



Instituto de
Posgrado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**CALIDAD DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN EL RÍO
CHICO, CANTÓN TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI**

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del título de Magíster en Gestión
Integral de Cuencas Hidrográficas**

AUTOR:

Ing. Johana Gabriela Narváez Nazate

DIRECTOR:

Ing. Eleonora Melissa Layana Bajaña MSc.

IBARRA - ECUADOR

2021

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgencita de la Lajas por la salud, trabajo y estudios de especialización realizados a lo largo de mi vida.

A mi adorado hijo Daniel, mi inspiración diaria, quien ha sido el pilar fundamental de mi superación personal y es la razón para mejorar profesionalmente.

A mis queridos y amados padres Ligia y Daniel, quienes han estado siempre presentes, velando por mi bienestar, mi salud y sobre todo por mi educación como un pilar fundamental en todo momento.

A ellos mi agradecimiento eterno lleno de amor y admiración por el apoyo, paciencia y consejos que me han brindado a lo largo de mi carrera profesional.

A mi hermana Fernanda por su ayuda constante, apoyo incondicional y por todas las experiencias y momentos que hemos vivido y compartido.

A mi esposo Jefferson, por su colaboración y paciencia en el desarrollo de la presente investigación.

A mi familia le dedico mi esfuerzo, mi sacrificio y mis largas horas de estudio que hoy son la recompensa del camino al éxito.

A todos ustedes mi mayor agradecimiento.

Johana

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por haberme dado la vida, fortaleza y sabiduría necesaria para culminar mi especialización como una etapa más en mi carrera profesional.

A la Universidad Técnica del Norte y a los docentes del Instituto de Posgrado doy gracias por haberme compartido sus conocimientos y enriquecer mi aprendizaje de especialización.

A la MSc. Melissa Layana y al MSc. Gabriel Jácome quienes transmitieron sus conocimientos y estuvieron prestos en colaborarme, guiarme y resolver cualquier inquietud para culminar el presente estudio.

A la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T) por toda la información proporcionada para ejecutar la presente investigación.

Finalmente, quiero agradecer a mis compañeros que se convirtieron en grandes y buenos amigos, por todas las experiencias, instantes y anécdotas que compartimos.

A ustedes gracias de corazón.

Johana

ACEPTACIÓN DE TRABAJO

Ibarra, 15 de julio del 2021

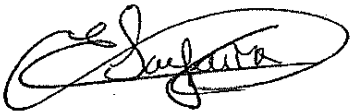
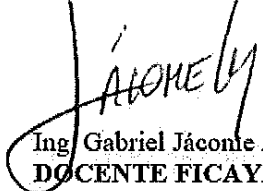
Dra. Lucía Yépez
Directora
Instituto de Postgrado

ASUNTO: Conformidad con el documento final

Señora Directora:

Nos permitimos informar a usted que revisado el Trabajo final de Grado “CALIDAD DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN EL RÍO CHICO, CANTÓN TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI” de la maestrante Johana Gabriela Narváez Nazate, de la Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, certificamos que han sido acogidas y satisfechas todas las observaciones realizadas.

Atentamente,

	Apellidos y Nombres	Firma
Tutor/a	MSc. Eleonora Melissa Layana Bazaña	
Asesor/a	MSc. Gabriel Alexis Jácome Aguirre	 Ing Gabriel Jácome A. DOCENTE FICAYA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040157995-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Narváez Nazate Johana Gabriela		
DIRECCIÓN:	Cdla. Parque Artesanal, ciudad de Tulcán		
EMAIL:	johagann@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	06 2960 090	TELÉFONO MÓVIL:	0987953228

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Calidad de agua y estrategias de conservación en el río Chico, cantón Tulcán, provincia del Carchi
AUTOR (ES):	Ing. Johana Narváez
FECHA: DD/MM/AAAA	19 de agosto de 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	☐ PREGRADO ☒ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Gabriel Alexis Jácome Aguirre, MSc Ing. Eleonora Melissa Layana Bajaña, MSc

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 19 días del mes de agosto de 2021.

EL AUTOR:

Narváez Nazate Johana Gabriela

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	
RESUMEN	
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1. Problema de investigación	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación	3
CAPITULO II.....	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1. Marco teórico	5
2.1.1. Cuencas hidrográficas	5
2.1.2. Calidad de agua	7
2.1.3. Conservación de las cuencas hidrográficas	9
2.2. Marco legal	10
CAPITULO III	14
MARCO METODOLÓGICO	14
3.1. Descripción del área de estudio	14
3.2. Enfoque y tipo de investigación.....	16
3.3. Procedimientos.....	16
3.4. Consideraciones bioéticas.....	27
CAPITULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28

4.1. Fase 1: Diagnóstico de la situación actual del río Chico, considerando los factores ambientales, políticos, económicos y sociales.	28
4.2. Fase 2: Determinación de la calidad de agua del río Chico mediante un análisis físico-químico y microbiológico de su recurso hídrico.	43
4.3. Fase 3: Propuesta de acciones que contribuyan con el manejo adecuado del recurso hídrico.	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS	57
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de puntuación de la importancia y valores asignados	17
Tabla 2. Características de la importancia del impacto ambiental	17
Tabla 3. Clasificación y caracterización de los impactos ambientales	19
Tabla 4. Cruce de variables en mapa de actores	20
Tabla 5. Valores estándar, ideal y k	23
Tabla 6. Valores estándar, ideal y unidad de peso	24
Tabla 7. WQI y sus estados de calidad de agua	24
Tabla 8. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico	25
Tabla 9. Criterios de calificación de acuerdo a la influencia	25
Tabla 10. Criterios para clasificar los problemas	26
Tabla 11. Estructura de la matriz de marco lógico	27
Tabla 12. Caracterización de los impactos ambientales	28
Tabla 13. Clasificación de los impactos ambientales	29
Tabla 14. Matriz de interés	32
Tabla 15. Matriz de influencia y confianza	32
Tabla 16. Matriz de relación	33
Tabla 17. Aforo del caudal del río Chico (época seca)	36

Tabla 18. Caudales de las zonas funcionales del río Chico (época seca).....	36
Tabla 19. Aforo del caudal del río Chico (época lluviosa).....	37
Tabla 20. Caudales de las zonas funcionales del río Chico (época lluviosa)	37
Tabla 21. Puntos de muestreo en el río Chico	44
Tabla 22. Criterios de calidad de agua del río Chico en época de lluvia	47
Tabla 23. Criterios de calidad de agua del río Chico en época de estiaje	48
Tabla 24. Problemáticas en el río Chico.....	49
Tabla 25. Marco lógico del río Chico.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Chico.....	14
Figura 2. Cruce de variables en el plano cartesiano.....	31
Figura 3. Mapeo de actores en el río Chico.....	34
Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica San Gabriel.	36
Figura 5. Caudales del río Chico en lt/s	38
Figura 6. Mapa de la zonificación en función de la elevación de la cuenca del río Chico.....	40
Figura 7. Mapa de la cobertura y uso del suelo del río Chico	41
Figura 8. Mapa de la erosión de suelo del río Chico.....	42
Figura 9. Mapa de los puntos de muestreo en el río Chico	44
Figura 10. Calidad de agua del río Chico.....	45
Figura 11. Matriz de Vester en el río Chico	50

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTION INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS

CALIDAD DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN EL RÍO
CHICO, CANTÓN TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI

Autor: Johana Gabriela Narváez Nazate

Tutor: Eleonora Melissa Layana Bajaan

Año: 2021

RESUMEN

La problemática de las cuencas hidrográficas se relaciona con el uso intensivo de los recursos naturales empleados en las actividades económicas (agricultura, ganadería, piscicultura), la implantación de fábricas industriales y viviendas sin tratamiento residual y la ocupación sin directrices de ordenamiento territorial, esto genera la necesidad de realizar esta investigación con el fin de evaluar los impactos ambientales, analizar la calidad de agua y proponer acciones que contribuyen a la conservación del río Chico. En este estudio se utilizó la matriz de Leopold para sistematizar la observación directa y evidenciar la contaminación asociada con las actividades antropogénicas de la población local, el mapeo de actores generó información de los intereses y la relación entre las personas involucradas, la cuantificación del caudal indicó la variación en el suministro de agua, los mapas temáticos generaron datos del área total de la cuenca y sustentan la pérdida de cobertura vegetal y la erosión del suelo, los análisis físico-químicos y microbiológicos puntuales permitieron el cálculo del índice de calidad de agua (ICA) y evidenció la buena calidad de agua en la zona alta y media y la mala calidad de agua en la zona baja del cuerpo de agua, el cumplimiento de los criterios establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 señaló los parámetros que sobrepasan y deben ser tratados, la matriz de Vester identificó, categorizó y

priorizó los problemas encontrados, y la matriz de marco lógico generó actividades a corto, mediano y largo plazo que mitigan los problemas identificados. Esta investigación es fundamental para identificar, planificar y ejecutar obras de captación de agua que conserven el agua y aseguren la vida de los seres vivos.

Palabras clave: agua, impactos, actores, caudales, calidad.

ABSTRACT

The environmental watershed issues are related to the intensive use of natural resources such as agriculture, livestock, fish farming, implementation of industrial factories and households without residual treatment and occupation without territorial planning guidelines. This generates the need to investigate environmental impacts, analyze water quality and propose actions that contribute to the conservation. In this study, the Leopold matrix systematized direct observation and evidenced the contamination associated with the anthropogenic activities of the local population within the watershed of Chico River. The mapping of actors generated information on the interests, influences and relationships of the people involved. The quantification of the flow indicated the variation in the water supply. The maps generated information on the total area, loss of vegetation cover and soil erosion. The physical, chemical, and microbiological analyzes allowed the calculation of the water quality index (ICA) that showed the good quality of water in the upper and middle zone and the poor water quality in the lower zone of the body of water. The compliance of the criteria stipulated in Ministerial Agreement 097 indicated the parameters that exceed the established limits and must be treated. The Vester's matrix identified and categorized the problems found according to the performed activities in the study site and prioritized the effects to prevent the appearance of new problems; and the logical framework matrix generated actions and activities in the short, medium and long term that mitigate the problems identified. Therefore, this research is essential to identify, plan and execute water catchment works that conserve water and ensure the life of living beings.

Keywords: water, impacts, actors, flows, quality.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Problema de investigación

La problemática de las cuencas hidrográficas en zonas altas se basa principalmente en los usos agrícolas, piscícolas, industriales y domésticos, en la ocupación sin directrices de planificación para el ordenamiento territorial y en la sobreexplotación de los recursos naturales (Aguilar, 2007). Las actividades agropecuarias son la principal fuente de ingreso de las comunidades asentadas en territorios cercanos a las cuencas; sin embargo, sus prácticas no cuentan con lineamientos de manejo técnico, lo que ocasiona degradación ambiental (Innovativa-ESPE, 2014a).

Los cambios en el uso de suelo generan problemas ambientales tales como: erosión, cambios en los cursos del agua, producción de aguas residuales, desechos de las cosechas y animales (Sarandón y Folres, 2014). El deterioro de las cuencas afecta la provisión de servicios ecosistémicos como procesos de producción y regulación hídrica, biodiversidad, paisajes y retención de suelos (Caballero, 2014).

El río Chico ubicado en la parroquia Tufiño, cantón Tulcán, provincia del Carchi, afronta problemas derivados principalmente del aumento de actividades antrópicas de la población local (piscícolas, agricultura y ganadería), escasas ordenanzas municipales en conservación, uso inadecuado del recurso hídrico, baja concienciación ambiental en las comunidades y falta de proyectos enfocados en la protección de cuencas, contribuyendo a la acelerada degradación de los ecosistemas y creando comunidades insostenibles, lo que desencadena en la reducción de la disponibilidad de agua potable para los habitantes de la ciudad de Tulcán (Consultora QUIMOSA, 2020).

Las cuencas hidrográficas son unidades político-administrativas con diferentes intereses ambientales, económicos y sociales, las cuales requieren de una verdadera planificación en el uso de los recursos naturales y territorio de las cuencas (Cando, 2014). Siendo necesaria la aplicación del índice de calidad de agua en la microcuenca del río Chico para conocer el estado actual del recurso hídrico y la implementación de medidas que mitiguen los

impactos y contribuyan a la conservación del ecosistema para poder satisfacer las necesidades básicas de los habitantes.

1.2. Antecedentes

Ramírez (2015) en su trabajo de investigación titulado “Alternativas de Manejo Sustentable de la Subcuenca del río Pitura, provincia de Imbabura, Ecuador” identifica como principales problemas de la zona de estudio: la falta de planificación en el ordenamiento territorial y uso del suelo que han provocado el incremento del área de intervención y la disminución de los ecosistemas naturales, la falta de manejo en las actividades productivas y la dependencia económica hacia la ganadería por parte de los pobladores, por lo cual, propone diferentes programas o acciones que contribuyen a la solución de los problemas presentes en la subcuenca y generan una propuesta de conservación integral de los recursos naturales que mejore la administración, manejo y protección de los ecosistemas, y el desarrollo de las comunidades.

Por otra parte, López (2013) en su estudio “Análisis del Manejo de Cuencas como herramienta para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Naturales” implementa esquemas de pago por servicios ambientales hídricos para proteger la vegetación en zonas de recarga hídrica, y permite comprender la conectividad hídrica que existe entre cuencas, municipios, áreas naturales protegidas, áreas productivas y la infraestructura para el desarrollo sustentable, con la finalidad de promover la preservación y conservación de la cuenca a través de la ejecución de proyectos estratégicos territoriales y no acciones sectoriales aisladas y dispersas que promueven ganancias individuales. Este manejo de cuencas se enfoca en la planificación del uso del suelo, conservación del área de captación que abastece de agua, identificación de los sitios donde se presentan inundaciones para evitar construcciones, implementación de acciones que promuevan la preservación del suelo y agua desde las partes altas de los cerros hasta los puntos de descarga de los ríos, regulación de los servicios ambientales a nivel de la cuenca y el sostenimiento de los sistemas vivos.

La ejecución del proyecto “Estudios de evaluación, diagnóstico y diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillados Sanitario y Pluvial de la ciudad de Tulcán”

(Consultora QUIMOSA, 2020) proporcionó una base de datos relacionada con la microcuenca río Chico de la parroquia Tufiño, contemplando memoria técnicas, planos, especificaciones técnicas, plan de manejo ambiental, presupuestos y modelo de gestión de los sistemas.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad de agua del río Chico con el fin de establecer estrategias de conservación que aseguren el abastecimiento de agua para los habitantes de la ciudad de Tulcán, cantón Tulcán, provincia del Carchi.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del río Chico, considerando factores ambientales, políticos, económicos y sociales.
- Determinar la calidad de agua del río Chico mediante un análisis físico-químico y microbiológico de su recurso hídrico.
- Proponer acciones que contribuyan con el mantenimiento del recurso hídrico.

1.4. Justificación

La presente investigación se enfoca en la conservación del río Chico ubicado en la parroquia Tufiño, cantón Tulcán, provincia del Carchi, cuya importancia se basa en la aplicación de acciones que minimicen el impacto de las actividades antropogénicas, garantizando el suministro de agua potable para los habitantes de la ciudad de Tulcán y satisfaciendo las necesidades básicas, actividades productivas y ganaderas de la población local.

Según lo especificado en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 (SENPLADES, 2017), el presente trabajo de investigación aporta fundamentalmente con los objetivos basados en garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas, derechos de la

naturaleza para las actuales y futuras generaciones, la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria, y el desarrollo de capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural.

El trabajo de titulación está enmarcado en la ejecución del proyecto “Estudios de evaluación, diagnóstico y diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillados Sanitario y Pluvial de la ciudad de Tulcán” (Consultora QUIMOSA, 2020) financiado por el GAD Municipal de Tulcán y el Banco de Desarrollo.

Finalmente, el presente trabajo de investigación contribuye con la novena línea de investigación de la UTN que se basa en la gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. Cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por las partes más altas de montañas (parteaguas) donde se concentran los escurrimientos (arroyos o ríos) que desembocan en un punto llamado salida, que puede ser un lago (cuenca endorreica) o el mar (cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y leyes) (Cotler, Galindo, González, Pineda y Ríos, 2013).

Las cuencas hidrográficas permiten entender el ciclo hidrológico y cuantificar los impactos ocasionados por las actividades humanas a lo largo de la red hídrica, causando afectación positiva o negativamente en la calidad y cantidad del agua, en la capacidad de adaptación de los ecosistemas y en la calidad de vida de los habitantes (Cotler et al., 2013).

Según Araque, Vásconez, Mancheno, Álvarez, Prehn, Cevallos y Ortiz (2019) las cuencas hidrográficas son utilizadas como unidades de planificación para los recursos hídricos. En Ecuador se utiliza el concepto de demarcación hidrográfica, que es definido por la Unión Europea como “la zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas”.

En las cuencas hidrográficas existen componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos que funcionan a través de:

- La función ambiental: constitución de sumideros de CO₂, albergue de bancos de germoplasma, regulación de la recarga hídrica, conservación de la biodiversidad y mantenimiento de la diversidad de los suelos.

- La función ecológica: provisión de hábitat para la fauna y flora, e influye sobre la calidad física y química del agua.
- La función hidrológica: drenaje del agua de la precipitación, recarga las fuentes de agua subterránea y recarga las fuentes de agua superficial.
- La función económica: suministrar de recursos naturales renovables y no renovables, proveer de espacio para el desarrollo social y proveer de espacio para el desarrollo cultural (Araque et al., 2019).

Las cuencas hidrográficas proveen el líquido vital a todos seres vivos e influyen directamente en las necesidades básicas y en el desarrollo de las actividades humanas (productivas, ganaderas, industriales), garantizando la calidad y cantidad del recurso hídrico.

2.1.1.1.Zonas funcionales

Garrido, Pérez y Enríquez (2010) mencionan tres zonas funcionales en el interior de una cuenca:

- Zona de captación o cuenca alta: áreas aledañas a la divisoria de aguas en la parte más elevada de la cuenca, en este sitio se forman los primeros escurrimientos (arroyos) que son absorbidos y retenidos según la capacidad de los suelos.
- Zona de almacenamiento o cuenca media: confluyen los escurrimientos iniciales aportando caudales con diferentes concentraciones de sedimentos, contaminantes y materia orgánica en función de las actividades que se realizan en cada subcuenca.
- Zona de descarga o cuenca baja: el río principal desemboca en el mar o lago, y se caracteriza por ser un área productiva donde se acumulan los impactos de toda la cuenca.

Las zonas funcionales de la cuenca ayudan a evaluar por etapas los impactos ocasionados por la sobrepoblación y el crecimiento de las actividades antrópicas, reduciendo así la autodepuración de los ríos, arroyos y vertientes.

2.1.1.2. Factores que contaminan las cuencas hidrográficas

Cotler et al. (2013) manifiestan que en México y otros lugares del mundo existen varios factores que afectan al medio ambiente, entre éstos tenemos: la creciente contaminación de los suelos y del agua, la pérdida de la biodiversidad, la alteración del régimen hidrológico, la reducción de los niveles de agua subterránea y la disminución de recursos naturales.

Los cambios de temperatura, precipitación y escurrimiento afectan la dinámica hidrológica que conlleva el aporte de agua disponible para las actividades productivas, el consumo humano y la ocurrencia de eventos extremos (sequías e inundaciones). La pérdida de vegetación natural permite conocer el estado ambiental de las cuencas hidrográficas y la posibilidad de que éstas otorguen servicios ambientales (Cuevas, Garrido, Pérez y González, 2010).

La conservación y el buen manejo de nuestro patrimonio natural mitigan los problemas presentados en las cuencas y generan un desarrollo sustentable en el futuro próximo. También es importante cambiar la visión administrativa-política del territorio por una más ecosistémica que permita relacionar a los grupos humanos con el ambiente de manera armónica y con una visión integrada de los problemas (Cotler et al., 2013).

La creciente contaminación de los recursos naturales afecta directamente la biodiversidad y el suministro de agua, desencadenando la disminución de los servicios ambientales (aire puro, agua limpia y accesible, suelos fértiles, alimentos nutritivos y abundantes, etc.) que garantizan la calidad de vida.

2.1.2. Calidad de agua

Araque, Vásconez, Mancheno, Álvarez, Prehn, Cevallos y Ortiz (2019) manifiestan que la calidad del agua son las características químicas, físicas y biológicas de una muestra de agua con sus respectivas directrices o estándares. Esta calidad de agua se divide en diversos parámetros que tienen mayor o menor importancia de acuerdo al uso que se pretende dar a la misma.

La calidad del agua sin la acción humana está determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica, los nutrientes del suelo, los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua (Araque et al., 2019).

Según Araque et al. (2019) el deterioro de la calidad del agua es causado principalmente por el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y el cambio climático. La calidad del agua no es estática, por lo tanto, cambia durante el ciclo hidrológico y el proceso de dotación de agua.

La calidad de agua es un factor importante para determinar los diferentes usos del líquido vital y está directamente relacionada con las diversas actividades que realizan las personas aledañas a las cuencas hidrográficas.

2.1.2.1. Índice de calidad de agua

Aigberua y Tarawou (2019) mencionan que la evaluación cuantitativa y cualitativa de los parámetros físicos y químicos del agua de los cuerpos superficiales es fundamental para identificar alteraciones en la calidad de agua a lo largo de arroyos y ríos interiores que reciben escorrentías municipales y efluentes industriales. Las características del cuerpo de agua ayudan en la gestión y conservación de la cuenca hídrica.

Para determinar la calidad del agua es necesario analizar varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, para posteriormente compararlos con los respectivos límites de estandarización regulatoria y generar un valor único que representa el estado de la calidad de una fuente de agua (Aigberua y Tarawou, 2019).

