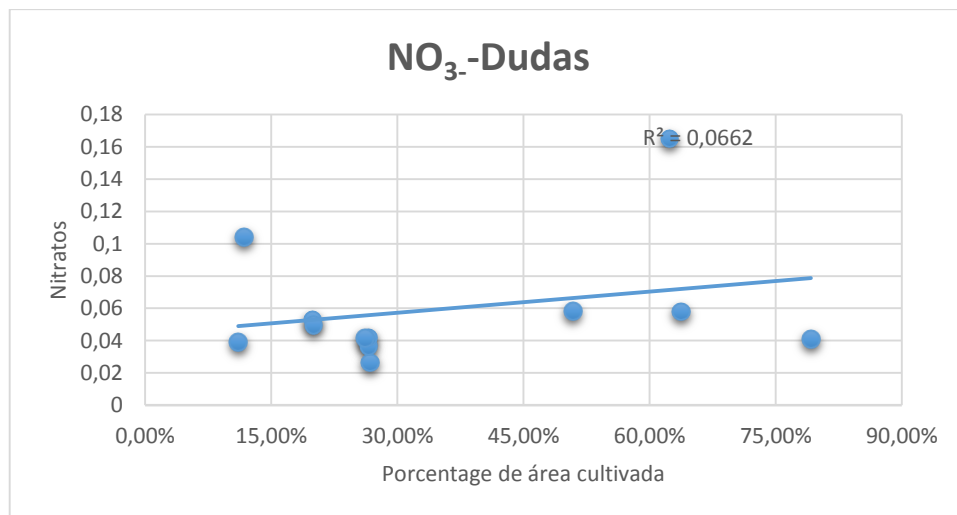
Los días previos a las fechas de muestreo el clima se mantuvo templado con poca lluvia con excepción de la fecha Junio 13 en la cual se presentó gran cantidad de lluvia y como consecuencia había rastros de deslaves a lo largo de la cuenca.

Basándose en el estudio de Chen (2012) de “Spatial and temporal variations in nitrogen and phosphorus nutrients in the Yangtze River Estuary” se observa que las concentraciones de nutrientes fueron significativamente mayores durante la estación seca que durante la estación húmeda, en parte debido al cambio en la cantidad de esorrentía. Datos similares se presentan en este estudio como ejemplo, en la Tabla 12 se observa las concentraciones de nitratos de las fechas de muestreo desde Marzo 22 a Mayo 16 son elevadas en comparación con las otras fechas de muestreo.

4.4 Análisis

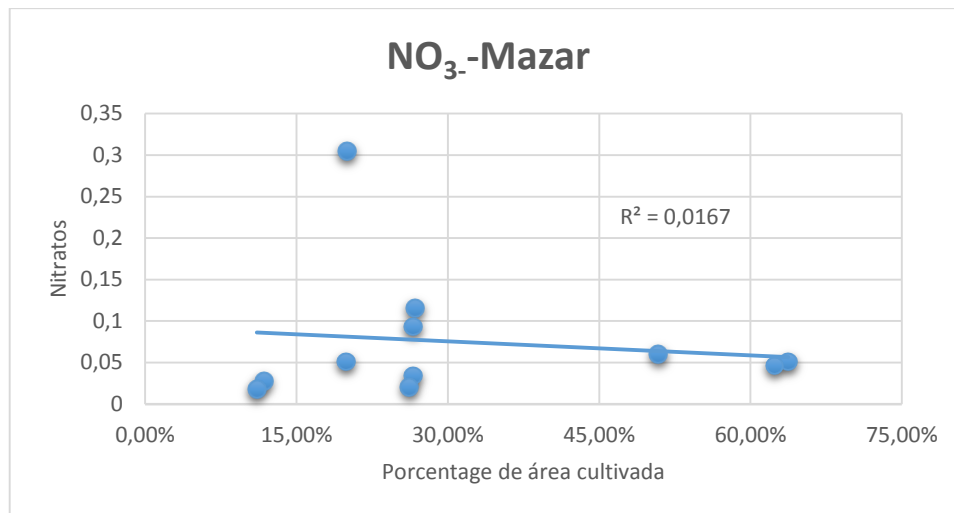
Luego de la obtención de datos de la caracterización del área, concentraciones de STS, y concentración de iones de nitrato se obtiene las gráficas de dispersión para su análisis.

Para el análisis de cobertura vegetal con la concentración de iones de nitrato se coloca como eje X los porcentajes de cobertura vegetal y la concentración de nitratos en mg/L en el eje Y obteniendo las gráficas 5 y 6.



Gráfica 5. Concentración de nitratos vs área total cultivada - Dudas

Fuente: Autor



Gráfica 6. Concentración de nitratos vs área total cultivada - Mazar

Fuente: Autor

Según la graficas obtenidas y con un valor de correlación $r = 0,25724095$ para Dudas y $r = -0,129249584$ para Mazar, se determina que la relación no es aceptable entre la cobertura vegetal y la concentración de nitratos.

En lugares en donde existe grandes fuentes de contaminación para los ríos, la deforestación y el cambio en el uso de la tierra se consideran importantes impulsores de los cambios en la química del agua de las corrientes, con alteraciones significativas observadas después de la tala de bosques para incrementar actividades agrícolas o pastizales en la Amazonia Central, incluyendo cargas elevadas de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) o el aumento de la turbidez como consecuencia de la erosión acelerada del suelo. (Jacobs, Breuer, Butterbach-Bahl, Pelster, & Rufino, 2017) Según lo establecido por Jacobs (2017) se puede determinar que no existe gran relación entre la concentración de nitratos y la cobertura vegetal debido a que no se presenta alta actividad antropogénica como para alterar la composición química del agua.