Según Aigberua y Tarawou (2019) para calcular el índice de calidad del agua (WQI) es fundamental la elección de los parámetros fisicoquímicos, el cálculo de subíndices, la asignación de parámetros paramétricos ponderaciones y la suma de subíndices para determinar un índice general. El índice de calidad del agua describe la influencia combinada de diferentes aguas y los parámetros de calidad para determinar el estado de la calidad.

Los parámetros fisicoquímicos utilizados en el índice de calidad son: la conductividad (propiedad para conducir el paso de corriente), los sólidos disueltos totales (suma de las concentraciones de minerales, sales, metales, cationes y aniones disueltos en el agua), el pH (alcalinidad o acidez del agua), la alcalinidad (capacidad de neutralizar los ácidos), la dureza (presencia de iones de calcio e iones de magnesio disueltos en agua, sin dejar de mencionar otros cationes como el aluminio y hierro), el oxígeno disuelto (elemento necesario para todas las formas de vida), el cloruro (indicador de contaminación debido a la acción del hombre), los nitratos (ciclo del nitrógeno de suelo y plantas superiores) y la demanda bioquímica de oxígeno (cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable) (Araque et al., 2019).

La aplicación del índice contribuye a la identificación de la dinámica del espacio y tiempo en la calidad del agua mediante el uso términos como excelente, buena, mala, muy mala, entre otros. Los índices es uno de los métodos más simplificados para comunicar la clasificación de la calidad del agua al público en general o las autoridades (Aigberua y Tarawou, 2019). Esta metodología permite obtener resultados cuantificables del estado de agua que tienen los diferentes cuerpos de agua con la finalidad de contribuir al manejo, gestión y conservación del recurso hídrico.

2.1.3. Conservación de las cuencas hidrográficas

Cotler, Galindo, González, Pineda y Ríos (2013) manifiestan que el manejo de cuencas hidrográficas es integrado y permite analizar, planear y actuar sobre el conjunto de componentes (suelo, agua, biodiversidad, gente) para mejorar la calidad y cantidad de agua, conservar los suelos y fortalecer la preservación de recursos naturales.

La gestión de las cuencas hidrográficas inicia cuando los habitantes locales conocen los servicios ecosistémicos de la cuenca (funciones propias desde las zonas más altas hasta las zonas de emisión) y se visualizan como generadores de impactos en las partes bajas, con la finalidad de satisfacer las necesidades actuales y sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (Cotler et al., 2013).

Según Cotler et al. (2013) el manejo de cuencas es un proceso adaptativo que se basa en las experiencias de la población local y en la información científica, entre las principales estrategias tenemos:

- Conservar y manejar el entorno natural a través de la determinación de caudales ecológicos y análisis de necesidades sociales y ambientales.
- Promover la planificación y acción participativa frente a las situaciones dinámicas de la cuenca.
- Fomentar procesos de análisis y solución de los problemas considerando los saberes de la población local.
- Promover la conservación de los servicios ecosistémicos mediante la aplicación de sistemas de compensación.
- Establecer procesos de corresponsabilidad y fomentar la cooperación, articulación y coordinación de los actores y grupos de interés.
- Desarrollar sistemas de monitoreo que permitan evaluar la planificación.
- Desarrollar programas de educación, capacitación y comunicación aplicando medios y tecnologías adecuadas para cada caso (Cotler et al., 2013).

Las estrategias que contribuyen al manejo adecuado de las cuencas hidrográficas se basan en la conservación y manejo apropiado del entorno natural, el análisis de soluciones considerando a la cuenca como un sistema complejo, la conservación de servicios ecosistémicos a través de un sistema de compensación (fondo), la coordinación y cooperación de grupos de interés (instituciones, organizaciones, municipios, comunidades) para solucionar problemas, el monitoreo y la evaluación de las actividades antropogénicas, la toma de decisiones, y la educación, capacitación y comunicación del plan de manejo a los diversos actores involucrados.

2.2. Marco legal

Los instrumentos legales que aportan al presente trabajo de investigación y orientan su desarrollo, se describen a continuación:

La *Constitución de la República del Ecuador* (2008) en su artículo 12, establece que el agua es esencial para la vida y su uso es público. En el artículo 282, prohíbe la privatización del agua y sus fuentes. En el artículo 376, indica que las municipalidades podrán expropiar áreas para el desarrollo futuro y la conservación del ambiente. En el artículo 398, señala que toda decisión que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad. En el artículo 411, menciona que el Estado es la entidad encargada de regular toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua* (2014) en su artículo 12, establece que el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y riego, los consumidores y usuarios son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos. En el artículo 14, menciona que el Estado es la entidad encargada de regular las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua en las zonas de protección hídrica que abastecen de agua para consumo humano y riego.

La *Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales* (2018) en su artículo 13, establece que las tierras rurales con ecosistemas frágiles (páramos, manglares, bosques primarios, humedales u otros) no podrá ampliar la frontera agrícola. En el artículo 50, menciona que no se permitirá el avance de la frontera agrícola en los páramos no intervenidos que se encuentren sobre los 3300 metros de altitud sobre el nivel del mar.

El *Código Orgánico de Ambiente* (2017) en su artículo 5, establece el manejo sostenible de los ecosistemas frágiles y amenazados (páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros) y la conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos. En el artículo 30, menciona la implementación de un enfoque integral que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y recursos hídricos.

El *Código Orgánico de Organización Territorial* (2010) en su artículo 42, establece que el gobierno autónomo descentralizado provincial en coordinación con el gobierno regional y

los demás gobiernos autónomos descentralizados tienen la competencia para ejecutar obras en cuencas y microcuencas. En el artículo 132, prohíbe la privatización del agua y promueve el fortalecimiento de alianzas público-comunitarias para la gestión de las cuencas hidrográficas. En el artículo 137, menciona que los gobiernos autónomos descentralizados municipales en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados regional y provincial serán los encargados del mantenimiento de cuencas hidrográficas que proveen de agua para consumo humano.

El *Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento* (2015) en su artículo 54, establece que las aguas superficiales (ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales), aguas subterráneas, fuentes de agua, cuencas hidrográficas y sus desembocaduras, humedales marinos costeros y aguas costeras son de dominio hídrico público. En el artículo 70, indica que los propietarios de predios con fuentes de agua y los usuarios están obligados a cumplir las regulaciones técnicas establecidas por la Agencia de Regulación y Control del Agua. En el artículo 71, señala que la Secretaría del Agua es la entidad encargada de declarar áreas de protección hídrica con fines de abastecimiento humano o soberanía alimentaria.

El *Reglamento del Código Orgánico de Ambiente* (2019) en su artículo 5, establece los lineamientos ambientales para el ordenamiento territorial en términos de cobertura vegetal, vida silvestre, cuencas hidrográficas, ecosistemas frágiles y áreas bajo mecanismos de conservación y uso sostenible en la zona urbana y rural. En el artículo 285, menciona las funciones de bosques y vegetación protectora para preservar cuencas hidrográficas y conservar la biodiversidad.

La *Norma de Calidad de Agua y Descarga de Efluentes: Recurso Agua* (2015) en su literal 4.1, establece los criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, y los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre.

La *Ordenanza de Constitución de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán, EPMAPA-T* (2010) en su artículo 4, establece como objetivo principal la prestación eficiente de los servicios de agua potable, alcantarillado, saneamiento ambiental y conservación de fuentes hídricas del cantón Tulcán.

La Ordenanza que regula la Determinación, Recaudación y Administración de las Tasas por los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Conservación de Fuentes y Recolección de Basura para la Ciudad de Tulcán (2014) en su artículo 5, establece la aplicación de la tasa de agua potable, alcantarillado y recolección de basura, saneamiento ambiental y conservación de fuentes de agua.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

El río Chico se encuentra ubicado en la parroquia rural de Tufiño, cantón Tulcán, provincia del Carchi (Figura 1); localizada en el páramo de frailejones en las coordenadas UTM Este 183436 y Norte 85838, a una altitud de 3950 msnm, Zona 17 S. El cauce del río tiene 6.2 m de ancho y 1.80 m de profundidad, con rocas grandes, ramas caídas y aguas ligeramente cristalinas.

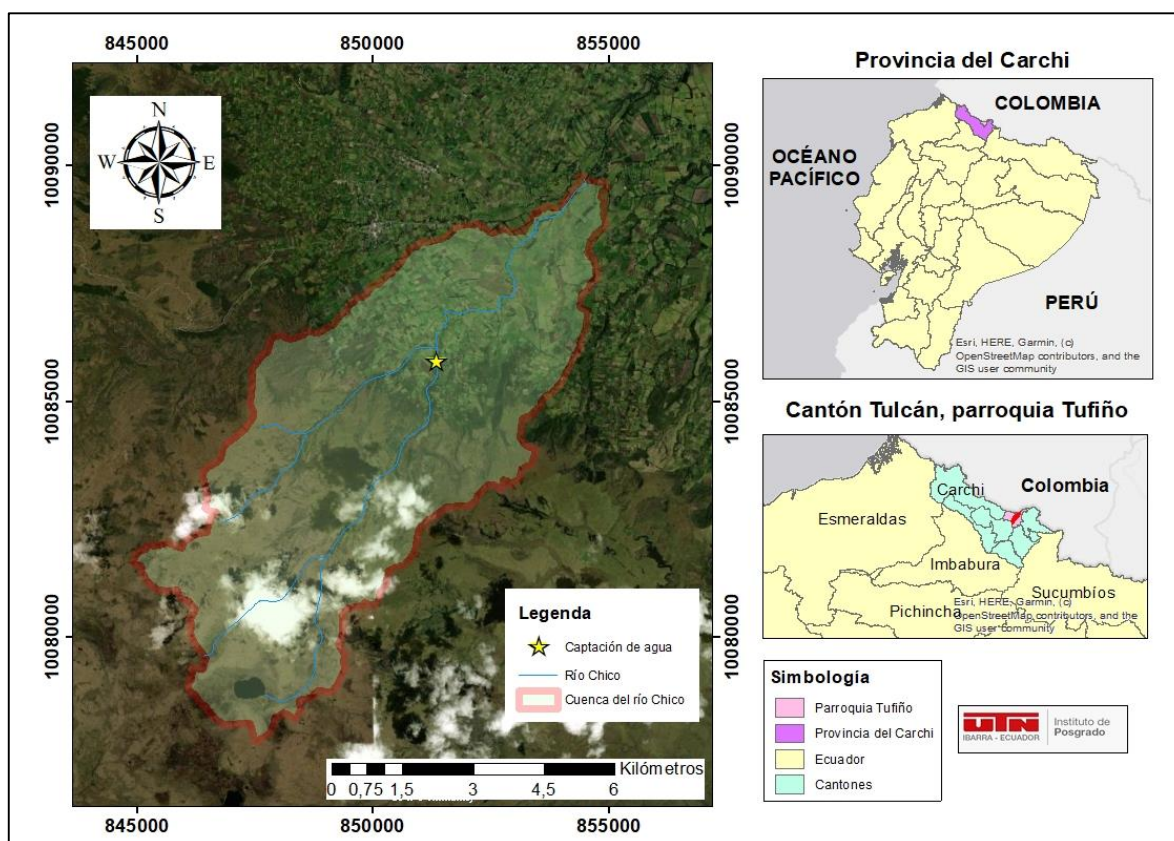


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Chico

El área de estudio mantiene temperaturas promedio que van desde 4° C hasta 8° C. La precipitación media varía entre 800.0 mm y 2000.0 mm, siendo generalmente de larga duración pero de baja intensidad. El relieve de la zona de estudio es bastante irregular debido a la presencia de la zona Interandina, estibaciones de la Cordillera Occidental y zona de Conos de Esparcimiento. Posee una vegetación característica de páramo en la parte

alta y en la parte media baja existen grandes extensiones de pastos y pequeñas áreas de cultivo de papas (Consultora QUIMOSA, 2020).

Gran parte del territorio parroquial de Tufiño no puede ser cultivable ni apto para fines agrícolas y ganaderos por su pendiente. Existen zonas arables generalmente aptas para agricultura y otros usos con moderadas y severas limitaciones, zonas no arables aptas para cultivos permanentes y aprovechamiento forestal, y tierras no arables generalmente aptas para uso forestal.

En el río habitan especies faunísticas que se encuentran en estrecha relación con el medio físico, el clima y la vegetación (dieta alimenticia). Se caracteriza principalmente por la presencia de aves con mayor número de especies (rayito brillante, colibríes, tangaras), diversidad de mamíferos (carnivora y rodentia), herpetofauna (*Gastrotheca espeletia*, *Riama simoterusson* y *Pristimantis buckleyi*). Todas las especies son de hábitos herbáceos y arbustivos; los sustratos preferidos son las achupallas secas y pajonales (Consultora QUIMOSA, 2020).

En el aspecto florístico se evidencia especies introducidas como el eucalipto y pino a lo largo del área de estudio. Por otra parte, existen formaciones vegetales como: bosque siempre verde, montano alto, páramo herbáceo, páramo de frailejones, páramo seco y herbazal lacustre montano. Las especies más comunes en los bosques son *Polylepis sp.*, *Oreopanax spp*, *Weinmannia spp*; mientras que en el páramo predomina los frailejones, achupallas y macollas de gramíneas. El desbroce total de especies nativas avanza de manera acelerada por parte de la población local con el objetivo de convertir la tierra en tierra de cultivo, a consecuencia del desbroce y de incendios forestales, avanza el proceso erosivo y pérdida de la capa arable del suelo (Consultora QUIMOSA, 2020).

La población que se beneficia del abastecimiento de agua en el río Chico se encuentra en la ciudad de Tulcán. Según el censo de 2010, la población de la cabecera cantonal cuenta con 60.403 habitantes, de los cuales en el área urbana hay 53.558 habitantes que representa el 88.66% de la población; y en el área rural hay 6.845 habitantes que representa el 11.34% (Consultora QUIMOSA, 2020).

3.2. Enfoque y tipo de investigación

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la presente investigación tiene un enfoque mixto que integra los componentes cuantitativos y cualitativos. El enfoque cuantitativo se basa en la recolección de datos numéricos que caracterizan una realidad. El enfoque cualitativo utiliza información sin medición numérica para caracterizar una realidad subjetiva que varían de acuerdo al grupo o sujeto.

En cuanto al tipo de investigación, se asumen criterios con respecto a las fuentes de información documental y de campo, con alcance descriptivo, correlacional o explicativo.

3.3. Procedimientos

Para el cumplimiento de los objetivos específicos planteados se utilizó las siguientes metodologías:

Fase 1: Diagnosticar la situación actual del río Chico, considerando los factores ambientales, políticos, económicos y sociales.

Observación directa: recolección de datos sobre un individuo, fenómeno o situación particular. Se desarrolló sin intervenir ni alterar el ambiente, y para sistematizar la información recolectada se utilizó los siguientes instrumentos:

- Evaluación de impactos ambientales:

La metodología de Leopold consiste en una matriz con columnas representando las actividades existentes y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados (aire, agua, suelo, flora, fauna, economía entre otros). El proceso de verificación de una interacción entre la causa (acción considerada) y su efecto sobre los factores ambientales se materializó señalando la celda de cruce y calificando el carácter como positivo o negativo (Leopold, 1971).

La caracterización ambiental se desarrolló mediante la evaluación de las características de extensión, duración y reversibilidad de cada interacción (Tabla 2), y se agregó los factores de ponderación que se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1**Criterios de puntuación de la importancia y valores asignados**

Características de la Importancia	Puntuación de acuerdo a la magnitud de la característica				
	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible

Fuente: Leopold (1971)

Tabla 2**Características de la importancia del impacto ambiental**

Extensión	
Puntual	El impacto ocurrido está focalizado en el sitio de las operaciones.
Particular	El impacto ocurrido está focalizado dentro del área de influencia directa de las operaciones.
Local	El área de influencia del impacto no rebasa los límites del área de influencia de las operaciones.
Generalizada	El impacto ocurrido se extiende dentro del área de influencia indirecta de la operación.
Regional	El impacto ocurrido se extiende fuera del área de influencia indirecta de la operación.
Duración	
Esporádica	Se presenta muy intermitente.
Temporal	Se presenta en forma intermitente o continuada sólo mientras dura la actividad.
Periódica	Se presenta en forma continuada.
Recurrente	Se presenta en forma continuada más allá de la duración de la actividad.
Permanente	Se presenta en todo tiempo.
Reversibilidad	
Completamente Reversible	Aquel en el que la alteración pueda ser asimilada por el entorno.
Medianamente Reversible	Aquel en el que la alteración pueda ser asimilada por el entorno, medible a corto, mediano o largo plazo.
Parcialmente Irreversible	Aquel en el que la alteración del medio o pérdida es posible de reparar tanto por la acción natural y por la humana.
Medianamente Irreversible	Aquel en el que la alteración del medio o pérdida es imposible de reparar en su totalidad tanto por la acción natural como por la humana.

Completamente Irreversible	Aquel en el que la alteración del medio o pérdida es imposible de reparar tanto por la acción natural como por la humana
----------------------------	--

Fuente: Leopold (1971)

El cálculo del valor de importancia de cada impacto, se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$Imp = We \times E + Wd \times D + Wr \times R$$

Dónde:

Imp = valor calculado de la Importancia del impacto ambiental

We = peso del criterio de Extensión (*We* = 0.35)

E = valor del criterio de Extensión

Wd = peso del criterio de Duración (*Wd* = 0.40)

D = valor del criterio de Duración

Wr = peso del criterio de Reversibilidad (*Wr* = 0.25)

R = valor del criterio de Reversibilidad

Se debe cumplir la siguiente relación:

$$We + Wd + Wr = 1$$

Por lo tanto, para calcular el valor del impacto ambiental se aplicó la siguiente ecuación:

$$\pm (Imp \times Mag) ^{0.5}$$

Dónde:

Imp = valor calculado de la Importancia del impacto ambiental

Mag = magnitud del impacto

El valor de la magnitud de impacto mantiene la escala de puntuación de 1 a 10 pero sólo con los valores de 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0. Un impacto con magnitud 10 significa que tiene una altísima incidencia de esa acción sobre la calidad ambiental del factor con el que interacciona. Los valores de magnitud de 1 y 2.5 corresponden a interacciones de poca

incidencia sobre la calidad ambiental del factor. En la Tabla 3 se detalla la clasificación y caracterización de los impactos:

Tabla 3

Clasificación y caracterización de los impactos ambientales

Clasificación de impactos	
Impactos altamente significativos	Aquellos de carácter negativo, cuyo valor del impacto es mayor o igual a 6.5 y corresponden a las afecciones de elevada incidencia sobre el factor ambiental, difícil de corregir, de extensión generalizada, con afección de tipo irreversible y de duración permanente.
Impactos significativos	Aquellos de carácter negativo, cuyo valor del impacto es menor a 6.5 pero mayor o igual a 4.5, cuyas características son: factibles de corrección, de extensión local y duración temporal.
Despreciables	Corresponden a todos los aquellos impactos de carácter negativo, con valor del impacto menor a 4.5, pertenecen a esta categoría los impactos capaces plenamente de corrección y por ende compensados durante la ejecución del plan de manejo ambiental, son reversibles, de duración esporádica.
Benéficos	Aquellos impactos positivos que se producen como resultado del estudio de un proyecto o evaluación.

Fuente: Leopold (1971)

- Mapeo de actores claves:

El mapeo de actores es una herramienta que entiende la realidad de un escenario social específico y sirve para tomar una fotografía de las personas y grupos que participan de una serie de interacciones sociales sostenidas y dirigidas a abordar un problema público. Se constituye como el lente que permite identificar actores, intereses, recursos y estrategias de toma de decisión y acción (Silva, 2017).

Esta metodología se desarrolló utilizando el levantamiento de información cualitativa de las encuestas realizadas por la Consultora QUIMOSA a los actores importantes de la parroquia rural de Tufiño para determinar los intereses e influencia de diferentes grupos en relación

con el objetivo de los estudios de evaluación, diagnóstico y diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillados Sanitario y Pluvial de la ciudad de Tulcán.

El mapeo de actores inició con la cualificación de los actores de acuerdo con características consideradas relevantes: la influencia que otros actores percibían, la confianza que otros actores reconocían y las relaciones que cada actor tenía establecidas en ese escenario social, permitiendo visibilizar aquellos actores que tienen poder en la toma de decisiones, interés en la problemática, y el grado de confianza que generan con respecto a los demás participantes del proceso.

La elaboración e interpretación del mapa de actores se ajustó al plano cartesiano o sistema de coordenadas rectangulares que permite distribuir la muestra en cuadrantes de influencia en el eje vertical y confianza en el eje horizontal. En la Tabla 4 se observan los cuadrantes de los actores:

Tabla 4

Cruce de variables en mapa de actores

Cuadrante I	Cuadrante II
- Influencia, + Confianza	+ Influencia, + Confianza
Cuadrante III	Cuadrante
- Influencia, - Confianza	IV + Influencia, - Confianza

Fuente: Centro de Análisis Político (2012)

Los actores más importantes para el proceso de construcción de una política pública se encuentran en el cuadrante II, donde coinciden los niveles de influencia y de confianza superiores al promedio. La ubicación en los demás cuadrantes supone diferentes retos respecto a los actores para la política; es decir, puede detallar situaciones de desequilibrio en influencia y confianza de algunos actores sociales respecto a otros.

Medición de caudal: la metodología área-velocidad o flotadores (Figura 2) mide la velocidad del agua en una sección de la quebrada o río (González, 2014). El cálculo del caudal se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V$$

Dónde:

Q = caudal

A = área (m^2) = ancho (a) x altura (h)

V = velocidad (m/s) = longitud (l) / tiempo (t)

Mapas temáticos: se utilizó el software del programa ArcGis 10.4.1 y la información disponible en los geoportales de las instituciones públicas: Instituto Geográfico Militar - Geoportal (IGM); Instituto Espacial Ecuatoriano - Geoportal (IEE) y Ministerio de Agricultura y, Ganadería (MAG) - Geoportal (MAG). Se generó los siguientes mapas:

- Delimitación de la microcuenca: se utilizó los sistemas ArcMap, ArcToolbox y ArcCatalog del programa ArcGis 10.4.1, y se crearon entidades geográficas para obtener como resultado una geodatabase representada mediante (DEM).
- Cobertura y uso de suelo: se descargó el shapefile 2014 de información geográfica disponible en el geoportal del Sistema Nacional de Información y se creó una database de esta categoría.
- Erosión: se descargó el shapefile 2014 de información geográfica disponible en el geoportal del Sistema Nacional de Información y se creó una database de esta categoría.

Fase 2: Determinar la calidad de agua del río Chico mediante un análisis físico-químico y microbiológico de su recurso hídrico.

Determinación de los puntos de muestreo: para determinar los sitios de muestreo se utilizó el mapa de delimitación del río Chico y se escogió tres puntos georreferenciados de cada una de las zonas funcionales para evaluar la calidad del agua en la zona alta, media y baja de la cuenca.

Muestreo puntual de agua cruda: para la toma de muestras físico-químicas se utilizó envases rotulados de plástico (500 ml) con buen cierre, y para las muestras microbiológicas se empleó envases esterilizados (150 ml) con tapa hermética y de boca ancha. Para conservar las muestras se utilizó una conservadora de hielo.

Análisis físico-químico de la muestra: se realizó en el laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Santa Rosa de Taques” a cargo de la Ing. Yadira Sierra – Analista de Control de Calidad de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán. Para realizar estos análisis se utilizó los siguientes equipos: el fotómetro (intensidad de la luz, alcalinidad, aluminio, amoníaco, bromo, calcio, cloro, cromo, cianuro, flúor, hidracina, yodo, hierro, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, nitratos, nitritos, oxígeno disuelto, ozono, fosfatos, fósforo, potasio, sílice, plata, sulfatos, zinc.), la colorimetría (sustancias en disolución y concentración de una solución al medir su absorbancia en una longitud de onda de luz), la volumetría (concentración desconocida de un reactivo a partir de un reactivo con concentración conocida) y el electrométrico (pH y conductividad eléctrica).

Análisis microbiológico de la muestra: se realizó en el laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Santa Rosa de Taques” a cargo de la Ing. Yadira Sierra – Analista de Control de Calidad de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán. Para realizar estos análisis se utilizó los siguientes equipos: cultivos colilert (coliformes totales y *E.coli*) y placas petrifilm (recuento de microorganismos heterotróficos, coliformes, enterobacterias, mohos y levaduras).

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA): para realizar este procedimiento se evaluó los siguientes parámetros: conductividad eléctrica (EC), sólidos totales disueltos (TDS), pH, alcalinidad total (TA), dureza total (TH), calcio (Ca), magnesio (Mg), oxígeno disuelto (DO), cloruros (Cl), nitratos (NO₃) y demanda bioquímica de oxígeno (BOD₅) (Aigberua y Tarawou, 2019).

Los pesos unitarios para cada uno de los once parámetros considerados (EC, TDS, pH, TA, TH, Ca, Mg, DO, Cl, NO₃ y DBO₅) se asignaron mediante la siguiente fórmula:

$$W_i = k / S_i \quad (1)$$

Dónde:

$k = 1.645$

S_i = valor estándar permisible del i -ésimo parámetro de calidad

En la Tabla 5 se describen los diferentes valores utilizados en el índice:

Tabla 5

Valores estándar, ideal y k

Parámetros	Valor estándar (Si)	Agencia de recomendación (Si)	Valor ideal (Vid)	Valor k
EC	900	World Health Organization (WHO)	0	1.645
TDS	500	Department of Petroleum Resources (DPR)	0	1.645
pH	8.5	Department of Petroleum Resources (DPR)	7	1.645
TA	100	World Health Organization (WHO)	0	1.645
TH	100	World Health Organization (WHO)	0	1.645
Ca	75	World Health Organization (WHO)	0	1.645
Mg	20	World Health Organization (WHO)	0	1.645
DO	5.0	Department of Petroleum Resources (DPR)	14.6	1.645
Cl	250	World Health Organization (WHO)	0	1.645
NO ₃	10	World Health Organization (WHO)	0	1.645
BOD ₅	10	Department of Petroleum Resources (DPR)	0	1.645

Fuente: Aigberua y Tarawou (2019)

El cálculo del índice de calidad de agua se realizó mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$WQI = \sum Qi \times Wi / \sum Wi \quad (3)$$

Dónde:

WQI = índice de calidad del agua

Qi = calificación de calidad del enésimo parámetro de calidad del agua

Wi = peso unitario del enésimo parámetro de calidad del agua

La calificación de calidad (Qi) se calculó mediante la siguiente expresión:

$$Qi = [(Vi - Vid) / (Si - Vid)] \times 100 \quad (4)$$

Dónde:

Vi = valor estimado de la enésimo de calidad del agua parámetro en una ubicación de muestra determinada

Vid = valor ideal para el enésimo parámetro en agua pura (Vid para pH = 7, DO = 14,6 y 0 para todos los demás parámetros)

Si = valor estándar permisible del enésimo parámetro de calidad del agua

En la Tabla 6 se describen los valores utilizados en el índice:

Tabla 6

Valores estándar, ideal y unidad de peso

Parámetros	Valor estándar (Si)	Valor ideal (Vid)	Unidad de peso (Wi)
EC	900	0	0.0018
TDS	500	0	0.0033
pH	8.5	7	0.1935
TA	100	0	0.0165
TH	100	0	0.0165
Ca	75	0	0.0219
Mg	20	0	0.0823
DO	5.0	14.6	0.3290
Cl	250	0	0.0066
NO ₃	10	0	0.1645
BOD ₅	10	0	0.1645

Fuente: Aigberua y Tarawou (2019)

El resultado del cálculo del índice de calidad de agua se comparó con los niveles de Aigberua y Tarawou (2019) descritos en la Tabla 7:

Tabla 7

WQI y sus estados de calidad de agua

Nivel del Índice de Calidad de Agua	Estados de calidad de agua
0 – 25	Excelente calidad de agua
26 – 50	Buena calidad de agua
51 – 75	Mala calidad de agua
76 – 100	Muy mala calidad de agua
> 100	Inadecuada para beber

Fuente: Aigberua y Tarawou (2019)

Acuerdo Ministerial 097: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua: para verificar el cumplimiento de la normativa vigente se utilizó los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico (Tabla 8) que se detallan a continuación:

Tabla 8

Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Cobre	CU	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de platino-cobalto	75
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/l	< 2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades de pH	6 – 9
Sulfatos	SO ₄	mg/l	500
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Fuente: Ministerio de Ambiente (2015)

Fase 3: Proponer acciones que contribuyan con el manejo adecuado del recurso hídrico.

Matriz de Vester: es un instrumento que facilita la identificación del problema y la relación de las causas y efectos de una situación problema (Vester, 2003).

Para relacionar y enfrentar los problemas (variables) entre sí, se utilizó los criterios de calificación descritos en la Tabla 9:

Tabla 9

Criterios de calificación de acuerdo a la influencia

Calificación	Influencia
0	No causal (los problemas no tienen vínculo alguno).
1	Causalidad débil (influencia indirecta de un problema sobre otro).
2	Causalidad media (baja influencia directa de un problema sobre otro).

3	Causa fuerte (alta directa de un problema sobre otro).
---	--

Fuente: Vester (2003)

El resultado de la matriz de Vester se visualizó en un plano cartesiano, en donde el eje (x) representa la relación dependencia/consecuencia y en el eje (y) la relación influencia/causalidad.

Para la calificación de los cuadrantes se empleó los siguientes expuestos en la Tabla 10:

Tabla 10

Criterios para clasificar los problemas

Cuadrantes	Clasificación	Descripción
I	Críticos	Corresponde a los problemas que poseen gran causalidad.
II	Pasivos	Se encuentran los problemas que poseen baja influencia, pero sí dependen de la existencia de otros problemas. Poseen, por lo tanto, un bajo activo y un alto pasivo.
III	Indiferentes	Contempla los problemas con bajo pasivo y bajo activo. Es decir que no influyen ni son influidos por otros problemas. Son los de menor prioridad.
IV	Activos	Se encuentran los problemas con bajo pasivo y alto activo.

Fuente: (Vester, 2003)

Matriz de Marco Lógico: es una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas (Ortegón, Pacheco y Prieto, A, 2015).

Para elaborar la matriz de marco lógico se presentó en forma resumida los aspectos más importantes. Esta metodología posee cuatro columnas que aportan con la siguiente información: resumen narrativo de objetivos, indicadores (resultados específicos a alcanzar), medios de verificación, y supuestos (factores externos que implican riesgos). En cuanto a las filas se presenta información acerca del fin al cual contribuye el proyecto de manera significativa, el propósito logrado cuando el proyecto ha sido ejecutado, los componentes de la ejecución del proyecto, y las actividades requeridas para producir los componentes. En la tabla 11 se detalla la estructura de la matriz:

Tabla 11

Estructura de la matriz de marco lógico

Resumen Narrativo de Objetivos	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Fin Propósito Componentes Actividades			

Fuente: Área de Proyectos y Programación de Inversiones (2015)

3.4. Consideraciones bioéticas

La ejecución de la presente investigación no va a generar cambios mal intencionados en el ambiente.

Para realizar la presente investigación se necesita el permiso o consentimiento informado de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T) para facilitar la información correspondiente a la ejecución del proyecto “Estudios de evaluación, diagnóstico y diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillados Sanitario y Pluvial de la ciudad de Tulcán”.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase 1: Diagnóstico de la situación actual del río Chico, considerando los factores ambientales, políticos, económicos y sociales.

- **Matriz de evaluación de impactos ambientales**

En la Tabla 12 se describe la caracterización y valoración de los impactos ambientales encontrados en el río Chico:

Tabla 12

Caracterización de los impactos ambientales

Código	Componente	Subcomponente	Factor ambiental	Impactos				
				1	2	3	4	5
				Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de efluentes líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas
								VIA SEGÚN FILAS
ABT1		Aire	Calidad del aire	-	-	-	-	-
ABT2			Destrucción de suelos	-	-	-	-	-
ABT3		Suelo	Permeabilidad	-	-	-	-	-
ABT4			Erosión	-	-	-	-	-
ABT5	Abiótico		Contaminación aguas superficiales	-	-	-	-	-
ABT6		Agua	Contaminación agua de río	-	-	-	-	-
ABT7		Paisaje	Afectación paisajística	-	-	-	-	-
BIO1			Árboles	-	-	-	-	-
BIO2		Flora	Arbustos	-	-	-	-	-
BIO3	Biótico		Herbáceas	-	-	-	-	-
BIO4			Terrestre	-	-	-	-	-
BIO5		Fauna	Acuática	-	-	-	-	-
ANT1		Medio perceptual	Naturalidad	-	-	-	-	-
ANT2		Humano	Salud y Confort	-	-	-	-	-
ANT3	Antrópico	Economía y población	Actividades Agropecuarias Vecinas	-	-	-	-	-
ANT4			Turismo	-	-	-	-	-

ANT5	Generación de Empleo					+	1
Numero de impactos según columnas:		-14	-10	-8	-10	-14	-57

Fuente: Narváez (2021)

En la Tabla 13 se detalla la clasificación y ponderación de los impactos ambientales encontrados en el sitio de estudio:

Tabla 13

Clasificación de los impactos ambientales

Impactos	Cantidad					Porcentaje (%)
	Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de efluentes líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas	
Altamente significativos	0	0	0	0	0	0
Significativos	0	0	3	0	15	31,58
Despreciables	14	10	4	10	1	68,42
Benéficos	0	0	0	0	0	0

Fuente: Narváez (2021)

La evaluación de impactos ambientales en la captación del río Chico tiene como principales contaminantes: vertido de desechos sólidos, remoción de cobertura vegetal, vertido de efluentes líquidos, ocupación de la franja de conservación y actividades realizadas por la población local. Estos impactos fueron identificados mediante observación de campo y evaluados a través de la Matriz de Leopold.

Como resultado de la evaluación de impactos se obtuvo la clasificación en cantidad y porcentaje. En la Tabla 12 se evidencian los 57 impactos ambientales identificados y evaluados, de los cuales el 0% son altamente significativos, el 31,58% son significativos, el 68,42 % son despreciables y el 0% son benéficos. Los 18 impactos significativos son factibles de corrección, de extensión local y duración temporal mientras que los 39

impactos despreciables son de corrección y serán compensados mediante la ejecución de un plan de manejo.

Vásconez y Durán (2015) en su estudio “Evaluación ambiental de la cuenca del río Gala del cantón Camilo Ponce Enríquez” aplicaron la metodología Leopold y mencionan que los impactos ambientales encontrados a lo largo de la cuenca hidrográfica se basan en la ubicación desordenada de las áreas de producción agropecuaria, la ampliación de la frontera agrícola, la utilización de pesticidas y fertilizantes, los asentamientos humanos, la minería, las aguas residuales e industriales y los residuos humanos.

Peña (2016) en su estudio “Evaluación de impacto ambiental en el plano de inundación del río Yara en el tramo urbano del municipio Yara” aplicó la matriz causa-efecto de Leopold para identificar las causas de los impactos en los diferentes factores ambientales, y para evaluar la relación factor-impacto utilizó la matriz de importancia y evidenció que los impactos críticos y severos están asociados a la vegetación lo que significa que el estado de degradación del área se generó como consecuencia de la acción marcada del hombre sobre los recursos naturales.

Arias (2014) en su estudio “Evaluación de impacto ambiental y su incidencia en los efectos del componente agroproductivo del P.D.A. UNOCANT” utilizó la metodología Leopold para realizar la valoración de los impactos en los recursos naturales de la comunidad San José de Angahuana, como resultado se obtuvo que los valores de impacto positivo fueron asociados a la generación de condiciones favorables en los factores socioeconómicos a través de la implementación de cultivos tecnificados de mora y fresa con un manejo limpio y con buena rentabilidad, uso y manejo correcto del agua de riego y de plaguicidas, implementación de prácticas agroforestales y cuidado del entorno, generando actividades económicas en la parte baja de la comunidad y sin tener la necesidad de subir a explotar las zonas de páramo con cultivos o pastoreo.

Los resultados obtenidos de la evaluación de impactos ambientales del río Chico, río Gala, río Yala y del componente agroproductivo PDA evidencian la contaminación producida principalmente por los asentamientos humanos, avance de la frontera agrícola, actividades agroproductivas, descargas directas de agua residual, degradación de los suelos, pérdida de

la cobertura vegetal, sobreexplotación de los recursos naturales, entre otros. El diagnóstico de los problemas identificados en la matriz Leopold tiene la finalidad de proponer acciones que mitiguen o eliminen los impactos ambientales presentados.

- **Mapeo de actores claves**

En la Figura 2 se detallan las entidades públicas y privadas, grupos, sujetos o actores claves involucrados en el manejo del río Chico:

	Confianza (+)		
Influencia (-)	Cuadrante I	Cuadrante II	Influencia (+)
	Comuna La Esperanza	Teniente político	
	Junta de Agua Potable Tufiño	GAD Parroquial de Tufiño	
	Población local de Tufiño	Ministerio del Ambiente y Agua	
	Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán	GAD Municipal de Tulcán	
	Población de la ciudad Tulcán		
	Cuadrante III	Cuadrante IV	
	Ningun actor	Ningun actor	
	Confianza (-)		

Figura 2. Cruce de variables en el plano cartesiano

En la tabla 14 se describen los temas de interés de las personas involucradas en el sitio de estudio:

Tabla 14**Matriz de interés**

Tema	Puesto
Conservación de fuentes de agua.	Todos los actores involucrados en la sección de muestra. Ministerio del Ambiente y Agua
Convenios público-privados.	GAD Municipal de Tulcán GAD Parroquial de Tufiño
Compensación por servicios ecosistémicos.	Comuna La Esperanza Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán

Fuente: Narváez (2021)

En la Tabla 15 se detalla la calificación de influencia y confianza necesaria para construir el cruce de variables de los actores involucrados (Figura 2):

Tabla 15**Matriz de influencia y confianza**

Muestra	Calificación de influencia	Calificación de confianza
Teniente político	Alta	Alta
Comuna La Esperanza	Baja	Alta
GAD Parroquial de Tufiño	Alta	Alta
Junta de Agua Potable Tufiño	Baja	Alta
Población local de Tufiño	Baja	Alta
Ministerio del Ambiente y Agua	Alta	Alta
GAD Municipal de Tulcán	Alta	Alta
Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán	Baja	Alta
Población de la ciudad Tulcán	Baja	Alta

Fuente: Narváez (2021)

En la Tabla 16 se describen las competencias y la relación entre los actores involucrados en el manejo del río Chico:

Tabla 16**Matriz de relación**

Muestra	Relación
Teniente político	Preservar y cuidar las cuencas hidrográficas.
Comuna La Esperanza	En su territorio nacen las fuentes de abastecimiento.
GAD Parroquial Rural de Tufiño	Autoridad del territorio donde nacen las fuentes de agua.
Junta de Agua Potable de Tufiño	Conservar el agua proveniente del sector Monte Redondo.
Población local de Tufiño	Disminución de caudal para ejecutar actividades económicas (piscícolas).
Ministerio del Ambiente y Agua	Autoridad ambiental competente, encargada de la conservación de los recursos naturales.
GAD Municipal de Tulcán	Autoridad cantonal encargada de la conservación ambiental.
Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán	Organización encargada de la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Tulcán.
Población de la ciudad Tulcán	Habitantes que se abastece de las fuentes de agua de Tufiño.

Fuente: Consultora Quimosa (2020)

La identificación de actores sociales en la captación del río Chico se realizó mediante la recopilación de información generada por la Consultora QUIMOSA a través de encuestas realizadas el día viernes 25 de septiembre de 2020.

El mapeo de actores se realizó mediante cruce de variables de influencia y confianza (Figura 2) y las matrices de interés (Tabla 14), influencia y confianza (Tabla 15), y de relación (Tabla 16). La clasificación del mapeo de actores por cuadrantes se evidencia en la Figura 4, la misma que especifica las siguientes categorías: Cuadrante I (actores invisibilizados y activistas), Cuadrante II (actores claves), Cuadrante III (multitud) y Cuadrante IV (actores de contexto).

Los 9 actores involucrados en el río Chico fueron clasificados en los cuadrantes I y II. Esta clasificación se realizó de acuerdo a la Tabla 14 de influencia y confianza basada en la toma de decisiones y competencias de las entidades públicas. En la Figura 3 se observa la cantidad de los actores invisibilizados y claves. Los actores invisibilizados y activistas son: Comuna La Esperanza, Junta de Agua Potable Tufiño, Población local de Tufiño, Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán y Población de la ciudad Tulcán; y los actores claves son: Teniente político, GAD Parroquial de Tufiño, Ministerio del Ambiente y Agua, y GAD Municipal de Tulcán.

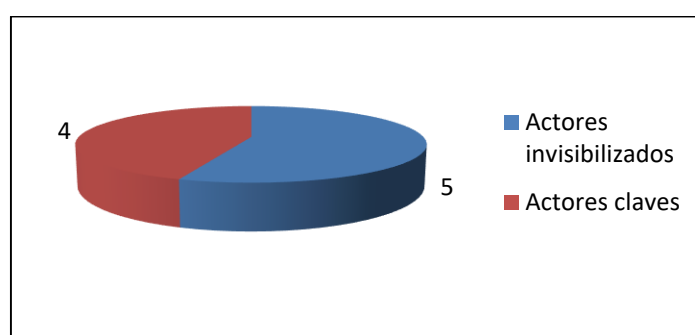


Figura 3. Mapeo de actores en el río Chico

Castro, Martínez, Argüello y Sandoval (2020) en su estudio “Métodos para el análisis de actores en el contexto de spin-off universitarias” utilizaron la metodología de mapeo de actores para destacar el adecuado análisis de grupos o sujetos capaces de influir positivamente en la creación y crecimiento de las spin-off universitarias y se obtuvo como resultado que disminuyen la incertidumbre y los riesgos para la empresa generada en la universidad especialmente en sus fases de crecimiento y en el proceso de emprendimiento exitoso capaz de generar sostenibilidad.

Mardones (2017) en su estudio “Mapeo de actores en la zona de amortiguación del Parque Nacional Alerce Andino y la Reserva Nacional Llanquihue” generó la muestra de los actores involucrados en variados aspectos de la conservación y desarrollo de la zona de amortiguación de PNAA y RNLL en diversas escalas geográficas y obtuvieron gran diversidad de intereses y grados de influencia significativos que generaron oportunidad para desarrollar sistemas de gobernanza bajo la perspectiva de sistemas socio-ecológicos

con gran potencial para el intercambio de información y conocimiento, y la formación de redes de colaboración multinivel.

Zepeda, Ponce y Vergara (2017) en su estudio “El mapeo de actores y conformación de cuerpos de participación pesquera” empleó la herramienta mapeo de actores para identificar a los sectores participantes y a sus actores más relevantes que resultó eficaz, ya que identificó a todos los sectores posibles con un muestreo menor lo que disminuyó los costos, esta información de actores relevantes fue útil para el manejo de otros recursos importancia en la zona, como los hidrológicos y los forestales, también consideró aspectos como reconocer el desempeño administrativo, los roles sociales de cada uno, los líderes de la comunidad, los motivos sociales y los incentivos individuales de cada sector para participar activamente.