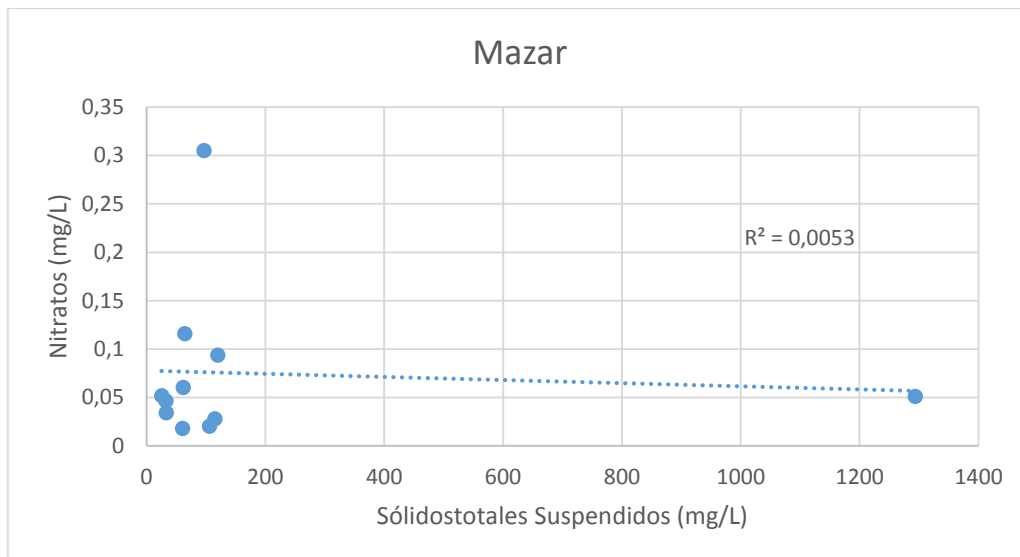
Debido a que existe evidencia en el estudio de Biggs et. al (2004) que sugiere que la deforestación a gran escala ($> 66\text{-}75\%$) causa mayores concentraciones de nitrógeno

total disuelto (TDN) en la estación seca de la Amazonía debido a la pérdida de la capacidad de retención de nutrientes del suelo y a los insumos directos de ganado. Basado en los estudios realizados en la zona, lo cuales indican que ha incrementado el porcentaje de deforestación a tasas no tan altas como sucede en otras áreas montañosas del país, en 20 años, se ha generado una reducción promedio de 0,7% anual de la cobertura original de la zona (Davis 1989; Wunder 2000) (Salgado et. al, 2007). Lo que nos indica que, si existe un porcentaje de deforestación en el área, no es lo suficientemente alto como para alterar las concentraciones de iones de nitrato en los ríos.

Neff et al. (2013) demostraron que la elevación y la topografía influyen en las concentraciones de NO₃-N en las Great Smoky Mountains, EE.UU., a través de mayores tasas de deposición de ácido, precipitación, lixiviación de cationes básicos y aumento de la presencia de pendientes más pronunciadas con suelos menos desarrollados en mayor elevación.

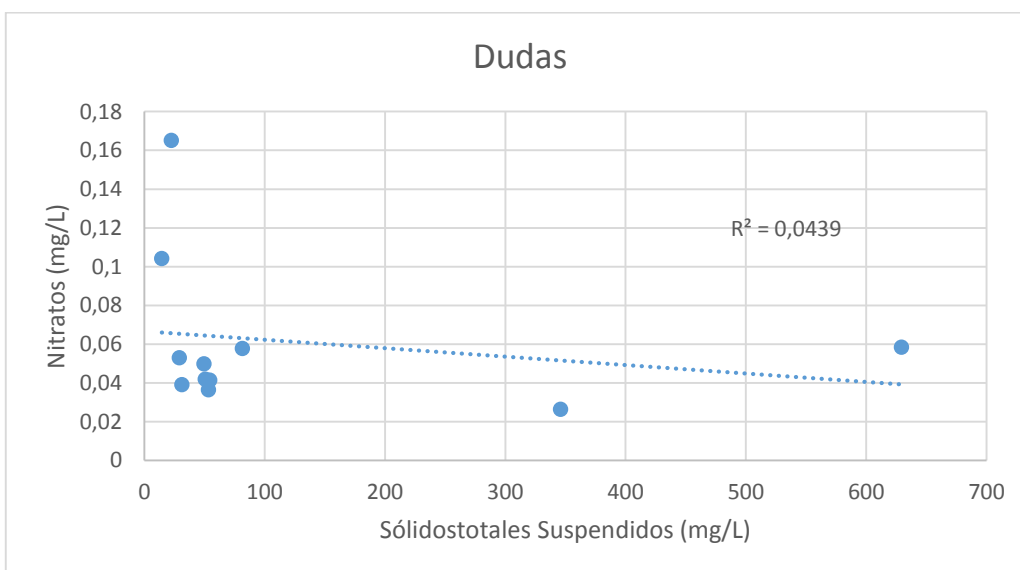
4.4.1 Relacion entre concentracion de nitratos y STS

Para la obtención de la gráfica 6 se tomó como datos el promedio de la concentración de iones de nitrato y el promedio de los sólidos totales suspendidos.