El mapeo de actores en el río Chico, en el contexto de spin-off universitarias, en la zona de amortiguación del parque Alerce Andino y reserva Llanquihue, y en la participación pesquera evidenció que la información recolectada con esta metodología genera expectativas de los intereses, influencias, desempeños y colaboración de los grupos o sujetos involucrados a través de la participación activa en los procesos de ejecución de proyectos e implementación de políticas públicas.

- **Medición de caudal**

El 25 de septiembre de 2007 en el Consejo Nacional de Recursos Hídricos – Agencia Ibarra, la EPMAPA-T legaliza las concesiones de agua de los proyectos gestionados por el GADM de Tulcán, en donde se resuelve conceder el derecho de uso y aprovechamiento de las aguas de la vertiente denominada “Aguas Calientes” en un caudal permanente de 80 l/s, y del río Chico o Chiquito en el caudal permanente de 220 l/s.

Para calcular el caudal (Q) del río Chico se aplicó el método flotador que se basa en el área y la velocidad del cuerpo de agua, y para identificar la época de estiaje y lluvia se utilizaron los datos de precipitación total mensual y la temperatura media mensual de la estación climatológica principal San Gabriel M0103 obtenidos del anuario meteorológico Nro. 53-2013 (Figura 4) del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

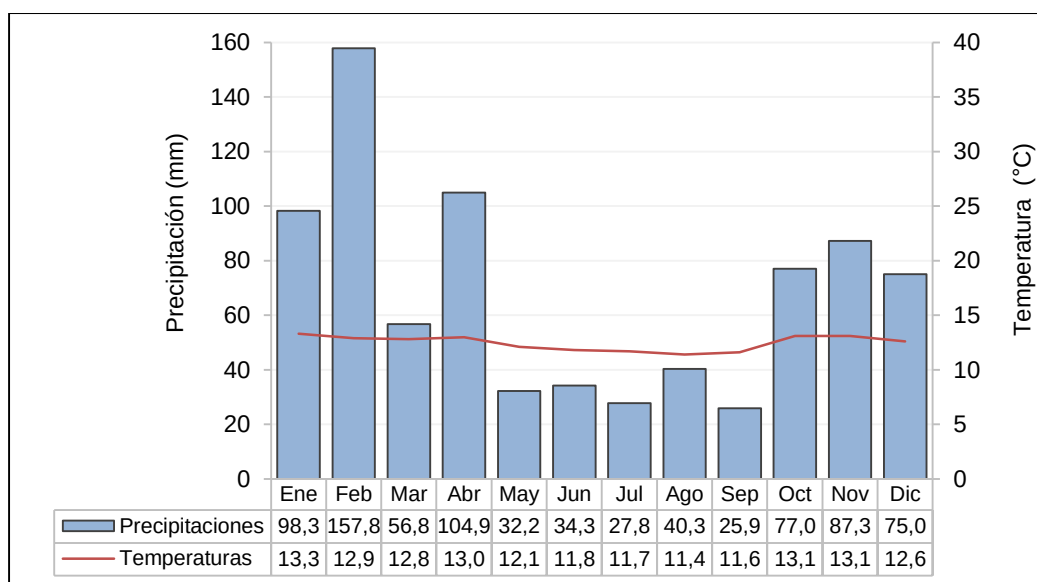


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica San Gabriel.

Fuente: INAMHI (2017)

El aforo de caudal del río Chico en la época seca se lo realizó el viernes 07 de septiembre de 2018, en la Tabla 17 se describen las tres secciones del cuerpo agua:

Tabla 17

Aforo del caudal del río Chico (época seca)

Zonas	Área			Velocidad		
	Ancho (m)	Altura (m)	Total (m ²)	Longitud (m)	Tiempo (s)	Total (m/s)
Alta	6	0,27	1,62	1,20	12,00	0,10
Media	6	0,30	1,80	1,20	10,00	0,12
Baja	5,50	0,25	1,38	1,20	6,00	0,20

Fuente: EPMAPA-T (2018)

En la Tabla 18 se detallan los caudales obtenidos (m³ y l/s) en las zonas funcionales del río Chico:

Tabla 18

Caudales de las zonas funcionales del río Chico (época seca)

Hora	Descripción	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
10h30	Zona alta	0,162	162,00

11h30	Zona media	0,216	216,00
12h30	Zona baja	0,276	276,00

Fuente: EPMAPA-T (2018)

El aforo de caudal del río Chico en la época de lluvia se lo realizó el día martes 20 de abril de 2021, en la Tabla 19 se describen las tres secciones del cuerpo agua:

Tabla 19

Aforo del caudal del río Chico (época lluviosa)

Zonas	Área			Velocidad		
	Ancho (m)	Altura (m)	Total (m ²)	Longitud (m)	Tiempo (s)	Total (m/s)
Alta	6	0,54	3,24	1,20	8,10	0,14
Media	6	0,60	3,60	1,20	6,33	0,18
Baja	5,50	0,50	2,75	1,20	4,28	0,28

Fuente: Narváez (2021)

En la Tabla 20 se detallan los caudales obtenidos (m³ y l/s) en las zonas funcionales del río Chico:

Tabla 20

Caudales de las zonas funcionales del río Chico (época lluviosa)

Hora	Descripción	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
10h30	Zona alta	0,45	453,60
11h30	Zona media	0,68	682,46
12h30	Zona baja	0,77	771,03

Fuente: Narváez (2021)

La cuantificación de caudal del río Chico en época seca y lluviosa se realizó en tres puntos de las zonas funcionales del cuerpo de agua. En la Figura 5 se evidencian los caudales obtenidos (litros/segundos):

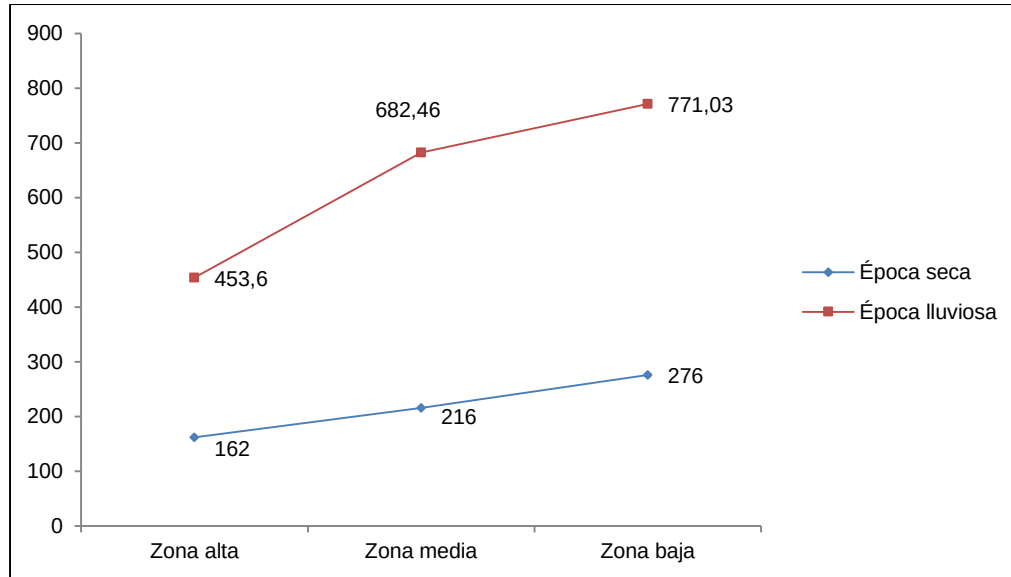


Figura 5. Caudales del río Chico en lt/s
Fuente: EPMAPA-T (2018) y Narváez (2021)

Los resultados de la cuantificación de caudal del río Chico (Figura 5) en época lluviosa reflejan el aumento de caudal aguas abajo del río debido a la existencia de los afluentes: quebrada Randis, quebrada Amarilla y quebrada San Antonio que contribuyen considerablemente al caudal principal del cuerpo de agua. Los caudales obtenidos en época seca evidencian el aumento de caudal aguas abajo como consecuencia de las actividades antropogénicas de la población local (descargas directas de aguas residuales y lixiviados provenientes de los residuos agrícolas y ganaderos).

Díaz (2014) en su estudio “Cuantificación y caracterización del escurrimiento superficial en el sistema fluvial del río Carcarañá” empleó la metodología de análisis de los caudales medidos para conocer las variaciones que presenta el sistema fluvial debido a los aportes recibidos en su recorrido y a las descargas industriales y de líquidos cloacales tratados (especialmente), y a los patrones hidrometeorológicos e hidrológicos observados y características de regulación del sistema (temporalmente). En época de lluvias, observó que el aporte del arroyo Tortugas al río Carcarañá presenta un caudal similar al del río al que tributa, y en algunos casos mayor valor que las contribuciones que realizan los otros tributarios (ríos Tercero y Saladillo).

Blanco (2016) en su estudio “Evaluación estadística del régimen de caudales, precipitación y tendencias de los indicadores de calidad del agua del río Curubital – Cundinamarca”

consideró que los resultados de frecuencia de caudales en el río Curubital tienen la capacidad de suministrar agua en tiempos de estiaje cerca a los $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, adicionalmente un caudal medio de $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal máximo $2,05 \text{ m}^3/\text{s}$, con estos análisis realizó una percepción a futuras planeaciones de obras hidráulicas que se puedan originar en el río Curubital e identificó con que caudal se podría diseñar para garantizar dicha necesidad.

Vélez (2009) en su estudio “Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I” propuso la metodológica AVFD (Análisis de Variabilidad, Frecuencia y Duración) para analizar la alteración del régimen de caudales desde un punto de vista integral, incluyendo las características, las dinámicas de la corriente intervenida y el análisis eventos de ocurrencia horaria, facilitando la mayor cantidad de información y de registros hidrológicos que especificaron los rangos de caudal más alterados, el régimen de caudal natural y la operación del embalse.

La cuantificación de caudales en el río Chico, río Carcarañá, río Curubital – Cundinamarca y embalse Urrá genera información de los tributarios naturales, patrones hidrológicos, caudales máximos y mínimos, dinámicas de las corrientes y fluidos contaminantes que aportan al incremento del caudal del río principal e identifican las zonas capaces de suministrar agua en época de estiaje.

- **Mapas temáticos:**

En los siguientes mapas se observa la delimitación, cobertura y uso de suelo, y la erosión producida en el río Chico:

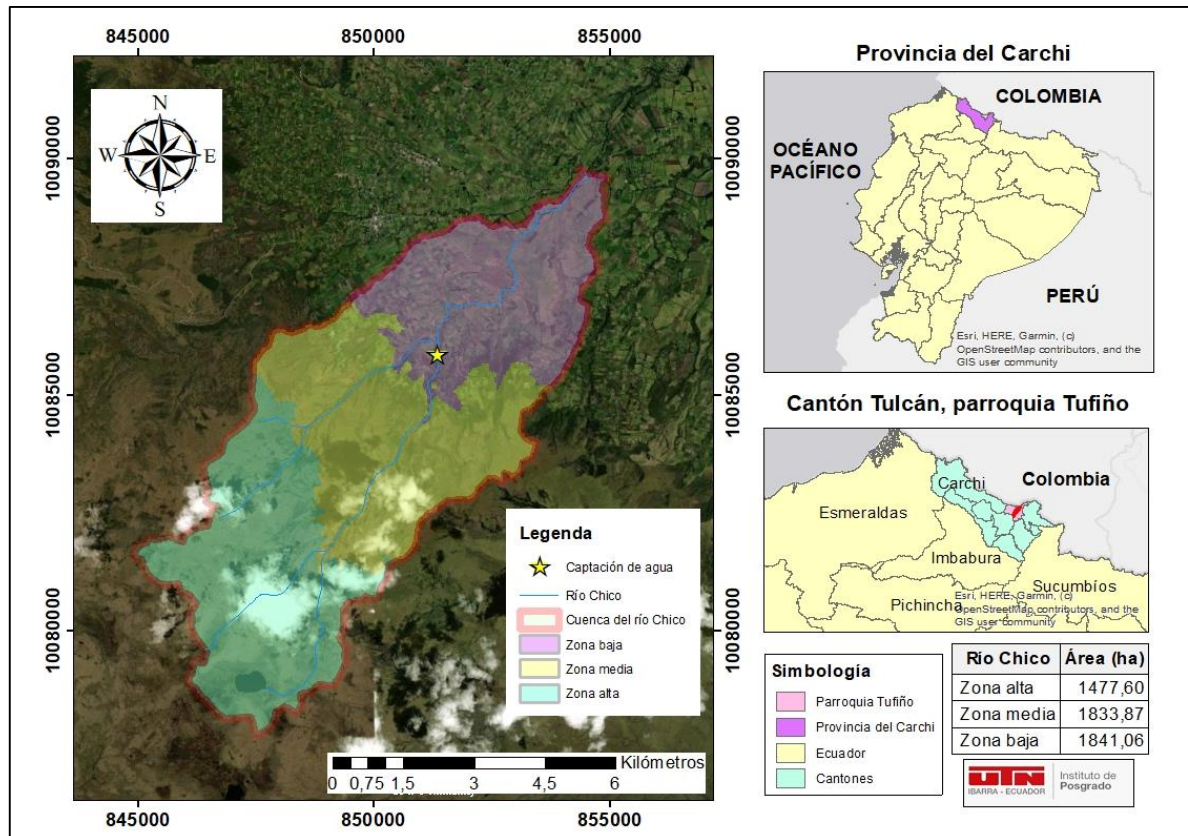


Figura 6. Mapa de la zonificación en función de la elevación de la cuenca del río Chico

El río Chico se localiza entre los 3.973,26 – 3.077,64 msnm., y tiene un área total de 5.152, 53 ha., que se encuentra distribuida en las zonas alta (1.477,60 ha.), media (1.833,87 ha.), y baja (1.841,06 ha.).

La zona alta y media del río Chico se caracteriza por tener gran diversidad de flora y fauna endémica de los altos páramos andinos. En la zona baja del río se encuentran las instalaciones que permiten captar el agua para los habitantes de la ciudad de Tulcán, esta captación se encuentra ubicada en las coordenadas Este 851332,653 y Norte 10085875,868, a una altitud de 3222 msnm.

Con la delimitación del río Chico (Figura 6) se obtuvo el área total de 5.152, 53 hectáreas o 51,52 kilómetros cuadrados, este resultado es fundamental para clasificar el río de acuerdo a su tamaño. Según Araque et al. (2019), el río Chico se clasifica como cuenca pequeña por tener un valor de superficie comprendido entre 25 – 250 km².

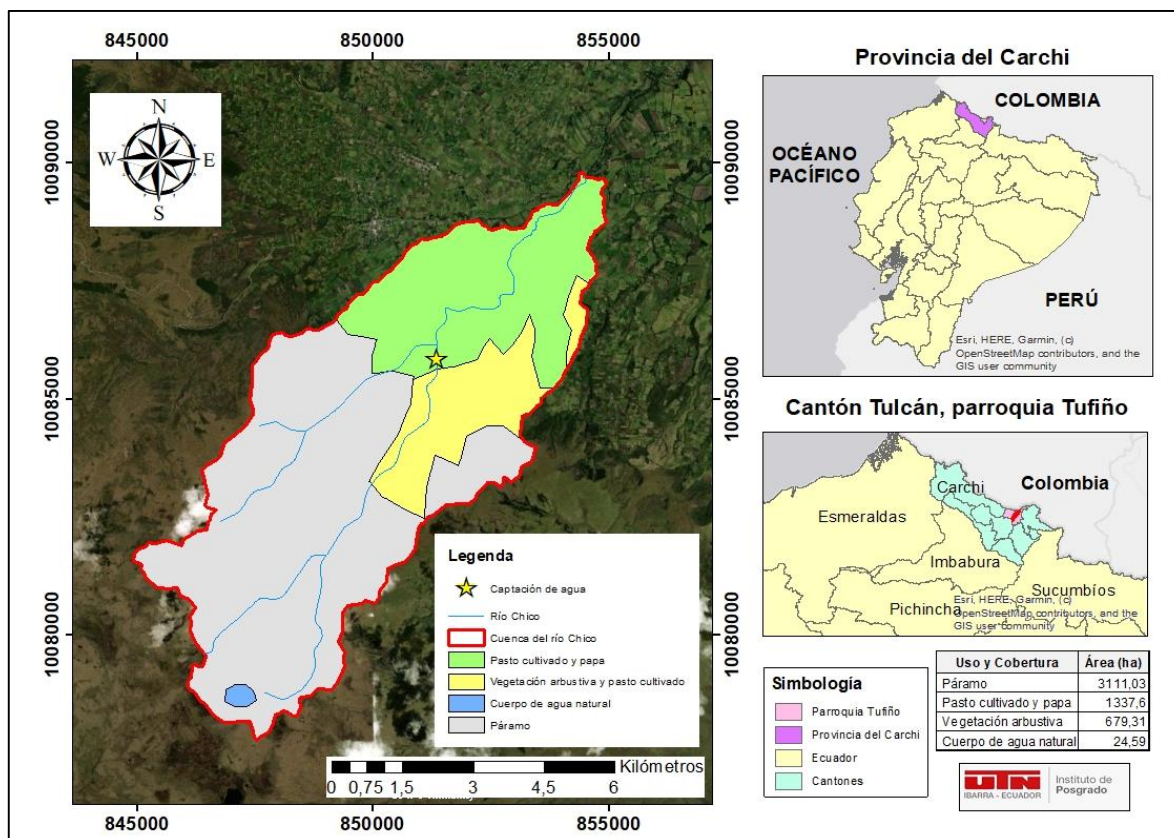


Figura 7. Mapa de la cobertura y uso del suelo del río Chico

La cobertura y uso de suelo del río Chico (2014) se basa en las actividades antrópicas realizadas por la población local y se clasifica en páramo (3.111,03 ha.), pasto cultivado y papa (1.337,60 ha.), vegetación arbustiva y pasto cultivado (679,31 ha.) y cuerpo natural de agua (24,59 ha.). La cobertura vegetal del río Chico se caracteriza por tener la mayor extensión del ecosistema páramo.

Las actividades humanas y el uso de suelo en la cuenca hidrográfica se basan principalmente en la vegetación arbustiva, pasto cultivado y cultivos de papas (Figura 7). Estos resultados son fundamentales para cumplir con lo establecido en el Art. 50 de la *Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales* (2018) que limita sobre los 3300 msnm el avance de la frontera agrícola en los páramos no intervenidos.

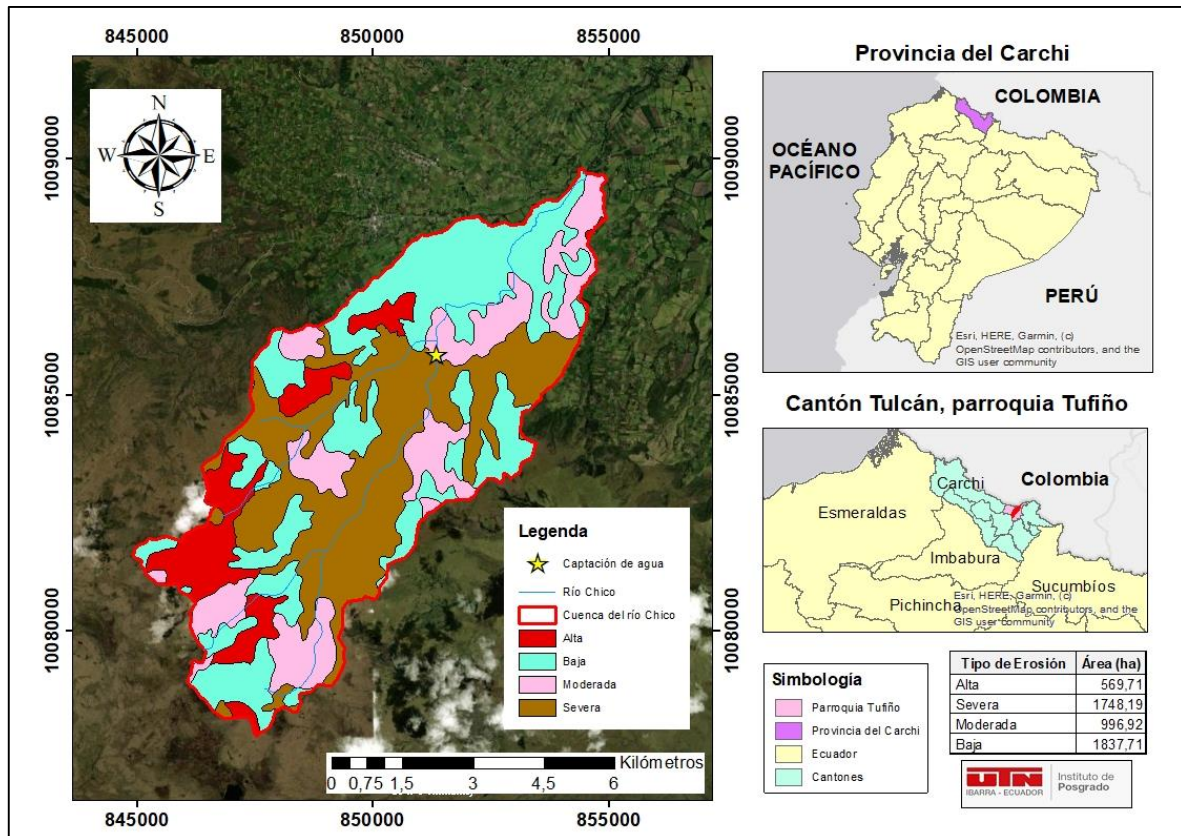


Figura 8. Mapa de la erosión de suelo del río Chico

La susceptibilidad a la erosión hídrica en el río Chico (2014) se relaciona directamente con la superficie (ha) y afecta la calidad de agua. La erosión del cuerpo de agua se clasifica en alta (569,71 ha.), severa (1748,19 ha.), moderada (996,92 ha.) y baja (1837,71 ha.).