Gráfica 7. Diagrama de dispersión concentración de nitratos y STS

Fuente: Autor



Gráfica 8. Diagrama de dispersión concentración de nitratos y STS

Fuente: Autor

Mediante el programa Excel se calcula el coeficiente de correlación lo cual nos da un valor de $r = -0,178313731$ para la cuenca del rio Dudas y $r = -0,073020077$ para Mazar. Como el valor de r está muy cercano a 0 entonces no existe ninguna relación lineal entre X y Y.

Sin embargo, hay una gran cantidad de estudios en la cuales se define que las concentraciones de nitratos se correlacionan directamente con las concentraciones de STS. En el estudio “Trends in concentrations of nitrate and total dissolved solids in public supply wells of the Bunker Hill, Lytle, Rialto, and Colton groundwater subbasins, San Bernardino County, California: Influence of legacy land use” de Kent & Landon, (2013) se determinó que los factores evaluados en el estudio estaban directamente o inversamente correlacionados con las concentraciones actuales de nitrato y STS. Debido a que en el estudio realizado el monitoreo fue llevado a cabo durante un año se abarco datos de todas las estaciones del año, obteniendo así la correlación entre STS y concentración de nitratos. Mientras que en este trabajo de investigación solo se llevó a cabo un monitoreo de 4 meses el cual abarcaba únicamente la temporada de invierno.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

Al finalizar el trabajo de investigación se pudo concluir que:

- Según los mapas obtenidos se observa un alto porcentaje de cubierta vegetal de páramos, sin embargo, los puntos de muestreo abarcan las zonas cubiertas por cultivos permanentes en la cual se encuentra alta actividad antropogénica como la agricultura y la ganadería.
- Los puntos de muestreo seleccionados para el monitoreo de las cuencas Dudas y Mazar se establecieron en zonas con presencia de cultivos permanentes, en los cuales se encuentra alta cantidad de abono con restos orgánicos de animales, en la época invernal con la presencia de lluvias estos abonos pueden ser arrastrados hacia los ríos, provocando un desequilibrio en la concentración de nutrientes de los ríos.
- Las concentraciones de los iones de nitrato durante el monitoreo del río Dudas y Mazar, se encontraron dentro del límite establecido por la Norma TULSMA. Lo cual indica que las aguas de estas cuencas pueden ser usadas para riego, uso agrícola y con un tratamiento de potabilización puede ser usada para consumo humano.
- Debido a que la concentración de iones de nitrato se encuentra dentro de los límites establecido con un promedio total de 0.07 mg / L, se rechaza la hipótesis planteada para este estudio.
- De todos los parámetros estudiados, el de sólidos totales suspendidos fue el único parámetro que sobrepasó límites establecidos por la Norma TULSMA, presentando valores superiores a los 3000 mg/L.

- Se atribuye las altas concentraciones de STS de las cuencas Dudas y Mazar, al arrastre de sólidos provenientes de las partes altas de la cuenca, sobre todo en las épocas de lluvia.
- Con los datos obtenidos de las cuencas Dudas y Mazar no se determinó ninguna correlación aceptable entre la cantidad de sólidos totales suspendidos y las concentraciones de nitratos ya que el coeficiente de correlación de Pearson fue siempre menor a 0.5 que es el criterio que se está tomando en consideración para establecer una correlación como aceptable o no.
- Con los resultados de la concentración de iones de nitrato y la caracterización de la cobertura vegetal, no se logró establecer una correlación aceptable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar más monitoreos de los ríos que forman parte de las cuencas Dudas y Mazar para obtener datos sobre la influencia de la actividad antropogénica en el deterioro de la calidad del agua.
- Realizar un monitoreo que abarque todas las temporadas climáticas del año, para obtener resultados más eficaces sobre la variabilidad espacial y temporal de los parámetros de la calidad del agua.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott, A. G. (2002). *The effect of riparian vegetation on stream temperature in the Shasta River* (Doctoral dissertation, University of California, Davis).
- Achupallas, V., & Alexandra, M. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación*. Universidad de Cádiz/2011. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/322>
- Aguirre Andrade, J. F. (2011). *Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay* (Tesis de pregrado)
- Akoteyon IS, Omotayo AO, Soladoye O, Olaoye HO (2011) Determination of water quality index and suitability of urban river for municipal water supply in Lagos, Nigeria. *Eur J Sci Res* 54(2):263–271
- Alam, K. (2011). Public attitudes toward restoration of impaired river ecosystems: Does residents' attachment to place matter?. *Urban Ecosystems*, 14(4), 635-653.
- Arnell, N. W., et al. (2013). A global assessment of the effects of climate policy on the impacts of climate change. *Nature Climate Change*, pp. 30-45.
- Baker, J. M., Waights, V. (1994). The effects of nitrate on tadpoles of the tree frog (*Litoria caerulea*). *Herpetol.* 3:147-148.
- Balan IN, Shivakumar M, Kumar PDM (2012) An assessment of groundwater quality using water quality index in Chennai, Tamil Nadu, India. *Chron Young Sci* 3(2):146–150

- Banerjee, M. D. (2013). High-Frequency Nitrate Monitoring in Dynamic River Systems: the Case of Three Iowa Rivers in the Mississippi Basin. Recuperado a partir de <http://ir.uiowa.edu/etd/4818/>
- Biggs T.W., T. Dunne, L.A. Martinelli (2004) Natural controls and human impacts on stream nutrient concentrations in a deforested region of the Brazilian Amazon basin *Biogeochemistry*, 68 (2004), pp. 227-257
- Billi, P., Ali, O.E., (2010). Sediment transport of the Blue Nile at Khartoum. *Quatern. Int.* 226, 12–22.
- Bouchez, J., Lupker, M., Gaillardet, J., France-Lanord, C., Maurice, L., (2011). How important is it to integrate riverine suspended sediment chemical composition with depth? Clues from Amazon River depth-profiles. *Geochim. Cosmochim. Acta* 75, 6955 – 6970
- Brown, L., & Barnwell, T. (1987). The Enhanced Stream Water Quality Models. Documentation and User Manual, Environmental Agency Protection, EPA.
- Carrillo Alvarado, M. S. (2016). *Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig* (B.S. thesis). Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23518>
- Chen, Y., Liu, R., Sun, C., Zhang, P., Feng, C., & Shen, Z. (2012). Spatial and temporal variations in nitrogen and phosphorous nutrients in the Yangtze River Estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 64(10), 2083-2089. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.020>
- Cisneros, E. &. (2016). *Fluctuaciones anuales de la temperatura, salinidad, pH y alcalinidad total en aguas superficiales de Isla Larga, estado Carabobo, Venezuela*. REVISTAS DE INVESTIGACIÓN, 32(63).

- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Déley, A. R., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2014). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los Ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocha-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 16(31). Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281>
- Damanik-Ambarita, M. N., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Nguyen, T. H. T., Forio, M. A. E., ... Goethals, P. L. M. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnological - Ecology and Management of Inland Waters*, 57, 27-59. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.01.001>
- Eith, C., Kolb, m., & Seubert, A. (2001). Practical ion Chromatography An Introduction. Herisau: Metrohm Ltd.
- Elshorbagy A. and Ormsbee L., (2006). Object-oriented modelling approach to surface water quality management, *Environmental Modelling & Software* 21, 689-698
- EPA, E. P. (2013). Determination of inorganic anions by ion chromatography. *Water Works Assoc.*, Vol 82, No.4
- EPA. (2012). pH. In *Water: Monitoring and Assessment*. Retrieved from <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms54.cfm>
- Fernández Parada, N. J., & Solano Ortega, F. (2015). Índices de Calidad y de Contaminación del Agua. Norte de Santander , Colombia.
- Fondriest Environmental, Inc. "Turbidity, Total Suspended Solids and Water Clarity." *Fundamentals of Environmental Measurements*. 13 Jun. 2014. Web. <

<http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/> >.

Fritz, J., & Gjerde, D. (2009). *Ion Chromatography*. New York: Wiley-VCH.

García, H. (2002). Cuantificación de la calidad del agua del río Villalobos en época seca y lluviosa en un período de 24 horas 2 veces al mes en un punto previo a la entrada al lago de Amatitlán. *Estudio especial, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria-ERIS-, Universidad San Carlos, Facultad de ingeniería, Guatemala*.

Gaspar, F. D. J. M., & Barrios, D. L. O. (2011). EL EXCESO DE NITRATOS.: un problema actual en la agricultura. Recuperado a partir de http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/08/18/el_exceso_de_nitratos_un_problema_actual_en_la_agricultura.pdf

Gatrell A. C, Bailey T. C., Diggle P. J. and Rowlingson B. S.,(1996). Spatial Point Pattern Analysis and its Application in Geographical Epidemiology, *Trans Institute of British Geographers* 21 256–274

Gil Marín, J. A., Belloso De Herrera, G., Vizcaino González, C. D. V., Maza, I. J., Sánchez Cuevas, M. C., Bolívar, C. E., & Martínez, P. D. (2013). Evaluation of microbiological quality and levels of nitrates and nitrites in the Guarapiche River, Monagas state, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 13(1), 154–163.

González, M., & García, D. (2011). Restauración de Ríos y Riveras, Escuela técnica superior de ingenieros de Montes. *Mundi-Prensa. Madrid, España*.

Groffman, P. M., Law, N. L., Belt, K. T., Band, L. E., & Fisher, G. T. (2004). Nitrogen fluxes and retention in urban watershed ecosystems. *Ecosystems*, 7(4), 393-403.

- Huang G. H and Xia J., (2001), Barriers to Sustainable Water-Quality Management, *Journal of Environmental Management* 61, 1–23
- IERSE. (2005). Caracterización territorial de las subcuencas de los ríos: Collay, Cuenca, Jadán, Juval, Magdalena, Mazar, Paute, Pindilig, Pulpito y Santa Bárbara pertenecientes a la cuenca hidrográfica del río Paute mediante imágenes satélite. Informe Final, Universidad del Azuay, Instituto de Estudios de Régimen Seccional IERSE, Cuenca.
- Jackson, P. E., Thomas, D. H., Donovan, B., Pohl, C. A., & Kiser, R. E. (2001). New block-grafted anion exchanger for environmental water analysis by ion chromatography. Elsevier. *Journal of Chromatography* , 51-60.
- Jacobs, S. R., Breuer, L., Butterbach-Bahl, K., Pelster, D. E., & Rufino, M. C. (2017). Land use affects total dissolved nitrogen and nitrate concentrations in tropical montane streams in Kenya. *Science of The Total Environment*, 603-604, 519-532. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.100>
- Jennings, G. D. and Seed E. (1996), Nitrate in Drinking Water quality. Water quality and waste management. Cooperative Extension Service, AG 473-4. North Carolina.
- Jiménez Sánchez, D. A. (2013). Estimación de la concentración de nutrientes en aguas superficiales del río Daule y validación del método de cuantificación de aniones en agua por cromatografía iónica. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/24956>
- Kannel P. R., Lee S. and Lee Y., (2007). Assessment of Spatial–Temporal Patterns of Surface and Ground Water Qualities and Factors Influencing Management Strategy Of Groundwater System In An Urban River Corridor Of Nepal, *Journal of Environmental Management* 86, 595–604