La mayor extensión del suelo en el río Chico se caracteriza por tener baja y severa erosión (Figura 8). Los valores altos de erosión se relacionan directamente con las actividades antrópicas realizadas en las zonas alta y media de la cuenca hidrográfica. Estos resultados son fundamentales para medir la calidad del agua determinada por los procesos naturales, el crecimiento poblacional y la expansión de la actividad agrícola e industrial.

Brena, Castillo y Wagner (2016) en su estudio “Metodología para la delimitación y caracterización de humedales en escalas 1:50 000 y 1:20 000” utilizó cartografía temática digital procesada en un sistema de información geográfica que permitió la delimitación humedales, los mapas de uso de suelo y vegetación de las tres cuencas que integran la zona de estudio con la finalidad de detectar problemas y amenazas que dimensionaron,

delimitaron y caracterizaron las zonas ocupadas por humedales y proporcionaron información de apoyo necesaria para el planteamiento de acciones y programas para el uso y manejo sustentable de los recursos naturales, y de la riqueza y biodiversidad disponible en los humedales y en las cuencas hidrográficas.

Bolaños, Paz, Argumedo, Romero y Cruz (2016) en su estudio “Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo” utilizó imágenes de satélite de alta resolución, cartografía especializada e información de campo para estimar de manera general la superficie afectada por erosión hídrica y obtuvo como resultado que el 6.79% tiene erosión extrema, el 5.79% fuerte, 26.37% moderada y 37.06% leve, evidenciando tendencias de cambio de uso de suelo, deforestación y degradación de los recursos naturales.

Los mapas temáticos de la delimitación de cuenca, cobertura, uso y erosión del suelo del río Chico, humedales y suelos de México cuantifican la superficie de estudio y generan una línea base de la pérdida de cobertura vegetal y erosión causada principalmente por la deforestación y el incremento poblacional que influyen directamente en la calidad de agua de los cuerpos receptores.

4.2. Fase 2: Determinación de la calidad de agua del río Chico mediante un análisis físico-químico y microbiológico de su recurso hídrico.

- **Puntos de muestreo**

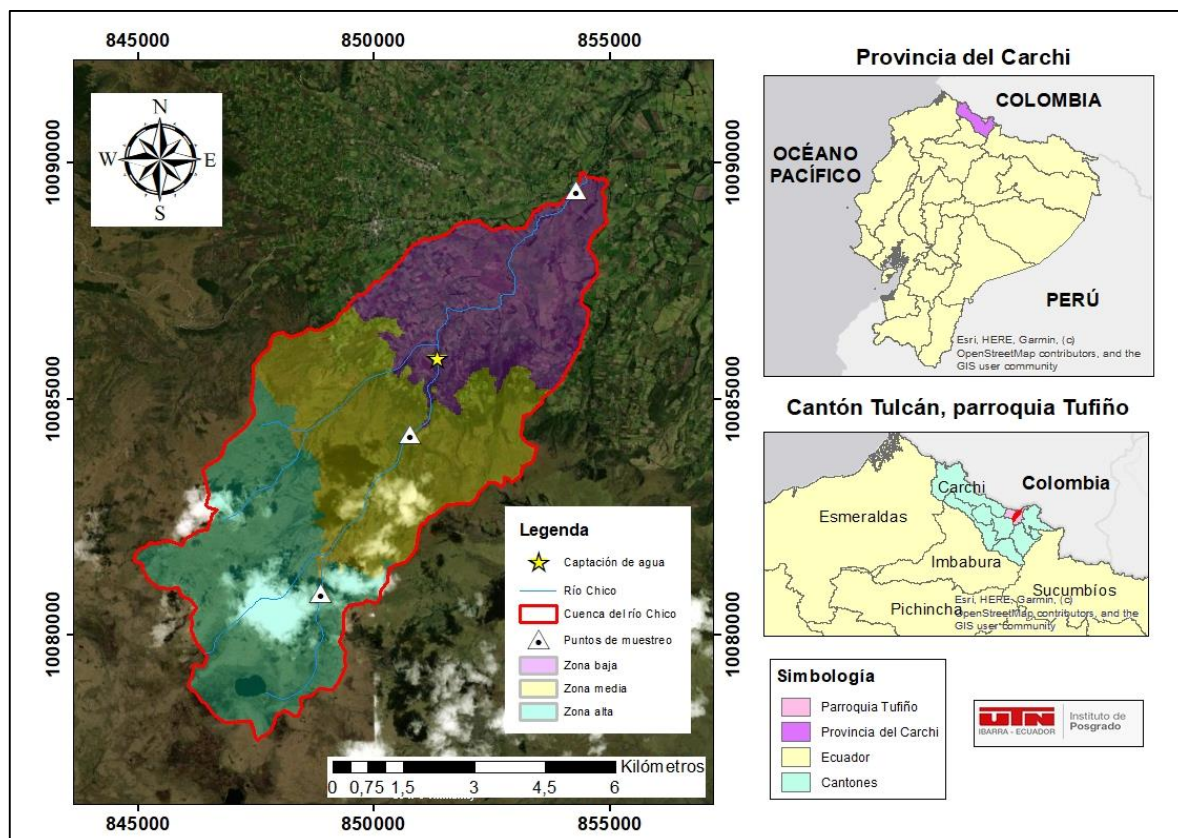


Figura 9. Mapa de los puntos de muestreo en el río Chico

El muestreo puntual del río Chico (Figura 9) se lo realizó el martes 20 de abril de 2021 a las 10h00 am, en la Tabla 21 se describen las tres secciones del cuerpo agua:

Tabla 21

Puntos de muestreo en el río Chico

Código	Descripción	Coordenadas UTM 17 S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
P1	Zona alta	848793,036	10080888,128	3719
P2	Zona media	850780,510	10084251,918	3425
P3	Zona baja	854288,242	10089464,798	3078

Fuente: Narváez (2021)

- **Índice de calidad de agua**

Para calcular del índice de calidad de agua (WQI) del río Chico se utilizó los análisis de laboratorio en época lluviosa (2021) y seca (2019) de las tres zonas funcionales (alta, media y baja) del cuerpo de agua, en la Figura 10 se observan los valores calculados:

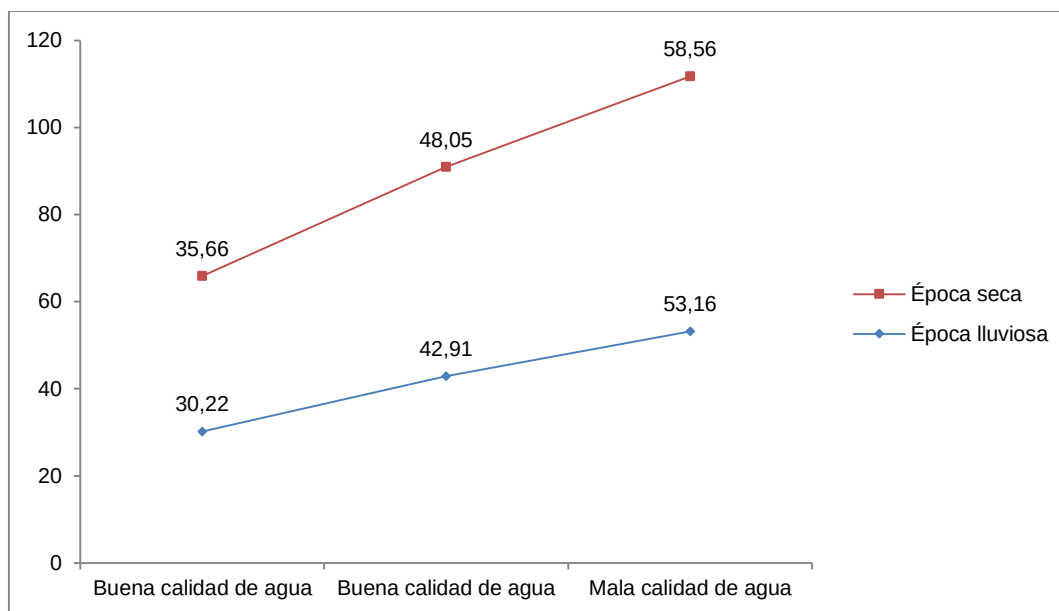


Figura 10. Calidad de agua del río Chico

Los resultados obtenidos en las dos épocas evidencian que la zona alta del río tiene buena calidad de agua, la zona media del río posee buena calidad de agua y en la zona baja del río tiene mala calidad de agua (Figura 13). De acuerdo a los análisis del índice de calidad de agua del río Chico se observa que la calidad de agua va disminuyendo conforme el trayecto aguas abajo del cauce debido a la presencia de personas en las orillas de la cuenca y a la ejecución de actividades económicas como la agricultura, ganadería y piscicultura que desempeñan los habitantes locales. En época seca, la calidad de agua del río Chico se deteriora como consecuencia de la evaporación, la evapotranspiración y la disminución de caudales de los afluentes del río (quebrada Randis, quebrada Amarilla y quebrada San Antonio).

Quiroz, Izquierdo y Menéndez (2017) en su estudio “Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador” manifiestan que el valor obtenido de la concentración de los parámetros analizados para determinar el ICA en los cuatro puntos de muestreo y en los tres momentos, registra aumento de DBO_5 y sólidos disueltos y en menor concentración el OD en los puntos 3 y 4, lo que evidencia que la mayoría de los parámetros utilizados para calcular el índice se deterioran a lo largo de la sección estudiada del río, por lo tanto, el valor del ICA va aumentando en la trayectoria del cauce del río a causa de la escasa cobertura del sistema de alcantarillado, el incremento del asentamiento poblacional en las

márgenes del río y la deficiente operación de la estación depuradora existente, lo que ha provocado la degradación paulatina de la calidad ambiental del río hasta llegar a la situación actual de grave deterioro.

Torres, Cruz, Patiño, Escobar y Pérez (2010) en su estudio “Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano” evaluó la calidad del agua del río Cauca a lo largo del tramo y muestra su deterioro a medida que avanza en su recorrido, identificándose tres sectores, el primero con condiciones propias de aguas de buena calidad, el segundo con un aumento en los niveles de patógenos y material particulado debido a la presencia de descargas de origen doméstico y agropecuario, y el último con valores característicos de aguas superficiales con mayor deterioro en su calidad asociados principalmente al incremento en las actividades agrícolas, industriales y urbanas en este sector, el manejo inadecuado de las fuentes tributarias y la contaminación por actividades antrópicas. Los ICA evaluados confirman el deterioro creciente en la calidad del agua del río Cauca por las diversas actividades socioeconómicas desarrolladas en la cuenca, presentando calidad entre regular y mala, siendo necesario su tratamiento para la destinación del recurso al consumo humano, e incluso la incorporación de tratamientos específicos como la adsorción con carbón activado y otros.

Caho y López (2017) en su estudio “Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI” emplearon el índice de calidad de agua (ICA) y evaluaron los parámetros fisicoquímicos en una ecuación para determinar la calidad de agua en un lugar y tiempo fijados, para lo cual, seleccionaron cuatro puntos de muestreo y monitorearon los parámetros en cuatro épocas diferentes. La mayoría de puntos muestreados y valorizados por el ICA-UWQI tuvieron una valoración de regular, y el ICA-CWQI evidenció una valoración de pobre, esta evaluación espaciotemporal determinó el uso específico del agua y la respuesta rápida en la toma de decisiones.

El índice de calidad de agua del río Chico, río Portoviejo y del humedal Torca-Guaymaral evidencian el deterioro de la calidad de agua a medida que avanza el trayecto de los cuerpos de agua causado por la escasa cobertura del sistema de alcantarillado, el incremento

poblacional en las márgenes del río, la presencia de descargas de origen doméstico y agropecuario, el incremento de las actividades agrícolas, industriales y urbanas, el manejo inadecuado de las fuentes tributarias y la contaminación por actividades antrópicas.

- **Cumplimiento de la normativa ambiental**

Los análisis de la calidad de agua del río Chico se sujetan al cumplimiento de los criterios de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua del Acuerdo Ministerial 097 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA).

En la Tabla 22 se detalla el cumplimiento de los análisis de agua realizados en época de lluvia con la normativa vigente ambiental:

Tabla 22

Criterios de calidad de agua del río Chico en época de lluvia

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad	Zona alta	Zona media	Zona baja	Cumplimiento
Arsénico	As	mg/l	0,1	0,2	0,3	0,5	No cumple
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000	0	3,1	3,3	Cumple
Cobre	CU	mg/l	2	0,01	0,01	0,01	Cumple
Color	Color real	Unidades de platino-cobalto	75	30	25	35	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/l	< 2	1,0	3,0	5,0	No cumple
Hierro total	Fe	mg/l	1,0	0,47	0,47	0,68	Cumple
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0	1,2	1,1	1,2	Cumple
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	0,003	0,003	0,003	Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades de pH	6 – 9	6,35	6,40	6,40	Cumple
Sulfatos	SO ₄	mg/l	500	0	0	12	Cumple
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0	1,90	1,86	3,69	Cumple

Fuente: Ministerio de Ambiente (2015) y EPMAPA-T (2021)

En la Tabla 23 se detalla el cumplimiento de los análisis de agua realizados en época seca y la normativa vigente ambiental:

Tabla 23**Criterios de calidad de agua del río Chico en época de estiaje**

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad	Zona alta	Zona media	Zona baja	Cumplimiento
Arsénico	As	mg/l	0,1	0,00	0,005	0,005	Cumple
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000	42,4	-	-	Cumple
Cobre	CU	mg/l	2	0,06	0,00	0,01	Cumple
Color	Color real	Unidades de platino-cobalto	75	50	17,5	20,0	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/l	< 2	1,0	3,0	5,0	No cumple
Hierro total	Fe	mg/l	1,0	0,63	0,54	0,41	Cumple
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0	1,8	1,3	1,89	Cumple
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	0,002	0,003	0,004	Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades de pH	6 – 9	6,45	6,67	6,66	Cumple
Sulfatos	SO ₄	mg/l	500	0	1	1	Cumple
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0	6,98	3,78	2,95	Cumple

Fuente: Ministerio de Ambiente (2015) y EPMAPA-T (2019)

Al comparar los datos analizados de la calidad de agua del río Chico en época lluviosa y seca con los criterios de calidad de agua para consumo humano y doméstico emitidos por el Ministerio del Ambiente se obtuvo como resultado que todos los parámetros analizados cumplen con la normativa a excepción del arsénico y la demanda bioquímica del oxígeno que sobrepasan la norma y aumenta su valor conforme el trayecto del río aguas abajo a causa de las actividades realizadas por los pobladores locales (agropecuarias, piscícolas, vertido de desechos, descargas residuales, entre otros).

Baque, Simba, González, Suatunce, Diaz y Cadme (2016) en su estudio “Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador” evaluó la calidad del agua en el cantón Quevedo mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en nueve estaciones de bombeo del EPMAPAQ, en épocas lluviosa y seca; los mismos que se compararon los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en las normativas (Acuerdo ministerial No 097 Norma INEN 1108, TULSMA, EPA y OMS), bajo el criterio de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso

doméstico. Los valores de coliformes fecales, manganeso y oxígeno disuelto en época lluviosa, sobrepasan los límites máximos permisibles y no cumplen con la calidad ambiental, mientras que los parámetros pH, dureza, color, nitritos y fosfatos aumentaron en la época lluviosa y, nitratos y hierro en la época seca, por lo que se debe realizar un monitoreo permanente con el fin de identificar los focos de contaminación y evolución en el tiempo.

El cumplimiento de los parámetros analizados en el río Chico y en las estaciones de bombeo de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo con la normativa vigente, evidencian la calidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas con la finalidad de realizar un monitoreo continuo de los valores que sobrepasan los límites permisibles y emplear tratamientos puntuales.

4.3. Fase 3: Propuesta de acciones que contribuyan con el manejo adecuado del recurso hídrico.

En las siguientes matrices se detallan los problemas identificados y las soluciones:

- **Matriz de Vester**

Las cuencas hidrográficas de abastecimiento de agua en la ciudad de Tulcán no cuentan con un plan de conservación. En la Tabla 24 se describen los problemas encontrados en el río Chico:

Tabla 24

Problemáticas en el río Chico

Código	Variable	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Influencia
P1	Entidades no realizan socializaciones	0	3	2	1	2	3	2	2	3	18
P2	Incumplimiento de compromisos y convenios	3	0	2	1	1	1	1	1	1	11
P3	Decisiones encaminadas en el ámbito político	1	3	0	2	2	2	2	2	2	16
P4	No existen incentivos	1	2	2	0	1	1	1	1	3	12

P5	Desechos sólidos arrojados	3	1	2	1	0	1	0	1	3	12
P6	Remoción de cobertura vegetal	2	1	2	1	1	0	0	1	3	11
P7	Descargas residuales directas	2	1	2	1	0	2	0	3	2	13
P8	Ocupación de la franja de conservación	2	1	2	1	2	3	2	0	3	16
P9	Actividades agropecuarias y piscícolas	3	1	2	3	3	3	2	3	0	20
Dependencia:		17	13	16	11	12	16	10	14	20	129

Fuente: Narváez (2021)

P1 = (18, 17); P2 = (11, 13); P3 = (16, 16); P4 = (12, 11); P5 = (12, 12); P6 = (11, 16); P7 = (13, 10); P8 = (16, 14) y P9 = (20, 20)

En la Figura 11 se evidencia la clasificación de los problemas encontrados en el río Chico (Tabla 24):

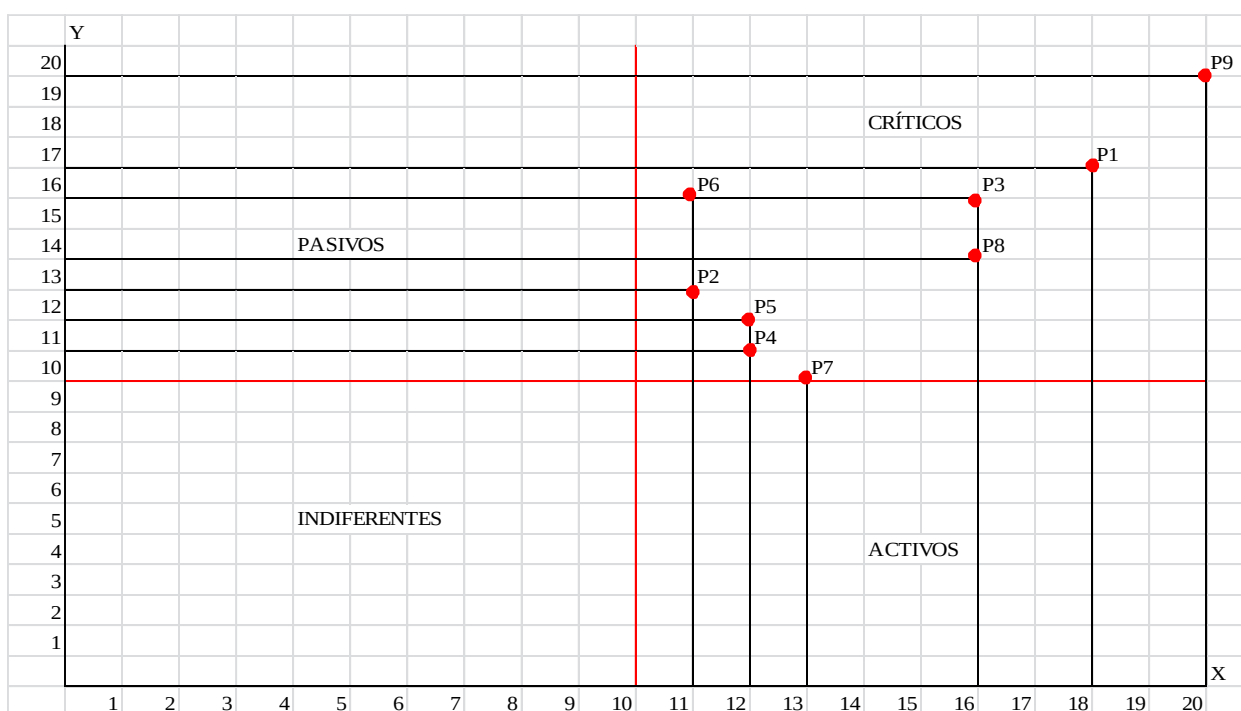


Figura 11. Matriz de Vester en el río Chico

Con la identificación y evaluación de problemas en el río Chico se obtuvo las siguientes dificultades: las entidades públicas no realizan socializaciones sobre el cuidado de las cuencas (P1), incumplimiento de compromisos, acuerdos y convenios (P2), las decisiones

están encaminadas en el ámbito político (P3), no existen incentivos o compensaciones por cuidar las cuencas (P4), desechos sólidos arrojados (P5), remoción de cobertura vegetal (P6), descargas residuales directas (P7), ocupación de la franja de conservación (P8) y actividades agropecuarias y piscícolas (P9) (Tabla 24).

La evaluación clasifica los problemas en cuadrantes I: críticos, II: pasivos, III: indiferentes y IV: activos. En el río Chico, existen 9 problemas, de los cuales 8 se encuentran en el cuadrante I: las entidades públicas no realizan socializaciones sobre el cuidado de las cuencas (P1), incumplimiento de compromisos, acuerdos y convenios (P2), las decisiones están encaminadas en el ámbito político (P3), no existen incentivos o compensaciones por cuidar las cuencas (P4), desechos sólidos arrojados (P5), remoción de cobertura vegetal (P6), ocupación de la franja de conservación (P8) y actividades agropecuarias y piscícolas (P9); y 1 en el cuadrante IV: descargas residuales directas (P7) (Figura 11).