- Kent, R., & Landon, M. K. (2013). Trends in concentrations of nitrate and total dissolved solids in public supply wells of the Bunker Hill, Lytle, Rialto, and Colton groundwater subbasins, San Bernardino County, California: Influence of legacy land use. *Science of The Total Environment*, 452-453, 125-136.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.042>
- Lloret, P. (2004). Problemática de los Recursos Hídricos en el Ecuador. *Foro de los Recursos Hídricos. CAMAREN. Quito, EC.*
- Neff K.J., J.S. Schwartz, S.E. Moore, M.A. Kulp. (2013) Influence of basin characteristics on baseflow and stormflow chemistry in the Great Smoky Mountains National Park, USA *Hydrol. Process.*, 27 (2013), pp. 2061-2074, 10.1002/hyp.9366
- Ohio Department of Natural Resources (ODNR).(2011). Ground Water Quality. Division of Soil and Water Resources, 2045 Morse Road Bldg. B-2, Columbus, Ohio 43229-6640.
- O’Keefe, T. C., Elliott, S. R., & Naiman, R. J. (2012). Introduction to watershed ecology. *Printed Lecture Note, University of Washington, USA.*
- ONU/WWAP (2003). Naciones unidas/Programa Mundial de evaluación de los recursos hídricos. *Informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: agua para todos, agua para la vida.* París, Nueva York y Oxford, Unesco y Berghahn Books
- Pfaff, J. D. (1993). Method 300.0 Determination of inorganic anions by ion chromatography. *US Environmental Protection Agency, Office of Research and*

Development, Environmental Monitoring Systems Laboratory. Recuperado a partir de <http://dec.alaska.gov/eh/docs/lab/dw/Chem/inorganics/300.0.pdf>

Rando, J.M., & Valderrama, C.A. (2010). Estudio de la efectividad de una resina magnética de intercambio iónico para la reducción de aniones y materia orgánica en las aguas del río Llobregat.

Remesan R. and Panda R. K., (2008). Groundwater Vulnerability Assessment, Risk Mapping, and Nitrate Evaluation in a Small Agricultural Watershed: Using the DRASTIC Model and GIS, *Environmental Quality Management*, 53 – 76

Rivera, N.R., Encina, F., Muñoz-Pedrerros, A., & Mejias, P.. (2004). La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Información tecnológica*, 15(5), 89-101. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642004000500013>

Rodríguez, A. (2003). caracterización de la calidad de las Aguas y Sedimentos del río Atacames 2002. *Acta Oceanográfica del pacífico*, 12 (1), 13-20.

Rojas, C. M. (2011). Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica en Nayarit, México. Tesis previa a la obtención de título de licenciada en biología, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas , Agropecuarias y Ambientales, Jalisco

Salgado, S., Betancourt, F., & Cuesta, F. (2007). Caracterización de la cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca alta del río Mazar, Provincia Cañar–Ecuador. *Unidad de Ecología Espacial Laboratorio de SIG & SR Ecociencia. Quito Ecuador*. Recuperado a partir de http://cordilleratropical.org/files/papers/Salgado_et_al_2007.pdf

- Shah, S. M. H., Yusof, K. W., Mustaffa, Z., & Mustafa, A. (2014). Concentration of Total Suspended Solids (TSS) Influenced by the Simulated Rainfall Event on Highway Embankment. *International Journal of Engineering and Technology*, 6(6), 493-496. <https://doi.org/10.7763/IJET.2014.V6.747>
- Tarras-Wahlberg, N. H., Flachier, A., Lane, S. N., & Sangfors, O. (2001). Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador. *Science of the Total Environment*, 278(1), 239-261.
- Test, P. P. S. N. (1998). Nitrate-nitrogen. *Recommended Chemical Soil Test Procedures*, 17.
- Tetzaguic Car, C. (2003). *Sistematización de la información de la calidad del agua del lago de Amatitlán, con parámetros que determinan su contaminación secuencial* (Disertación Doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos).
- Tomasso, J. R., Carmichael, G, L . (1986). Acute toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to the Guadalupe bass, *Micropterus dolomieu*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 36: 866-870.
- Torres, P., Cruz, C. H., Patiño, P., Escobar, J. C., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), 86–95.
- Trujillo, E., Fonseca, G., García, M. A., & Martínez, V. (2009). Evaluación de la Cromatografía Iónica para Fomentar su Uso en la Investigación y Estudios de Posgrado en Ciencias del Agua. *Formación Universitaria*, 2(1), 7–16. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062009000100003>

TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secuandaria) (2002). Anexo 1, Libro VI

TULSMA. Revisado Noviembre 12, 2002, en Propuesta:
<http://web.ambiente.gob.ec/?q=taxonomy/term/89/all>

USGS. (2013). Water Properties: pH. In The USGS Water Science School . Retrieved from <http://ga.water.usgs.gov/edu/ph.html>

USGS. (2006). Handbooks for Water-Resources Investigations. Chapter A4
COLLECTION OF WATER SAMPLES . Retrieved from
<http://ga.water.usgs.gov/edu/ph.html>

Velasco Arguello, P. del R. (2014). *Hydrologic responses to climatic change in Paute River Basin in Ecuador: A case study comparing SWAT (Solid and Water Assessment Tool) and WaterWorld*. Londres/King's College University of London/2014. Recuperado a partir de
<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/1667>

Washington State Department of Ecology. (1991). Chapter 3 – Streams: Total Suspended Solids and Turbidity in Streams. In A Citizen's Guide to Understanding and Monitoring Lakes and Streams. Retrieved from
<http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/management/joysmanual/streamtss.html>.