Cortés y Wandurraga (2016) en su estudio “Propuesta de caracterización de los elementos atípicos en el espacio público asociados a la contaminación visual urbana en el sector Quirigua” evaluaron las actividades económicas y comerciales mediante la aplicación de la matriz Vester y el análisis de la información recolectada en campo que permitió la caracterización de 12 problemas que describen la situación de los componentes del espacio público que genera cada elemento atípico y arrojó un cuadrante de coordenadas cartesianas de cuatro categorías (críticos, pasivos, indiferentes y activos) e identificó la afectación por la categoría críticos con 23 elementos atípicos (68 %) asociados a la publicidad ilegal, comercio informal aglomerado y deterioro en el mobiliario urbano; y los 11 elementos atípicos dispersos con afectación baja y moderada se distribuyen en el 13 % pasivos, el 12 % indiferentes y el 7 % activos.

Montoya y Barragán (2010) en su estudio “Diagnóstico preliminar de la producción y comercialización del chigüiro (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en Latinoamérica con énfasis en Colombia” realizaron encuestas y talleres con actores involucrados en el uso de la especie, y para sistematizar la información aplicaron la matriz Vester que identifica y prioriza los problemas a través del establecimiento de categorías en cuadrantes, y como resultado obtuvieron problemáticas críticas basadas en la falta de personal especializado, el deficiente acompañamiento institucional y la rigidez de la legislación, lo que contribuyó al

establecimiento de un sistema de aprovechamiento que ofrece garantías para el uso, comercialización y conservación de la especie.

La matriz Vester aplicada en el río Chico, barrio Quirigua y producción-comercialización de la especie chigüiro, evidencia la identificación y categorización de los problemas y su relación con las actividades que se realizan en cada sitio de estudio, priorizando los efectos reversibles e irreversibles de cada problemática con la finalidad de mitigar y reducir la aparición de otros problemas.

- **Matriz de marco lógico**

Para mitigar los problemas identificados en la metodología Vester se propone la matriz de marco lógico (SENPLADES, 2015). En la Tabla 25 se describen los objetivos y las actividades a implementarse y ejecutarse en el río Chico:

Tabla 25

Marco lógico del río Chico

RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones	El 50 % del área total del río Chico conservada.	Estadísticas financieras y ambientales.	Estabilidad política y económica.
PROPÓSITO: Conservar el área total del río Chico para asegurar el abastecimiento de agua hacia la ciudad de Tulcán.	Ejecución a largo plazo del 50 % de las acciones propuestas en el Plan de Conservación de la fuente de agua río Chico.	Informes. Mapas temáticos (cobertura vegetal y uso de suelo).	Escaso financiamiento externo.
COMPONENTES:			

C1: Informar sobre el uso adecuado y el cuidado de las cuencas hidrográficas como pilar fundamental para la conservación del recurso hídrico.	El 70% de la población que paga el servicio de agua estará informada a mediano plazo.	Convocatoria. Listados de asistencia. Espacios publicitarios contratados.	Los capacitadores incumplen el cronograma. Baja audiencia de los canales de comunicación.
C2: Generar acuerdos, convenios y compromisos interinstitucionales que promuevan el cuidado y conservación del líquido vital.	El 60% de convenios, acuerdos y compromisos serán aprobados por las partes interesadas a mediano plazo.	Convocatoria. Listados de asistencia. Convenios, acuerdos y compromisos aprobados.	Aprobación por el directorio de la EPMAPA-T y el Consejo Municipal del Cantón Tulcán.
C3: Efectuar decisiones sin dependencias políticas.	El 60% de las decisiones tomadas serán imparciales a mediano plazo.	Convocatoria. Listados de asistencia. Decisiones firmadas y aprobadas.	Aprobación por el directorio de la EPMAPA-T y el Consejo Municipal del Cantón Tulcán.
C4: Crear y aprobar el fondo del agua para incentivar el cuidado de las fuentes de agua.	El 100% de las partes interesadas aprobarán el fondo del agua a corto plazo.	Convocatoria. Listados de asistencia. Fondo del agua aprobado.	Aprobación por el directorio de la EPMAPA-T y el Consejo Municipal del Cantón Tulcán.
C5: Informar sobre la disposición adecuada de los residuos generados, clasificación de residuos en la fuente, reutilización y reciclaje, almacenamiento y disposición final de los desechos.	El 70% de la población local estará informada a mediano plazo.	Convocatoria. Listados de asistencia.	Los capacitadores incumplen el cronograma.
C6: Informar sobre la normativa vigente y la producción eficiente de los suelos.	El 70% de la población local estará informada a mediano plazo.	Convocatoria. Listados de asistencia.	Los capacitadores incumplen el cronograma.
C7: Realizar el tratamiento residual de las viviendas construidas a la orilla del río.	El 65% de viviendas contarán con tratamiento residual a largo plazo.	Estudios técnicos Libro de obra.	Los contratistas incumplen el cronograma de ejecución.
C8: Limitar la franja de protección del cuerpo de agua.	El 70% de la zona baja del río estará limitada a mediano plazo.	Registro de plantas sembradas. Listados de asistencia.	Las personas designadas no se asisten.

C9: Compensar a los propietarios de los terrenos de la zona alta y media de la cuenca.	El 50% de los propietarios estarán compensados a largo plazo.	Escrituras de los terrenos. Actas de entrega.	Recursos económicos insuficientes.
ACTIVIDADES:			
C1.1: Socializar el uso adecuado del líquido vital y el cuidado de las cuencas hídricas de abastecimiento.	\$ 5000,00	Convocatoria. Listados de asistencia.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C.1.2: Difundir los anuncios relacionados con el uso y cuidado del agua en los diferentes canales de información.	\$ 15000,00	Espacios publicitarios.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C2.1: Conservar el entorno natural de las cuencas hidrográficas de abastecimiento de agua.	\$ 20000,00	Mapas de zonas conservadas. Terrenos comprados.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C2.2: Limitar el avance de agricultura y ganadería a la zona del páramo.	\$ 250000,00	Mapas de agricultura y ganadería. Terrenos comprados.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C3.1: Generar reuniones encaminadas con el cuidado y conservación de las fuentes de agua.	\$ 2000,00	Convocatoria. Listados de asistencia. Actas firmadas.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C4.1: Formular el informe y la ordenanza del fondo de agua.	\$ 1200,00	Informe y ordenanza aprobados.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C4.2: Aprobar el fondo del agua por el Concejo Municipal de la ciudad de Tulcán.	\$ 1000,00	Convocatoria. Listados de asistencia. Fondo del agua aprobado.	Aprobación por autoridades externas.
C5.1: Capacitar y socializar la disposición adecuada de los residuos generados, clasificación de residuos en la fuente, reutilización y reciclaje, almacenamiento y disposición final de los desechos.	\$ 5000,00	Convocatoria. Listados de asistencia.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.

C6.1: Capacitar y socializar la normativa vigente y la producción eficiente de los suelos.	\$ 5000,00	Convocatoria. Listados de asistencia.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C7.1: Instalar biodigestores en las viviendas ubicadas junto al río.	\$100000,00	Facturas. Actas de entrega-recepción.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C8.1: Sembrar especies nativas a lo largo del cuerpo de agua.	\$ 5000,00	Convocatoria. Listados de asistencia. Registro de especies nativas sembradas.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C9.1: Comprar terrenos en la zona baja de la cuenca para evitar el avance de la frontera agrícola.	\$250000,00	Escrituras de los terrenos comprados. Actas de entrega-recepción.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.
C9.2: Capacitar las técnicas sostenibles de agricultura y ganadería, y el límite de la frontera agrícola.	\$ 5000,00	Convocatoria. Listados de asistencia.	Disponibilidad de recursos económicos de acuerdo a lo programado.

Fuente: Narváez (2021)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La caracterización de los impactos ambientales encontrados en el río Chico genera un diagnóstico de las principales causas de contaminación en la cuenca y contribuye con la evaluación y posterior ejecución de propuestas que minimicen y eviten los efectos de las actividades antrópicas a corto, mediano o largo plazo.

El análisis de agua y el cálculo WQI del río Chico identifica la calidad buena y mala del agua en las zonas funcionales de la cuenca, principalmente de la zona baja que abastece de agua a los habitantes de la ciudad de Tulcán con la finalidad de asegurar el provisionamiento del recurso hídrico y aplicar el tratamiento adecuado a los parámetros que incumplen la normativa vigente (Ar y DBO₅).

Los intereses descritos por los actores sociales involucrados en el río Chico y las estrategias propuestas en la presente investigación generan la planificación adecuada para ejecutar proyectos y políticas públicas que garanticen la preservación y conservación de las zonas hídricas que proveen los servicios ecosistémicos.

Es importante realizar este tipo de estudio en las cuencas hidrográficas de abastecimiento para poder ejecutar obras que conserven el líquido vital y generen conciencia de la importancia del agua para la vida de los todos seres vivos.

El cálculo del WQI en las fuentes de captación genera una línea base de los sitios en los cuales se debe construir la infraestructura de captaciones de agua basada en la calidad de agua de los ríos y en el cumplimiento de la normativa legal vigente, para evitar el gasto excesivo en procesos de tratamiento de agua altamente costosos.

REFERENCIAS

- Aguilar, I. (2007). *Las Cuencas y la Gestión del Riesgo*. Serviprensa S.A. Guatemala-Guatemala. 45 p.
- Aigberua, A y Tarawou, T. (2019). *Evaluación del índice de calidad del agua (WQI) Aguas dulces interiores de Taylor Creek en Estado de Bayelsa, Nigeria*. Nigeria: Autor.
- Araque, M., Vásconez, A., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., y Ortiz, L. (2019). *Cuencas hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca.
- Arias, A. (2014). *Evaluación de impacto ambiental y su incidencia en los efectos del componente agroproductivo del P.D.A. UNOCANT*. Ambato – Ecuador: Autor.
- Baquer, R., Simba, L., González, B., Suatunce, P., Eduardo, Diaz, E., y Cadme, L. (2016). *Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador*. Quevedo: Autor.
- Betancourt, D (2016). *Matriz de vester para la priorización de problemas*. Recuperado de www.ingenioempresa.com/matriz-de-vester.
- Blanco, C. (2016). *Evaluación estadística del régimen de caudales, precipitación y tendencias de los indicadores de calidad del agua del río Curubital - Cundinamarca*. Bogotá - Colombia: Autor.
- Brena, J., Castillo, C., y Wagner, A. (2016). *Metodología para la delimitación y caracterización de humedales en escalas 1:50 000 y 1:20 000*. México: Autor.
- Bolaños, M., Paz, F., Argumedo, J., Romero, V., y Cruz, J. (2016). *Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo*. México: Autor.
- Caballero, N. (2014). *Revisión del Marco Conceptual sobre Servicios Ecosistémicos. Memoria de los Foros Técnicos sobre Servicios Ecosistémicos en Uruguay*. Montevideo-Uruguay. Pp.8-15.

- Caho, C. y López, E. (2017). *Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI*. Bogotá - Colombia: Autor.
- Cando, M. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Multipropósito Piñan Tumbabiro. Cantón Urcuquí. Provincia de Imbabura*. Ecuador: Secretaría Nacional del Agua.
- Castro, A., Martínez, H., Argüello, F., Sandoval, D. (2020). *Métodos para el análisis de actores en el contexto de spin-off universitarias*. Colombia: Autor.
- Consultora QUIMOSA. (2020). *Estudios de evaluación, diagnóstico y diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillados Sanitario y Pluvial de la ciudad de Tulcán*. Quito – Ecuador: Autor.
- Cortés, P. y Wandurraga, L. (2016). *Propuesta de caracterización de los elementos atípicos en el espacio público asociados a la contaminación visual urbana en el sector Quirigua*. Bogotá: Autor.
- Cotler, H., Galindo, H., González, I., Pineda, R y Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas: Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Printing Arts. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280938710_Cuencas_hidrograficas_Fundamentos_y_perspectivas_para_su_manejo_y_gestion
- Cuevas, M., Garrido, A., Pérez, D. y González, I. (2010). *“Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural”*. Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P, 231 pp. Recuperado de www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=639
- Díaz, J. (2014). *“Cuantificación y caracterización del escurrimiento superficial en el sistema fluvial del río Carcarañá”*. Argentina: Autor.

- Garrido, A., Pérez, D. y Enríquez, C. (2010). *“Delimitación de zonas funcionales de las cuencas hidrográficas de México”*. Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. Recuperado de www.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=639
- González, A. (2014). *Manual piragüero 3 - Medición del caudal*. Colombia: Autor.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGrawHill.
- Innovativa-ESPE. (2014). *Informe de Factibilidad del Proyecto Multiproposito Tumbabiro*. Quito-Ecuador: ESPE-UTN.
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B. y Balsley, J. (1971). *Procedimiento para evaluar el impacto ambiental*. Washington: Servicio Geológico de los Estados Unidos.
- López, W. (2013). Análisis del manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de recursos naturales. *Chapingo*, XII, 39-45.
- Mardones, G. (2017). *Mapeo de actores en la zona de amortiguación del Parque Nacional Alerce Andino y la Reserva Nacional Llanquihue*. Chile: Autor.
- Montoya, V. y Barragán, K. (2010). *Diagnóstico preliminar de la producción y comercialización del chigüiro (Hydrochoerus hydrochaeris) en Latinoamérica con énfasis en Colombia*. Bogotá: Autor.
- Ortegón, E., Pacheco, J. y Prieto, A. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Chile: CEPAL.
- Peña, E. (2016). *Evaluación de impacto ambiental en el plano de inundación del río Yara en el tramo urbano del municipio Yara*. Cuba: Autor.
- Quiroz, L., Izquierdo, E. y Menéndez, C. (2017). *Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador*. Manabí: Autor.

- Ramírez, J. (2015). *Alternativas de Manejo Sustentable de la Subcuenca del Río Pitura, provincia de Imbabura, Ecuador* (Tesis inédita de posgrado). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Rubio-Arias H, Jiménez C.J. (2012). *Estadística aplicada y análisis con Minitab*. Universidad Autónoma de Chihuahua. ISBN 978-607-8223-14-5. Chihuahua, México. 169 p.
- Sarandón, S. y Folres, C. (2014). *Agroecología: Bases Teóricas para el Diseño y Manejo de Agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad de La Plata. La Plata-Argentina. 467 p.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida*. Quito – Ecuador: Autor.
- Silva, S. (2017). *Identificando a los protagonistas: el mapeo de actores como herramienta para el diseño y análisis de políticas públicas*. Colombia: Autor.
- Sistema Nacional de Información. (2014). *Archivos de información geográfica*. Recuperado de <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., Escobar, J. y Pérez, A. (2010). *Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano*. Colombia: Autor.
- Vásconez, L. y Durán, W. (2015). *Evaluación ambiental de la cuenca del río Gala del cantón Camilo Ponce Enríquez*. Cuenca: Autor.
- Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I*. Colombia: Autor.
- Zepeda, J., Ponce, G. y Vergara, F. (2017). *El mapeo de actores y conformación de cuerpos de participación pesquera*. México: Autor.

ANEXOS

Anexo 1. Matrices de la evaluación del impacto ambiental

Extensión

Código	Componente	Subcomponente	Factor ambiental	Impactos				
				1	2	3	4	5
				Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de desechos líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas
ABT1	Abiótico	Aire	Calidad del aire	1.0	1.0	1.0		2.5
ABT2		Suelo	Destrucción de suelos	1.0	1.0		1.0	2.5
ABT3			Permeabilidad	1.0	1.0		1.0	2.5
ABT4			Erosión	1.0	1.0		1.0	2.5
ABT5		Agua	Contaminación aguas superficiales	1.0		2.5		2.5
ABT6			Contaminación agua de río	1.0		2.5		2.5
ABT7		Paisaje	Afectación paisajística	1.0	2.5	1.0	1.0	2.5
BIO1	Biótico	Flora	Árboles		1.0		1.0	2.5
BIO2			Arbustos		1.0		1.0	2.5
BIO3			Herbáceas	1.0	1.0		1.0	2.5
BIO4		Fauna	Terrestre	1.0	1.0		1.0	2.5
BIO5			Acuática	1.0		2.5	1.0	2.5
ANT1	Antrópico	Medio perceptual Humano	Naturalidad	1.0	1.0	1.0	1.0	2.5
ANT2			Salud y Confort	1.0		2.5		2.5
ANT3		Economía y población	Actividades Agropecuarias Vecinas	1.0				2.5
ANT4			Turismo	2.5		2.5		
ANT5			Generación de Empleo					2.5

Duración

Código	Componente	Subcomponente	Factor ambiental	Impactos				
				1	2	3	4	5
				Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de desechos líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas
ABT1	Abiótico	Aire	Calidad del aire	5.0	5.0	5.0		5.0
ABT2		Suelo	Destrucción de suelos	5.0	5.0		5.0	5.0
ABT3			Permeabilidad	5.0	5.0		5.0	5.0
ABT4			Erosión	5.0	5.0		5.0	5.0
ABT5		Agua	Contaminación aguas superficiales	5.0		5.0		5.0
ABT6			Contaminación agua de río	5.0		5.0		5.0
ABT7		Paisaje	Afectación paisajística	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
BIO1	Biótico	Flora	Árboles		5.0		5.0	5.0
BIO2			Arbustos		5.0		5.0	5.0
BIO3			Herbáceas	5.0	5.0		5.0	5.0
BIO4		Fauna	Terrestre	5.0	5.0		5.0	5.0
BIO5			Acuática	5.0		5.0	5.0	5.0
ANT1	Antrópico	Medio perceptual Humano	Naturalidad	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ANT2			Salud y Confort	5.0		5.0		5.0
ANT3		Economía y población	Actividades Agropecuarias Vecinas	5.0				5.0
ANT4			Turismo	5.0		5.0		
ANT5			Generación de Empleo					5.0

Reversibilidad

Código	Componente	Subcomponente	Factor ambiental	Impactos				
				1	2	3	4	5
				Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de desechos líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas
ABT1	Abiótico	Aire	Calidad del aire	5.0	5.0	5.0		5.0
ABT2		Suelo	Destrucción de suelos	5.0	5.0		5.0	5.0
ABT3			Permeabilidad	5.0	5.0		5.0	5.0
ABT4			Erosión	5.0	5.0		5.0	5.0
ABT5		Agua	Contaminación aguas superficiales	5.0		5.0		5.0
ABT6			Contaminación agua de río	5.0		5.0		5.0
ABT7		Paisaje	Afectación paisajística	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
BIO1	Biótico	Flora	Árboles		5.0		5.0	5.0
BIO2			Arbustos		5.0		5.0	5.0
BIO3			Herbáceas	5.0	5.0		5.0	5.0
BIO4		Fauna	Terrestre	5.0	5.0		5.0	5.0
BIO5			Acuática	5.0		5.0	5.0	5.0
ANT1	Antrópico	Medio perceptual	Naturalidad	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ANT2		Humano	Salud y Confort	5.0		5.0		5.0
ANT3		Economía y población	Actividades Agropecuarias Vecinas	5.0				5.0
ANT4			Turismo	5.0		5.0		
ANT5			Generación de Empleo					5.0

Importancia

Código	Componente	Subcomponente	Factor ambiental	Impactos				
				1	2	3	4	5
				Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de desechos líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas
ABT1	Abiótico	Aire	Calidad del aire	3,6	3,6	3,6		4,1
ABT2		Suelo	Destrucción de suelos	3,6	3,6		3,6	4,1
ABT3			Permeabilidad	3,6	3,6		3,6	4,1
ABT4			Erosión	3,6	3,6		3,6	4,1
ABT5		Agua	Contaminación aguas superficiales	3,6		4,1		4,1
ABT6			Contaminación agua de río	3,6		4,1		4,1
ABT7		Paisaje	Afectación paisajística	3,6	4,1	3,6	3,6	4,1
BIO1	Biótico	Flora	Árboles		3,6		3,6	4,1
BIO2			Arbustos		3,6		3,6	4,1
BIO3			Herbáceas	3,6	3,6		3,6	4,1
BIO4		Fauna	Terrestre	3,6	3,6		3,6	4,1
BIO5			Acuática	3,6		4,1	3,6	4,1
ANT1	Antrópico	Medio perceptual Humano	Naturalidad	3,6	3,6	3,6	3,6	4,1
ANT2			Salud y Confort	3,6		4,1		4,1
ANT3		Economía y población	Actividades Agropecuarias Vecinas	3,6				4,1
ANT4			Turismo	4,1		4,1		
ANT5			Generación de Empleo					4,1