Vieira, E. María (2015). Variabilidad Espacial de la Concentración de Nitratos en el Embalse de Nova Ponte, Minas Gerais, Brasil, Por Medio de la Geoestadística y los Sistemas de Información Geográfica-SIG. Recuperado a partir de
https://www.researchgate.net/profile/Jose_Bezerra-Neto/publication/278679003.

ANEXOS

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M1



Descripción del sitio de muestreo

El punto de muestreo M1 ubicado en la cuenca alta del río Mazar está influenciado por la presencia de alpacas, su cobertura vegetal está constituida principalmente de bosque nativo y las áreas que poseen cultivos son mínimas. Durante el monitoreo se presencié el uso del agua para el lavado de ropa. Del punto de muestreo aguas abajo existe un pequeño criadero de truchas.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2770	-2,54594104	-78,69348535	145	8,15%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm		0,056	0,053	0,030	0,025	0,094	0,052
STS	mg/L		26,7	21,7	12,9	52,6	12,8	25,3
Temperatura	°C		12	13	12	12	13	14
pH			7	7,3	7	7,5	7,1	7,6

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M2



Descripción del sitio de muestreo

El punto M2, es un arroyo que presenta una zona extensa de bosque nativo. La temporada de lluvias no influye significativamente en el nivel del agua ni en el aspecto físico del agua en este punto. Este arroyo tiene contacto directo con el carretero antes de desembocar al río Mazar.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2706	-2,54673294	-78,68788417	148	39,65%

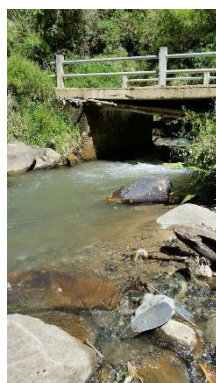
Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,032	0,043	0,046	0,029	0,013	0,144	0,046
STS	mg/L	25,2	32,4	41,8	18,1	55,4	22,2	32,5
Temperatura	°C	14	14	14	12	14	15	13,833
pH		7,1	7,5	7,2	7,7	7,3	7,8	7,433

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M3



Descripción del sitio de muestreo

El punto M3 está cubierto por un área extensa de bosque nativo, las zonas que se encuentran cultivadas son escasas, cuando se presentan fuertes precipitaciones es evidente la turbidez que se presenta en este punto. Esta zona también presente alta influencia por la presencia de alpacas, cerdos y patos aguas arriba.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2602	-2,54727331	-78,6797265	1861	19,33%

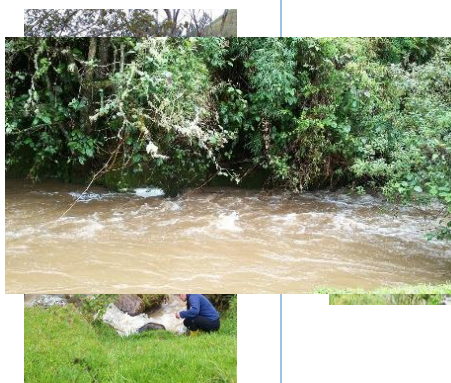
Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,030	0,071	0,075	0,057	0,064	0,109	0,060
STS	mg/L	29,5	15,9	16,4	14,3	279,5	14,4	61,7
Temperatura	°C	12	13	13	11	12	13	12,333
pH		7,4	7,2	7	7,6	7,2	7,8	7,367

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M5



Descripción del sitio de muestreo

Ubicado en la cuenca media del río Mazar se encuentra el punto de muestreo M5 el cual tiene una zona extensa de bosque nativo, también existen plantaciones forestales en una menor proporción y el área cultivada es mínima. Durante las fuertes precipitaciones el nivel del agua en este punto se incrementó considerablemente y la turbidez del agua fue evidente. Existe alta presencia de ganado.

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
Datos Generales				
Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2504	-2,54148505	-78,67100769	11291	8,22%

Fecha								
Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
Fecha								
Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm		0,042	0,027	0,030	0,054	0,102	0,051
STS	mg/L		114,0	432,2	18,3	5839,9	62,1	1293,3
Temperatura	°C		13	15	14	11	13	15
pH			7,3	7,5	6,8	7,7	6,7	7,9

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M6



Descripción del sitio de muestreo

En el punto M6 que es un arroyo ubicado en la cuenca media del río Mazar, aguas arriba tiene la presencia de áreas de pastoreo, además presenta un porcentaje de áreas cultivadas extensa y tiene una proporción menor de plantaciones forestales. Existe presencia de contaminación por fundas de detergente. Se encuentran altas cantidades de estiércol de ganado y el agua tiene alta presencia de sedimentos.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2633	-2,55342308	-78,67182761	34	61,99%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,347	0,421	0,336	0,283	0,178	0,265	0,305
STS	mg/L	76,8	65,2	72,1	51,5	119,8	195,3	96,8
Temperatura	°C	14	16	16	14	15	16	15,167
pH		7,2	7	7,1	7,5	7,3	7,7	7,3

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M7



Descripción del sitio de muestreo

El punto de muestreo M7 tiene un área cultivada extensa y posee una zona mínima de bosque nativo. Este punto está influenciado por la presencia de ganado en las cercanías a la toma de la muestra. En la fecha de monitoreo Jun-27 se presencié una deslave el cual modificó todo el punto de muestreo se presencié alta cantidad de sedimentos y de nitratos.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2637	-2,56452167	-78,66940338	15	77,49%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,063	0,037	0,043	0,044	0,035	0,340	0,094
STS	mg/L	312,3	71,1	94,4	43,7	99,3	97,3	119,7
Temperatura	°C	16	16	17	14	16	16	15,833
pH		7,1	7,4	7	7,6	7	7,8	7,317

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M8



Descripción del sitio de muestreo

El punto de monitoreo M8 se ubica en la cuenca media del río Mazar tiene la presencia grandes áreas de bosque nativo y de plantaciones forestales; aguas arriba de este punto se encuentra la presencia de ganado. La temporada de lluvias no provoca un incremento significativo de la cantidad del agua, sin embargo, causa que el agua se vuelva un poco turbia. No existe ningún tipo de cultivo cercano a este punto.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2684	-2,56588232	-78,67335715	126	41,04%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,020	0,028	0,035	0,058	0,020	0,044	0,034
STS	mg/L	18,9	21,0	12,7	41,3	88,7	15,5	33,0
Temperatura	°C	13	14	14	13	13	15	13,667
pH		7,3	7,5	7,1	7,6	7,2	7,8	7,417

CUENCA DEL RIO MAZAR

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M10



Descripción del sitio de muestreo

Descripción del sitio de muestreo

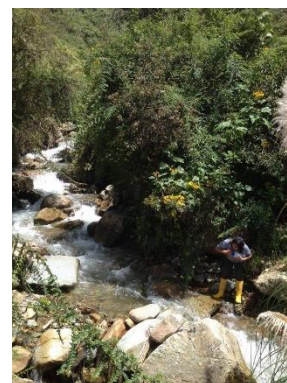
El punto de muestreo M10 presenta un porcentaje de áreas cultivadas importante y la mayor parte de su cobertura está conformada por bosque nativo. Este punto está influenciado aguas arriba por la presencia de bebederos animales y en épocas de lluvias no se evidencia un cambio significativo en la cantidad del agua o en su aspecto físico.

		2524		-2,57662708		-78,67247122		705		19,50%							
Datos Generales																	
		Latitud (m)		Longitud		Latitud		Área (ha)		% de área cultivada							
		2525		-2,57675096		-78,67234904		52		44,44%							
Parámetro		Unidades		Mar-22		Abr-25		May-16		May-30		Jun-13		Junio-27		Promedio	
Fecha																	
Parámetro		Unidades		Mar-22		Abr-25		May-16		May-30		Jun-13		Junio-27		Promedio	
NO3 - N		ppm		0,016		0,013		0,043		0,004		0,011		0,022		0,018	
STS		mg/L		1,2		20,7		23,3		226,6		75,6		14,8		60,4	
Temperatura		°C		15		15		16		13		14		15		14,667	
pH				7		7,1		7		7,3		7,2		7,4		7,167	

CUENCA DEL RIO MAZAR

Punto:

M11



Descripción del sitio de muestreo

El punto de muestreo M11 en el cual su cubierta vegetal está conformada principalmente de bosque nativo y zonas del cultivo de maíz y papas. Durante fuertes precipitaciones el nivel del agua aumenta notoriamente, presentando alta presencia de sedimentos y en la época de verano el nivel de agua disminuye.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2473	-2,58600713	-78,66240611	443	50,22%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,034	0,025	0,037	0,007	0,032	0,004	0,020
STS	mg/L	18,7	19,0	46,3	11,8	520,5	19,9	106,0
Temperatura	°C	14	16	15	13	14	14	14,333
pH		7,2	7,4	7	7,7	7,2	7,9	7,4

CUENCA DEL RIO DUDAS

Punto:

D1



Descripción del sitio de muestreo

El punto de muestreo D1 está ubicado en la cuenca alta del río Dudas, las personas que habitan en las cercanías, trasladan a su ganado a este sector para que se alimenten. En los días que se presentaron fuertes precipitaciones se observó cambio de color en el agua por la presencia de sedimentos y también el aumento del nivel del agua.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
3176	-2,59991	-78,7640644	247	63,72%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,064	0,051	0,106	0,04871	0,05982	0,04153	0,05786
STS	mg/L	2,93478	24,840	18,9221	19,0804	413	9,66666	81,407
Temperatura	°C	15	14	13	14	15	14	14,1666
pH		7,3	7	6,7	7,1	6,5	7,4	7

CUENCA DEL RIO DUDAS

Punto:

D2



Descripción del sitio de muestreo

El punto D2 es un arroyo ubicado en la cuenca alta del río Dudas cuya cobertura vegetal tiene un alto porcentaje de área cultivada. Durante el monitoreo se analizó la calidad del agua a 10 metros aguas arriba del punto del muestreo para demostrar que existe alta contaminación por la presencia de ganado en el área ya que se presentaron una concentración menor de nitratos.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
3100	-2,59797	-78,7484843	57	62,37%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,265	0,213	0,089	0,2079	0,1712	0,11927	0,1651
STS	mg/L	20	25,1396	12,5966	41,888	22,307	11,7204	22,275
Temperatura	°C	14	13	12	13	14	13	13,166
pH		6,9	7,3	6,8	7	7,4	7,6	7,1666