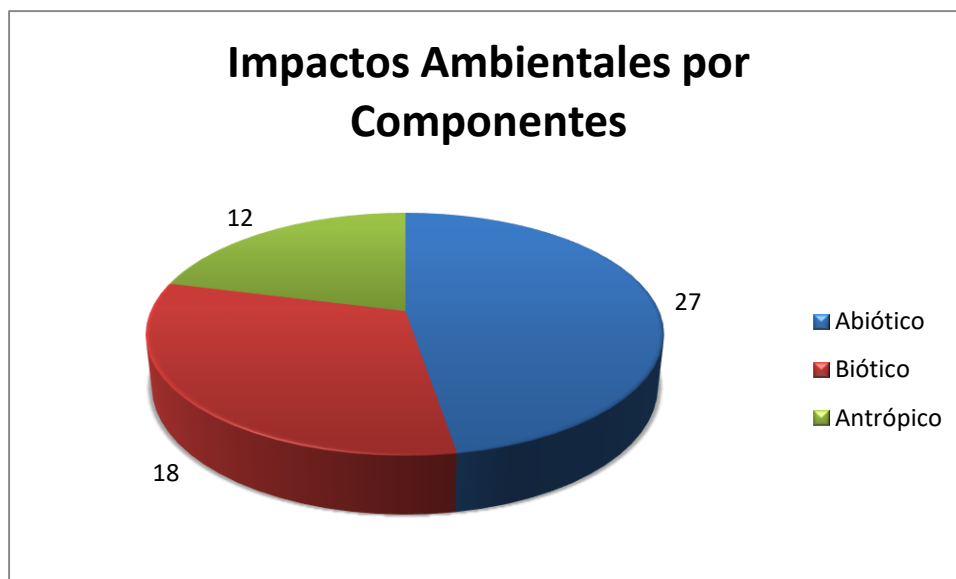
Magnitud

Código	Componente	Subcomponente	Factor ambiental	Impactos				
				1	2	3	4	5
				Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de desechos líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas
ABT1	Abiótico	Aire	Calidad del aire	1.0	1.0	2.5		7.5
ABT2		Suelo	Destrucción de suelos	1.0	5.0		2.5	7.5
ABT3			Permeabilidad	2.5	5.0		1.0	7.5
ABT4			Erosión	1.0	5.0		1.0	7.5
ABT5		Agua	Contaminación aguas superficiales	1.0		5.0		7.5
ABT6			Contaminación agua de río	1.0		5.0		7.5
ABT7		Paisaje	Afectación paisajística	1.0	2.5	2.5	5.0	7.5
BIO1	Biótico	Flora	Árboles		5.0		2.5	7.5
BIO2			Arbustos		5.0		2.5	7.5
BIO3			Herbáceas	1.0	5.0		2.5	7.5
BIO4		Fauna	Terrestre	1.0	5.0		2.5	7.5
BIO5			Acuática	1.0		5.0	2.5	7.5
ANT1	Antrópico	Medio perceptual Humano	Naturalidad	1.0	2.5	2.5	5.0	7.5
ANT2			Salud y Confort	2.5		5.0		1.0
ANT3		Economía y población	Actividades Agropecuarias Vecinas	1.0				5.0
ANT4			Turismo	2.5		2.5		
ANT5			Generación de Empleo					7.5

Valor de los impactos ambientales

Código	Componente	Subcomponente	Factor ambiental	Impactos					VIA SEGÚN FILAS
				1	2	3	4	5	
				Vertido de desechos sólidos	Remoción de cobertura vegetal	Vertido de efluentes líquidos	Ocupación de la franja de conservación	Presencia y actividades de las personas	
ABT1	Abiótico	Aire	Calidad del aire	-1,9	-1,9	-3,0		-5,6	-12,4
ABT2			Destrucción de suelos	-1,9	-4,2		-3,0	-5,6	-14,7
ABT3		Suelo	Permeabilidad	-3,0	-4,2		-1,9	-5,6	-14,7
ABT4			Erosión	-1,9	-4,2		-1,9	-5,6	-13,6
ABT5			Contaminación aguas superficiales	-1,9		-4,5		-5,6	-12,0
ABT6		Agua	Contaminación agua de río	-1,9		-4,5		-5,6	-12,0
ABT7			Paisaje	Afectación paisajística	-1,9	-3,2	-3,0	-4,2	-5,6
BIO1	Biótico	Flora	Árboles		-4,2		-3,0	-5,6	-12,8
BIO2			Arbustos		-4,2		-3,0	-5,6	-12,8
BIO3			Herbáceas	-1,9	-4,2		-3,0	-5,6	-14,7
BIO4		Fauna	Terrestre	-1,9	-4,2		-3,0	-5,6	-14,7
BIO5			Acuática	-1,9		-4,5	-3,0	-5,6	-15,0
ANT1	Antrópico	Medio perceptual	Naturalidad	-1,9	-3,0	-3,0	-4,2	-5,6	-17,7
ANT2		Humano	Salud y Confort	-3,0		-4,5		-2,0	-9,6
ANT3		Economía y población	Actividades Agropecuarias	-1,9				-4,5	-6,4
ANT4			Vecinas						
ANT5			Turismo	-3,2		-3,2			-6,4
			Generación de Empleo					5,6	5,6
Numero de impactos según columnas:				-30,1	-37,8	-30,4	-30,3	-78,8	-207,4

Anexo 2. Impactos ambientales encontrados en los componentes del río Chico



Anexo 3. Cálculo del índice de calidad de agua en el río Chico

Época lluviosa: zona alta

Parámetros	Valor observado (Vi)	Valor estándar (Si)	Agencia de recomendación (Si)	Valor ideal (Vid)	Valor k	Unidad de peso (Wi)	Calificación de calidad (Qi)	Qi*Wi
EC	95.1	900	WHO	0	1.645	0.0018	10.57	0.01903
TDS	69	500	DPR	0	1.645	0.0033	13.80	0.04554
pH	6.35	8.5	DPR	7	1.645	0.1935	-43.33	-8.38436
TA	31.12	100	WHO	0	1.645	0.0165	31.12	0.51348
TH	14.92	100	WHO	0	1.645	0.0165	14.92	0.24618
Ca	1.99	75	WHO	0	1.645	0.0219	2.65	0.05804
Mg	2.42	20	WHO	0	1.645	0.0823	12.10	0.99583
DO	4.5	5.0	DPR	14.6	1.645	0.3290	98.96	32.5578
Cl	4.6	250	WHO	0	1.645	0.0066	83.33	0.54998
NO ₃	1.2	10	WHO	0	1.645	0.1645	12	1.974
BOD ₅	1.0	10	DPR	0	1.645	0.1645	10	1.645
$\sum Wi=1$							$\sum Qi*Wi = 30.22$	

$$WQI = \sum Qi*Wi / \sum Wi = 30.22 \text{ (Buena calidad de agua)}$$

Fuente: Laboratorio EPMAPA-T (2021)

Época lluviosa: zona media

Parámetros	Valor observado (Vi)	Valor estándar (Si)	Agencia de recomendación (Si)	Valor ideal (Vid)	Valor k	Unidad de peso (Wi)	Calificación de calidad (Qi)	Qi*Wi
EC	105.2	900	WHO	0	1.645	0.0018	11.69	0.02104
TDS	75	500	DPR	0	1.645	0.0033	15	0.0495
pH	6.40	8.5	DPR	7	1.645	0.1935	-40	-7.74
TA	31.12	100	WHO	0	1.645	0.0165	31.12	0.51348
TH	1.00	100	WHO	0	1.645	0.0165	1	0.0165
Ca	2.17	75	WHO	0	1.645	0.0219	2.89	0.06329
Mg	0.12	20	WHO	0	1.645	0.0823	0.6	0.04938
DO	2.0	5.0	DPR	14.6	1.645	0.3290	131.25	43.18
Cl	4.0	250	WHO	0	1.645	0.0066	1.6	0.01056
NO ₃	1.1	10	WHO	0	1.645	0.1645	11	1.8095
BOD ₅	3.0	10	DPR	0	1.645	0.1645	30	4.935
$\sum Wi=1$							$\sum Qi*Wi = 42.91$	

$$WQI = \sum Qi*Wi / \sum Wi = 42.91 \text{ (Buena calidad de agua)}$$

Fuente: Laboratorio EPMAPA-T (2021)

Época lluviosa: zona baja

Parámetros	Valor observado (Vi)	Valor estándar (Si)	Agencia de recomendación (Si)	Valor ideal (Vid)	Valor k	Unidad de peso (Wi)	Calificación de calidad (Qi)	Qi*Wi
EC	538	900	WHO	0	1.645	0.0018	59.78	0.10760
TDS	112	500	DPR	0	1.645	0.0033	22.4	0.07392
pH	6.40	8.5	DPR	7	1.645	0.1935	-40	-7.74

TA	32.24	100	WHO	0	1.645	0.0165	32.24	0.53196
TH	31.83	100	WHO	0	1.645	0.0165	31.83	0.52519
Ca	8.38	75	WHO	0	1.645	0.0219	11.17	0.24462
Mg	2.66	20	WHO	0	1.645	0.0823	13.3	1.09459
DO	0.56	5.0	DPR	14.6	1.645	0.3290	146.25	48.12
Cl	3.0	250	WHO	0	1.645	0.0066	1.2	0.00792
NO ₃	1.2	10	WHO	0	1.645	0.1645	12	1.974
BOD ₅	5.0	10	DPR	0	1.645	0.1645	50	8.225
$\sum W_i=1$							$\sum Q_i*W_i$ = 53.16	

$$WQI = \sum Q_i*W_i / \sum W_i = 53.16 \text{ (Mala calidad de agua)}$$

Fuente: Laboratorio EPMAPA-T (2021)

Época seca: zona alta

Parámetros	Valor observado (Vi)	Valor estándar (Si)	Agencia de recomendación (Si)	Valor ideal (Vid)	Valor k	Unidad de peso (Wi)	Calificación de calidad (Qi)	Qi*Wi
EC	528	900	WHO	0	1.645	0.0018	58.67	0.10560
TDS	102	500	DPR	0	1.645	0.0033	20.40	0.06732
pH	6.45	8.5	DPR	7	1.645	0.1935	-36.67	-7.09564
TA	18.56	100	WHO	0	1.645	0.0165	18.56	0.30624
TH	10.12	100	WHO	0	1.645	0.0165	10.12	0.16698
Ca	2.06	75	WHO	0	1.645	0.0219	2.75	0.06022
Mg	1.23	20	WHO	0	1.645	0.0823	6.15	0.50614
DO	4.5	5.0	DPR	14.6	1.645	0.3290	112.22	36.9203
Cl	4.20	250	WHO	0	1.645	0.0066	1.68	0.01108
NO ₃	1.8	10	WHO	0	1.645	0.1645	18.00	2.961
BOD ₅	1.0	10	DPR	0	1.645	0.1645	10.00	1.645
$\sum W_i=1$							$\sum Q_i*W_i$ = 35.66	

$$WQI = \sum Q_i*W_i / \sum W_i = 35.66 \text{ (Buena calidad de agua)}$$

Fuente: Laboratorio EPMAPA-T (2019)

Época seca: zona media

Parámetros	Valor observado (Vi)	Valor estándar (Si)	Agencia de recomendación (Si)	Valor ideal (Vid)	Valor k	Unidad de peso (Wi)	Calificación de calidad (Qi)	Qi*Wi
EC	51.22	900	WHO	0	1.645	0.0018	5.69	0.01024
TDS	102	500	DPR	0	1.645	0.0033	20.40	0.06732
pH	6.67	8.5	DPR	7	1.645	0.1935	-22.00	-4.257
TA	37.05	100	WHO	0	1.645	0.0165	37.05	0.61132
TH	19.90	100	WHO	0	1.645	0.0165	19.90	0.32835
Ca	4.39	75	WHO	0	1.645	0.0219	5.85	0.12811
Mg	2.18	20	WHO	0	1.645	0.0823	10.90	0.89707
DO	2.0	5.0	DPR	14.6	1.645	0.3290	131.25	43.1812
Cl	2.29	250	WHO	0	1.645	0.0066	0.92	0.00607
NO ₃	1.3	10	WHO	0	1.645	0.1645	13.00	2.1385
BOD ₅	3.0	10	DPR	0	1.645	0.1645	30.00	4.935
$\sum W_i=1$							$\sum Q_i*W_i$ = 48.05	

$$WQI = \sum Qi * Wi / \sum Wi = 48.05 \text{ (Buena calidad de agua)}$$

Fuente: Laboratorio EPMAPA-T (2019)

Época seca: zona baja

Parámetros	Valor observado (Vi)	Valor estándar (Si)	Agencia de recomendación (Si)	Valor ideal (Vid)	Valor k	Unidad de peso (Wi)	Calificación de calidad (Qi)	Qi*Wi
EC	68	900	WHO	0	1.645	0.0018	7.56	0.01361
TDS	297	500	DPR	0	1.645	0.0033	59.40	0.19602
pH	6.66	8.5	DPR	7	1.645	0.1935	-22.67	-4.38665
TA	28.59	100	WHO	0	1.645	0.0165	28.59	0.47174
TH	42.78	100	WHO	0	1.645	0.0165	42.78	0.70587
Ca	5.12	75	WHO	0	1.645	0.0219	6.83	0.14958
Mg	4.73	20	WHO	0	1.645	0.0823	23.65	1.94639
DO	0.56	5.0	DPR	14.6	1.645	0.3290	146.25	48.1163
Cl	5.23	250	WHO	0	1.645	0.0066	2.09	0.01379
NO ₃	1.89	10	WHO	0	1.645	0.1645	18.90	3.10905
BOD ₅	5.0	10	DPR	0	1.645	0.1645	50.00	8.225
							$\sum Wi=1$	$\sum Qi*Wi = 58.56$

$$WQI = \sum Qi * Wi / \sum Wi = 58.56 \text{ (Mala calidad de agua)}$$

Fuente: Laboratorio EPMAPA-T (2019)

Anexo 4. Análisis de la calidad de agua en el río Chico

Año 2021



EPMAPA-T

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO



EPMAPA-T

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE TULCÁN

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

INFORME O CODIGO N°: P.T.A.P. 012-21 **FECHA DE MUESTREO:** 20/04/2021
PROCEDENCIA: RÍO CHICO/TUFIÑO **FECHA DE INGRESO LAB:** 20/04/2021
SOLICITADO POR: Ing. Johanna Narváez-ANALISTA I.S.A. – EPMAPA-T

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE		MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADOS			
		AGUA POTABLE	AGUA DE RÍOS		M1	M2	M3	
			CONVENCIONAL	DESINFECCIÓN				
ANÁLISIS FÍSICO								
TEMPERATURA	°C	-	Con. Natural	C. Nat ± 3 °C	TERMOMETR	12	12	12
pH	-	6.5 - 8.5	6 - 9	6 - 9	ELECTROMET	6.35	6.40	6.40
COLOR	UTC	15	100	20	VISUAL Pt-Co	30	25	35
TURBIEDAD	NTU	5	100	10	NEFELOMET	1.90	1.86	3.69
OLOR	-	No objet	Rem por trat.	Ausencia	-	-	-	-
SABOR	-	No objet	Rem por trat.	Ausencia	-	-	-	-
SOLID. TOT. DISUEL.	mg/l	1000	1000	500	GRAVIMET	69	75	112
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1250 *			CONDUCTIV	-	-	-
ANÁLISIS QUÍMICO								
ALCALINID. (CaCO ₃)	mg/l	(370) *			VOLUMETRIC	31.12	30.17	32.24
ANHD. CARB. (CO ₂)	mg/l	(5) *			VOLUMETRIC	10.20	11.21	10.89
AMONIACO (N-NH ₃)	mg/l	1.0	1.0	1.0	FOTOMETRIC	0.14	0.14	0.13
ARSENICO (As)	mg/l	0.01	0.05	0.05	COLORIMETR	0.02	0.03	0.05
CALCIO (Ca)	mg/l	(75-200) *			VOLUMETRIC	1.99	2.17	8.38
COBRE (Cu)	mg/l	2 **	1.0	1.0	FOTOMETRIC	0.01	0.01	0.01
DUREZA TOT (CaCO ₃)	mg/l	300 *	500	500	VOLUMETRIC	14.92	1.00	31.83
DUREZA CAL (CaCO ₃)	mg/l	150-300			VOLUMETRIC	4.97	0.5	20.89
FOSFORO (P-PO ₄)	mg/l	0.1			FOTOMETRIC	0.22	0.25	0.27
HIERRO (Fe)	mg/l	0.3 *	1.0	0.3	FOTOMETRIC	0.47	0.47	0.68
MAGNESIO (Mg)	mg/l	(50-150) *			CALCULO	2.42	0.12	2.66
MANGANESO (Mn)	mg/l	0.4 **	0.1	0.1	FOTOMETRIC	0.01	0.01	0.01
NITRATOS (NO ₃)	mg/l	50 **	10	10	FOTOMETRIC	1.2	1.1	1.2
NITRITOS (NO ₂)	mg/l	3 **	1.0	1.0	FOTOMETRIC	0.003	0.003	0.003
POTASIO (K)	mg/l	20 *			FOTOMETRIC	0.0	0.1	0.0
SULFATOS (SO ₄)	mg/l	200 *	400	250	FOTOMETRIC	0	0	12

*: Valor que no exige la norma actual (INEN 1 108:2010), pero por seguridad lo reportamos.
 **: Rango ampliado de la nueva norma (INEN 1 108:2010).

DONDE:
 M1: Punto Alto
 M2: Punto Medio
 M3: Punto Bajo



Tulcán
Para la vida

"Trabajamos por la conservación de ecosistemas, agua limpia y saneamiento – ODS 2030"

DIR. JUAN RAMÓN ARELLANO Y BOLÍVAR
 TEL. 062 960 077 - MAIL. epmapatulcan@hotmail.com



EPMAPA-T

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO



EPMAPA-T

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE TULCAN
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

INFORME O CODIGO N°: P.T.A.P. 012-21

FECHA DE MUESTREO: 20/04/2021

PROCEDENCIA: RÍO CHICO/TUFIÑO

FECHA DE INGRESO LAB: 20/04/2021

SOLICITADO POR: Ing. Johanna Narváez-ANALISTA I.S.A. – EPMAPA-T

ANÁLISIS QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO			MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADOS		
		AGUA POTABLE	AGUA RÍOS			M1	M2	M3
			CONVENCIONAL	DESINFECCIÓN				
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/ml	100	-	-	PETRI FILM	7	34	48
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml ↓	<1.1	3000	50	COLILERT	12.46	12.46	22.7
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml ↓	<1.1	600	<20	COLILERT	0	3.1	3.3
MOHOS Y LEVADURAS	UFC/ml	<10	-	-	PETRI FILM	0	0	0

DONDE:

M1: Punto Alto

M2: Punto Medio

M3: Punto Bajo

OBSERVACIONES:

- En los análisis Físico – Químicos realizados, se determina que:

Las muestras tomadas y analizadas en laboratorio se determina que referente a propiedades físico-químicas la mayoría de sus parámetros se ajustan a los límites permisibles de norma (comparación a 3 tipos de tratamiento agua potable, río con tratamiento convencional y desinfección) a excepción del contenido de arsénico, fósforo y hierro en las muestras respectivas.

Por los valores de dureza se trata de aguas considerablemente blandas, por alcalinidad muy baja por en el contenido de sales carbonatadas.

- En el análisis Microbiológico:

Los resultados obtenidos indican presencia de carga bacteriana en una cantidad mínima manejable.



"Trabajamos por la conservación de ecosistemas, agua limpia y saneamiento – ODS 2030"

DIR. JUAN RAMÓN ARELLANO Y BOLÍVAR
TEL. 062 960 077 - MAIL. epmapatulcan@hotmail.com



EPMAPA-T

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

CONCLUSIONES:

En relación a las muestra tomadas y analizadas en laboratorio se determina que a medida que van tomando trayecto el agua en su cauce se tiene contaminación considerable observación que nos permite corroborar los resultados de análisis físicos-químicos.

Referente a la carga bacteriana, es un agua muy susceptible a un tratamiento de desinfección con cloro.

ANALISTA:

Ing. Yadir Sierra O.
ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD
P.T.A.P. EPMAPA-T

EPMAPA-T
Tratamiento



"Trabajamos por la conservación de ecosistemas, agua limpia y saneamiento – ODS 2030"

DIR. JUAN RAMÓN ARELLANO Y BOLÍVAR
TEL. 062 960 077 - MAIL. epmapatulcan@hotmail.com

Año 2019



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE TULCAN

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

INFORME O CODIGO N°: P.T.A.P. 019-023

FECHA DE MUESTREO: 11/06/2019

PROCEDENCIA: RIO CHICO/TUFIÑO

FECHA DE INGRESO LAB: 11/06/2019

SOLICITADO POR: Ing. Mauricio Larrea – GERENTE EPMAPA-T

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE		METODO DE ANALISIS	RESULTADOS		
		AGUA POTABLE	AGUA DE RIOS		M1	M2	M3
			CONVENCIONAL				

ANÁLISIS FÍSICO

TEMPERATURA	°C	-	Cond. Natural	C.Nat ± 3 °C	TERMOMETR	11	10	8
PH	-	6.5 - 8.5	6 - 9	6 - 9	ELECTROMET	6.45	6.67	6.66
COLOR	UTC	15	100	20	VISUAL Pt-Co	50	17.5	20.0
TURBIDEZ	NTU	5	100	10	NEFELOMET	6.98	3.78	2.95
OLOR	-	No objet	Remov por trat.	Ausencia	-	-	-	-
SABOR	-	No objet	Remov por trat.	Ausencia	-	-	-	-
SOLID. TOT. DISUELTOS	mg/l	1000	1000	500	GRAVIMET	102	102	297
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1250 *			CONDUCTIV	528	51.22	68
ÍNDICE DE LANGELEIR	-	-2 a 0 (m/a)			CÁLCULO	-	-2.45	-2.85
OXÍGENO DISUELTO	%	-	6	6	ELECTRODO	4.5	2.0	0.56

ANÁLISIS QUÍMICO

ALCALINIDAD (CaCO ₃)	mg/l	(370) *			VOLUMETRIC	18.56	37.05	28.59
ANHID. CARBON. (CO ₂)	mg/l	(5) *			VOLUMETRIC	5.17	4.24	5.56
AMONIACO (N-NH ₃)	mg/l	1.0	1.0	1.0	FOTOMETRIC	-	0.09	0.36
ARSENICO (As)	mg/l	0.01	0.05	0.05	COLORIMETR	0.00	0.005	0.005
CALCIO (Ca)	mg/l	(75-200) *			VOLUMETRIC	2.06	4.39	5.12
CLORUROS (Cl)	mg/l	250 *	250	250	VOLUMETRIC	4.20	2.29	5.23
COBRE (Cu)	mg/l	2 **	1.0	1.0	FOTOMETRIC	0.06	0.00	0.01
CROMO (Cr)	mg/l	0.05	0.05	0.05	FOTOMETRIC	-	0.001	0.00
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/l	300 *	500	500	VOLUMETRIC	10.12	19.90	42.78
DUREZA CALC (CaCO ₃)	mg/l				VOLUMETRIC	5.07	10.94	23.31
FOSFORO (P-PO ₄)	mg/l	0.1			FOTOMETRIC	0.35	0.05	0.21
FLUOR	mg/l		1.5	1.4	FOTOMETRIC	-	0.08	-
HIERRO (Fe)	mg/l	0.3 *	1.0	0.3	FOTOMETRIC	0.63	0.54	0.41
MAGNESIO (Mg)	mg/l	(50-150) *			CÁLCULO	1.23	2.18	4.73
MANGANESO (Mn)	mg/l	0.4 **	0.1	0.1	FOTOMETRIC	0.060	0.01	0.01
NITRATOS (NO ₃)	mg/l	50 **	10	10	FOTOMETRIC	1.8	1.3	1.89
NITRITOS (NO ₂)	mg/l	3 **	1.0	1.0	FOTOMETRIC	0.002	0.003	0.004
POTASIO (K)	mg/l	20 *			FOTOMETRIC	1.3	2.3	2.7
SULFATOS (SO ₄)	mg/l	200 *	400	250	FOTOMETRIC	0	1	1

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

AEROBIOS MESOFILOS	UFC/ml	100	PETRIFILM	18.56	28.59	37.05
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	<1.1	COLILERT	5.17	4.24	5.56
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	<1.1	COLILERT	0.003	0.09	0.36
MOHOS Y LEVADURAS	UFC/ml	<10	PETRIFILM	0.00	0.005	0.005

*: Valor que no exige la norma actual (INEN 1108:2010), pero por seguridad lo reportamos.