CUENCA DEL RÍO DUDAS

Punto:

D4



Descripción del sitio de muestreo

El punto D4 ubicado en la cuenca media del río Dudas está cubierto ampliamente de bosque nativo, cuando se presentan fuertes precipitaciones se puede observar que la apariencia del agua es turbia, además ocurrieron deslizamientos aguas arriba del área de muestreo por ampliación de carreteros.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2886	-2,60102141	-78,73346324	4410	26,74%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,026	0,027	0,067	0,025	0,014	0,021	0,026
STS	mg/L	6,6	4,6	19,1	12,3	2024,3	7,8	345,8
Temperatura	°C	12	13	12	13	12	13	12,5
pH		7,2	7,1	6,5	7,5	5	7,7	6,833

CUENCA DEL RIO DUDAS

Punto:

D5



Descripción del sitio de muestreo

En el punto de muestreo D5 se observó que existe un alto porcentaje de bosque nativo, a diferencia de la época seca cuando se presentan precipitaciones, el agua de este punto se ve afectada en su apariencia física presentándose con un color café bastante turbio y por la disminución del nivel del agua.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2895	-2,60199879	-78,73222302	504	19,90%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,038	0,062	0,105	0,069	0,049	0,034	0,053
STS	mg/L	8,5	12,7	24,7	12,0	106,3	8,6	28,8
Temperatura	°C	12	13	11	13	13	14	12,666
pH		7,4	7,5	7,1	7,6	7,2	7,8	7,433

**CUENCA DEL RIO DUDAS
CUENCA DEL RIO DUDAS**

Punto:

D7



Descripción del sitio de muestreo

El punto D7 el cual es afectado aguas arriba por la presencia de una minera, además es evidente en las fotografías el cambio en la apariencia física del agua entre el periodo seco y el lluvioso en el cual el color del agua es bastante turbio.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2845	-2,59666102	-78,72201485	5141	26,55%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,023	0,024	0,085	0,029	0,050	0,007	0,036
STS	mg/L	5,7	8,2	105,0	3,4	188,9	7,0	53,0
Temperatura	°C	11	13	11	13	12	12	12
pH		7	6,9	7,2	7,1	6,9	7,7	7,133

CUENCA DEL RIO DUDAS

Punto:

D9



Descripción del sitio de muestreo

El punto D9 posee un área extensa de bosque nativo y un porcentaje mínimo de zonas cultivada. Este punto está influenciado por la presencia de ganado en sus riveras.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2840	-2,59697078	-78,71987899	456	11,75%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,107	0,132	0,192	0,141	0,126	0,003	0,104
STS	mg/L	4,4	6,7	2,7	7,2	60,4	4,5	14,3
Temperatura	°C	11	12	10	11	11	12	11,167
pH		7,3	7,1	7	7,5	6,9	7,5	7,217

CUENCA DEL RIO DUDAS

Punto:

D10



Descripción del sitio de muestreo

En el punto D10 existen actividades como el uso de agua para consumo animal, higiene personal, lavado de ropa y autos. Su cobertura vegetal es principalmente de bosque nativo y plantaciones forestales.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2845	-2,59666885	-78,71119515	348	11,07%

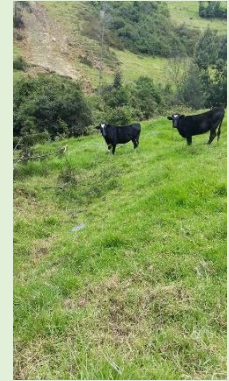
Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,044	0,046	0,070	0,044	0,029	0,002	0,039
STS	mg/L	2,5	16,1	16,1	45,9	95,2	11,0	31,1
Temperatura	°C	12	13	12	13	12	12	12,333
pH		7	7,3	7,1	7	6,9	7,5	7,133

CUENCA DEL RIO DUDAS

Punto:

D11



Descripción del sitio de muestreo

El punto D11 presenta un porcentaje de área cultivada mínimo con la presencia de precipitaciones el nivel del agua aumenta considerablemente y se presencia alta concentración de sedimentos. En este punto se realizan actividades de pastoreo.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2679	-2,60772914	-78,68923078	7321	26,15%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,029	0,032	0,101	0,042	0,043	0,003	0,042
STS	mg/L	5,5	5,5	51,3	2,9	254,9	5,2	54,2
Temperatura	°C	12	13	12	13	12	13	12,5
pH		7,4	7,6	7,2	7,5	6,9	7,7	7,383

CUENCA DEL RIO DUDAS

Punto:

D12



Descripción del sitio de muestreo

En la cuenca baja se encuentra el punto D12 que se encuentra influenciado por un alto porcentaje de áreas cultivadas, el nivel de agua no aumento durante el monitoreo y tampoco presento alta turbidez.

Datos Generales

Latitud (m)	Longitud	Latitud	Área (ha)	% de área cultivada
2683	-2,60754043	-78,68903104	14	79,18%

Fecha

Parámetro	Unidades	Mar-22	Abr-25	May-16	May-30	Jun-13	Junio-27	Promedio
NO3 - N	ppm	0,059	0,047	0,049	0,047	0,039	0,004	0,041
STS	mg/L	6,7	10,9	12,1	23,6	35,9	4,2	15,6
Temperatura	°C	14	14	13	14	14	15	14
pH		7,2	7	6,9	7	7,1	7,3	7,083