** : Rango ampliado de la nueva norma (INEN 1108:2010).



EPMAPA-T

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado

DONDE:

M1: Punto Alto
M2: Punto Medio
M3: Punto Bajo

OBSERVACIONES:

- En los análisis Físico – Químicos realizados, se determina que:

La muestra tomada es agua con color y turbiedad que le ubica en la categoría de “agua de consumo humano y uso doméstico que requiere desinfección”; por el valor de dureza se trata de agua considerablemente blanda, por la conductividad es agua muy débil en concentración de iones, alcalinidad muy baja lo que indica la baja presencia de sales carbonatadas, el índice de Langlier indica que es un agua corrosiva. Los demás análisis químicos indican que no tiene presencia significativa de minerales ni de sales. El valor del pH indica que es agua ligeramente ácida.

- En el análisis Microbiológico:

Los resultados obtenidos indican presencia de aerobios mesófilos en una cantidad considerable, presencia de coliformes totales y coliformes fecales, hay ausencia de mohos y levaduras. Es agua muy susceptible a un tratamiento de desinfección con cloro.

ANALISTA:

EPMAPA-T
Jefe P. Tratamiento

Ing. Yadira Sierra O.
JEFE DE P.T.A.P. EPMAPA-T

Anexo 5. Encuestas realizadas por la Consultora Quimosa 2020



bode
Banco de Desarrollo del Ecuador S.A.

MAAE
MINISTERIO DEL AMBIENTE Y
AGUA ECUADOR



Tulcán
Para la vida

ESTUDIOS DEL PLAN MAESTRO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE TULCÁN

PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y PERCEPCIÓN PÚBLICA

ENCUESTA N° 1 FECHA: 25 Septiembre/2020

Con la finalidad de determinar la percepción ciudadana respecto a utilización de las actuales fuentes de agua en la Parroquia Tufiño, cantón Tulcán, como son el Río Chico y el Río Grande, se aplicó la siguiente encuesta a los principales líderes parroquiales de tal manera de recoger sus recomendaciones y sugerencias al respecto:

- Nombre... Edison Javier Muñoz Rubio
- Dirección... calles 19 de noviembre y bolívar
- Teléfono... 0980000935
- Ocupación... Teniente Político
- Su relación con las fuentes de agua... preservar y cuidar la cuencas hídricas
- Conoce usted de la realización de los estudios del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para Tulcán, que incluye la búsqueda de nuevas fuentes hídricas por cuanto las actuales ya no son suficientes para proveer de agua a la ciudad y su área periférica (S/N)? ☐
- A su criterio la Municipalidad de Tulcán y la EPMAPA-T han realizada las suficientes acciones en el cuidado de las fuentes hídricas en Tufiño?
Como entidades deberían de realizar mayor socialización por ser el cuidado, no he mirado capacitaciones por parte de la municipalidad
- A su criterio el GADP de Tufiño y las entidades que trabajan en las cuencas hídricas como la Comuna La Esperanza han recibido el suficiente apoyo por parte de las entidades que aprovechan de estos recursos?
Se ha visto que realizan compromisos, para un dato oficial a ello, la información la manejan las directivas de esta entidad
- ¿Considera acertado que se aproveche el río Grande como fuente para la provisión de agua potable de Tulcán?
Se debería socializar con las personas involucradas que aprovechen estas aguas, luego de esto se podría considerar la aceptación de la propuesta
- ¿Qué recomendaciones daría usted para que se mejore la relaciones institucionales-GADP Tufiño-Comuna La Esperanza, en el aprovechamiento y cuidado de estos recursos?
Que se deje de lado los color políticos, que se sumen a involucrar a todas las entidades ya que los que siempre suelen afectados son nuestros pobladores.

Encuestado por: _____ Firma: [Firma]

ESTUDIOS DEL PLAN MAESTRO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE TULCÁN

PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y PERCEPCIÓN PÚBLICA

ENCUESTA N° 2 FECHA: 25 Septiembre/2020

Con la finalidad de determinar la percepción ciudadana respecto a utilización de las actuales fuentes de agua en la Parroquia Tufiño, cantón Tulcán, como son el Río Chico y el Río Grande, se aplicó la siguiente encuesta a los principales líderes parroquiales de tal manera de recoger sus recomendaciones y sugerencias al respecto:

1. Nombre Lieda. Olga Chiles
 2. Dirección Tufiño
 3. Teléfono 0995814156
 4. Ocupación Representante legal "COMUNA LA ESPERANZA"
 5. Su relación con las fuentes de agua: De nuestro territorio nace el agua del Río Grande y fuentes que abastece al cantón
 6. Conoce usted de la realización de los estudios del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para Tulcán, que incluye la búsqueda de nuevas fuentes hídricas por cuanto las actuales ya no son suficientes para proveer de agua a la ciudad y su área periférica (S/N)? ☒
 7. A su criterio la Municipalidad de Tulcán y la EPMAPA-T han realizada las suficientes acciones en el cuidado de las fuentes hídricas en Tufiño?
No las ha realizado creo que la responsabilidad es de todos y nosotros como "comuna" no tenemos nada por el cuidado del páramo
 8. A su criterio el GADP de Tufiño y las entidades que trabajan en las cuencas hídricas como la Comuna La Esperanza han recibido el suficiente apoyo por parte de las entidades que aprovechan de estos recursos?
No se tiene ningún beneficio ni retribución, cuidamos por compromiso ni el GAD ni las entidades
 9. ¿Considera acertado que se aproveche el río Grande como fuente para la provisión de agua potable de Tulcán?
Sí pero cuando cumpla con lo que promete "Fondo de Agua"
 10. ¿Qué recomendaciones daría usted para que se mejore la relaciones institucionales- GADP Tufiño-Comuna La Esperanza, en el aprovechamiento y cuidado de estos recursos?
Que todos trabajemos conjuntamente por un solo objetivo que es el cuidado del agua y páramo pero con acciones, convenios y no por solo politiquería.
- Encuestado por: ALONZO MORALES Firma: Lieda Chiles

ESTUDIOS DEL PLAN MAESTRO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE TULCÁN

PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y PERCEPCIÓN PÚBLICA

ENCUESTA N° 3

FECHA: 25 Septiembre/2020

Con la finalidad de determinar la percepción ciudadana respecto a utilización de las actuales fuentes de agua en la Parroquia Tufiño, cantón Tulcán, como son el Río Chico y el Río Grande, se aplicó la siguiente encuesta a los principales líderes parroquiales de tal manera de recoger sus recomendaciones y sugerencias al respecto:

1. Nombre: Marlon Esteban Pasqueras
2. Dirección: Tufiño - Barrio Centro
3. Teléfono: 099 3429 686
4. Ocupación: Presidente GAD Tufiño
5. Su relación con las fuentes de agua: Autoridad del territorio de donde proviene las Fuentes de Agua
6. Conoce usted de la realización de los estudios del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para Tulcán, que incluye la búsqueda de nuevas fuentes hídricas por cuanto las actuales ya no son suficientes para proveer de agua a la ciudad y su área periférica (S/N)? ☒ S
7. A su criterio la Municipalidad de Tulcán y la EPMAPA-T han realizada las suficientes acciones en el cuidado de las fuentes hídricas en Tufiño?
No. Vendo realizando algunas acciones, pero no son suficientes, así hay bastante por hacer en el cuidado de fuentes hídricas
8. A su criterio el GADP de Tufiño y las entidades que trabajan en las cuencas hídricas como la Comuna La Esperanza han recibido el suficiente apoyo por parte de las entidades que aprovechan de estos recursos?
No. Hasta el momento se está iniciando algunas acciones que hay que cristalizarlos en apoyo a las entidades que preservan el agua estos recursos
9. ¿Considera acertado que se aproveche el río Grande como fuente para la provisión de agua potable de Tulcán?
Siempre y cuando se destine parte del mismo para la Parroquia de Tufiño y se compensa por el aprovechamiento de estos recursos a la parroquia con recursos
10. ¿Qué recomendaciones daría usted para que se mejore la relaciones institucionales-GADP Tufiño-Comuna La Esperanza, en el aprovechamiento y cuidado de estos recursos?
Entre GAD Tufiño y comuna existe una buena relación, recomendando mejorar entre las dos instituciones y GAD Municipal como beneficiario del recurso hídrico.

Encuestado por: Alonso Moresco

Firma: [Firma]

Cuestionario de Encuesta

Finalidad: Las encuestas se llevarán acabo con la finalidad de recopilar información puntual sobre las posibles problemáticas existentes y demandas de la Comuna la Esperanza y la parroquia de Tufiño con respecto a los Estudios de Evaluación, Diagnóstico y Diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Pluvial de la ciudad de Tulcán.

1.- ¿Cuál es su posición o criterio respecto al Proyecto de Agua Potable para Tulcán?
Explique las razones de su posición o criterio

A favor

En contra ☒

Indiferente

¿Por qué? Porque disminuye el caudal y por lo tanto se afecta la
operación del proyecto mixto, este proyecto cuenta con
las redes de la tercera edad

2.- ¿Qué tipo de planes de compensación, acuerdos, proyecto de conservación ambiental o desarrollo debería llevarse a cabo en la parroquia Tufiño y especialmente en La Comuna La Esperanza por el uso del recurso hídrico para Tulcán?

No ent ningún tipo de proyecto que pueda desarrollarse como
compensación a la actividad de producción.

3.- ¿Cuáles serían los mecanismos de control y la forma de negociación más adecuada para el cumplimiento de los acuerdos, proyectos o planes de compensación antes mencionados?

4.- ¿Qué tipo de dificultades o conflictos se generarían durante la ejecución del proyecto de Agua Potable para Tulcán? ¿A qué se deberían estos conflictos?

Platación directa a la actividad económica

5.- Califique la gestión de Municipio y sus acciones sobre el cuidado de los recursos hídricos y su uso en beneficio de la ciudad de Tulcán

Bueno

Regular

Malo ☒

¿Por qué? No se han ejecutado ningún proyecto o programa para la conservación del recurso

6.- Califique la actual relación que existe entre la organización a la que usted representa o pertenece, el Municipio y la EPMAPA-T?. Explique las razones

Buena

Mala ☒

Indiferente

¿Por qué? No hay ningún tipo de acercamiento por parte del Municipio ni de la EPMAPA-T

7.- ¿En qué aspectos se vería afectada la organización a la que usted representa o pertenece por la ejecución del proyecto de Agua potable para la ciudad de Tulcán?

8.- ¿Qué tipo de proyectos se han desarrollado anteriormente relacionados al uso de recursos hídricos? ¿Con qué institución? ¿Cómo califica el desempeño y experiencia obtenidas de estas iniciativas?

Proyectos emprendidos con la iglesia, quienes conforman la Asociación

Señora: Clara Mera

Cuestionario de Encuesta

Finalidad: Las encuestas se llevarán a cabo con la finalidad de recopilar información puntual sobre las posibles problemáticas existentes y demandas de la Comuna la Esperanza y la parroquia de Tufiño con respecto a los Estudios de Evaluación, Diagnóstico y Diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Pluvial de la ciudad de Tulcán.

1.- ¿Cuál es su posición o criterio respecto al Proyecto de Agua Potable para Tulcán? Explique las razones de su posición o criterio

A favor ☒
En contra
Indiferente

¿Por qué? Existen muchos aspectos positivos para Tulcán para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, debería existir algún plan de compensación para quienes puedan proteger el páramo.

2.- ¿Qué tipo de planes de compensación, acuerdos, proyecto de conservación ambiental o desarrollo debería llevarse a cabo en la parroquia Tufiño y especialmente en La Comuna La Esperanza por el uso del recurso hídrico para Tulcán?

Deberían llevarse a cabo proyectos de protección como reforestación, mitigación de impactos ambientales o guardabosques. Adicional, para la población debería ejecutarse proyectos de desarrollo.

3.- ¿Cuáles serían los mecanismos de control y la forma de negociación más adecuada para el cumplimiento de los acuerdos, proyectos o planes de compensación antes mencionados?

En cuanto a la negociación deberían llegarse a acuerdos en el sitio, acordar y escuchar de opinión con las poblaciones.

4.- ¿Qué tipo de dificultades o conflictos se generarían durante la ejecución del proyecto de Agua Potable para Tulcán? ¿A qué se deberían estos conflictos?

Como conflicto el daño que causa la línea de conducción al ingresar maquinaria a las tierras para su construcción. Adicional, deberían ser

5.- Califique la gestión de Municipio y sus acciones sobre el cuidado de los recursos hídricos y su uso en beneficio de la ciudad de Tulcán

Bueno

Regular ☒

Malo

¿Por qué? Falta empoderamiento y planes enfocados al cumplimiento de acuerdos con la comunidad de donde sale el recurso hídrico

6.- Califique la actual relación que existe entre la organización a la que usted representa o pertenece, el Municipio y la EPMAPA-T?. Explique las razones

Buena ☒

Mala

Indiferente

¿Por qué? Mantener una buena comunicación con los gobiernos autónomos en pro del beneficio y desarrollo de la población.

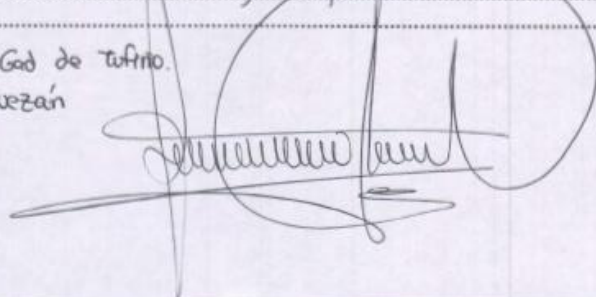
7.- ¿En qué aspectos se vería afectada la organización a la que usted representa o pertenece por la ejecución del proyecto de Agua potable para la ciudad de Tulcán?

Se vería afectada por el incumplimiento de los acuerdos ya que el interés del GAD rompe sea en pro de la población.

8.- ¿Qué tipo de proyectos se han desarrollado anteriormente relacionados al uso de recursos hídricos? ¿Con qué institución? ¿Cómo califica el desempeño y experiencia obtenidas de estas iniciativas?

Se han desarrollado algunos proyectos con la municipalidad, especialmente en proyectos de conservación ambiental. La experiencia ha sido buena y enriquecedora.

Residente del GAD de Tulcán.
Marlon Rospuezán



Alfonso Duque

Cuestionario de Encuesta

Finalidad: Las encuestas se llevarán a cabo con la finalidad de recopilar información puntual sobre las posibles problemáticas existentes y demandas de la Comuna la Esperanza y la parroquia de Tufiño con respecto a los Estudios de Evaluación, Diagnóstico y Diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Pluvial de la ciudad de Tulcán.

1.- ¿Cuál es su posición o criterio respecto al Proyecto de Agua Potable para Tulcán? Explique las razones de su posición o criterio

A favor
En contra
Indiferente **X**

¿Por qué? *Es un proyecto que no me beneficia, pero tampoco afecta.*

2.- ¿Qué tipo de planes de compensación, acuerdos, proyecto de conservación ambiental o desarrollo debería llevarse a cabo en la parroquia Tufiño y especialmente en La Comuna La Esperanza por el uso del recurso hídrico para Tulcán?

Proyectos que ayuden a mejorar la infraestructura de los ríos, ya que la anterior infraestructura está obsoleta.

3.- ¿Cuáles serían los mecanismos de control y la forma de negociación más adecuada para el cumplimiento de los acuerdos, proyectos o planes de compensación antes mencionados?

Veredales de parte de la ciudadanía por el cumplimiento de los convenios.

4.- ¿Qué tipo de dificultades o conflictos se generarían durante la ejecución del proyecto de Agua Potable para Tulcán? ¿A qué se deberían estos conflictos?

No se presentarían dificultades, al contrario, las personas se organizarían para contribuir al desarrollo del proyecto.



5.- Califique la gestión de Municipio y sus acciones sobre el cuidado de los recursos hídricos y su uso en beneficio de la ciudad de Tulcán

Bueno
Regular
Malo ☒

¿Por qué? Hay elecciones de parte del municipio, sin embargo, no hay cumplimiento

6.- Califique la actual relación que existe entre la organización a la que usted representa o pertenece, el Municipio y la EPMAA-T?. Explique las razones

Buena
Mala ☒
Indiferente

¿Por qué? Mala por lo anteriormente mencionado incumplimiento de acuerdos

7.- ¿En qué aspectos se vería afectada la organización a la que usted representa o pertenece por la ejecución del proyecto de Agua potable para la ciudad de Tulcán?

8.- ¿Qué tipo de proyectos se han desarrollado anteriormente relacionados al uso de recursos hídricos? ¿Con qué institución? ¿Cómo califica el desempeño y experiencia obtenidas de estas iniciativas?

Con el Ministerio del Ambiente en el proyecto Saco Bosque. la experiencia ha sido buena ya que han implementado programas de capacitación

[Firma]

Cuestionario de Encuesta

Finalidad: Las encuestas se llevarán a cabo con la finalidad de recopilar información puntual sobre las posibles problemáticas existentes y demandas de la Comuna la Esperanza y la parroquia de Tufiño con respecto a los Estudios de Evaluación, Diagnóstico y Diseños definitivos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Pluvial de la ciudad de Tulcán.

1.- ¿Cuál es su posición o criterio respecto al Proyecto de Agua Potable para Tulcán? Explique las razones de su posición o criterio

A favor
En contra
Indiferente

¿Por qué?.....
.....
.....

2.- ¿Qué tipo de planes de compensación, acuerdos, proyecto de conservación ambiental o desarrollo debería llevarse a cabo en la parroquia Tufiño y especialmente en La Comuna La Esperanza por el uso del recurso hídrico para Tulcán?

Realizaron un convenio con el municipio y la empresa pública EPMAM -
hace unos 2 años para alcantarillado y un tanque de reserva.
.....
.....

3.- ¿Cuáles serían los mecanismos de control y la forma de negociación más adecuada para el cumplimiento de los acuerdos, proyectos o planes de compensación antes mencionados?

Llevar a cabo reuniones para el cumplimiento para poder cumplir
con los proyectos planteados.
.....
.....

4.- ¿Qué tipo de dificultades o conflictos se generarían durante la ejecución del proyecto de Agua Potable para Tulcán? ¿A qué se deberían estos conflictos?

La Comuna La Esperanza es la que tendría problemas. La Junta
de Agua no tendría problemas porque recolectan el agua desde
Monte Redondo.
.....
.....

5.- Califique la gestión de Municipio y sus acciones sobre el cuidado de los recursos hídricos y su uso en beneficio de la ciudad de Tulcán

Bueno
Regular
Malo

¿Por qué?.....
.....
.....

6.- Califique la actual relación que existe entre la organización a la que usted representa o pertenece, el Municipio y la EPMAPA-T?. Explique las razones

Buena ✓
Mala
Indiferente

¿Por qué? Nos ayudan en la recolección de muestras de agua para ver la calidad de agua.
.....
.....

7.- ¿En qué aspectos se vería afectada la organización a la que usted representa o pertenece por la ejecución del proyecto de Agua potable para la ciudad de Tulcán?

Como Junta de Agua no se ven afectados por el desarrollo del proyecto.
.....
.....

8.- ¿Qué tipo de proyectos se han desarrollado anteriormente relacionados al uso de recursos hídricos? ¿Con qué institución? ¿Cómo califica el desempeño y experiencia obtenidas de estas iniciativas?

Se realizaron proyectos anteriormente con la organización OIH, el desempeño y cumplimiento fue el mejor, cumpliendo con todo.
.....
.....

Presidente de la Junta de Agua
Sr: Bayardo Arcos. *Bayardo Arcos*